

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



Институт - Электронного обучения  
Специальность – Электроэнергетические системы и сети  
Кафедра – Электрических сетей и электротехники

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

| Тема работы                                                     |  |
|-----------------------------------------------------------------|--|
| <b>Проектирование ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская»</b> |  |
| УДК 621.315.1.027.001.6                                         |  |

Студент

| Группа  | ФИО                                | Подпись | Дата |
|---------|------------------------------------|---------|------|
| 3- 9201 | Старжинский Александр Владимирович |         |      |

Руководитель

| Должность | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Инженер   | Дерюгин А.В. |                           |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО             | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Амелькович Ю.А. | к.т.н.                    |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2016 г.

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



Институт – Электронного обучения  
 Направление подготовки (специальность) – Электроэнергетические системы и сети  
 Кафедра – Электрических сетей и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

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

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

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

Студенту:

| Группа  | ФИО                                   |
|---------|---------------------------------------|
| 3- 9201 | Старжинскому Александру Владимировичу |

Тема работы:

Проектирование ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 12.05.2016 № 3505/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Исходные данные к работе</b><br><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>        | Наименование Объекта: ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская»<br>Карта местности прохождения ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская»<br>Передоваемая мощность 800 МВт<br>Количество цепей –одна<br>Длина тарссы 18 км                                                                                                                                     |
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b><br><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> | Формирование исходных данных для проектирования.<br>Выбор унифицированных опор<br>Механический расчет проводов <ul style="list-style-type: none"> <li>• Расчет удельных нагрузок на провода</li> <li>• Расчет монтажных стрел провеса провода</li> </ul> Выбор изоляторов и линейной арматуры<br>Расстановка опор по профилю трассы<br>Расчет спецперехода ВЛ |
| <b>Перечень графического материала</b><br><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Карта местности прохождения ВЛ 500 кВ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br><i>(с указанием разделов)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| Раздел                                                                                                                                                                                                    | Консультант             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Социальная ответственность</b>                                                                                                                                                                         | <b>Амелькович Ю. А.</b> |
| <b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>                                                                                                                                    | <b>Коршунова Л. А.</b>  |
|                                                                                                                                                                                                           |                         |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>                                                                                                                   |                         |
| <b>На русском языке: общее описание, выбор сечения провода, проектирование механической части ВЛ 500 кВ, социальная ответственность, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</b> |                         |
|                                                                                                                                                                                                           |                         |
|                                                                                                                                                                                                           |                         |

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

**Задание выдал руководитель:**

| Должность | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------|
| Инженер   | Дерюгин А. В. |                        |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа  | ФИО              | Подпись | Дата |
|---------|------------------|---------|------|
| 3- 9201 | Старжинский А.В. |         |      |

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



Институт – Электронного обучения  
 Направление подготовки (специальность) – Электроэнергетические системы и сети  
 Уровень образования - Специалист  
 Кафедра Электрических сетей и электротехники  
 Период выполнения – весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

дипломный проект

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)     | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 06.03.2016    | Сбор исходных данных для проектирования ВЛ 500 кВ.        | 10                                 |
| 03.04.2016    | Расчет необходимого сечения провода. Выбор марки провода. | 10                                 |
| 15.04.2016    | Расчет механической части ВЛ 500 кВ                       | 10                                 |
| 10.05.2016    | Выбор типов изоляторов и линейной арматуры                | 30                                 |
| 03.04.2016    | Выбор опор                                                | 10                                 |
| 15.04.2016    | Расчет механической части ВЛ 500 кВ                       | 20                                 |
| 10.05.2016    | Выбор типов изоляторов и линейной арматуры                | 5                                  |
| 16.05.2016    | Расчет спецперехода                                       | 5                                  |
|               | Финансовый менеджмент.                                    |                                    |
|               | Социальная ответственность.                               |                                    |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------|
| Инженер   | Дерюгин А. В. |                        |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Зав. кафедрой | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|----------------|------------------------|---------|------|
| ЭСиЭ          | Прохоров А. В. | к.т.н.                 |         |      |

# **ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

|               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                            |
| 3-9201        | Старжинскому Александру Владимировичу |

|                            |                       |                                  |                                      |
|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Институт</b>            | Электронного обучения | <b>Кафедра</b>                   | Электрических сетей и электротехники |
| <b>Уровень образования</b> | Специалист            | <b>Направление/специальность</b> | Электроэнергетические системы и сети |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Краткое описание рабочей зоны, технологического процесса на предмет возникновения:</i></p> <p><i>-вредных проявлений факторов проектируемой и производственной среды;</i></p> <p><i>– опасных проявлений факторов производственной среды;</i></p> <p><i>– негативного воздействия на окружающую природную среду, предполагаемые источники загрязнения окружающей среды (атмосферы, гидросферы, литосферы);</i></p> <p><i>– чрезвычайных ситуаций.</i></p> | <p><i>– Объект раздела: характеристика работ, операций, условий выполнения рассматриваемого технологического процесса.</i></p> <p><i>– Обеспечение безопасности для выявленных опасных факторов: нормативные требования, которым удовлетворяет принятое к использованию оборудование и инструмент.</i></p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>1. Анализ выявленных опасных и вредных факторов проектируемой или эксплуатационной производственной среды:</i></p> <p><i>– действие фактора на организм человека;</i></p> <p><i>– предлагаемые средства защиты (коллективной защиты, индивидуальные защитные средства)</i></p> | <p><i>– Перечень опасных и вредных факторов при выполнении работ;</i></p> <p><i>– Обеспечение санитарно-гигиенических условий на рабочих местах и обеспечение требований нормативных документов к выявленным вредным факторам.</i></p> |
| <p><i>2. Экологическая безопасность: характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду.</i></p>                                                                                                                                                                        | <p><i>– Нормирование загрязнителей и методы очистки;</i></p>                                                                                                                                                                           |
| <p><i>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <p><i>– перечень возможных ЧС на объекте;</i></p> <p><i>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</i></p>                                                     | <p><i>– Поведение объекта в ЧС и меры, необходимые для повышения устойчивости при ЧС.</i></p>                                                                                                                                          |
| <p><i>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <p><i>– Специальные нормы;</i></p> <p><i>– Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</i></p>                                                                                            | <p><i>– Виды компенсаций;</i></p> <p><i>– Требования к расположению и компоновке рабочей зоны.</i></p>                                                                                                                                 |

## **Перечень графического материала:**

|   |   |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

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

**Задание выдал консультант:**

| <b>Должность</b>                 | <b>ФИО</b>      | <b>Ученая степень,<br/>звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|-------------|
| Доцент<br>кафедры экологии и БЖД | Амелькович Ю.А. | К.Т.Н.                            |                |             |

**Задание принял к исполнению студент:**

| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                         | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
|---------------|------------------------------------|----------------|-------------|
| 3-9201        | Старжинский Александр Владимирович |                |             |

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

Студенту:

| Группа  | ФИО                                   |
|---------|---------------------------------------|
| 3- 9201 | Старжинскому Александру Владимировичу |

| Институт            | Энергетический | Кафедра                   | Электрических сетей и электротехники |
|---------------------|----------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Уровень образования | Специалитет    | Направление/специальность | Электроэнергетические системы и сети |

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                                                                                           | Нормы амортизации.                                                                                       |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | Ставка 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 трудоемкости         |
| 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)          | Расчёт годовых эксплуатационных затрат.                                 |

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

Этапы и график разработки и внедрения ИР

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

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Коршунова Л.А. | к.т.н.                 |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа  | ФИО                                | Подпись | Дата |
|---------|------------------------------------|---------|------|
| 3- 9201 | Старжинский Александр Владимирович |         |      |

## Реферат

Дипломная работа 93 с., 8 рисунков, 22 таблицы, 26 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: проектирование ВЛ, опоры, линейная арматура, спецпереход, социальная ответственность, экономическая эффективность.

Объектом исследования является ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская».

В работе проводится проектирование ВЛ 500 кВ. Осуществляется выбор провода и проектирование механической части. Произведен экономический расчет для определения затрат на строительство. Так же произведен анализ социальной ответственности.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе MSWord 7.0 и представлена на компакт - диске (в конверте на обороте обложки).

|          |     |             |       |     |                    |  |  |                        |      |        |  |
|----------|-----|-------------|-------|-----|--------------------|--|--|------------------------|------|--------|--|
|          |     |             |       |     | ФЮРА.140205.009 ПЗ |  |  |                        |      |        |  |
|          |     |             |       |     |                    |  |  |                        |      |        |  |
| Из       | Лис | № докум.    | Подпи | Лат |                    |  |  |                        |      |        |  |
| Разраб.  |     | Старжинский |       |     | Реферат.           |  |  | Лит.                   | Лист | Листов |  |
| Руковод. |     | А.В.Дерюгин |       |     |                    |  |  |                        |      | 8      |  |
| Консульт |     |             |       |     |                    |  |  | ТПУ ИнЭО<br>гр.3- 9201 |      |        |  |
|          |     |             |       |     |                    |  |  |                        |      |        |  |
|          |     |             |       |     |                    |  |  |                        |      |        |  |

