

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

---

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

| Тема работы  |
|--|
| <b>Проектирование электроснабжения нефтеперерабатывающего завода</b> |

УДК 621.31.031:665.013

Студент

| Группа | ФИО                        | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 5А3Д   | Голянская Евгения Олеговна |         |      |

Руководитель

| Должность                | ФИО                             | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------|------|
| профессор кафедры<br>ЭПП | Кабышев Александр<br>Васильевич | д.ф.-м.н.,<br>профессор   |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность         | ФИО                         | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------|---------|------|
| ст. преподаватель | Потехина Нина<br>Васильевна |                           |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность          | ФИО                                   | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------|------|
| доцент кафедры ЭБЖ | Дашковский<br>Анатолий<br>Григорьевич | к.т.н.,<br>доцент         |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой  | ФИО                | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--|--------------------|---------------------------|---------|------|
| <b>Электроснабжение<br/>промышленных<br/>предприятий</b> | <b>Сурков М.А.</b> | <b>к.т.н., доцент</b>     |         |      |

Томск – 2017 г.

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

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой ЭПП

\_\_\_\_\_  
Сурков М.А.  
(Ф.И.О.)

(Подпись)

(Дата)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**бакалаврской работы**

Студенту:

| Группа | ФИО                        |
|--------|----------------------------|
| 5А3Д   | Голянской Евгении Олеговне |

Тема работы:

**Проектирование электроснабжения нефтеперерабатывающего завода**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

15.02.2017, № 969/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.).*

*Объектом исследования является котельная и РМЦ нефтеперерабатывающего завода.*

*В качестве исходных данных предоставлены:*

- генеральный план завода;
- план котельной и РМЦ;
- сведения об электрических нагрузках нефтеперерабатывающего завода;
- сведения об электрических нагрузках котельной и РМЦ.

**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).*

- постановка задачи проектирования;
- выбор схемы электроснабжения цеха;
- определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом;
- выбор числа и мощности трансформаторов ГПП;
- выбор и проверка питающих линий ГПП;
- выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности;
- выбор и проверка внутризаводских линий;
- расчет потерь в ТП и внутризаводских линиях;
- расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ;
- выбор и проверка высоковольтного оборудования;
- выбор и проверка аппаратов защиты;
- проработка схемы внутризаводской сети выше 1000 В;
- выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В;
- выбор и проверка низковольтных линий от ТП до отдельного ЭП;

|  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения;</li> <li>- обсуждение результатов выполненной работы;</li> <li>- разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»;</li> <li>- разработка раздела «Социальная ответственность»;</li> <li>- заключение.</li> </ul> |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Перечень графического материала</b><br><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- картограмма электрических нагрузок предприятия;</li> <li>- схема внутризаводского электроснабжения;</li> <li>- внутрицеховая схема котельной и РМЦ;</li> <li>- однолинейная схема котельной и РМЦ;</li> <li>- эпюра отклонения напряжения, карта селективности.</li> </ul> |
|---|---|

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

| Раздел  | Консультант                     |
|---|---------------------------------|
| «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | Потехина Нина Васильевна        |
| «Социальная ответственность»                                      | Дашковский Анатолий Григорьевич |
|   |                                 |
|   |                                 |

|   |
|---|
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b> |
|   |
|   |
|   |

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

**Задание выдал руководитель:**

| Должность | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------|
| Профессор | Кабышев А. В. | д.ф.-м.н., профессор   |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                        | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 5А3Д   | Голянская Евгения Олеговна |         |      |

## Реферат

В выпускной квалификационной работе содержится 154 с., 28 рис., 45 табл., 27 источников, 1 приложение.

Ключевыми словами являются: электроснабжение цеха, расчётная нагрузка, картограмма нагрузок, выбор цеховых трансформаторов, главная понизительная подстанция, компенсация, выбор оборудования, однолинейная схема, ресурсоэффективность, безопасность.

Объектом исследования является котельная и РМЦ нефтеперерабатывающего завода.

Цель работы: Разработать систему электроснабжения нефтеперерабатывающего завода.

В ходе исследования был выбран метод расчета на основе исходных данных, произведен поэтапный расчет электрических нагрузок завода и цеха, выбрано оборудование и выполнена его проверка при различных режимах работы.

Результатом исследования стала спроектированная конкретная модель электроснабжения промышленного предприятия, произведена оценка ее экономической целесообразности и безопасности для окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: данный завод включает в себя двадцать пять цехов, из них три цехов относятся к первой категории по степени надежности электроснабжения, пятнадцать – ко второй, семь – к третьей; напряжение питающей линии 110 кВ; рабочее внутризаводское напряжение: 10 кВ; схема внутризаводской сети является радиальной.

