

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

---

Институт Электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрических сетей и электротехники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

| Тема работы                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------|
| Проект реконструкции ПС 220 кВ Вертикос<br>УДК 621.311.4.001.6-048.35(571.16) |

Студент

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-5A12 | Бахтин Андрей Николаевич |         |      |

Руководитель

| Должность | ФИО               | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------|---------------------------|---------|------|
| доцент    | Заповодников К.И. | к.т.н., доцент            |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| доцент    | Коршунова Л.А. | к.т.н., доцент            |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|---------------------------|---------|------|
| доцент    | Бородин Ю.В. | к.т.н., доцент            |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой                           | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------------------------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| электрических сетей<br>и электротехники | Прохоров А.В. | к.т.н.                    |         |      |

**Результаты обучения**  
**профессиональные и общекультурные компетенции**  
**по основной образовательной программе подготовки бакалавров**  
**13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,**  
**профиль «Электроэнергетические системы и сети»**

| Код<br>результата       | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                               | Требования ФГОС,<br>критериев и/или<br>заинтересованных сторон                                                                                                                                                   |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Профессиональные</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Р 1</b>              | Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электроэнергетических систем и электрических сетей.                                        | Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                |
| <b>Р 2</b>              | Уметь формулировать задачи в области электроэнергетических систем и сетей, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.                                                                                                                       | Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                 |
| <b>Р 3</b>              | Уметь проектировать электроэнергетические системы и электрические сети.                                                                                                                                                                                                          | Требования ФГОС (ОК-3, ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                              |
| <b>Р 4</b>              | Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов электрических сетей энергосистем, а также энергосистемы в целом, интерпретировать данные и делать выводы. | Требования ФГОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| <b>Р 5</b>              | Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетических систем и электрических сетей.                                                                                                                  | Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                          |
| <b>Р 6</b>              | Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.                              | Требования ФГОС (ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>    |
| <i>Универсальные</i>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Р 7</b>              | Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетических систем.                                                                                                                                            | Требования ФГОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями                                                                              |

| Код<br>результата | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                     | Требования ФГОС,<br>критериев и/или<br>заинтересованных сторон                                                                                                                                   |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                                                                                                                                                                                                                        | международных стандартов<br><i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                                                                                                                        |
| <b>Р 8</b>        | Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в области электрических сетей энергосистем. | Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>              |
| <b>Р 9</b>        | Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетических систем и сетей.                                                                                | Требования ФГОС (ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                |
| <b>Р 10</b>       | Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.                                                                                                  | Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>              |
| <b>Р 11</b>       | Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетических систем и сетей с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.                                    | Требования ФГОС (ОК-4, ОК-8, ОК-9, ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| <b>Р 12</b>       | Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетических систем и сетей.                                                                                                | Требования ФГОС (ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                          |

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

Институт Электронного обучения  
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра Электрических сетей и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Прохоров А.В.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                            |
|----------------------------|
| <b>бакалаврской работы</b> |
|----------------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО                        |
|--------|----------------------------|
| 3-5A12 | Бахтину Андрею Николаевичу |

Тема работы:

|                                                |                           |
|------------------------------------------------|---------------------------|
| <b>ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ПС 220 КВ ВЕРТИКОС</b> |                           |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)    | от 12.02.2016 г. № 1026/с |

|                                          |               |
|------------------------------------------|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 01.06.2016 г. |
|------------------------------------------|---------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p><b>ПС «Вертикос» 220/110/10 кВ:</b></p> <p><b>а) Схема электрических соединений Томской энергосистемы;</b></p> <p><b>б) Нормальная схема электрических соединений ПС 220 кВ «Вертикос»;</b></p> <p><b>в) Суточные ведомости нагрузок ПС 220 кВ «Вертикос» за 2015 г.</b></p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p><b>а) Расчет нагрузки потребителя ПС 220 кВ «Вертикос»;</b></p> <p><b>б) Установка на ПС новых линейных регулировочных трансформаторов;</b></p> <p><b>в) изменение схемы электрических соединений ПС 220 кВ «Вертикос»</b></p> |
| <p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p><b>Получение данных по числу и мощности силовых автотрансформаторов и линейных регулировочных трансформаторов, выбор современного оборудования</b></p>                                                                         |
| <p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>Раздел</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p><b>Консультант</b></p>                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p><b>к.т.н., доцент Коршунова Лидия Афанасьевна</b></p>                                                                                                                                                                          |
| <p><b>Безопасность жизнедеятельности</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>к.т.н., доцент Бородин Юрий Викторович</b></p>                                                                                                                                                                              |
| <p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>На русском языке: описание объекта и постановка задачи, расчет и анализ режимов электропотребления, выбор линейных трансформаторов, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, производственная и экологическая безопасность</b></p>                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                   |

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

**Задание выдал руководитель:**

| Должность | ФИО               | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------|------------------------|---------|------|
| доцент    | Заповодников К.И. | к.т.н., доцент         |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-5A12 | Бахтин Андрей Николаевич |         |      |

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

Студенту:

| Группа | ФИО                      |
|--------|--------------------------|
| 3-5A12 | Бахтин Андрей Николаевич |

| Институт            | Электронного обучения | Кафедра     | Электрических сетей и электротехники           |
|---------------------|-----------------------|-------------|------------------------------------------------|
| Уровень образования | Бакалавр              | Направление | 13.03.02<br>Электроэнергетика и электротехника |