## Оглавление

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                 | 11 |
| 1 Общее описание.....                                                                                                         | 14 |
| 1.1 Характеристика трассы ВЛ 500 кВ.....                                                                                      | 14 |
| 2 Выбор сечения провода.....                                                                                                  | 17 |
| 2.1 Выбор сечения провода по экономической плотности тока.....                                                                | 17 |
| 2.2 Проверка по длительно допустимому току.....                                                                               | 18 |
| 3 Проектирование механической части ВЛ 500 кВ.....                                                                            | 21 |
| 3.1 Исходные данные.....                                                                                                      | 21 |
| 3.2 Расчёт удельных механических нагрузок от внешних воздействий на провод.....                                               | 24 |
| 3.3 Расчёт критической температуры и выявление климатических условий, соответствующих наибольшему провисанию провода.....     | 28 |
| 3.4 Расчёт габаритного пролёта.....                                                                                           | 29 |
| 3.5 Выбор типов изоляторов и линейной арматуры.....                                                                           | 30 |
| 3.6 Построение расстановочного шаблона.....                                                                                   | 35 |
| 3.7 Расчёт спецперехода.....                                                                                                  | 37 |
| 3.8 Выбор фундаментов.....                                                                                                    | 38 |
| 4 Социальная ответственность.....                                                                                             | 40 |
| 4.1 Производственная безопасность.....                                                                                        | 41 |
| 4.1.1 Отклонение уровня шума.....                                                                                             | 42 |
| 4.1.2 Электромагнитное излучение.....                                                                                         | 42 |
| 4.1.3 Отклонение от нормативных параметров микроклимата.....                                                                  | 43 |
| 4.1.4 Отклонение от норм освещения.....                                                                                       | 48 |
| 4.1.5 Опасность поражения электрическим током.....                                                                            | 49 |
| 4.1.6 Взрывоопасность.....                                                                                                    | 50 |
| 4.1.7 Пожароопасность.....                                                                                                    | 52 |
| 4.1.8 Получение механической травмы.....                                                                                      | 54 |
| 4.1.9 Расчёт защитного зануления.....                                                                                         | 57 |
| 4.2 Экологическая безопасность.....                                                                                           | 60 |
| 4.2.1 Влияние на атмосферу.....                                                                                               | 61 |
| 4.2.2 Влияние на гидросферу.....                                                                                              | 61 |
| 4.2.3 Воздействие на литосферу.....                                                                                           | 62 |
| 4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....                                                                                | 64 |
| 4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....                                                          | 67 |
| 4.4.1 Основные направления.....                                                                                               | 67 |
| 4.4.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности при работе в электроустановках.....                                | 69 |
| 4.4.3 Меры по технике безопасности при организации борьбы с гололедом на проводах и грозозащитных тросах воздушной линии..... | 70 |
| 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....                                                        | 72 |
| 5.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоёмкости.....                                                      | 72 |
| 5.2 Расчёт затрат на проектирование.....                                                                                      | 75 |

|          |      |             |       |     |                    |                        |      |
|----------|------|-------------|-------|-----|--------------------|------------------------|------|
|          |      |             |       |     | ФЮРА.140205.009 ПЗ |                        |      |
| ИЗ       | Лист | № докум.    | Подпи | Лат |                    |                        |      |
| Разраб.  |      | Старжинский |       |     | Оглавление         | Лит.                   | Лист |
| Руковод. |      | А.В.Дерюгин |       |     |                    |                        | 9    |
| Консульт |      |             |       |     |                    | ТПУ ИнЭО<br>гр.3- 9201 |      |
|          |      |             |       |     |                    |                        |      |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3 Выбор варианта опор .....                                        | 77 |
| 5.4 Расчёт ежегодных эксплуатационных затрат .....                   | 79 |
| 5.5 Расчёт стоимости потребляемой электроэнергии потребителями ..... | 81 |
| 5.6 Расчёт эффективности инвестиций.....                             | 82 |
| Заключение.....                                                      | 85 |
| Список используемых источников .....                                 | 86 |
| Приложение А.....                                                    | 89 |
| Рисунок 1- Трасса ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская» .....    | 89 |

## Введение

В связи с развитием промышленности как Красноярского края, так и Сибири в целом, и повсеместным увеличением нагрузки потребителей, нагрузка на сеть увеличивается. Для обеспечения потребителей мощностью и увеличения требуемой надёжности необходим ввод новых генерирующих мощностей.

Проектируемая линия соединит блок №3 Берёзовская ГРЭС и ПС «Итатскую».

Берёзовская ГРЭС (далее – БГЭС) расположена в городе Шарыпово Красноярского края. В настоящее время на станции находятся в работе два энергоблока с общей суммарной мощностью 1600 МВт. В данный момент на станции ведется строительство блока №3 с установленной мощностью 800 МВт. Для выдачи мощности энергоблока №3 в сеть необходимо строительство ВЛ 500 кВ, соединяющей блок №3 и ПС «Итатскую».

Подстанция 1150 кВ Итатская обеспечивает выдачу мощности Красноярской ГЭС, Саяно-Шушенской ГЭС, Назаровской ГРЭС и Березовской ГРЭС-1 в ОЭС Сибири. ПС введена в эксплуатацию в 1982 году. После аварии на Саяно-Шушенской ГЭС подстанция играет ключевую роль в энергообеспечении Республик Тывы и Хакасии.

Целью данной работы является Проектирование ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская». Для выполнения данной работы выстраивается ряд необходимых задач:

- приведение характеристики трассы прохождения проектируемого объекта, определение климатических и ветровых условий, а так же условий гололёдообразования. Так же необходимо учитывать геоморфологические, рельефные особенности района прохождения трассы;

|          |      |             |       |     |                    |                        |        |
|----------|------|-------------|-------|-----|--------------------|------------------------|--------|
|          |      |             |       |     | ФЮРА.140205.009 ПЗ |                        |        |
| Из       | Лист | № докум.    | Подпи | Лат |                    |                        |        |
| Разраб.  |      | Старжинский |       |     | Введение           | Лит.                   | Лист   |
| Руковод. |      | А.В.Дерюгин |       |     |                    |                        | Листов |
| Консульт |      |             |       |     |                    |                        | 11     |
|          |      |             |       |     |                    | ТПУ ИнЭО<br>гр.3- 9201 |        |
|          |      |             |       |     |                    |                        |        |

- выбор провода необходимого сечения и проверка его характеристик;
- выбор типов промежуточных и анкерных опор;
- расчёт механических нагрузок, действующих на провод;
- выбор изоляторов и линейной арматуры.

Методологической основой данной работы является научно-техническая литература и справочники по проектированию.

## 1 Общее описание

### 1.1 Характеристика трассы ВЛ 500 кВ

В административном отношении трасса проектируемой ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС “Итатская” №3 (ВЛ- 522) проходит по территории Шарыповского района Красноярского края, рисунок 1 (Приложение А).

Начальным пунктом проектируемой трассы ВЛ 500 кВ является ОРУ 500 кВ Берёзовской ГРЭС, расположенной на юго- западной окраине пгт. Дубинино. Конечным пунктом - ячейка №24 ОРУ 500 кВ ПС 1150/ 500 кВ “Итатская”.

Общее направление трассы ВЛ 500 кВ - южное, протяжённость 17,7 км.

В геоморфологическом отношении трасса ВЛ 500 кВ проложена по Западно- Сибирской равнине, в бассейнах р. Береш и Базыр.

В рельефном отношении трасса ВЛ равнинная, с участками всхолмленной местности. Местность покрыта лесом и лугом.

На выходе из ОРУ 500 кВ Берёзовской ГРЭС и на участке Уг.1- Уг.4 проектируемая ВЛ 500 кВ проходит в коридоре существующих опор ВЛ 500 кВ, далее на всём протяжении трасса проложена в одном коридоре с двумя ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС “Итатская” №1, 2, ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС “Шарыповская” с западной стороны на расстоянии 80- 150 м.

Район прохождения трассы характеризуется хорошо развитой дорожной сетью.

Основными дорогами района проектируемой трассы ВЛ 500 кВ являются:

|          |      |             |       |     |                    |                        |        |
|----------|------|-------------|-------|-----|--------------------|------------------------|--------|
|          |      |             |       |     | ФЮРА.140205.009 ПЗ |                        |        |
| Из       | Лист | № докум.    | Подпи | Лат |                    |                        |        |
| Разраб.  |      | Старжинский |       |     | Общее описание     | Лит.                   | Лист   |
| Руковод. |      | А.В.Дерюгин |       |     |                    |                        | Листов |
| Консульт |      |             |       |     |                    |                        | 13     |
|          |      |             |       |     |                    | ТПУ ИнЭО<br>гр.3- 9201 |        |

- Железная дорога Шарыпово- Горячегогорск  
- а/ дорога с асфальтированным покрытием Шарыпово- Берёзовская  
ГРЭС

- а/ дорога с асфальтированным покрытием Холмогорское- Белогорск  
Дороги с покрытием находятся в хорошем состоянии, проезд  
возможен круглый год, при условии расчистки от снега.

Климат района резко континентальный, формируется под  
воздействием воздушных масс, приходящих с запада, севера и юга. В зимний  
и летний периоды над районом устанавливается отрог Сибирского  
антициклона, который в зимнее время приносит холодные воздушные массы,  
когда устанавливается холодная ясная погода с сильными морозами, а в  
летний период ясная, жаркая погода. Весной и осенью характер погоды  
неустойчив. В эти периоды преобладает вторжение циклонов и с ними  
фронтов с запада и юга, которые принося обложные осадки и пасмурную  
погоду.

Определение расчётных условий по ветру и гололёду произведено на  
основании карт климатического районирования территории РФ по ветровым  
и гололёдным нагрузкам.

В качестве нормативных рекомендуется принять:

**1. Температура воздуха:**

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| 1) абсолютная максимальная | 38° С   |
| 2) абсолютная минимальная  | - 54°С  |
| 3) среднегодовая           | -1,5° С |

**2. Возможную скорость** ветра 1 раз в 25 лет с 10 минутным интервалом  
осреднения (на высоте 10 метров над поверхностью земли) 32 м/с (III р-  
н)

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| С 10 минутным интервалом осреднения | 16 м/с |
|-------------------------------------|--------|

**3. Толщину стенки гололёда** 25 мм

**4. Среднемаксимальная высота снежного покрова** 24 см

**5. Максимальная высота снежного покрова** 45 см

**6. Среднегодовую продолжительность грозы** от 40 до 60 час.

По степени агрессивного воздействия среды на конструкции из бетона грунты исследуемого объекта, относятся к неагрессивным.

Подземные воды в пределах участка работ скрыты до глубины 6,0 м от поверхности земли.

Безнапорные грунтовые воды озёрно-аллювиальных отложений речной долины р. Береш зафиксированы на глубине 1,2- 2,7 м.

При проектировании объекта, вследствие возможности морозного пучения грунтов, необходимо учитывать глубину сезонного промерзания. Нормативная глубина сезонного промерзания суглинистых грунтов составляет 2,0 м, крупнообломочных- 2,8 м.

Трасса проектируемой ВЛ проходит в бассейне реки Береш, пересекая вышеуказанную реку и ряд её притоков различного порядка.

Опасных гидрометеорологических явлений (сели, лавины) в районе прохождения трассы ВЛ не отмечается.

Абсолютные отметки высот района колеблются в пределах 260- 380 м.

## 2 Выбор сечения провода

### 2.1 Выбор сечения провода по экономической плотности тока

Выбор сечения провода выполнен в соответствии с требованиями ПУЭ, по нормированным значениям плотности тока по методике, изложенной в «Справочнике по проектированию электрических сетей» под редакцией Д.Л. Файбисовича.

Сечение (F) проводов фазы проектируемой ВЛ определяется по формуле:

$$F = \frac{I_p}{J_n} \quad (1)$$

где F- сечение провода;

$I_p$ - расчётный ток, А;

$J_n$ - нормированная плотность тока, А/мм<sup>2</sup>, в соответствии с ПУЭ нормированное значение плотности тока, при числе часов использования максимума нагрузки более 5000 ч/год,  $J_n=1$  А/мм<sup>2</sup>.