Областью применения являются предприятия с жаркой средой в производственных помещениях.

## Оглавление

|  |    |
|--|----|
| Реферат.....   | 4  |
| Введение.....  | 7  |
| Исходные данные.....   | 9  |
| 1.1. Краткое описание технологического процесса.....   | 12 |
| 1.2. Выбор схемы электроснабжения цеха.....  | 14 |
| 1.3. Определение расчетной электрической нагрузки котельной и РМЦ.....   | 15 |
| 1.4. Определение расчетных электрических нагрузок по заводу в целом.....   | 25 |
| 1.5. Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок..... | 29 |
| 1.5.1. Построение зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок.....  | 31 |
| 1.6. Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.....               | 35 |
| 1.6.1. Компенсация реактивной мощности на шинах 0,4 кВ цеховых трансформаторных подстанций и уточнение их нагрузок.....                        | 42 |
| 1.8. Расчет потерь мощности в трансформаторах.....   | 47 |
| 1.9. Выбор мощности трансформаторов ГПП.....   | 49 |
| 1.10. Выбор сечения линии, питающей ГПП.....   | 51 |
| 1.11. Схема внутризаводской распределительной сети 10 кВ.....  | 52 |
| 1.11.1 Выбор сечений питающей сети цеха.....   | 60 |
| 1.12. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1 кВ.....   | 63 |
| 1.13. Выбор высоковольтного оборудования.....  | 71 |
| 1. 13.1. Выбор трансформаторов собственных нужд (ТСН).....   | 73 |
| 1. 13.2. Выбор контрольно-измерительных приборов на подстанции.....  | 73 |
| 1. 13.3. Выбор выключателей.....   | 73 |
| 1. 13.4. Выбор трансформаторов тока.....   | 76 |
| 1. 13.5. Выбор трансформаторов напряжения.....   | 78 |
| 1. 13.6. Выбор предохранителей.....  | 81 |
| 1. 13.7. Выбор ограничителей перенапряжения.....   | 82 |

|  |     |
|--|-----|
| 1.14. Электроснабжение котельной и РМЦ.....  | 83  |
| 1.14.1. Выбор сечений проводников и защитной аппаратуры напряжением до 1 кВ .....  | 84  |
| 1.14.2. Выбор вводных автоматов.....   | 93  |
| 1.14.3. Выбор вводно-распределительного устройства (ВРУ) .....   | 94  |
| 1.14.4. Выбор распределительных пунктов.....   | 95  |
| 1.14.4.1. Выбор аппаратов защиты и линий для распределительных пунктов сети 0,4 кВ..   | 96  |
| 1.15. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000В.....  | 98  |
| 1.16. Построение эпюры отклонения напряжения.....  | 105 |
| 1.17. Построение карты селективности действия аппаратов защиты.....  | 114 |
| 2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....  | 118 |
| 2.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..... | 118 |
| 2.1.1. SWOT-анализ работы котельной и РМЦ.....   | 118 |
| 2.2. Планирование научно-исследовательской разработки.....   | 120 |
| 2.2.1. Структура работы в рамках научного исследования.....  | 120 |
| 2.2.2. Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ.....  | 121 |
| 2.2.3. Разработка графика проведения научного исследования .....   | 123 |
| 2.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....  | 127 |
| 2.3.1. Расчет материальных затрат .....  | 127 |
| 2.3.2. Зарботная плата исполнителей.....   | 128 |
| 2.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....   | 129 |
| 2.3.4. Амортизационные отчисления.....   | 130 |
| 2.3.5. Накладные расходы.....  | 130 |
| 2.4. Формирование сметы технического проекта.....  | 131 |
| 2.5. Оценка ресурсоэффективности проекта.....  | 131 |
| 3. Социальная ответственность.....   | 135 |
| 3.1. Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды.....   | 135 |
| 3.2. Анализ опасных факторов проектируемой произведённой среды .....   | 138 |
| 3.3. Охрана окружающей среды.....  | 139 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.4. Защита в чрезвычайных ситуациях.....                             | 141 |
| 3.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..... | 142 |
| 3.5.1. Социальное страхование работников.....                         | 142 |
| 3.5.2. Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны.....    | 144 |
| Заключение.....   | 147 |
| Список литературы.....  | 149 |
| Список публикаций.....  | 152 |
| Приложение А.....   | 154 |

## Введение

В выпускной квалификационной работе исследуется электроснабжение нефтеперерабатывающего завода в целом и котельной и РМЦ в частности.

Цель данной работы - проверка полученных знаний дисциплин, включенных в учебный план, и развитие навыков самостоятельного решения практических вопросов при проектировании системы электроснабжения промышленного предприятия.