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

|                                                                                                                                      |                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Стоимость материалов и оборудования, стоимость электроэнергии, минимальная тарифная ставка оплаты труда. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов                                                                                           | Расчет полных затрат                                                                                     |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | Ставки отчислений в социальные фонды                                                                     |

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

|                                                                                                |                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР                                      | Планирование работ по проектированию и определение трудоёмкости         |
| 2. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)                                                | Расчет затрат на проектирование                                         |
| 3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР                            | Расчёт капиталовложений на оборудование и строительно-монтажные работы. |
| 4. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)                                     | Расчет годовых эксплуатационных затрат                                  |
| 5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков | Расчет себестоимости электроэнергии                                     |

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

|                                             |
|---------------------------------------------|
| 1. Этапы и график разработки и внедрения ИР |
|---------------------------------------------|

|                                                      |  |
|------------------------------------------------------|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику |  |
|------------------------------------------------------|--|

## Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО                         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| доцент    | Коршунова Лидия Афанасьевна | к.т.н., доцент         |         |      |

## Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-5A12 | Бахтин Андрей Николаевич |         |      |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО                      |
|--------|--------------------------|
| 3-5A12 | Бахтин Андрей Николаевич |

|                     |                       |             |                                                |
|---------------------|-----------------------|-------------|------------------------------------------------|
| Институт            | Электронного обучения | Кафедра     | Электрических сетей и электротехники           |
| Уровень образования | Бакалавр              | Направление | 13.03.02<br>Электроэнергетика и электротехника |

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul> | <p>На рабочем месте электромонтера по обслуживанию подстанции могут иметь место следующие опасные и вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенное значение напряжения электрической цепи;</li> <li>– пониженная или повышенная температура воздуха рабочей зоны при выполнении работ не в помещении;</li> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны при работе в помещении, на улице в темное время суток и в аварийных ситуациях (в случае отсутствия напряжения в сети освещения);</li> <li>– загазованность воздуха рабочей зоны при пожаре и проведении работ;</li> <li>– риск падения при производстве работ на высоте при обслуживании электроэнергетического оборудования;</li> <li>– повреждение оборудования, находящегося под давлением</li> </ul> |
| 2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | СанПиН 2.2.4.548-96; ГОСТ 12.1.003-88; СНиП 23-05-95; ГОСТ 12.1.033-81; ГОСТ 12.1.004-76                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><i>Производственная безопасность:</i></p> <p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> </ul> | <p>1. Поражение электрическим током:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- воздействие электрического тока вызывает сильные и быстрые сокращения мышц всего тела, в том числе и сердечной мышцы, что может вызвать остановку сердца, также этому сопутствует повреждение кожного покрова различной степени тяжести в месте прикосновения с токоведущими частями;</li> <li>- в электроустановках не допускается приближения людей, механизмов и грузоподъемных машин к находящимся под напряжением не огражденным токоведущим частям на расстоянии менее указанного</li> </ul> <p>Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок от 4 августа 2014 г., п.3.3</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                           | <p>– обязательно применение средств индивидуальной защиты от высокого напряжения: диэлектрических перчаток, бот, изолированного инструмента, защитных касок и спецодежды, устойчивой к воздействию электрической дуги.</p> <p>2 Воздействие пониженной температуры в зимнее время при выполнении работ вне помещений.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обязательно применение зимних комплектов спецодежды, оформление перерывов в работе, регулирование времени нахождения на открытом воздухе</li> </ul> <p>3 Возникновение риска укуса клещом и заражения клещевым энцефалитом и болезнью Лайма в летний период.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обязательно применение индивидуальных средств защиты от кровососущих насекомых, выдаваемых бесплатно за счет работодателя</li> </ul> |
| <p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul> | <p>1 Вращающиеся части электрических машин (электродвигатели, генераторы должны быть оборудованы защитными кожухами);</p> <p>2 работа на высоте (ремонт электрооборудования с приставных лестниц и подъемных машин должен производиться с использованием защитного пояса и каски);</p> <p>3 Ожог электрической дугой (работы в РУ проводить с применением защитных средств и только на отключенных и заземленных токоведущих частях);</p> <p>4 воздействие электрическим током (работы, связанные с электрическим током проводить строго по Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок от 04.08.14 г.</p> <p>5 Пожаровзрывобезопасность (короткое замыкание в РУ) - ежедневный осмотр электрооборудования и регулярное техническое обслуживание первичных средств пожаротушения.</p>              |
| <p>Экологическая безопасность</p> <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>                                                     | <p>Воздействие на атмосферу, при сжигания органического топлива, выражается в большом потреблении кислорода воздуха для горения топлива и в выбросе значительного количества продуктов сгорания.</p> <p>Воздействия на гидросферу приводят к снижению запасов питьевой воды, изменению фауны и флоры водоемов, нарушению круговорота многих веществ в природе.</p> <p>Воздействия на литосферу приводят к загрязнению грунтовых вод, гибели животных, птиц, насекомых, микроорганизмов, а так же уменьшению плодородных земель.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>                                                                                                            | <p>Возгорание силового оборудования либо угроза его подтопления паводковыми водами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- регулярный осмотр силами оперативного персонала и периодический осмотр силами административно-технического персонала для более тщательного выявления нарушений связанных с пожарной безопасностью и разработка противопаводковых мероприятий, своевременное техническое обслуживание и</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>качественный ремонт;</p> <p>- при возникновении пожара необходимо немедленно сообщить об инциденте вышестоящему оперативному персоналу, вызвать пожарную команду, произвести необходимые отключения и приступить к тушению собственными силами до прибытия пожарной команды, по их прибытию произвести допуск, дальнейшее руководство пожаротушения передается командиру бригады пожаротушения.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>— организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul> | <p>К правовым нормам относятся: соблюдение работодателем и рабочим законов и других законодательных актов, регулирующих взаимоотношения в области охраны труда, а так же должностных инструкций.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выдача разрешений на подготовку раб. места;</li> <li>- допуск к работе;</li> <li>- надзор во время работы</li> <li>- организация перерывов в работе, перевода на другое место, окончания работы.</li> </ul> <p>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Основное и вспомогательное оборудование должно обеспечивать: удобство его обслуживания, наладки и ремонта, безопасность эксплуатации и ремонта, удобство и легкость управления и т.д.</li> <li>2) Технологическая оснастка должна соответствовать требованиям технологии производства по своему составу и количеству.</li> <li>3) Организационная оснастка призвана обеспечивать эффективное выполнение работником своих обязанностей.</li> <li>4) Средствам освещения необходимо обеспечить достаточный уровень общего освещения.</li> <li>5) Создание оптимального микроклимата в помещениях который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей.</li> </ol> |
| <b>Перечень графического материала:</b>                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию                                                                                                                                                                                                                 | Схема молниезащиты ПС 220 кВ «Вертикас»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