Расчётная токовая нагрузка ( $I_p$ ) ВЛ определена по формуле:

$$I_p = I_5 \cdot \alpha_i \cdot \alpha_T \quad (2)$$

где  $I_p$ - расчётная токовая нагрузка;

$I_5$ - ток линии на 5-й год её эксплуатации в нормальном эксплуатационном режиме;

$\alpha_i$ - коэффициент, учитывающий изменение нагрузки по годам эксплуатации линии, определяемый по току в максимальном режиме в первый, пятый и десятый год эксплуатации;

$\alpha_T$ - коэффициент, учитывающий число часов использования максимальной нагрузки линии и коэффициент её попадания в максимум энергосистемы.

|          |     |             |       |     |                       |                        |        |
|----------|-----|-------------|-------|-----|-----------------------|------------------------|--------|
|          |     |             |       |     | ФЮРА.140205.009 ПЗ    |                        |        |
| Из       | Лис | № докум.    | Подпи | Лат |                       |                        |        |
| Разраб.  |     | Старжинский |       |     | Выбор сечения провода | Лит.                   | Лист   |
| Руковод. |     | А.В.Дерюгин |       |     |                       |                        | Листов |
| Консульт |     |             |       |     |                       |                        | 15     |
|          |     |             |       |     |                       | ТПУ ИнЭО<br>гр.3- 9201 |        |
|          |     |             |       |     |                       |                        |        |

В качестве расчётного режима принята выдача полной мощности энергоблока № 3 БГРЭС. На основании расчётов получены следующие значения рассматриваемых показателей:

Таблица 1- Значения коэффициентов токовой нагрузки

| $I_5$ А | $\alpha_i$ | $\alpha_T$ | км | $I_p$ , А |
|---------|------------|------------|----|-----------|
| 862     | 0,95       | 0,9        | 1  | 737       |

$$I_5 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{745630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 500 \cdot 10^3} = 862 \text{ А}$$

$$I_p = 862 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 737 \text{ А}$$

$$F = \frac{737}{1} = 737 \text{ мм}^2$$

Полученный результат позволяет выбрать провод с алюминиевыми жилами наименьшего стандартного значения- 3х300 мм<sup>2</sup>.

## 2.2 Проверка по длительно допустимому току

Пропускная способность ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская» должна обеспечивать максимально возможную загрузку ВЛ в самом неблагоприятном режиме. С учётом того, что транзитных перетоков по ВЛ не предполагается, наибольшая загрузка ВЛ ожидается после установки, предусмотренных проектом станции, двух ТГ суммарной мощностью 1600 МВт.

Наиболее сложным с точки зрения загрузки ВЛ будет режим выдачи максимально возможной полной мощности двух ТГ в режиме, близком к критическому по статической устойчивости. Для поддержания статической устойчивости может потребоваться длительная выдача максимальной реактивной мощности в условиях минимально допустимого по устойчивости напряжения. Токовая нагрузка ВЛ составит:

$$I = \frac{\sqrt{P_n^2 + Q_{\max}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\min}} \quad (3)$$

где  $P_n$ - суммарная номинальная мощность генераторов, равная

1600 МВт;

$Q_{\max}$ - максимально возможная реактивная мощность, Мвар;

$U_{\min}$ - минимально допустимое по устойчивости напряжение.

При среднем отношении максимальной выдаваемой турбогенераторами реактивной мощности к номинальной активной, равной 62 %, максимальная реактивная мощность  $Q_{\max}$  двух энергоблоков составит 992 Мвар.

Минимально допустимое по устойчивости напряжение  $U_{\min}$  рассчитывается с учётом нормированного коэффициента запаса по напряжению по формуле:

$$U_{\min} = \frac{U_{kr}}{1 - K} \quad (4)$$

где  $K$ - нормированный коэффициент запаса по напряжению, равный 0,15;

$U_{kr}$ - критическое напряжение, соответствующее границе статической устойчивости.  $U_{kr}$  следует принимать равным большей из двух величин:  $0,7 \cdot U_{ном}$  и  $0,75 \cdot U_{норм}$ , где  $U_{норм}$ - напряжение в рассматриваемом узле нагрузки при нормальном режиме энергосистемы. Значение  $U_{норм}$ , полученное в результате расчётов режимов зимнего максимума 2025 г., составило 518 кВ.

$$0,7 \cdot U_{ном} = 0,7 \cdot 500 = 350 \text{ кВ}$$

$$0,75 \cdot U_{норм} = 0,75 \cdot 51 = 389 \text{ кВ}$$

В качестве минимального напряжения  $U_{\min}$  принимается значение 389 кВ.

Минимально допустимое по устойчивости напряжение составит

$$U_{\min} = \frac{389}{1 - 0,15} = 458 \text{ кВ}$$

Расчётная максимальная токовая нагрузка ВЛ составит:

$$I = \frac{\sqrt{1600^2 + 992^2}}{\sqrt{3} \cdot 458} = 2373 \text{ А}$$

Длительно допустимый ток для провода сечением  $3 \times 300 \text{ мм}^2$  при температуре воздуха  $+25^\circ\text{C}$  составит 2070 А. Таким образом, пропускная способность провода сечением  $3 \times 300 \text{ мм}^2$  недостаточна для выдачи полной мощности двух предусмотренных проектом БГРЭС энергоблоков в условиях минимально допустимых по СУ уровней напряжения. Необходимо увеличить сечение до  $3 \times 400 \text{ мм}^2$ .

Длительно допустимый ток для провода сечением  $3 \times 400 \text{ мм}^2$  при температуре воздуха  $+25^\circ\text{C}$  составит 2475 А. Пропускная способность провода сечением  $3 \times 400 \text{ мм}^2$  удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Выбранное сечение аналогично сечению двух существующих ВЛ 500кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская» №1 и №2.

### 3 Проектирование механической части ВЛ 500 кВ

#### 3.1 Исходные данные

Таблица 2- Исходные данные

|                                 |                  |                    |            |
|---------------------------------|------------------|--------------------|------------|
| Номер линии                     | -                | -                  | 522        |
| Номинальное напряжение          | U <sub>ном</sub> | кВ                 | 500        |
| Длина трассы                    | L                | км                 | 17,7       |
| Марка провода                   | -                | -                  | 3хАС400/51 |
| Количество ВЛ                   | -                | -                  | 1          |
| Тип                             | -                | -                  | Одноцепная |
| Наименьшая температура          | $\Theta_{-}$     | $^{\circ}\text{C}$ | -54        |
| Наивысшая температура           | $\Theta_{+}$     | $^{\circ}\text{C}$ | 38         |
| Среднегодовая температура       | $\Theta_{сг}$    | $^{\circ}\text{C}$ | -1,5       |
| Температура гололёдообразования | $\Theta_{г}$     | $^{\circ}\text{C}$ |            |

Трасса сооружаемой одноцепной воздушной линии на номинальное напряжение 500 кВ проходит по территории Шарыповского района Красноярского края, относящегося к 2- му району по гололёду и 3- му району по ветровому давлению. Абсолютная максимальная температура составляет 38° С, абсолютная минимальная температура составляет -54° С.

Опоры ВЛ 500 кВ приняты металлические решётчатой конструкции оцинкованные унифицированные:

- анкерно- угловые, транспозиционные и концевые- свободностоящие трёх-стоечные унифицированные шифра У2 по типовому проекту серии 3.407- 106 (3539тм), обеспечивающие несущую способность на данные климатические условия.

Вес опоры У2- 16,448 т.

В качестве альтернативных при выборе типа промежуточных опор рассмотрены:

|          |             |          |       |     |                                                   |                           |      |
|----------|-------------|----------|-------|-----|---------------------------------------------------|---------------------------|------|
|          |             |          |       |     | ФЮРА.140205.009 ПЗ                                |                           |      |
| Из       | Лис         | № докум. | Подпи | Лат |                                                   |                           |      |
| Разраб.  | Старжинский |          |       |     | Проектирование<br>механической части<br>ВЛ 500 кВ | Лит.                      | Лист |
| Руковод. | А.В.Дерюгин |          |       |     |                                                   |                           | 19   |
| Консульт |             |          |       |     |                                                   | ТПУ ИнЭО 21<br>гр.3- 9201 |      |
|          |             |          |       |     |                                                   |                           |      |
|          |             |          |       |     |                                                   |                           |      |

1) решётчатые порталы на оттяжках шифра ПБ4, унификации 1973 года, по типовому проекту 3539тм.

2) решётчатые порталы на оттяжках шифра ПП500-3 (унификации 1988 года), по типовому проекту 3604тм (серии 3.407.2-155).

3) Многогранные стальные опоры с внутренними связями 2МП500-3В по типовому проекту 20017тм-т23.

Технико- экономическое сравнение металлических решётчатых и многогранных опор выполнено на 5 км. Результаты расчётов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технико- экономическое сравнение применения металлических многогранных опор и опор решётчатой конструкции на 5 км.

| Параметры                                        | Стальные многогранные опоры (оцинкованные) 2МП500-3В | Решётчатые стальные порталы опоры (оцинкованные) на оттяжках ПБ4 | Решётчатые стальные порталы опоры (оцинкованные) на оттяжках ПП500-3 |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Пролёт габаритный, м                             | 425                                                  | 425                                                              | 490                                                                  |
| Количество промежуточных опор, шт                | 12                                                   | 12                                                               | 10                                                                   |
| Вес одной опоры, т                               | 10,63                                                | 8,200                                                            | 7,594                                                                |
| Вес опор, т                                      | 127,56                                               | 98,4                                                             | 75,94                                                                |
| Вес металлического фундамента для одной опоры, т | 4,5                                                  | 0                                                                | 0                                                                    |
| Вес металлического фундамента всего, т           | 54                                                   | 3,168                                                            | 2,64                                                                 |
| Сборный железобетон, м3                          | 0                                                    | 55,547                                                           | 49,6                                                                 |
| Тощий бетон, м3                                  | 55,39                                                | 0                                                                | 0                                                                    |
| Земляные работы- бурение, м3                     | 72,35                                                | 0                                                                | 0                                                                    |
| Вырубка просеки, Га                              | 40                                                   | 41                                                               | 40,5                                                                 |
| Стоимость металлоконструкций                     | 15039954                                             | 7908494                                                          | 6103498                                                              |

|                                               |          |          |          |
|-----------------------------------------------|----------|----------|----------|
| опор, руб                                     |          |          |          |
| Стоимость металлоконструкций фундаментов, руб | 3086049  | 181048   | 150873   |
| Стоимость сборного железобетона, руб          | 0        | 3008547  | 2686435  |
| Стоимость земляных работ, руб                 | 349054   | 1083632  | 967613   |
| Стоимость тощего бетона, руб                  | 166766   | 0        | 0        |
| Стоимость просеки, руб                        | 3000000  | 3075000  | 3037500  |
| Итого стоимость, руб                          | 21641823 | 15256721 | 12945919 |

Исходя из результатов технико- экономического обоснования вариант с промежуточными решётчатыми опорами из углового проката наиболее экономичный по сравнению с многогранными опорами.