Для выполнения проектирования электроснабжения нужно:

1. рассчитать нагрузку котельной и РМЦ методом коэффициента расчетной мощности;
2. рассчитать нагрузку предприятия в целом по определенным активным и реактивным нагрузкам цехов, учитывая нагрузку освещения цехов и территории предприятия;
3. построить картограмму электрических нагрузок, определить территориальное место расположения главной понизительной подстанции;
4. рассчитать схему внутривозовского электроснабжения. Для этого необходимо выбрать число и мощность цеховых трансформаторных подстанций и проводников для их соединения и питания;
5. рассчитать схему внешнего электроснабжения. Для этого необходимо выбрать напряжение питающей завод сети, сечения проводов, выбрать мощность трансформаторов ГПП с учетом степени надежности электроснабжения. Питающая линия является двухцепной, а ГПП - двухтрансформаторной подстанцией;
6. рассчитать токи короткого замыкания в сети выше 1000В и ниже 1000В;
7. рассчитать электроснабжение котельной и РМЦ. Следует по пунктам питания распределить электроприемники; определить расчетные нагрузки по пунктам питания; выбрать сечение питающей сети, выбрать силовую распределительную сеть и аппараты защиты;



8. построить карту селективности действия защитных аппаратов и эиоры отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного ЭП.

После проведения расчетов, в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» оценивается технический проект при помощи SWOT-анализа исследования системы электроснабжения нефтеперерабатывающего завода. Рассматриваются организационно-технические вопросы, в которых будут выделены виды работ и исполнители выпускной квалификационной работы.

Раздел «Социальная ответственность» предполагает рассмотрение условий труда, рассматриваются вредные и опасные факторы, пожарная безопасность, охраны окружающей среды и правовые аспекты.

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

### **Введение**

Цель данного раздела – экономический анализ технического проекта с точки зрения его целесообразности и эффективности.

В разделе необходимо рассмотреть планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

Для достижения цели необходимо:

1. Составить SWOT-анализа проектирования котельной и РМЦ нефтеперерабатывающего завода;
2. Распланировать технико-конструкторские работы;
3. Составить бюджет затрат;
4. Определить ресурсную (ресурсосберегающую) эффективность проекта.

Актуальность экономического анализа технического проекта обуславливается необходимостью оценки затрат на реализацию проекта и решения целесообразности внедрения проекта на практике.

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

#### **2.1.1. SWOT-анализ работы котельной и РМЦ**

SWOT - анализ - один из самых эффективных инструментов стратегическом менеджменте. SWOT-анализ является комплексным анализом научно-исследовательского проекта. Сущность заключается в анализе внутренних и внешних факторов, оценке рисков и конкурентоспособности. При анализе происходит рассмотрение сильных и слабых сторон, возможностей и угроз проекта. Для проведения анализа необходимо выполнить несколько этапов.

На первом этапе выявляются сильные и слабые стороны проекта, рассматриваются возможности и угрозы для осуществления проекта, появившиеся во внешней среде.

Второй этап определяет, как соответствуют сильные и слабые стороны научно-исследовательского проекта внешним условиям среды. Это соответствие или несоответствие помогает выявить необходимость проведения стратегических изменений.

На третьем этапе составляется вывод по SWOT-анализу, показывающий стратегические планы для дальнейшего развития и реализации проекта.

Таблица 39 – Матрица SWOT

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <p><b>Сильные стороны НТИ:</b><br/> С 1. Энергоэффективность и энергосбережение технологии.<br/> С 2. Наличие квалифицированного персонала<br/> С 3. Безопасность производства<br/> С 4. Меньшие затраты для ремонта оборудования</p>  | <p><b>Слабые стороны НТИ:</b><br/> Сл 1. Сложный ремонт части оборудования<br/> Сл 2. Значительная стоимость оборудования<br/> Сл 3. Сложная эксплуатация электрооборудования</p>   |
| <p><b>Возможности:</b><br/> В 1. Установка дополнительного оборудования<br/> В 2. Ввод дополнительной автоматизированной системы управления внутрицеховой структуры<br/> В 3. Увеличение потребления электроэнергии<br/> В 4. Усовершенствование технологии производства</p> | <p>Получение большей выдаваемой мощности за счет снижения потерь<br/> Использование автоматизированных систем по обнаружению неисправностей оборудования на ранних этапах снижает стоимость ремонта<br/> Возможно увеличение срока службы оборудования при применении усовершенствованных технологий</p> | <p>Развитие технологий и научно-технических разработок снизит стоимость оборудования и варианты ремонта оборудования</p>  |
| <p><b>Угрозы:</b><br/> У 1. Экономическая ситуация<br/> У 2. Внедрение дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции<br/> У 3. Вероятность поломки сложного энергоемкого и</p>   | <p>Возможность получения дополнительных средств для совершенствования технологии.<br/> Квалификация персонала позволяет точно оценить состояние оборудования и своевременно вывести в ремонт</p>   | <p>Увеличение цены на оборудование возможно при нестабильной экономической обстановке<br/> Применение более безопасного оборудования повысит расход материала и увеличит стоимость разработки.<br/> Для снижения рисков</p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
| дорогостоящего оборудования  |  | повреждения оборудования необходимо время для обучения нового персонала |
| Примечание: В – возможности; У – угрозы; С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта. |  |   |