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

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО                     | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------|------------------------|---------|------|
| доцент    | Бородин Юрий Викторович | к.т.н., доцент         |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-5A12 | Бахтин Андрей Николаевич |         |      |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 82 с., 23 рис., 22 табл., 12 источников, 2 прил.

Ключевые слова: расчёт и анализ режимов; введение режимов в допустимую область; подстанция, линейный регулировочный трансформатор.

Объектом исследования является: подстанция 220/10 кВ «Вертикос», которая входит в состав Магистральных электрических сетей Томской области.

Цель работы – повышение надежности обеспечения качественного, бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии газового комплекса, запитанных от подстанции 220 кВ «Вертикос» .

В процессе исследования проводились: были рассчитаны и введены в допустимую область установившиеся режимы электрической сети до и после изменения схемы, при этом была решена задача регулирования напряжения. В ходе работы был проведён расчет для замены линейных регулировочных трансформаторов типа ЛТМН 16000/10 на ЛТДН 40000/10.

Для решения поставленной задачи создана цифровая модель рассматриваемой сети, проведен расчет установившегося режима существующей схемы подстанции и схемы в связи с её реконструкцией.

Все расчеты выполнены с помощью ПК «Mustang».

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 и представлена на CD-R диске (в конверте на обороте обложки).

|             |      |                   |         |      |                      |      |        |
|-------------|------|-------------------|---------|------|----------------------|------|--------|
|             |      |                   |         |      | ФЮРА. 140400. 002 ПЗ |      |        |
| Изм.        | Лист | № докум.          | Подпись | Дата |                      |      |        |
| Разраб.     |      | Бахтин А.Н.       |         |      | Реферат              | Лит. | Лист   |
| Руковод.    |      | Заподобников К.И. |         |      |                      |      | Листов |
|             |      |                   |         |      |                      |      | 10     |
|             |      |                   |         |      |                      |      | 82     |
| Н. контроль |      | Кулешова Е.О.     |         |      | ТПУ ИнЭО гр. 3-5А12  |      |        |
|             |      |                   |         |      |                      |      |        |

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
2. ГОСТ 12.2.016.5-91 Оборудование компрессорное. Шумовые характеристики и защита от шума.
3. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
4. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. ГОСТ 15543-70 Изделия электротехнические.
6. ГОСТ Р 53480-2009 Надежность в технике. Термины и определения.
7. Постановление правительства РФ №390 от 25 апреля 2012 года «Правила противопожарного режима в Российской Федерации».
8. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
9. СП 51. 13330. 2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
- 10.СТО 56947007-29.240.124-2012 Сборник "Укрупнённые стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ" 324 тм - т1 для электросетевых объектов ОАО "ФСК ЕЭС".

|             |                   |          |         |      |                                                             |                     |      |        |
|-------------|-------------------|----------|---------|------|-------------------------------------------------------------|---------------------|------|--------|
|             |                   |          |         |      | ФЮРА. 140400. 002 ПЗ                                        |                     |      |        |
| Изм.        | Лист              | № докум. | Подпись | Дата |                                                             |                     |      |        |
| Разраб.     | Бахтин А.Н.       |          |         |      | Определения, обозначения, сокращения,<br>нормативные ссылки | Лит.                | Лист | Листов |
| Руковод.    | Заподовников К.И. |          |         |      |                                                             |                     | 11   | 82     |
|             |                   |          |         |      |                                                             | ТПУ ИнЭО гр. 3-5А12 |      |        |
| Н. контроль | Кулешова Е.О.     |          |         |      |                                                             |                     |      |        |
|             |                   |          |         |      |                                                             |                     |      |        |

## **Обозначения и сокращения**

АБ – аккумуляторная батарея;

АВРЛ – автоматическое включение резервной линии;

ВЛ – воздушная линия;

КС – компрессорная станция (газовая);

ОЭС – объединённая энергосистема;

ПАО – публичное акционерное общество;

ПК – программный комплекс;

ПМЭС – предприятие магистральных электрических сетей;

ПС – подстанция;