Опоры унификации 1988 г. выше на 5 м и при равном весе обеспечивают больший габаритный пролёт, сокращая расход на 5 км линии электропередач.

Таким образом наиболее обосновано применение для рассматриваемой ВЛ в качестве основных решетчатых металлических опор унификации 1988 года, по типовому проекту 3604тм- ПП500- 3.

Вес опоры ПП500-3- 7,594 т.

Габаритный пролёт промежуточной опоры ПП500- 3 для опор из низколегированной стали для трассы ВЛ с климатическими условиями, соответствующими II району по гололёду и III району по ветру, составляет 490 м.

На металлических решётчатых опорах предусматриваются степ-болты для подъёма на опору при строительстве и эксплуатации.

Выбираем опоры: анкерно- угловые- У2; промежуточные опоры ПП500- 3.

Характеристики опоры сводим в таблицу 4

Таблица 4- Характеристики выбранных опор

| Марка опоры | Гололёд, мм | Марка провода      | Пролёт, м | Высота, м |                    | Ширина В, м | Масса, т |
|-------------|-------------|--------------------|-----------|-----------|--------------------|-------------|----------|
|             |             |                    |           | полная    | до нижней траверсы |             |          |
| ПП500-3     |             | 3хАС330-3хАС400/51 | 490       | 37,75     | 32,0               | 26,2        | 7,594    |
| У2          | 10-20       | 3хАС400/51         | -         | 24,5      | 17,0               | 28,0        | 16,448   |

### 3.2 Расчёт удельных механических нагрузок от внешних воздействий на провод

В первую очередь, определяем нагрузки, действующие на провод. Выбираем технические данные провода АС- 400/51 в соответствии с [3, стр. 78] и сводим в таблицу 5.

Таблица 5- Параметры провода АС- 400/51

| Параметры       | Проводник | Сердечник | Провод |
|-----------------|-----------|-----------|--------|
| Сечение, $мм^2$ | 394       | 51,1      | 445,1  |
| Диаметр, мм     |           | 9,2       | 27,5   |
| Масса, кг/км    |           |           | 1490   |

Постоянно действующая нагрузка от собственной массы провода

$$P_n = M_n \cdot g \cdot 10^{-3} = 1490 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} = 14,6 \text{ Н / м}$$

$$\gamma_n = \frac{P_n}{F_A + F_C} = \frac{14,6}{394 + 51,1} = 0,033 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$$

Определим стрелу провисания провода

$$f = \frac{\gamma_n \cdot l^2}{8 \cdot \sigma_{CG}}$$

$\sigma_{CG}$  - допустимое напряжение при среднегодовой температуре

$l$  - длина пролёта. Принимаем  $l = 490 \text{ м}$

$$\sigma_{CT} = 69 \text{ Н / мм}^2 \text{ (ПУЭ, табл. 2.5.7.)}$$

$$f = \frac{0,033 \cdot 490^2}{8 \cdot 69} = 14,35 \text{ м}$$

Находим высоту приведённого центра тяжести проводов

$$h_{np} = h_{cp} - \frac{2}{3} \cdot f$$

$h_{cp}$  - среднеарифметическое значение высоты крепления проводов к изоляторам, м.

$$h_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n H_{Траверсы}}{n} = \frac{32 + 32 + 32}{3} = 32 \text{ м}$$

$n$  - количество зон, отсчитываемых от земли в месте установки опоры.

$$h_{np} = 32 - \frac{2}{3} \cdot 14,35 = 22,43 \text{ м}$$

Нормативная гололёдная нагрузка на 1 м провода

$$P_{\text{эн}}^H = \pi \cdot K_i \cdot K_d \cdot b_{\text{э}} \cdot (d_n + K_i \cdot K_d \cdot b_{\text{э}}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}$$

Согласно ПУЭ (табл. 2. 5. 4.)  $K_i = 1; K_d = 0,82$

$K_i; K_d$  - коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололёда на высоте и в зависимости от диаметра;

$b_{\text{э}}$  - толщина стенки гололёда, мм;  $b_{\text{э}} = 20 \text{ мм}$ ;

$d_n$  - диаметр провода, мм;

$\rho$  - плотность льда;  $\rho = 0,92 / \text{см}^3$ .

$$P_{\text{эн}}^H = 3,14 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 20 \cdot (27,5 + 1 \cdot 0,82 \cdot 20) \cdot 0,9 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} = 20 \text{ Н / м}$$

Расчётная гололёдная нагрузка на 1 м провода

$$P_{\text{эн}} = P_{\text{эн}}^H \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f \cdot \gamma_d$$

$\gamma_{nw}$  - коэффициент надёжности по ответственности . Для ВЛ 330- 750 кВ  $\gamma_{nw} = 1,3$  (ПУЭ, п. 2. 5. 55);

$\gamma_p$  - региональный коэффициент, равен 1. (ПУЭ, п. 2. 5. 55);

$\gamma_f$  - коэффициент надёжности по гололёдной нагрузке. Для районов по гололёду 3 и выше  $\gamma_f = 1,6$  ( ПУЭ, п. 2. 5. 55);

$\gamma_d$  - коэффициент условий работы, равен 0,5.

$$P_{zn} = 20 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 0,5 = 20,8 \text{ Н / м}$$

$$\gamma_{zn} = \frac{P_{zn}}{F_a + F_c} = \frac{20,8}{394 + 51,1} = 0,047 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$$

Результирующая нагрузка от веса провода и гололёда

$$P_{\Sigma 1} = P_n + P_{zn} = 14,6 + 20,8 = 35,4 \text{ Н / м}$$

$$\gamma_{\Sigma 1} = \gamma_n + \gamma_{zn} = 0,033 + 0,047 = 0,08 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$$

Нормативная ветровая нагрузка, действующая на 1 м. провода без гололёда

$$P_{wn}^H = \alpha_w \cdot K_l \cdot K_w \cdot C_x \cdot W \cdot F \cdot \sin^2 \varphi$$

$\alpha_w$  - коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролёту ВЛ. При  $W = 650 \text{ Па}$ ,  $\alpha_w = 0,7$  (ПУЭ, п. 2. 5. 52)

$K_l$  - коэффициент, учитывающий влияние длины пролёта на ветровую нагрузку.  $K_l = 1$  при длине пролёта 250 м. и более (ПУЭ, п. 2. 5. 52).

$K_w$  - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности. (ПУЭ, табл. 2. 5. 2)

Тип местности В, при  $h_{np} = 22,3 \text{ м}$ ,  $K_w = 0,87$

$C_x$  - коэффициент лобового сопротивления.  $C_x = 1,1$  для проводов без гололёда (ПУЭ, 2. 5. 52).

$W$  - нормативное ветровое давление.  $W = 650 \text{ Па}$

$F$  - площадь продольного диаметрального сечения провода,  $\text{м}^2$

$$F = d_n \cdot 10^{-3} = 27,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\sin^2 \varphi = 1$$

$$P_{wn}^H = 0,7 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,1 \cdot 650 \cdot 27,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 12 \text{ H / м}$$

Расчётная ветровая нагрузка, действующая на 1 метр провода без гололёда

$$P_{wn} = P_{wn}^H \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f$$

$$P_{wn} = 12 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,6 = 25 \text{ H / м}$$

$$\gamma_{zn} = \frac{P_{wn}}{F_a + F_c} = \frac{25}{394 + 51,1} = 0,056 \text{ H / м} \cdot \text{мм}^2$$

Нормативная ветровая нагрузка, действующая на 1 метр провода с гололёдом

$$P_{wn2}^H = \alpha_w \cdot K_l \cdot K_w \cdot C_x \cdot 0,25 \cdot W \cdot F \cdot \sin^2 \varphi$$

$$W = W_2 = 0,25 \cdot W_0 = 0,25 \cdot 650 = 162,5 \text{ Па}$$

При  $W = 162,5 \text{ Па}$ ,  $\alpha_w = 1$  (ПУЭ, п. 2. 5. 52)

$K_l = 1$  при длине пролёта 250 м. и более (ПУЭ, п. 2. 5. 52);

Тип местности В, при  $h_{np} = 22,3 \text{ м}$ ,  $K_w = 0,87$

$C_x = 1,2$  - для проводов, покрытых гололёдом (ПУЭ, 2. 5. 2);

$$F = (d_n + 2 \cdot K_i \cdot K_d \cdot b_9) \cdot 10^{-3}$$

$$F = (27,5 + 2 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 60,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$P_{wn2}^H = 1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,2 \cdot 0,25 \cdot 162,5 \cdot 60,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 2,5 \text{ H / м}$$

Расчётная ветровая нагрузка, действующая на 1 метр провода с гололёдом

$$P_{wn2} = P_{wn2}^H \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_p \cdot \gamma_f \cdot \gamma_d$$

$$P_{wn2} = 2,5 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 0,5 = 2,6 \text{ H / м}$$

$$\gamma_{zn} = \frac{P_{wn2}}{F_a + F_c} = \frac{2,6}{394 + 51,1} = 0,005 \text{ H / м} \cdot \text{мм}^2$$

Результирующая нагрузка на провод без гололёда от давления ветра

$$P_{\Sigma 2} = \sqrt{P_n^2 + P_{wn}^2} = \sqrt{14,6^2 + 25^2} = 29 \text{ H / м}$$

$$\gamma_{\Sigma 2} = \sqrt{\gamma_n^2 + \gamma_{wn}^2} = \sqrt{0,033^2 + 0,056^2} = 0,065 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$$

Результирующая нагрузка на провод с гололёдом от давления ветра

$$P_{\Sigma 3} = \sqrt{P_{\Sigma 1}^2 + P_{wn2}^2} = \sqrt{35,4^2 + 2,6^2} = 35,5 \text{ Н / м}$$

$$\gamma_{\Sigma 3} = \sqrt{\gamma_{\Sigma 1}^2 + \gamma_{wn2}^2} = \sqrt{0,08^2 + 0,005^2} = 0,08 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$$

Сравнив все значения  $\gamma_{\Sigma}$ , выберем наибольшую результирующую нагрузку на провод с гололёдом от давления ветра.  $\gamma_{нб} = 0,08 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$

3.3 Расчёт критической температуры и выявление климатических условий, соответствующих наибольшему провисанию провода

Для ВЛ 500 кВ на местности, характеризующейся высшей температурой  $t_+ = 38^0 \text{ C}$  (СНИП), рассчитываем  $t_{кр}$  и выявляем климатические условия, соответствующие наибольшему провисанию провода.

$$t_{кр} = (t_2 - 3) + \frac{\sigma_{нб}}{\alpha \cdot E} \cdot \frac{\gamma_n}{\gamma_{нб}}$$

$t_2 = -5^0 \text{ C}$  - температура образования гололёда;

$\alpha = 19,8 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$  - температурный коэффициент линейного удлинения (ПУЭ, табл. 2. 5. 8);

$E = 7,7 \cdot 10^4 \text{ Н / мм}^2$  - модуль упругости (ПУЭ, табл. 2. 5. 8);

$\gamma_n = 0,033 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$  - удельная постоянно действующая нагрузка от собственной массы провода;

$\gamma_{нб} = 0,08 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$ ;

$\sigma_{нб} = 126 \text{ Н / мм}^2$  - допустимое напряжение при наибольшей нагрузке

$$t_{кр} = (-5 - 3) + \frac{126}{19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 7,7 \cdot 10^4} \cdot \frac{0,033}{0,08} = 26,1^0 \text{ C}$$

$t_+ > t_{кр}$  - следовательно, наибольшая стрела провисания будет при высшей температуре.