Благодаря анализу можно увидеть, что сильных сторон больше, чем слабых сторон. НТИ содержит важные преимущества (безопасность, высокая энергоэффективность), которые повышают производительность и снижают затраты при долговременном использовании.

Также в проекте присутствуют и слабые стороны. Дороговизна оборудования и сложность эксплуатации имеют весомое значение, но не столь важное. Это можно решить переквалификацией персонала. А также перспектива внедрения дополнительных автоматизированных систем снабжения позволит частично решить этот вопрос. Но при возможном усилении слабых сторон нужно найти баланс между ценой, качеством и надежностью НТИ.

## **2.2. Планирование научно-исследовательской разработки**

При планировании комплекса предполагаемых работ необходимо:

- определить структуру работ в рамках технического проектирования;
- определить участников каждой работы;
- установить продолжительности работ;
- построить график проведения проектирования системы электроснабжения нефтеперерабатывающего завода.

### **2.2.1. Структура работы в рамках научного исследования**

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, состоящая из научного руководителя и дипломника. Происходит составление перечня этапов и работ в рамках НТИ и распределение исполнителей по видам работ, которые приведены в таблице.

Таблица 40 – Этапы работы при выполнении НТИ

| <b>Основные этапы</b> | <b>№</b> | <b>Содержание работ</b>           | <b>Исполнитель</b> |
|-----------------------|----------|-----------------------------------|--------------------|
| Разработка            | 1        | Составить и утвердить техническое | Руководитель       |

| технического задания                |    | задание (схемы моделирования, проектирования)                          |              |
|-------------------------------------|----|--|--------------|
| Выбор направления исследований      | 2  | Подобрать и изучить материалы по теме и составить примерный план работ | Инженер      |
|                                     | 3  | Выбрать направление оптимизационной задачи                             | Инженер      |
|                                     | 4  | Календарное планирование работ   | Руководитель |
| Теоретические исследования          | 5  | Разработать варианты проектирования                                    | Инженер      |
|                                     | 6  | Выбрать программное обеспечение для расчетов                           | Инженер      |
|                                     | 7  | Сравнить возможные варианты по различным критериям                     | Инженер      |
|                                     | 8  | Рассчитать основные и аварийные принципы функционирования              | Инженер      |
| Обобщение и оценка результатов      | 9  | Оценить эффективность полученных результатов                           | Руководитель |
| Разработка технической документации | 10 | Оценить надежность полученных результатов                              | Руководитель |
|                                     | 11 | Рассмотреть вопросы безопасности и экологичности проекта               | Инженер      |
| Оформление отчёта по НИР            | 12 | Составить пояснительную записку по проекту                             | Инженер      |

### 2.2.2. Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ

Оценивание трудоёмкости выполнения НИИ происходит экспертным путем в человеко-днях и имеет вероятностный характер, т.к. зависит от многих факторов, которые трудно учесть. Ожидаемое (среднее) значение трудоёмкости  $t_{ож_i}$  определяется по формуле:

$$t_{ож_i} = \frac{3 \cdot t_{min_i} + 2 \cdot t_{max_i}}{5};$$

где  $t_{ож_i}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;  $t_{min_i}$  – минимально возможная трудоёмкость 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.

Расчет ожидаемого значения трудоёмкости для различных этапов:

$$t_{ож_1} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{ож_2} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = 5,8 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{ож_3} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{ож_4} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{ож_5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 9}{5} = 7,2 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{ож_6} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{ож_7} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 6}{5} = 4,2 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{ож_8} = \frac{3 \cdot 14 + 2 \cdot 21}{5} = 16,8 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{ож_9} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 5}{5} = 3,2 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{ож_{10}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 5}{5} = 3,2 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{ож_{11}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{ож_{12}} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8 \text{ чел.} - \text{дн};$$

Опираясь на ожидаемую трудоёмкость, определяем продолжительность каждого этапа работы в рабочих днях с учетом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож_i}}{C_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;  $t_{ож_i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;  $C_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

При проектировании и разработки моделей все действия выполняются последовательно, соответственно продолжительность каждой работы будет равна  $T_{pi} = t_{ож_i}$ . Все рассчитанные значения представлены в таблице 2.2.3.