СХК – сибирский химический комбинат;

СН – собственные нужды (подстанции);

ТРК – Томская распределительная компания;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

ФСК ЕЭС – федеральная сетевая компания единой энергетической системы

## Оглавление

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                                     | 15 |
| 1    Объект и методы исследований .....                                                            | 16 |
| 2    Расчетная часть .....                                                                         | 18 |
| 2.1   Существующая схема электрических сетей.....                                                  | 18 |
| 2.2   Электрические нагрузки Томской энергосистемы в перспективе<br>развития на 2016-2025 г.г..... | 24 |
| 2.3   Описание ПС 220 кВ «Вертикос». Схемная часть.....                                            | 25 |
| 2.4   Расчет электрических режимов.....                                                            | 26 |
| 2.5   Создание цифровой модели нагрузки ПС 220 кВ «Вертикос».....                                  | 28 |
| 2.6   Расчет режима при замене регулировочных трансформаторов.....                                 | 39 |
| 3    Оценка надежности питания ПС 220 кВ «Вертикос».....                                           | 42 |
| 3.1   Теоретические сведения.....                                                                  | 42 |
| 3.2   Порядок расчета.....                                                                         | 44 |
| 4    Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и<br>ресурсосбережение.....                       | 47 |
| 5    Социальная ответственность.....                                                               | 58 |
| Заключение .....                                                                                   | 78 |
| Список использованных источников.....                                                              | 79 |
| Приложение А – схема электрических соединений Томской<br>энергосистемы.....                        | 81 |
| Приложение Б – нормальная схема электрических соединений ПС<br>220 кВ «Вертикос».....              | 82 |

|             |                   |          |         |      |                      |  |  |
|-------------|-------------------|----------|---------|------|----------------------|--|--|
|             |                   |          |         |      | ФЮРА. 140400. 002 ПЗ |  |  |
| Изм.        | Лист              | № докум. | Подпись | Дата |                      |  |  |
| Разрад.     | Бахтин А.Н.       |          |         |      | Оглавление           |  |  |
| Руковод.    | Заподовников К.И. |          |         |      |                      |  |  |
|             |                   |          |         |      |                      |  |  |
| Н. контроль | Кулешова Е.О.     |          |         |      |                      |  |  |
|             |                   |          |         |      | ТПУ ИнЭО гр. 3-5А12  |  |  |

## Введение

Целью данной бакалаврской работы является проект реконструкции ПС 220 кВ «Вертикос» в связи ростом мощности нагрузки и повышением требований к надежности ее электроснабжения.

В настоящее время в связи с развитием промышленности, в особенности нефтегазовой отрасли на севере Томской области ввиду разведки и разработки новых нефтяных и газовых месторождений существует необходимость усиления системообразующих и межсистемных электрических сетей, в том числе за счет строительства новых воздушных линий электропередачи напряжением 500 кВ, а также разработка мероприятий, связанных с реконструкцией существующих электрических сетей и подстанций 220 кВ, направленных на усиление надежности электроснабжения потребителей нефтегазового комплекса из-за возросших мощностей.

Для обеспечения надежности энергопотребления возросшей нагрузки на новой компрессорной станции (КС) «Вертикос» ООО Газпромтрансгаз Томск Александровского ЛПУ – основного потребителя, в данной работе рассмотрена реконструкция подстанции 220 кВ (ПС) «Вертикос».

Реконструкция ПС предполагает замену существующих линейных регулировочных трансформаторов ЛТМН 16000/10 на современные и более мощные ЛТДН 40000/10, с модернизацией комплектного распределительного устройства 10 кВ (КРУ-10) и установкой двух вводных элегазовых выключателей «Siemens».

Проведенная реконструкция подстанции позволит повысить качество электроэнергии и надежность электроснабжения потребителей в соответствии с ГОСТ 13109-97 и ГОСТ 32144-2013, снизить потери электроэнергии и затраты на эксплуатацию.

|             |      |                   |         |      |                      |                     |      |
|-------------|------|-------------------|---------|------|----------------------|---------------------|------|
|             |      |                   |         |      | ФЮРА. 140400. 002 ПЗ |                     |      |
| Изм.        | Лист | № докум.          | Подпись | Дата |                      |                     |      |
| Разраб.     |      | Бахтин А.Н.       |         |      | Введение             |                     |      |
| Руковод.    |      | Запорожников К.И. |         |      |                      |                     |      |
|             |      |                   |         |      |                      |                     |      |
| Н. контроль |      | Кулешова Е.О.     |         |      |                      |                     |      |
|             |      |                   |         |      |                      |                     |      |
|             |      |                   |         |      |                      | Лит.                | Лист |
|             |      |                   |         |      |                      |                     | 14   |
|             |      |                   |         |      |                      |                     | 82   |
|             |      |                   |         |      |                      | ТПУ ИнЭО зр. 3-5А12 |      |

## 1 Объект и методы исследования

В данном разделе мною будет отражена схема ПС и установленное оборудование, даны методы расчета режимов нагрузки.

Объектом исследования данной работы является ПС 220 кВ «Вертикос» 1983 года постройки. Территориально ПС находится в с. Вертикос Томской области. В нормальном режиме ПС питается «с севера» по двум 220 кВ ВР-227 и ВР-237 от ПС 220 кВ «Раскино», транзит «на юг» на ПС 220 кВ «Парабель» по 220 кВ ПВ-224 либо ПВ-234. На ПС реализована аварийная автоматика включения резервной линии (АВРЛ) от ПС 220 кВ «Парабель» по одной из двух ВЛ 220 кВ (не находящихся в транзите) ПВ-224 либо ПВ-234.