### 3.4 Расчёт габаритного пролёта

Определяем габаритный пролёт

$$l_{габ}^4 \cdot \left( \frac{\gamma_{[f]}}{8 \cdot f} + \left( \frac{\gamma_{[\sigma]}}{\sigma} \right)^2 \cdot \frac{E}{24} \right) - l_{габ}^2 \cdot (\sigma + \alpha \cdot E \cdot (\gamma_{[\sigma]} - \gamma_{[f]})) - \frac{8}{3} \cdot f^2 \cdot E = 0$$

$\gamma_{[f]} = 0,033 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$  - удельная механическая нагрузка, при которой имеет место наибольшее провисание провода;

$f = 14,35 \text{ м}$  - стрела провисания провода;

$\gamma_{[\sigma]} = 0,08 \text{ Н / м} \cdot \text{мм}^2$  - удельная механическая нагрузка, принятая как исходная, для расчёта провода на прочность;

$\sigma = 126 \text{ Н / мм}^2$  - допустимое напряжение;

$E = 7,7 \cdot 10^4 \text{ Н / мм}^2$  - модуль упругости (ПУЭ, табл. 2. 5. 8);

$t_{[\sigma]} = -5^0 \text{ C}$  - температура, принятая как исходная для расчета провода на прочность;

$t_{[f]} = 38^0 \text{ C}$  - температура, при которой стрела провисания достигает максимального значения.

Для упрощения решения данной задачи, разобьём уравнение на участки

$$A = \left( \frac{\gamma_{[f]}}{8 \cdot f} + \left( \frac{\gamma_{[\sigma]}}{\sigma} \right)^2 \cdot \frac{E}{24} \right) = \left( \frac{0,033}{8 \cdot 14,35} + \left( \frac{0,08}{126} \right)^2 \cdot \frac{7,7 \cdot 10^4}{24} \right) = 0,00158$$

$$B = \left( \sigma + \alpha \cdot E \cdot (t_{[\sigma]} - t_{[f]}) \right) = 126 + 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 7,7 \cdot 10^4 \cdot (-5 - 38) = 60,442$$

$$C = \frac{8}{3} \cdot f^2 \cdot E = \frac{8}{3} \cdot 14,35^2 \cdot 7,7 \cdot 10^4 = 42282753,33$$

Получим уравнение вида:

$$0,00158 \cdot l_{габ}^4 - 60,442 \cdot l_{габ}^2 - 42282753,33 = 0$$

Для нахождения габаритного пролёта вычислим корень уравнения:

$$l_{габ} = \sqrt{\frac{B \cdot \sqrt{B^2 + 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}}$$
$$l_{габ} = \sqrt{\frac{60,442 \cdot \sqrt{60,442^2 + 4 \cdot 0,00158 \cdot 42282753,33}}{2 \cdot 0,00158}} \approx 320 м$$

Значение  $l_{габ} = 320 м$ , пересчитаем стрелу провисания провода

$$f_{габ} = \frac{\gamma_n \cdot l_{габ}^2}{8 \cdot \sigma_-} = \frac{0,033 \cdot 320^2}{8 \cdot 126} = 3,35 м$$

### 3.5 Выбор типов изоляторов и линейной арматуры

При выборе типа изоляции на ВЛ рассмотрено применение стеклянных изоляторов.

В районе прохождения трассы проектируемой ВЛ 500 кВ отсутствуют промышленные предприятия, загрязняющие атмосферу. Изоляцию предлагается выполнить по всей ВЛ для района с I степенью загрязнения атмосферы, что соответствует удельной длине пути утечки 1,6 см/кВ.

Основными характеристиками изоляторов являются:

1) Длина пути утечки- наименьшее расстояние или сумма кратчайших расстояний по контуру наружной изоляционной поверхности, находящейся под разностью потенциалов;

2) Механическая разрушающая сила- наименьшее значение силы, приложенной к изолятору, при которой происходит его разрушение, кН;

3) Электромеханическая разрядная сила- наименьшее значение силы, приложенной к изолятору, который находится под разными электрическими потенциалами и при которой изолятор разрушается, кН.

Для выбора типа изолятора, необходимо найти весовой пролёт линии:

$$l_{габ} = 320 м$$

$$l_{вес} = 1,25 \cdot l_{заб} = 1,25 \cdot 320 = 400 \text{ м}$$

Для промежуточных опор при нормальном режиме работы линии происходят при наибольшей нагрузке

$$2,5 \cdot n_{\phi} \cdot \gamma_{нб} \cdot F_{нр} \cdot l_{вес} + G_2$$

где  $n_{\phi} = 3$ - число проводов в расщеплённой фазе;

$F_{нр} = 445,1 \text{ мм}^2$ - полное поперечное сечение провода;

$G_2 = 800 \text{ Н}$ - средний вес гирлянды изоляторов;

$l_{вес} = 250 \text{ м}$ - наибольший весовой пролёт линии.

$$2,5 \cdot 3 \cdot 0,08 \cdot 445,1 \cdot 250 + 800 = 68765 \text{ Н}$$

При среднеэксплуатационных условиях

$$5 \cdot (n_{\phi} \cdot \gamma_n \cdot F_{нр} \cdot l_{вес} + G_2)$$

$$5 \cdot (3 \cdot 0,033 \cdot 445,1 \cdot 250 + 800) = 59081 \text{ Н}$$

В режиме обрыва провода

$$1,8 \cdot \sqrt{\left( \frac{n_{\phi} \cdot \gamma_n \cdot F_{нр} \cdot l_{вес}}{2} + G_2 \right)^2 + K_{рд} \cdot T_{нб}^2}$$

где  $K_{рд} = 0,4$ - коэффициент редукии

$$T_{нб} = n_{\phi} \cdot \sigma \cdot F_{нр} = 3 \cdot 126 \cdot 445,1 = 168247,8$$

$$1,8 \cdot \sqrt{\left( \frac{3 \cdot 0,033 \cdot 445,1 \cdot 250}{2} + 800 \right)^2 + 0,4 \cdot 168247,8^2} = 67594 \text{ Н}$$

Выбираем по наибольшему значению, соответствующему режиму обрыва провода. Выбираем изоляторы ПС 210В. Характеристики изолятора сводим в таблицу 6.

Таблица 6- Параметры изолятора ПС 210В

| Изолятор | Механическая разрушающая сила, кН | Диаметр тарелки, D, мм | Строительная высота Н, мм | Длина пути утечки | Масса, кг |
|----------|-----------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-----------|
|----------|-----------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-----------|

|         |     |     |         |        |     |
|---------|-----|-----|---------|--------|-----|
|         |     |     |         | Ли, мм |     |
| ПС 210В | 210 | 300 | 170;195 | 370    | 7,1 |

Длина пути утечки конструкции

$$L = \lambda_{\text{э}} \cdot U \cdot K$$

U=525 кВ для ВЛ 500 кВ

$$\lambda_{\text{э}} = 1,4$$

$$K=1$$

$$L = 1,4 \cdot 525 \cdot 1 = 735 \text{ мм}$$

Определяем количество изоляторов в гирлянде

$$m = \frac{L}{L_{\text{И}}}$$

$$m = \frac{735}{37} \approx 20 \text{ шт}$$

Принимаем число изоляторов в гирлянде равным 20 шт.

Натяжная гирлянда изоляторов

При наибольшей механической нагрузке

$$2,5 \cdot \sqrt{\left( \frac{\gamma_{\text{нб}} \cdot F_{\text{нр}} \cdot l_{\text{вес}}}{2} \right)^2 + \sigma_{\text{нб}} \cdot F_{\text{нр}}^2}$$

$$2,5 \cdot \sqrt{\left( \frac{0,08 \cdot 445,1 \cdot 250}{2} \right)^2 + 126 \cdot 445,1^2} = 140647,4 \text{ Н}$$

При среднеэксплуатационных условиях

$$6 \cdot \sqrt{\left( \frac{\gamma_{\text{н}} \cdot F_{\text{нр}} \cdot l_{\text{вес}}}{2} + G_2 \right)^2 + \sigma_{\text{сэ}} \cdot F_{\text{нр}}^2}$$

$$6 \cdot \sqrt{\left( \frac{0,033 \cdot 445,1 \cdot 250}{2} + 800 \right)^2 + 30 \cdot 445,1^2} = 81664,2 \text{ Н}$$

Сравнение двух условий показывает, что значение при наибольшей механической нагрузке больше значения при среднеэксплуатационных

условиях  $140647,4 \text{ Н} \geq 81664,2 \text{ Н}$ . Выбор изоляторов производим по большему значению, следовательно, выбираем изоляторы ПС 210В.

Выбор линейной арматуры.

При сравнении прессуемых, спиральных и клиносочленённых зажимов было определено, что прессуемая арматура по единовременным затратам меньше спиральной в 4 раза. С учётом эксплуатационных издержек прессуемая арматура уступает спиральной.

Для подвески и ремонта проводов и грозозащитных тросов на промежуточных опорах предлагается спиральная арматура, имеющая ряд преимуществ перед традиционной прессуемой:

- простота и полная совместимость с проводом;
- несложный быстрый монтаж без применения специальной оснастки;
- надёжное крепление провода, исключая его опасные изгибы, перетирание, вибрацию и другие механические повреждения;
- быстрое восстановление линии с обеспечением электрических и механических характеристик провода.