### 2.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Для построения ленточного графика проведения ГТИ используется диаграмма Ганта, что является наиболее удобным и наглядным.

*Диаграмма Ганта* – горизонтальная гистограмма, которая отображает длительность и последовательность задач с указанием дат начала и окончания выполнения работ.

Для построения графика длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переводится в календарные дни. Расчет производится по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал};$$

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

Для определения коэффициента календарности используется следующая формула:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;  $T_{вых}$  – количество выходных дней в году;  $T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Определим коэффициент календарности на 2017 год по 6тидневной рабочей неделе (для руководителя):

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22.$$

Тогда длительность первой работы в календарных днях:

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k_{кал} = 3,8 \cdot 1,22 = 4,636 \approx 5 \text{ дн.}$$

Определим коэффициент календарности на 2017 год по 5тидневной рабочей неделе (для инженера):

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,478.$$

Тогда длительность второй работы в календарных днях:

$$T_{к2} = T_{р2} \cdot k_{кал} = 5,8 \cdot 1,478 = 8,6 \approx 9 \text{ дн.}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округляются до целого числа. Все рассчитанные значения представлены в таблице 2.2.3.

Таблица 41 – Временные показатели проведения научного исследования

| Название работы   | Трудоёмкость работ (чел-дни) |         |              |         |              |         | Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$ |         | Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$ |         |
|---|------------------------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|--|---------|--|---------|
|   | $t_{min}$                    |         | $t_{max}$    |         | $t_{ож}$     |         | Руководитель                               | Инженер | Руководитель                                   | Инженер |
|   | Руководитель                 | Инженер | Руководитель | Инженер | Руководитель | Инженер |  |         |  |         |
| Составить и утвердить техническое задание (схемы моделирования, проектирования) | 3                            |         | 5            |         | 3,8          |         | 3,8  |         | 5  |         |
| Подобрать и изучить материалы по теме и составить примерный план работ          |                              | 5       |              | 7       |              | 5,8     |  | 5,8     |  | 9       |
| Выбрать направление оптимизационной задачи                                      |                              | 2       |              | 4       |              | 2,8     |  | 2,8     |  | 4       |
| Календарное планирование работ  | 1                            |         | 2            |         | 1,4          |         | 1,4  |         | 2  |         |
| Разработать варианты проектирования   |                              | 6       |              | 9       |              | 7,2     |  | 7,2     |  | 11      |
| Выбрать программное обеспечение для расчетов                                    |                              | 1       |              | 2       |              | 1,4     |  | 1,4     |  | 2       |
| Сравнить возможные варианты по  |                              | 3       |              | 6       |              | 4,2     |  | 4,2     |  | 6       |



|   |   |    |   |    |     |      |      |      |    |    |
|---|---|----|---|----|-----|------|------|------|----|----|
| различным критериям                                       |   |    |   |    |     |      |      |      |    |    |
| Рассчитать основные и аварийные принципы функционирования |   | 14 |   | 21 |     | 16,8 |      | 16,8 |    | 25 |
| Оценить эффективность полученных результатов              | 2 |    | 5 |    | 3,2 |      | 3,2  |      | 4  |    |
| Оценить надежность полученных результатов                 | 2 |    | 5 |    | 3,2 |      | 3,2  |      | 4  |    |
| Рассмотреть вопросы безопасности и экологичности проекта  |   | 4  |   | 6  |     | 4,8  |      | 4,8  |    | 7  |
| Составить пояснительную записку по проекту                |   | 6  |   | 8  |     | 6,8  |      | 6,8  |    | 10 |
| <b>Итого</b>  |   |    |   |    |     |      | 11,6 | 49,8 | 15 | 74 |

По данным таблицы строится календарный план-график для наибольшего по времени выполнения исследования в рамках проекта.



По составленному календарному плану время проектирования составляет почти 9 полных декад со второй декады февраля по первую декаду мая.

По диаграмме Ганта можно определить показатели рабочего времени для каждого исполнителя. Общая продолжительность выполнения проекта в рабочих днях составляет 89 дней. Время выполнения работ руководителем составляет 15 дней, а инженером – 74 дня.

### 2.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо в полной мере отразить все виды расходов, которые связаны с его выполнением. При формировании бюджета НТИ происходит расчет следующих статей расходов:

- материальных затрат НТИ;
- основной заработной платы исполнителей НТИ;
- дополнительной заработной платы исполнителей НТИ;
- отчислений во внебюджетные фонды;
- амортизационных отчислений;
- накладных расходов.