Возможен режим питания ПС 220 кВ «Вертикос» с «юга» по ВЛ 220 кВ ПВ-224 и ПВ-234, при этом осуществляется транзит на «север» на ПС 220 кВ «Раскино» по одной или двум ВЛ 220 кВ ВР-227, ВР-237; также возможно включение одной из этих двух ВЛ 220 кВ в режим АВР.

Схема подстанции – одна рабочая секционированная система шин с обходной, КРУ-10 кВ – одна рабочая секционированная система шин с выключателями на выкатных тележках.

На ПС установлено следующее основное оборудование (прил.Б):

Высоковольтные выключатели 220 кв: типа У-220-1000/2000-25У1, нормативный срок службы 25 лет, отработан;

Высоковольтные выключатели 10 кв: вводные типа ВМПЭ-10-3200-31,5; секционный типа ВМПЭ-10-1600-31,5; для питания потребителя II категории типа ВМПЭ-10-1500-31,5; для питания потребителя III категории и питания собственных нужд (СН) подстанции типа ВМПЭ-10-600-31,5; нормативный срок 25 лет, отработан.

|             |                   |          |         |      |                              |      |        |
|-------------|-------------------|----------|---------|------|------------------------------|------|--------|
|             |                   |          |         |      | ФЮРА. 140400. 002 ПЗ         |      |        |
| Изм.        | Лист              | № докум. | Подпись | Дата |                              |      |        |
| Разраб.     | Бахтин А.Н.       |          |         |      | Объект и методы исследований |      |        |
| Руковод.    | Заподовников К.И. |          |         |      |                              |      |        |
|             |                   |          |         |      |                              |      |        |
| Н. контроль | Кулешова Е.О.     |          |         |      |                              |      |        |
|             |                   |          |         |      | ТПУ ИнЭО зр. 3-5А12          |      |        |
|             |                   |          |         |      | Лит.                         | Лист | Листов |
|             |                   |          |         |      |                              | 15   | 82     |

Силовые автотрансформаторы: типа АТДЦТНГ 63000/220/110/10, номинальной мощностью 63 МВА, 1980 года изготовления; 46,72 тонн масла, с полной массой 126 тонн, нормативный срок службы 25 лет, отработан;

Линейные регулировочные/вольтодобавочные трансформаторы типа ЛТМН 16000/10-У1 номинальной мощностью 16 МВА, 1981 года изготовления, с массой масла 10, 6 тонн, с полной массой 25, 7 тонн; нормативный срок службы 25 лет, отработан.

Для расчета режимов по электрической нагрузке ПС использован программный комплекс “Mustang”, для расчета параметров надежности использован метод структурных схем с упрощенным расчетом распределительных устройств по [3, гл. 6.3.]



## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Введение

Целью данного проекта является реконструкция подстанции 220 кВ «Вертикос» в связи с увеличившейся нагрузкой потребителя. Реконструкция предусматривает установку двух линейных регулировочных трансформаторов увеличенной мощности взамен установленных, а так же установку двух ячеек элегазовых выключателей в комплектном распределительном устройстве.

Целью данного раздела является расчет экономической эффективности капитальных вложений на реконструкцию подстанции и расчет себестоимости трансформации электрической энергии.

Конечной целью проекта является увеличение мощности нагрузки подстанции и повышение надежности электроснабжения потребителя.

|           |      |               |         |      |                                                                       |                     |      |        |  |
|-----------|------|---------------|---------|------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------|------|--------|--|
|           |      |               |         |      | ФЮРА. 140400. 002 ПЗ                                                  |                     |      |        |  |
|           |      |               |         |      |                                                                       |                     |      |        |  |
| Изм.      | Лист | № докум.      | Подпись | Дата |                                                                       |                     |      |        |  |
| Разраб.   |      | Бахтин А.Н.   |         |      | Финансовый менеджмент,<br>ресурсоэффективность и<br>ресурсосбережение | Лит                 | Лист | Листов |  |
| Консульт. |      | Каршунда Л.А. |         |      |                                                                       |                     | 47   | 82     |  |
|           |      |               |         |      |                                                                       | ТПУ ИнЭО гр. 3-5А12 |      |        |  |
|           |      |               |         |      |                                                                       |                     |      |        |  |
|           |      |               |         |      |                                                                       |                     |      |        |  |

## 4.2 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости

Для определения трудоемкости выполнения проекта сначала составим перечень основных этапов и видов работ, которые должны быть выполнены.

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож}$  применим вариант, основанный на использовании трех оценок:  $t_{max}$ ,  $t_{min}$ ,  $t_{нв}$ :

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4t_{нв} + t_{max}}{6} \quad (4.1)$$

где  $t_{min}$  – кратчайшая продолжительность данной работы (оптимистическая оценка);

$t_{нв}$  – наиболее возможная, по мнению экспертов продолжительность работы (реалистическая оценка);

$t_{max}$  – самая длительная продолжительность работы.