Для крепления проводов и тросов к анкерно- угловым опорам в натяжных гирляндах на пересечениях с инженерными коммуникациями предлагаются клиносочленённые зажимы, обеспечивающие минимальную деформацию провода и высокие показатели виброгашения. Простой и быстрый монтаж и демонтаж зажимов даёт возможность корректировки стрелы провеса провода.

Клиносочленённый зажим может использоваться как ремонтный комплект и монтироваться без опускания проводов на землю (как следствие без анкеровки) и тем более без замены провода на действующих ВЛ, где особо важно устранение аварии на проводе в сжатые сроки.

Для остальных участков заходов принимаются спиральные натяжные зажимы.

Для соединения строительных длин провода предлагаются соединительные прессуемые зажимы типа САС, шлейфы на анкерно-угловых опорах соединяются термитными патронами ПАС.

Обводка шлейфов, на выбранных анкерно-угловых опорах У2, выполняется при помощи двух одноцепных гирлянд для оттяжки шлейфа провода на соседнюю стойку и одной Л-образной. На всех консолях используются Л-образные гирлянды, крепящиеся к распорке ЗРС-З-400, с каждой стороны от распорки устанавливаются утяжелённые распорки РУ-З-400, уменьшающие отклонение шлейфа под воздействием ветра.

Для грозозащитных тросов от вибрации предлагаются многочастотные гасители вибрации типа «кегля» марки ГВ. Защита от вибрации проводов расщеплённой фазы в соответствии с ПУЭ не выполняется.

С учётом предполагаемых нагрузок, схемой присоединения ВЛ к энергосистеме предусмотрено сечение провода 400 мм<sup>2</sup> по три провода в фазе. Расстояние между проводами расщеплённой фазы в пролёте составляет 400 мм и в пролётах между промежуточными опорами обеспечивается группами из трёх распорок РГ-З-400. В пролётах между анкерными опорами устанавливаются распорки Р-З-600. В пролётах между анкерной и промежуточной опорами первая группа от анкерной опоры состоит из распорок РГ-З-600, вторая из распорок РГ-З-500.

Расстояние между распорками в группе- 1 м, расстояние между группами распорок не превышает 40 м.

В шлейфах анкерно-угловых опор предусмотрена установка утяжелённых распорок РУ-З-400, уменьшающие отклонение шлейфа под воздействием ветра.

Выбранную линейную арматуру сводим в таблицу 7

Таблица 7- Оборудование ВЛ

| Наименование | Тип | Количество, | Примечание |
|--------------|-----|-------------|------------|
|--------------|-----|-------------|------------|

|                                                                                                   |             |     |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----|--|
|                                                                                                   |             | шт  |  |
| Поддерживающая<br>одноцепная гирлянда<br>изоляторов для провода<br>АС400/51                       | 1х20хПС210В | 135 |  |
| Поддерживающая<br>одноцепная гирлянда<br>изоляторов для провода<br>АС400/51 для оттяжки<br>шлейфа | 1х31хПС120Б | 26  |  |
| Натяжное крепление<br>для троса МЗ-11,0-В-<br>ОЖ-Н-Р с заземлением                                | 1хПС120Б    | 33  |  |

### 3.6 Построение расстановочного шаблона

Расстановочный шаблон применяется в условиях расстановки опор на неровном месте. Представляет собой три кривые (параболы), расположенные друг над другом с определённым сдвигом по вертикали.

Кривая 1- кривая максимального провисания провода. Строится по уравнению:

$$y = \frac{\gamma_n \cdot x}{2 \cdot \sigma} = K_{\text{Ш}} \cdot \left( \frac{x}{100} \right)^2, \text{ где}$$

$K_{\text{Ш}}$  - коэффициент шаблона,

$$K_{\text{Ш}} = \frac{\gamma_n \cdot 10^4}{2 \cdot \sigma};$$

$$K_{\text{Ш}} = \frac{0,033 \cdot 10^4}{2 \cdot 126} = 1,31 \text{ м}^{-1};$$

$\gamma_n$  - нагрузка, при которой имеет место наибольшее провисание провода,  $\gamma_n = 0,08 \text{ Н} / \text{м} \cdot \text{мм}^2$ ;

$\sigma$  - напряжение, соответствующее габаритному пролёту,  
 $\sigma = 126 \text{ Н} / \text{мм}^2$ ;

$x$  - значение длины габаритного пролёта.  $x = (0 \div 0,75) \cdot l_{\text{габ}}$ ;

Кривая 2 называется габаритной, служит для проверки габарита от проводов до земли и пересекаемых инженерных сооружений. При

построении сдвигается вниз по вертикали от кривой 1 на расстояние, равное требуемому габариту.

$$h_{габ} = \Gamma + (0,3 \div 0,5)$$

$\Gamma$ - требуемый габарит- наименьшее расстояние от проводов до поверхности земли или инженерных сооружений. Для ВЛ 500 кВ  $\Gamma = 15,5$  м (ПУЭ, табл 2.5.22)

(0,3 ÷ 0,5) - запас габарита для учёта неровностей профиля.

$$h_{габ} = 15,5 + 0,5 = 16 \text{ м}$$

Кривая 3- земляная кривая, служит для правильного наложения шаблона без измерения высоты подвеса провода на опоре. Её сдвигают вниз от кривой 1 на расстояние, равное высоте подвеса провода на промежуточных опорах.

$$h_0 = H_{Tp}^{HЖ} - \lambda_n$$

$H_{Tp}^{HЖ}$  - расстояние от земли до нижней траверсы, м

$\lambda_n$  - длина гирлянды изоляторов на промежуточной опоре,

$$\lambda_n = m \cdot H = 20 \cdot 0,195 = 3,9 \text{ м}$$

$$h_0 = 32 - 3,9 = 28,1 \text{ м}$$

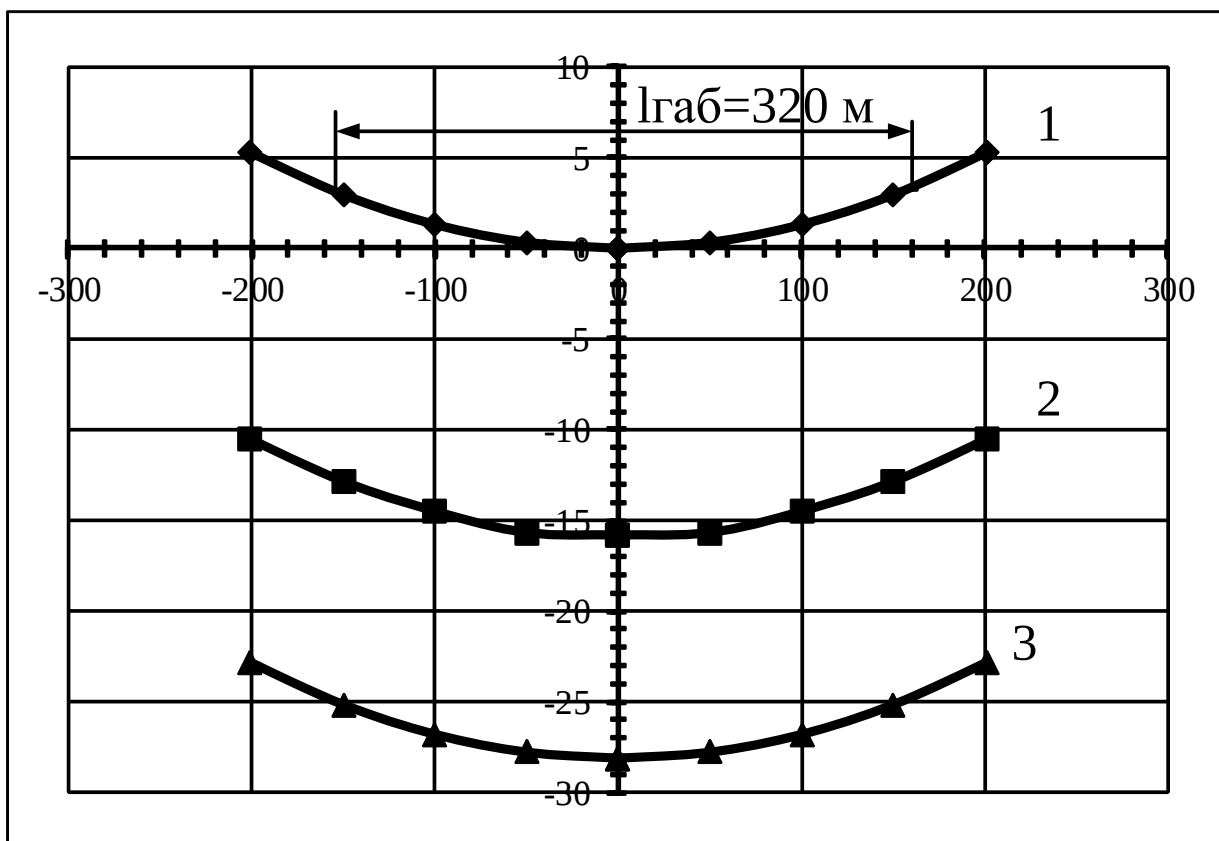


Рисунок 2 – Шаблон для расстановки опор

### 3.7 Расчёт спецперехода

Трасса проектируемой ВЛ 500 кВ пересекает следующие инженерные коммуникации и естественные преграды:

- трубопроводы;
- автодороги;
- водозаборный канал;

Реки Береш, Кадат, Базыр.

В местах пересечения ВЛ 500 кВ с инженерными сооружениями, устанавливаются опоры промежуточного типа ПП500-3. Вертикальное расстояние провода ВЛ 500 кВ до полотна автомобильной дороги должно быть не менее 15,5 м. Вертикальное расстояние от траверсы опоры до полотна дороги составляет 32 м.

Расстояние от опоры до оси автодороги 150 м. Пролет перехода составляет 320 м. Наибольшее провисание провода имеет место при нагрузке

$\gamma_n = 0,033 \text{ Н/м} \cdot \text{мм}^2$  и  $\sigma_n = 104 \text{ Н/мм}^2$ . В местах пересечения ВЛ с автомобильными дорогами с обеих сторон ВЛ на дорогах должны устанавливаться дорожные знаки в соответствии с требованиями государственного стандарта.

Вертикальное расстояние провода ВЛ до полотна дороги:

$$\Gamma = h_B - y - h$$

где  $h_B = 32 \text{ м}$  - отметка подвеса провода на опоре;

$h = 3 \text{ м}$  - отметка пересекаемого объекта;

$$y = \frac{\gamma_n \cdot x}{2 \cdot \sigma_n} \cdot l - x = \frac{0,033 \cdot 150}{2 \cdot 104} \cdot 320 - 150 = 4,04 \text{ м}$$

$$\Gamma = 32 - 4,04 - 3 = 24,96 \text{ м}$$

Значение рассчитанного расстояния от провода до полотна дороги  $24,96 \text{ м} \geq 15,5 \text{ м}$ .