#### 3.3.1. Расчет материальных затрат

В материальные затраты входят дополнительные затраты на канцелярские принадлежности, информационные носители, картриджи и т.п.

Таблица 43 – Материальные затраты

| Наименование | Количество | Цена за ед., руб. | Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб. |
|--------------|------------|-------------------|---|
| Картрижд     | 1          | 400               | 400   |
| Бумага       | 1          | 290               | 290   |
| Ручка        | 2          | 35                | 70  |
| Калькулятор  | 1          | 350               | 350   |
| Линейка      | 1          | 20                | 20  |
| Итого        |            |                   | 1130  |

При расчете материальных затрат не учитываются транспортные расходы, т.к. канцелярские принадлежности доставляются на рабочее место самими исполнителями технического проекта.

### 2.3.2. Зарботная плата исполнителей

Полная зарботная плата состоит из основной и дополнительной зарботной платы и рассчитывается по формуле:

$$Z_{\Pi} = Z_{осн} + Z_{дон},$$

где  $Z_{осн}$  – основная зарботная плата,  $Z_{дон}$  – дополнительная зарботная плата, рассчитывается как  $0,15 \cdot Z_{осн}$ ;

Основная зарботная плата рассчитывается как:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p;$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная зарботная плата;  $T_p$  – суммарная продолжительность работ, выполняемая научно-техническим работником.

Среднедневная зарботная плата определяется по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D};$$

где  $Z_M$  – месячный оклад научно-технического работника;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года (отпуск 24 рабочих дня,  $M = 11,2$  месяца, 5тидневная неделя; отпуск 48 рабочих дней  $M = 10,4$  месяца, 6тидневная неделя);

$F_D$  – действительный годовой фонд научно-технического персонала (определяется с вычетом выходных, праздничных и больничных дней).

Определение месячного оклада научно-технического работника рассчитывается по формуле:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p;$$

где  $Z_{ТС}$  – зарботная плата по тарифной ставке;

$k_{np} = 0,3$  - премиальный коэффициент;

$k_D = 0,35$  - коэффициент доплат и надбавок;

$k_p = 1,3$  - районный коэффициент.

Производим расчет основной заработной платы руководителя НТИ:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p = 36800 \cdot (1 + 0,3 + 0,35) \cdot 1,3 = 78936 \text{ руб};$$

$$Z_{он} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{78936 \cdot 10,4}{365 - 66 - 48} = 3270,65 \text{ руб}$$

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p = 3270,65 \cdot 11,6 = 37939,54 \text{ руб};$$

$$Z_{П} = Z_{осн} + Z_{доп} = Z_{осн} + 0,15 \cdot Z_{осн} = 37939,54 + 0,15 \cdot 37939,54 = 43630,471 \text{ руб}.$$

Аналогично рассчитывается заработная плата инженера:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,35) \cdot 1,3 = 36465 \text{ руб};$$

$$Z_{он} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{36465 \cdot 11,2}{365 - 118 - 24} = 1831,43 \text{ руб}$$

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p = 1831,43 \cdot 49,8 = 91205,214 \text{ руб};$$

$$Z_{П} = Z_{осн} + Z_{доп} = Z_{осн} + 0,15 \cdot Z_{осн} = 91205,214 + 0,15 \cdot 91205,214 = 104885,99 \text{ руб}.$$

### 2.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по нормам, которые установлены законодательством Российской Федерации в органы государственного социального страхования (ФСС), пенсионный фонд (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

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

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

На основании пункта 1 ст.58 Федерального закона №212-ФЗ для учреждений, занимающихся научной и образовательной деятельностью, в 2017 году ставка составляет 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб1} = 0,271 \cdot 43630,471 = 4143,46 \text{ руб.}$$

$$З_{внеб2} = 0,271 \cdot 104885,99 = 28424,1 \text{ руб.}$$

### 2.3.4. Амортизационные отчисления

Расчет амортизации производится только для оборудования стоимостью выше 40 тыс. руб. Амортизация рассчитывается только на оборудование выше 40000 руб.

Для проектирования компьютер, стоимость которого составляет 41000 рублей.