Для расчета основной заработной платы сотрудников составляем график выполнения работ (таблица 4.2) в соответствии с его описанием (таблица 4.1)

Таблица 4.1 – Описание графика выполнения работ

| Сотрудник    | Количество дней | Обозначение на графике |
|--------------|-----------------|------------------------|
| Руководитель | 60              |                        |
| Инженер      | 60              |                        |

Таблица 4.2 – Этапы и график выполнения работ

[illegible]

### 4.3 Расчет затрат на реконструкцию ПС 220/10 кВ

Затраты, образующие себестоимость продукции группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

1. Материальные затраты;
2. Оплата труда;
3. Отчисления в социальные фонды;
4. Амортизация основных фондов;
5. Прочие расходы;
6. Накладные расходы
7. Себестоимость проекта

#### 4.3.1 Материальные затраты включают в себя:

Расходные материалы (бумага, картриджи для принтера, плоттера, ручки, изготовление слайдов), сведенные в приведенную ниже табл. 4.3

Таблица 4.3 – Материальные затраты

| Материал        | Ед. измерения | Кол-во | Стоимость, руб. |
|-----------------|---------------|--------|-----------------|
| Печатная бумага | Пачка         | 1      | 210             |
| Диск CD-RW      | Шт.           | 2      | 70              |
| Канц. товары    | Шт.           | 6      | 140             |
| Картридж        | Шт.           | 1      | 1100            |
| ИТОГО           |               |        | $I_M = 1520$    |

Материальные затраты составляют  $I_M = 1,52$  тыс.руб.

#### 4.3.2 Расчет заработной платы:

$$I_{зн} = \left( \frac{O \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2}{21} \right) \cdot X \quad (4.2)$$

где  $O$  - оклад;

$\kappa_1 = 1,1$  - коэффициент за отпуск;

$\kappa_2 = 1,3$  – районный коэффициент;

21 – количество рабочих дней в месяце;

$X$  – количество рабочих дней, затраченных на проект.

Рассчитаем зарплату руководителя:

$$I_{зп.рук} = \left( \frac{29000 \cdot 1,1 \cdot 1,3}{21} \right) \cdot 60 = 118,486 \text{ тыс. руб.}, \quad (4.3)$$

где  $O = 29000$  – оклад руководителя.

Рассчитаем зарплату инженера:

$$I_{зп.инж} = \left( \frac{25000 \cdot 1,1 \cdot 1,3}{21} \right) \cdot 60 = 102,143 \text{ тыс. руб.} \quad (4.4)$$

Результаты сведём в таблицу 4.4

Таблица 4.4 – Заработная плата исполнителей

| Исполнители  | Группа | Оклад,<br>тыс. руб. | Время<br>занятости, дней | ЗП,<br>тыс. руб. |
|--------------|--------|---------------------|--------------------------|------------------|
| Руководитель | 3      | 29                  | 60                       | 118,486          |
| Инженер      | 2      | 25                  | 60                       | 102,143          |
| Итого        |        |                     |                          | 220,629          |

Фонд заработной платы:  $I_{зп} = \Phi ЗП = \sum I_{зп.исп.} = 220,629 \text{ тыс. руб.}$

**4.3.3** Размер отчислений в социальные фонды составляет 30% от ФЗП.

Сумма начислений составляет:  $I_{сн} = 0,3 \cdot \Phi ЗП = 0,3 \cdot 220,629 = 66,189 \text{ тыс. руб.}$

**4.3.4** Амортизационные отчисления рассчитываем по следующей формуле:

Специальное оборудование учитывается в сметной стоимости в виде амортизационных отчислений по формуле:

$$I_{ам} = \frac{T_u}{T_{кал}} \cdot H_a \cdot \Phi_n \quad (4.5)$$

где  $\Phi_n$  – первоначальная стоимость оборудования;

$H_a$  – норма амортизации;

$T_u$  – кол-во дней использования оборудования;

$T_{кал}$  – количество календарных дней в году

Сведем амортизационные отчисления в табл. 4.5

Таблица 4.5 – Амортизационные отчисления

| Наименование оборудования | Количество | Ф <sub>п</sub> , руб. | Н <sub>а</sub> , % | Т <sub>и</sub> , дней | И <sub>ам</sub> , руб. |
|---------------------------|------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| Компьютер                 | 2 шт.      | 60000                 | 0,2                | 24                    | 276                    |
| Принтер                   | 1шт.       | 8000                  | 0,1                | 14                    | 105                    |
| Стол                      | 3 шт.      | 45000                 | 0,1                | 60                    | 740                    |
| Стул                      | 3 шт.      | 21000                 | 0,2                | 60                    | 690                    |
| Итого                     |            |                       |                    |                       | 1811                   |

Амортизационные отчисления составляют  $I_{ам} = 1,811$  тыс. руб.

#### 4.3.5 Прочие расходы

Принимаем размер прочих затрат в размере 10% от суммы расходов на материальные затраты, услуги сторонних организаций, амортизации оборудования, затрат на оплату труда, отчисления на социальные нужды.

$$I_{пр} = 0,1(I_{зн} + I_{м} + I_{сн} + I_{ам}) \quad (4.6)$$

$$I_{пр} = 0,1(220,629 + 1,52 + 66,189 + 1,811) = 29,015 \text{ тыс. руб.}$$

#### 4.3.6 Накладные расходы принимаем в 200% от ФЗП.

Накладные расходы включают в себя затраты на хозяйственное обслуживание помещения, обеспечение нормальных условий труда, оплату за энергоносители, административные расходы и другие косвенные затраты.

$$I_{накл} = 2 \cdot I_{зн} = 2 \cdot 220,629 = 441,258 \text{ тыс. руб.} \quad (4.7)$$