### 3.8 Выбор фундаментов

Для закрепления опор в грунте предусмотрено применение унифицированных железобетонных фундаментов.

Свободностоящие анкерно- угловые опоры типа У2 устанавливаются на подножки по типовому проекту 3.407-115 выпуск 3. При необходимости устанавливается на ригель РФ3,0 3, серии 3.407.9-158 вып.1.

Стойки промежуточных опор ПП500- 3 устанавливаются на подножки Ф4-1/5 с уклоном 1:5 по типовому проекту 3.407.1-159 (13025тм).

В тех случаях, когда основанием фундаментов являются текучие и текуче- пластичные глины и суглинки, подножки устанавливаются на подкатные плиты ПП1-А. Для предотвращения размыва, выполняется одиночное или двойное мощение камнем по верху котлована.

В поймах рек под свободностоящие опоры предлагаются повышенные подножки ФП5- А5.

Поскольку грунты по трассе обладают средней и высокой коррозионной активностью по отношению к стали, для закрепления оттяжек принимается анкерный фундамент с выносом узла крепления над уровнем отметки земли по типовой серии 12981 тм-т.1 марки Ф5.

Для исключения нормальных сил морозного пучения на участках трассы с пучинистыми грунтами предусмотрена отсыпка гравийно-галечниковой подушки под фундаменты анкерно-угловых опор и под фундаменты стоек промежуточных опор на оттяжках.

Для фундаментов свободностоящих опор, устанавливаемых в пучинистых грунтах с ригелями, в зоне установки ригелей предусмотрена замена пучинистого грунта привозным песчано-гравелистым грунтом.

#### 4 Социальная ответственность

##### Введение

Основной из важнейших задач работодателя, является обеспечение безопасных и комфортных условий труда.

Для обеспечения благоприятных и безопасных условий для работника, работодателю необходимо провести работы по выявлению и устранению возможных причин несчастных случаев на производстве, появления у работников профессиональных заболеваний, аварий и пожаров, а так же мероприятий к их устранению.

В данном разделе дипломной работы рассмотрены работы, выполняемые в процессе исследования и используемое оборудование.

У работников на рабочем месте должны быть предусмотрены средства защиты от вредных производственных факторов. Уровни воздействия вредных производственных факторов не должны превышать предельно-допустимые значений, указанных в правовых, технических и санитарно-технических нормах. Данные нормы и правила обязывают работодателя к созданию условий труда на рабочем месте, при которых влияние вредных факторов будет снижено до предельно- допустимых значений или устранено совсем.

В данном разделе дипломной работы рассмотрены условия работы диспетчера. Рабочее место диспетчера представляет собой вычислительный центр с набором присущих ему свойств и особенностей.

|           |      |                |         |      |                               |                    |      |
|-----------|------|----------------|---------|------|-------------------------------|--------------------|------|
|           |      |                |         |      | ФЮРА. 140205.009 ПЗ           |                    |      |
|           |      |                |         |      |                               |                    |      |
| Изм.      | Лист | № докум.       | Подпись | Дата |                               |                    |      |
| Разраб.   |      | А.В.Старжинск  |         |      | Социальная<br>ответственность | Лит.               | Лист |
| Провер.   |      | Ю.А.Амелькович |         |      |                               |                    | 38   |
| Консульт  |      |                |         |      |                               | 40                 |      |
| Н. контр. |      |                |         |      |                               | ТПУ ИнЭО Гр.3-9201 |      |
| Утв.      |      |                |         |      |                               |                    |      |

#### 4.1 Производственная безопасность

##### Анализ вредных и опасных производственных факторов

В данном разделе проводится анализ вредных и опасных факторов рабочего места диспетчера, включающего в себя использование компьютера и телефонной связи, разработка мер защиты от вредных воздействий, оценка условий труда и обеспечения микроклимата рабочей среды. Так же в разделе рассмотрены вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды.

Диспетчерский персонал, использующий в своей работе ПК подвержен воздействию вредных и опасных производственных факторов. За факторами, при нарушении которых, возможно оказание вредного воздействия на организм человека, необходим постоянный контроль. Согласно ГОСТ 12.0.003-74, к вредным факторам относятся:

- отклонение уровня шума;
- электромагнитное излучение;
- отклонение от нормативных параметров микроклимата;
- отклонение от норм освещения

Опасными факторами являются:

- опасность поражения электрическим током;
- взрывоопасность;
- пожароопасность;
- получение механической травмы.

При выполнении работы, работник находится во взаимодействии с предметами труда, орудиями труда, а так же другими работниками. Так же на работника оказывается воздействие окружающей среды, в которой протекает труд работника.

От данных воздействий зависит отношение работника к труду, и соответственно результат его деятельности. Неудовлетворительные условия на рабочем месте приводят к снижению трудоспособности, качеству

выполняемой работы и увеличению возможности появления профессиональных заболеваний и травм.

#### 4.1.1 Отклонение уровня шума

Шум - это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. Шум отрицательно влияет на организм человека, и в первую очередь на его центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, приводит к появлению профессиональных заболеваний. Источниками производственного шума являются вычислительные машины и оборудование. Допустимый уровень шумов регламентируется ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СНиП 11-12-77 «Нормы проектирования. Допустимый уровень звукового давления на рабочих местах в производственных помещениях». Согласно ГОСТ 12.1.003-83 уровни звука в рабочих зонах не должны превышать 80 дБА. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ для снижения шума применяют следующие методы: уменьшение в источнике; изменение направленности излучения; уменьшение шума на пути его распространения.

Когда практически невозможно уменьшить шум до допустимых величин общетехническими мероприятиями, используют средства индивидуальной защиты. К этим средствам относятся:

- вкладыши - мягкие тампоны из ультратонкого волокна. Снижение шума 5... 20 дБ;
- наушники - при воздействии шумов с высокими уровнями (более 120 дБ).

#### 4.1.2 Электромагнитное излучение

Опасное воздействие на работающих оказывает электромагнитное излучение промышленной частоты (50 Гц). В помещении токоведущими частями создается переменное электромагнитное поле. Оно характеризуется в основном напряженностью электрической составляющей поля  $E$ , В/м. Напряженность магнитной составляющей поля  $H$  незначительна — 10-20 А/м, поэтому ее влиянием пренебрегают.

Электрическое поле неблагоприятно влияет на центральную нервную систему человека, вызывает учащенное сердцебиение, повышенное кровяное давление и температуру тела. Работоспособность человека падает. Он быстро утомляется. Воздействие на человека электрического поля зависит от его напряженности и длительности пребывания в зоне влияния.

Нормы для электрической напряженности (без применения защитных средств), согласно ГОСТ 12.1.002-84 приведены в таблице 8.

Таблица 8– Допустимые времена пребывания в электромагнитном поле

| Напряженность поля<br>E, кВ/м                          | 5  | 10 | 15   | 20    | 25   |
|--------------------------------------------------------|----|----|------|-------|------|
| Допустимое время<br>пребывания в<br>электрическом поле | 8ч | 3ч | 1,5ч | 10мин | 5мин |

Нормирование электромагнитных полей осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируется.

#### 4.1.3 Отклонение от нормативных параметров микроклимата

Под микроклиматом производственных помещений понимаются метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения (ГОСТ 12.1.005-88 (2001) ССБТ).

Данные микроклиматические показатели должны обеспечивать тепловой баланс человека, занятого операторской деятельностью с окружающей средой и поддержание оптимального (допустимого) теплового состояния организма. При этом расчет микроклиматических условий производится при учёте средней работоспособности и оптимального

эмоционального напряжения оператора на протяжении непрерывной деятельности, определяемой Трудовым Кодексом.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей (при этом учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций, устройств, технологического оборудования);
- влажность воздуха;
- скорость циркуляции воздушных масс в помещении;
- тепловое облучение (при наличии источников лучистого тепла и их параметров, включая характеристики используемых ламп (накаливания, энергосберегающие, и т.п.).

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категории работ Ia по уровню энергозатрат (до 139 Вт/час), определяются как для холодного, так и для теплого времени года. Соответствующие показатели отражены в таблице 9 и 10.

Таблица 9 - Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, | Температура поверхностей, | Относительная влажность воздуха, | Скорость движения воздуха, |
|-------------|--------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------|
|             |                                            | °С                   | °С                        | %                                | м/с                        |
| Холодный    | до 139                                     | 22-24                | 21-25                     | 60-40                            | 0,1                        |
| Теплый      | До 139                                     | 23-25                | 22-26                     | 60-40                            | 0,1                        |

Таблица 10 - Допустимые показатели микроклимата на рабочих местах

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С           |                                   | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с                                     |                                                                    |
|-------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|             |                                            | Диапазон ниже оптимальных величин | Диапазон выше оптимальных величин |                              |                                    | Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин не более | Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин не более |
| Холодный    | до 139                                     | 20,0-21,9                         | 24,1-25                           | 19,0-26,0                    | 15-75                              | 0,1                                                                | 0,1                                                                |
| Теплый      | До 139                                     | 21,0-22,9                         | 25,1-28                           | 20,0-29,0                    | 15-75                              | 0,1                                                                | 0,2                                                                |

Вентиляцией называется комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в производственных помещениях. Основное назначение вентиляции – удаление из рабочей зоны загрязненного или перегретого воздуха и подача чистого воздуха, в результате чего в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды. Одна из главных задач, возникающих при устройстве вентиляции – определение воздухообмена, т. е. количество вентиляционного воздуха, необходимого для обеспечения оптимального санитарно-гигиенического уровня воздушной среды помещений.

В зависимости от способа перемещения воздуха в производственных помещениях вентиляция делится на естественную и искусственную (механическую). Возможно и их сочетание – смешанная вентиляция.

Согласно СП 60.13330.2012, если в помещении нет вредных выделений, то вентиляция должна обеспечивать воздухообмен не менее  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$  на каждого работающего (для помещений с объемом до  $20 \text{ м}^3$  на одного работающего). При выделении вредных веществ в воздух рабочей зоны необходимый воздухообмен определяют исходя из условий их разбавления до ПДК, а при наличии тепловых избытков – из условий поддержания допустимой температуры в рабочей зоне.

Естественная вентиляция производственных помещений осуществляется за счет разности температур в помещении и наружного воздуха (тепловой напор) или действия ветра (ветровой напор). Естественная вентиляция может быть организованной и неорганизованной.