Сумма амортизационных отчислений:

$$A = \frac{T_{исп}}{T_2} \cdot \frac{1}{T_{сл}} \cdot C_{обор}$$

где:  $T_{исп} = 74$  – количество дней использования оборудования в рамках НТИ;

$T_2 = 365$  – количество дней использования в год;

$C_{обор} = 41000 \text{ руб}$  – стоимость оборудования;

$T_{сл} = 3$  – срок службы оборудования.

$$A = \frac{T_{исп}}{T_2} \cdot \frac{1}{T_{сл}} \cdot C_{обор} = \frac{74}{365} \cdot \frac{1}{3} \cdot 41000 = 2771 \text{ руб}$$

### 2.3.5. Накладные расходы

Накладные расходы составляют прочие затраты организации, не учтенные в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи и электроэнергии, печать и ксерокопирование материалов исследования и т.д.

Определяются по формуле:

$$\begin{aligned} З_{накл} &= З_{пред} \cdot k_{нр} = (З_{мат} + З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб} + A) \cdot 0,16 = \\ &= (1130 + 129144,781 + 19371,71 + 32567,56 + 2771) \cdot 0,16 = 29597,6 \text{ руб} \end{aligned}$$

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

Величина коэффициента накладных расходов составляет 16%.

## 2.4. Формирование сметы технического проекта

Формирование бюджета затрат проекта основывается на рассчитанной величине затрат технического проекта. При составлении договора с заказчиком данный бюджет является нижним пределом затрат на разработку проекта. Сумма затрат на технический проект приведена в таблице.

Таблица 44 – Бюджет НТИ

| <i>Наименование статьи</i>                             | <i>Сумма, тыс. руб.</i> | <i>Доля, %</i> |
|--|-------------------------|----------------|
| 1. Материальные затраты                                | 1,13                    | 0,5            |
| 2. Затраты по полной заработной плате исполнителей НТИ | 148,5                   | 69,2           |
| 3. Отчисления во внебюджетные фонды                    | 32,6                    | 15,2           |
| 4. Амортизационные отчисления                          | 2,77                    | 1,3            |
| 5. Накладные расходы                                   | 29,6                    | 13,8           |
| <b>Итого</b>   | <b>214,6</b>            | <b>100</b>     |

Затраты для разработки технического проекта составляют 318,16 тыс.руб, более половины которых (66,73 %) составляют затраты на оплату труда исполнителей проекта. Все результаты проекта получились ожидаемыми и могут быть реализованы.

## 2.5. Оценка ресурсоэффективности проекта

Для оценки ресурсоэффективности используется существующая информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики проекта;
- конкурентоспособность проекта;
- этап к завершению научного исследования (наличие модели, макета, прототипа и т.п.);
- бюджет проекта и т.д.

Оценивание проводится по следующим критериям эффективности: по экономичности, гибкости, безопасности, качеству электроэнергии, надежности.

1. Экономичность – рационализация расходов для электрической части предприятия на этапе проектирования, что приводит к их снижению на доли процентов, в общем измерении происходит экономия значимых средств.

2. Гибкость – потенциал для увеличения производственной мощности предприятия при подключении мощной установки при расширении технологии производства.

3. Надлежащим качеством электроэнергии принимается доставка до потребителя электроэнергии, которая соответствует характеристикам по ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

4. Безопасность – качество системы электроснабжения предприятия сохранять безопасное состояние в условиях, которые установлены нормативно-технической документацией, при ремонтных работах, монтаже, эксплуатации и в условиях.

5. Надежность – исправное электроснабжение потребителей допустимым качеством и предотвращение опасных для людей и окружающей среды ситуаций.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице.

Таблица 45 – Сравнительная оценка характеристик проекта

| <i><b>Критерии</b></i> | <i><b>Весовой коэффициент</b></i> | <i><b>Балльная оценка разработки</b></i> | <i><b>С учетом весовых коэффициентов</b></i> |
|------------------------|-----------------------------------|--|--|
| 1. Качество ЭЭ         | 0,23                              | 5  | 1,15   |
| 2. Надежность          | 0,23                              | 5  | 1,15   |
| 3. Безопасность        | 0,25                              | 5  | 1,25   |
| 4. Экономичность       | 0,15                              | 4  | 0,6  |
| 5. Гибкость            | 0,14                              | 5  | 0,7  |
| <i><b>Итого:</b></i>   | 1,00                              |  | 4,85   |



Каждую позицию оцениваем по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Значения показателей, которые определяются экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Расчет ресурсоэффективности проекта определяется согласно выражению:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Тогда

$$K_{k\Sigma} = 0,23 \cdot 5 + 0,23 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,14 \cdot 5 = 4,85$$

Показатель ресурсоэффективности проекта оказался вполне высоким (4,85 из 5), что говорит о положительной оценке использования технического проекта.