#### 4.3.7 Себестоимость проекта

$$C_n = I_{м} + I_{зн} + I_{сн} + I_{ам} + I_{пр} + I_{накл} \quad (4.8)$$

$$C_n = 1,52 + 220,629 + 66,189 + 1,811 + 29,015 + 441,258 = 760,422 \text{ тыс. руб.}$$

Принимаем рентабельность 20%, тогда прибыль:

$$П_{б} = 0,2 \cdot C_n = 0,2 \cdot 760,422 = 152,084 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость проекта:

$$Ц_n = C_n + П_{б} = 760,422 + 152,084 = 912,506 \text{ руб.}$$

Смета затрат представлена в табл. 4.6

Таблица 4.6 – Смета затрат

| Вид расходов                   | Обозначение | Сумма,<br>тыс. руб. |
|--------------------------------|-------------|---------------------|
| Материальные затраты           | $I_m$       | 1,52                |
| Заработная плата               | $I_{зп}$    | 220,629             |
| Амортизация                    | $I_{ам}$    | 1,811               |
| Отчисления на социальные нужды | $I_{сн}$    | 66,189              |
| Прочие расходы                 | $I_{пр}$    | 29,015              |
| Накладные расходы              | $I_{накл}$  | 441,258             |
| Себестоимость проекта          | $C_p$       | 760,422             |
| Прибыль                        | $P_b$       | 152,084             |
| Стоимость проекта              | $C_{п}$     | 912,506             |

#### 4.4 Расчет капиталовложений

Капитальные вложения  $K$  включают затраты на основные фонды и оборотные средства. Так как оборотные средства в системе электроснабжения невелики (1 - 2%), то ими можно пренебречь.

Основные фонды включают стоимость оборудования, затраты на установку, монтаж, наладку и пробный пуск оборудования и аппаратуры, затраты на транспортировку.

При расчетах принимаем средние значения начисления по видам дополнительных затрат в % к стоимости оборудования:

|                          |             |                |
|--------------------------|-------------|----------------|
| транспортировка          | 3 - 10 %    | принимаем 5%   |
| заготовительно-складские | 1,2 – 1,5 % | принимаем 1,5% |
| установка и монтаж       | 5 - 20 %    | принимаем 11%  |
| пуск и регулировка       | 2 – 3 %     | принимаем 2.5% |

---

итого 11,2-34,5% 20%

В данном расчете принимается 20 %.

При расчете затрат на оборудование, строительно-монтажные работы и т.д. учитывались существующие цены на март 2015 года[9]. Результаты расчета сводим в таблицу 4.7

Таблица 4.7 – Расчет капиталовложений на оборудование

| Наименование оборудования                                           | Кол-во, шт. | Цена за 1 ед. с НДС, тыс. руб. | Производитель, поставщик      | Сумма, тыс. руб. |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|
| ячейка*<br>регулирующего трансформатора<br>ЛТДН 40000/10            | 2           | 6 180                          | ПАО<br>«Запорожтрансформатор» | 12 360           |
| ячейка**<br>выключателя<br>NXPLUS C<br>10 кВ с элегазовой изоляцией | 2           | 1 124                          | Siemens                       | 2 248            |
| Итого                                                               |             |                                |                               | 14 608           |

\* Показатели стоимости ячейки трансформатора (автотрансформатора) учитывают установленное оборудование (трансформатор, кабельное хозяйство в пределах ячейки и до панелей в ОПУ, а также панели управления, защиты и автоматики, установленные в ОПУ, относящиеся к ячейке, гибкие связи трансформаторов и др.), материалы, строительные и монтажные работы.

\*\* Показатели стоимости ячейки КРУ 10 кВ учитывают стоимость установленного оборудования (выключатель, разъединитель, трансформаторы тока и напряжения, разрядники); панели управления, защиты и автоматики, установленные в общеподстанционном пункте управления (ОПУ), гибкие связи и ошиновка, относящиеся к РУ или ячейке; кабельное хозяйство в пределах ячейки и до панелей в ОПУ и др., а также строительные и монтажные работы.

Таким образом, капитальные затраты составляют:

$$K = K_{\text{обор}} + C_{\text{проект}} = 14608 + 902,5 = 15510,5 \text{ тыс. руб.}$$

#### 4.5 Расчет ежегодных эксплуатационных затрат

Вторым важным, помимо капиталовложений, технико-экономическим показателем являются эксплуатационные затраты (издержки), необходимые для эксплуатации энергетического оборудования.

Эксплуатационные затраты определяются из следующей формулы:

$$C = C_a + C_{po} + C_э \quad (4.9)$$

где  $C_a$  – ежегодные амортизационные отчисления, руб.;



$C_{po}$  – годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования, руб.;

$C_9$  – стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

Отчисления на амортизацию включают издержки на капитальный ремонт и на накопление средств, необходимых для замены (реновации) изношенного и морально устаревшего оборудования. Отчисления на амортизацию тем выше, чем меньше срок службы оборудования. Отчисления на обслуживание предназначены для поддержания оборудования в рабочем состоянии. Для предотвращения повреждений все элементы сети подвергаются периодическим осмотрам и профилактическим испытаниям. Эти мероприятия финансируются из отчислений на текущий ремонт.