По итогам выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа рассмотрены и оценены сильные и слабые стороны проекта, его возможности и угрозы.
- планирование работ заключалось в разработке графика занятости для исполнителей проекта и составлении ленточной диаграммы Ганта. Общее время НТИ составляет 89 дней. Большую часть времени проектом занят инженер.
- при составлении сметы технического проекта начальный бюджет затрат на реализацию технического проекта составил 214,6 тыс.руб.
- при оценке ресурсоэффективности проекта, рассчитанной по интегральному показателю, получен высокий результат (4,85 по 5-балльной шкале), что показывает эффективность реализации технического проекта.

Данный проект может быть реализован на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности. Он эффективен, имеет меньшие затраты с аналогами за счет применения энергосберегающего оборудования и может быть усовершенствован за счет внедрения новых технологий.

## Список публикаций

1. Крючкова М. А. , Голянская Е. О. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди, обладающего свойствами высокотемпературного сверхпроводника // Функциональные материалы: разработка, исследование, применение: сборник тезисов докладов I Всероссийского конкурса научных докладов студентов, Томск, 16-17 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - С. 12
2. Голянская Е. О., Клименко В. А., Крючкова М. А., Лаас А. А., Сивков А. А. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди плазмодинамическим методом с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. (24-27 апреля 2013г) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.-с 70-72
3. Борщев Е.С., Голянская Е.О., Жабасов Т.К., Клименко В.А., Крючкова М.А., Лаас А.А., Набойченко Д.А., Подворчан Е.Э., Сон В.Д., Сухаревский П.В. Двигатель Стирлинга // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. (24-27 апреля 2013г) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.-с. 177-180.
4. Голянская Е. О., Аникина Ж. С. Различия американского и британского вариантов английского языка // Язык и мировая культура: взгляд молодых исследователей: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции: в 3-х частях (часть 2), Томск, 24-28 Апреля 2013. - Томск: Изд-во ТПУ, 2013 - С. 22-26"

5. Голянская Е. О., Крючкова М. А. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди плазмодинамическим методом с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя // Интеллектуальные энергосистемы: Сборник материалов I Международного молодежного форума. (21-25 октября 2013) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.-с. 243-247.
6. Голянская Е. О., Варавин А. С. Аксонометрия. Доказательство теоремы Польке-Шварца [Текст] / Е. О. Голянская // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.(13-16 ноября 2013 г.)/ – Томск: Изд-во ТПУ. –с.468-470
7. Голянская Е. О. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди плазмодинамическим методом с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов V Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. (25-27 марта 2014г) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.-с 62-64
8. Голянская Е. О., Сухаревский П. В. устройство для подзарядки литий-ионных аккумуляторов от энергии ходьбы // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов V Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. (25-27 марта 2014г) / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.-с. 179-182.
9. Golyanskaya E. O. , Anikina Z. S. Differences between American and British English // Язык и мировая культура: взгляд молодых исследователей: сборник научных трудов XIV Всероссийской научно-

- практической конференции: в 2 частях, Томск, 25-28 Апреля 2014. - Томск: Изд-во ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 9-12
10. Голянская Е. О. , Крючкова М. А. Синтез ультрадисперсного порошка оксида меди, обладающего свойствами сверхпроводника // Функциональные материалы: разработка, исследование, применение: сборник тезисов докладов II Всероссийского конкурса научных докладов студентов, 22–23 мая 2014 г. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.-с. 49-50
11. Golyanskaya E. O., Sivkov A. A. Synthesis of ultrafine copper oxide powder with plasma-dynamic method in the coaxial magneto-plasma accelerator //Энергосбережение, информационныетехнологиииустойчивоеразвитие [электронныйресурс] : электронное научное издание : сборник материалов Международной научно-практической интернет-конференции, Ижевск, 23-28 июня 2014 г./ ФГБОУВПО «ИжГТУимениМ.Т. Калашникова» – Электрон.дан. (1 файл : 7,5 Мб.). – Ижевск, 2014. – 197 с. -ISBN 978-5-9905699-1-1. , с. 23-26
12. Anikina Z. S., Golyanskaya E. O. An Insight Into Competence Approach: The Role of ELT for University Training in Russia // International Conference on Education and Management Science: Proceedings, Beijing, August 19-20, 2014. - Lancaster: DEStech Publications Inc., 2014 - p. 39-42
13. Anikina Z. S., Golyanskaya E. O. L2 Potential for University in the Context of Competence Approach // Procedia - Social and Behavioral Sciences. - 2015 - Vol. 206. - p. 133-136
1. Golyanskaya E. O. , Sivkov A. A. , Anikina Z. S. Synthesis of Ultradisperse Carbon Dioxide Powder with Plasma-Dynamic Method in the Coaxial Magneto-Plasma Accelerator // EPJ Web of Conferences. - 2016 - №. 110, Article number 01022. - p. 1-4