Ежегодные амортизационные отчисления:

$$C_a = P_a \cdot K = 0,064 \cdot 15510,5 = 992,672 \text{ тыс. руб.}, \quad (4.10)$$

где  $P_a$  – норма амортизационных отчислений, %(для силового электрооборудования  $P_a = 6,4\%$ )

Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования  $C_{po}$  включают зарплату ремонтного и обслуживающего персонала и затраты на материалы необходимые для ремонта и обслуживания электрооборудования.

$$C_{po} = P_{обсл} \cdot K = 0,04 \cdot 15510,5 = 620,42 \text{ тыс. руб.}, \quad (4.11)$$

где  $P_{обсл}$  – норма затрат на обслуживание, % (для силового электроэнергетического оборудования  $P_{обсл} = 4\%$ )

#### 4.6 Стоимость годовых потерь активной электроэнергии:

$$C_9 = \Delta P \cdot \tau \quad (4.12)$$

где  $\Delta P$  – среднегодовые потери активной энергии, кВт·ч;

$\tau = 2,05$  руб/кВт·ч – стоимость одного кВт·ч электроэнергии.

Потери активной и реактивной мощности в линейных регулировочных трансформаторах определяем по формуле:

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \beta^2 = 18 + 40 \cdot 0,16 = 24,4 \text{ кВт} \quad (4.13)$$

где  $\Delta P_{xx}$ , кВт – потери холостого хода (для выбранного трансформатора  $\Delta P_{xx} = 18 \text{ кВт}$ );

$\Delta P_{кз}$ , кВт – потери короткого замыкания (для выбранного трансформатора  $P_{кз} = 40 \text{ кВт}$ );

$\beta = 0,4$  – коэффициент загрузки трансформатора

Среднегодовые потери мощности:

$$\Delta P = \Delta P_m \cdot T_\epsilon = 24,4 \cdot 8760 = 213744 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (4.14)$$

Тогда стоимость годовых потерь электроэнергии:

$$C_\epsilon = \Delta P \cdot \tau = 213744 \cdot 2,05 = 438,175 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчётов эксплуатационных затрат сводим в табл. 4.9

Таблица 4.9 – Расчет эксплуатационных затрат

| показатели                                          | $C_a$   | $C_{po}$ | $C_\epsilon$ | $C$      |
|-----------------------------------------------------|---------|----------|--------------|----------|
| расходы на обслуживание и текущий ремонт, тыс. руб. | 992,672 | 620,42   | 438,175      | 2071,267 |

#### 4.7 Расчет себестоимости электрической энергии

Себестоимость отпущенной с шин подстанции электроэнергии в соответствии с [10] составляет:

$$\bar{C} = \frac{\Sigma C}{\mathcal{E}_{omn}}, \quad (4.15)$$

где  $\Sigma C$  – сумма годовых эксплуатационных затрат;

$\mathcal{E}_{omn}$  – количество отпущенной с шин ПС электроэнергии.

Согласно стандарта ОАО МРСК технические потери в электрических сетях составляют 7% от потребленной электроэнергии. То есть после

реконструкции подстанции и с учетом АИИС КУЭ учитываться будут только технические потери исключая возможность недоучета (хищения) электроэнергии. Тогда количество отпущенной с шин подстанции электроэнергии составит:

$$\mathcal{E} = \frac{100\Delta P}{7} = \frac{100 \cdot 213744}{7} = 30053486 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Себестоимость отпущенной с шин подстанции электроэнергии (себестоимость трансформации) составит:

$$\bar{C} = \frac{2071267}{30053486} \approx 0,07 \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч}$$

## 7 Список использованных источников

1. Справочник по проектированию электрических сетей / 4-е изд. Под редакцией Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2012. – 320с.
2. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для ср. проф. образования / Л.Д.Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. – М, Изд. центр «Академия», 2004 – 448 с.
3. Розанов М.Н. Надежность электроэнергетических систем – 2-е изд., перераб. и допол. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 200 с., ил.
4. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 592 с., ил.
6. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС». СТО 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения.
7. Ресурсы удаленного доступа. Программные комплексы RastrWin, Bars, Lincor и т.д. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rasrtwin.ru>, свободный – Яз. рус., англ. Дата обращения 24.04.2016 г.
8. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. — 5-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 335 с.: ил. — Для высших учебных заведений. — Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 333.

|             |      |                   |         |      |                                  |  |  |  |
|-------------|------|-------------------|---------|------|----------------------------------|--|--|--|
|             |      |                   |         |      | ФЮРА. 140400. 002 ПЗ             |  |  |  |
| Изм.        | Лист | № докум.          | Подпись | Дата |                                  |  |  |  |
| Разраб.     |      | Бахтин А.Н.       |         |      | Список использованных источников |  |  |  |
| Руковод.    |      | Запорожников К.И. |         |      |                                  |  |  |  |
|             |      |                   |         |      |                                  |  |  |  |
| Н. контроль |      | Кулешова Е.О.     |         |      |                                  |  |  |  |
|             |      |                   |         |      | ТПУ ИнЭО зр. 3-5А12              |  |  |  |
|             |      |                   |         |      |                                  |  |  |  |

9. СТО 56947007-29.240.124-2012 Сборник "Укрупнённые стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ" 324 тм - т1 для электросетевых объектов ОАО "ФСК ЕЭС".

10. Коршунова Л.А. Управление и организация производства: учебное пособие / Л.А. Коршунова, Н.Г. Кузьмина; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 190 с.

11. Эксплуатационная документация ОБТ.469.619. Трансформатор типа ЛТМН 16000/10. Паспорт БТ – 1683 – 77.