При неорганизованной естественной вентиляции воздухообмен осуществляется за счет вытеснения внутреннего теплого воздуха наружным холодным воздухом через окна, форточки, фрамуги и двери. Организованная естественная вентиляция (или аэрация) обеспечивает воздухообмен в заранее рассчитанных объемах, регулируемый в соответствии с метеорологическими условиями. Безканальная аэрация осуществляется при помощи проемов в стенах и потолке и рекомендуется в помещениях большого объема со значительными избытками теплоты.

В производственных помещениях небольшого объема, а также в помещениях, расположенных в многоэтажных производственных зданиях, применяют канальную аэрацию, при которой загрязненный воздух удаляется через вентиляционные каналы в стенах. Для усиления вытяжки на выходе из каналов на крыше здания устанавливают дефлекторы – устройства, создающие тягу при обдувании их ветром.

Естественная вентиляция дешева и проста в эксплуатации. Основной ее недостаток заключается в том, что приточный воздух вводится в помещение без предварительной очистки и подогрева, а удаляемый воздух не очищается и загрязняет атмосферу. Естественная вентиляция применима там, где нет больших выделений вредных веществ в воздух рабочей зоны.

Отопительные системы бывают центральные и местные. В системах центрального отопления энергия вырабатывается за пределами отапливаемых помещений, а затем распределяется по системе труб между потребителями. Центральное отопление в зависимости от вида теплоносителя бывает водяным, воздушным, паровым. Возможно применение местных систем отопления, основой которых является

совмещение генератора энергии с отопительным прибором. В настоящее время в качестве местного отопления используют газовое или электрическое. В отапливаемых помещениях для обогрева устанавливают отопительные приборы. Тип прибора зависит от системы отопления: при воздушном отоплении это калориферы, в системах водяного отопления – радиаторы, конвекторы, гладкие и ребристые трубы. В системах лучистого и панельного отопления функции отопительных приборов выполняют стены, потолок и т. д. Отопительные приборы с температурой теплоносителя выше 100 °С должны быть ограждены во избежание ожогов людей при случайном прикосновении. В системах воздушного отопления нагретый в калориферах воздух подается в отапливаемое помещение. В промышленных зданиях при воздушном отоплении используется рециркулируемый воздух, а в большинстве случаев – наружный воздух. На рабочем месте диспетчера центральное отопление, в помещении установлено 6 радиаторов.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 допустимые величины теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Таблица 11- Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

| Облучаемая поверхность тела, % | Интенсивность теплового облучения, Вт/м, не более |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| 50 и более                     | 35                                                |
| 25-50                          | 70                                                |
| не более 25                    | 100                                               |

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать 21 °С - при категории работ Ia.

#### 4.1.4 Отклонение от норм освещения

Рабочее и аварийное освещение во всех помещениях, на рабочих местах и на открытой территории должно обеспечивать освещенность согласно ведомственным нормам и "Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий". СНиП 23-05-95

Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения отличительными знаками или окраской.

Аварийное и рабочее освещение в нормальном режиме должно питаться от общего источника.

Присоединение к сети аварийного освещения переносных трансформаторов и других видов нагрузок, не относящихся к этому освещению, запрещается. Сеть аварийного отключения должна быть без штепсельных розеток. Питание сети освещения по схемам, отличных от проектных, запрещается.

Переносные ручные светильники ремонтного освещения должны питаться от сети напряжением не выше 42 В, а при повышенной опасности поражения электрическим током – не выше 12 В.

Вилки 12-42 В не должны подходить к розеткам 127 и 220 В. Розетки должны иметь надписи с указанием напряжения.

Оперативно-ремонтный персонал даже при наличии аварийного освещения должен быть снабжен переносными электрическими фонарями.

Очистку светильников должен выполнять по графику специально обученный персонал. Периодичность очистки должна быть установлена с учетом местных условий.

Осмотр и проверка осветительной сети должны проводиться в следующие сроки:

проверка исправности аварийного освещения при отключении рабочего освещения – 2 раза в год;

измерение освещенности рабочих мест – при вводе в эксплуатацию и в дальнейшем по мере необходимости;

испытание изоляции стационарных трансформаторов 12-42 В – 1 раз в год, переносных трансформаторов и светильников 12-42 В – 2 раза в год.

Проверка состояния стационарного оборудования и электропроводки аварийного и рабочего освещения, испытание и измерение сопротивления изоляции должны проводиться при пуске в эксплуатацию, а в дальнейшем - по графику, утвержденному главным инженером энергопредприятия.

Нормирование уровня естественного освещения согласно СНиП 23-05-95, по назначению помещений 400 Лк.

Разряд зрительной работы: II б.

#### 4.1.5 Опасность поражения электрическим током

Согласно ПУЭ [1; П.1.1.13] помещение диспетчерского пункта в отношении опасности поражения людей электрическим током является помещением без повышенной опасности.

Электрические установки, которыми являются персональные компьютеры, МФУ, факсы, по классу напряжения относятся к электроустановкам до 1000В. Они представляют для работника потенциальную опасность в отношении поражения электрическим током. Причиной поражения работника электрическим током являются:

- прикосновение работника непосредственно к токоведущим частям во время ремонта электроустановки;
- прикосновение работника к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением вследствие нарушения их изоляции;
- при соприкосновении с полом или стенами, оказавшимися под напряжением;
- возникновение короткого замыкания в блоке питания или блоке дисплейной развёртки.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие. Любое из перечисленных воздействий может привести к тяжёлым травмам или смерти человека. С целью предупреждения случаев

получения работниками электрических травм, следует провести ряд организационных и технических мероприятий.

Организационные мероприятия- прохождение каждым работником вводного инструктажа на рабочем месте.

Технические мероприятия:

- снятие напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будут производиться работы и принятие мер, препятствующих подаче напряжения на место производства работ;
- вывешивание запрещающих плакатов на приводах коммутационной аппаратуры;
- проверка отсутствия напряжения и установка на токоведущие части временных заземлений;
- вывешивание предупреждающих и предписывающих плакатов, ограждение, при необходимости, рабочего места, а так же оставшихся под напряжением токоведущих частей.

При работе с персональным компьютером, наблюдается такое явление, как статическое электричество. Разрядные токи статического электричества могут возникнуть при прикосновении работника к любому элементу оборудования. Для снижения зарядных величин статического электричества можно предложить изготовление полового покрытия из линолеумных материалов.

Согласно ГОСТ 12.1.009-86 для защиты от поражения электрическим током в помещении предусмотрено заземление.

#### 4.1.6 Взрывоопасность

Взрывы на промышленных предприятиях обычно сопровождаются обрушениями и деформациями сооружений, пожарами, выходом из строя энергосистем и утечкой из технологических трубопроводов и емкостей вредных веществ. Наиболее часто наблюдаются взрывы котлов в котельных; газов, аппаратов, продукции на химических предприятиях; паров бензина и

других компонентов на нефтеперегонных заводах; древесной пыли и лакокрасочных паров на деревообрабатывающих комбинатах и т.п.

Степень и характер поражения сооружений при взрывах во время производственных аварий зависят от:

- мощности взрыва;
- технической характеристики сооружений объекта (конструкция, прочность, размер, форма – капитальные, временные, надземные, подземные);
- планировки объекта, характера застройки;
- ландшафта местности (рельеф, грунты, залесенность);
- метеорологических условий (влажность, температура, направление и сила ветра, наличие осадков).

При образовании на предприятии по различным причинам опасной с точки зрения возможного взрыва газовоздушной смеси рассматриваются три полусферические зоны:

- зона непосредственного бризантного действия газовоздушного взрыва вблизи земли;
- зона действия продуктов взрыва;
- зона действия воздушной ударной волны.

Эффективное воздействие газовоздушной смеси аналогично ядерному взрыву.

Для предотвращения взрывов воздушных смесей, образующихся на предприятиях из-за насыщения воздуха парами бензина, керосина, древесной пыли и т.д., в первую очередь устраняют источники возможного воспламенения и осуществляют мероприятия, направленные на защиту предприятий от разрушения. Известны пять способов защиты: проектирование прочных ограждающих конструкций, способных выдержать нагрузку, равную максимальному давлению при взрыве; создание во взрывоопасных зонах инертной среды, в которой содержание кислорода было меньше необходимого для поддержания горения; изоляция

взрывоопасной зоны прочными стенами; расположение взрывоопасного производства в местах, где в случае взрыва не будет причинен вред окружающей среде; установка специальных предохранительных клапанов для сброса давления, возникающего при взрыве; подавление взрыва. Подавление взрыва основано на следующем принципе: при воспламенении взрывоопасной смеси давление в начальный момент времени поднимается медленно, и в этот момент по сигналу специальных датчиков включается устройство, выпускающее огнегасящее вещество, которое предотвращает распространение пламени.

На предприятиях с взрывоопасной характеристикой производства для обеспечения защиты рабочих и служащих на случай производственных аварий рекомендуется создавать защитные сооружения типа убежищ. При больших авариях эти защитные сооружения могут оказаться поврежденными или заваленными обломками от разрушенных взрывом сооружений, и тогда в ходе спасательных работ необходимо организовать их вскрытие.

#### 4.1.7 Пожароопасность

Пожарная профилактика – это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничения его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Пожары представляют большую опасность для людей и могут причинить огромный материальный ущерб.

Основной причиной пожара в рассматриваемом помещении является неисправность электрооборудования, короткое замыкание, нагрев проводов и загорание изоляции, перезагрузка электрических сетей электропроводки, однако, пожар может возникнуть и при неосторожном обращении с огнем.

На территории РФ действуют следующие основные документы:

- федеральный закон №69-ФЗ «О пожарной безопасности»;
- Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утв. постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. №390);

- Федеральный закон №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

- Федеральный закон №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Для обеспечения пожаробезопасности диспетчерского отдела предусмотрены первичные средства пожаротушения: установлена система автоматической сигнализации и два огнетушителя типа ОУ-5. Согласно ГОСТ 12.1.004-88 ССБТ огнетушители устанавливаются в помещениях из расчета один огнетушитель на 40-50 м<sup>2</sup> площади, но не менее двух в помещении.

Согласно НПБ 105-03 помещение диспетчерского пункта относится по пожароопасности к категории В1.

Во избежание пожаров необходимо периодически производить инструктаж с пользователями по пожаробезопасности, недопустимо приносить и хранить в комнатах взрывопожароопасные вещества и материалы.

При обнаружении пожара, необходимо:

- вызвать пожарную охрану по «01»;
- обеспечить вынужденную эвакуацию всех людей;
- до прибытия команды пожарной охраны принять все необходимые меры по тушению пожара.

При эвакуации, следует не создавать паники и двигаться в соответствии с планом эвакуации. План эвакуации представлен на рис. 6.1.

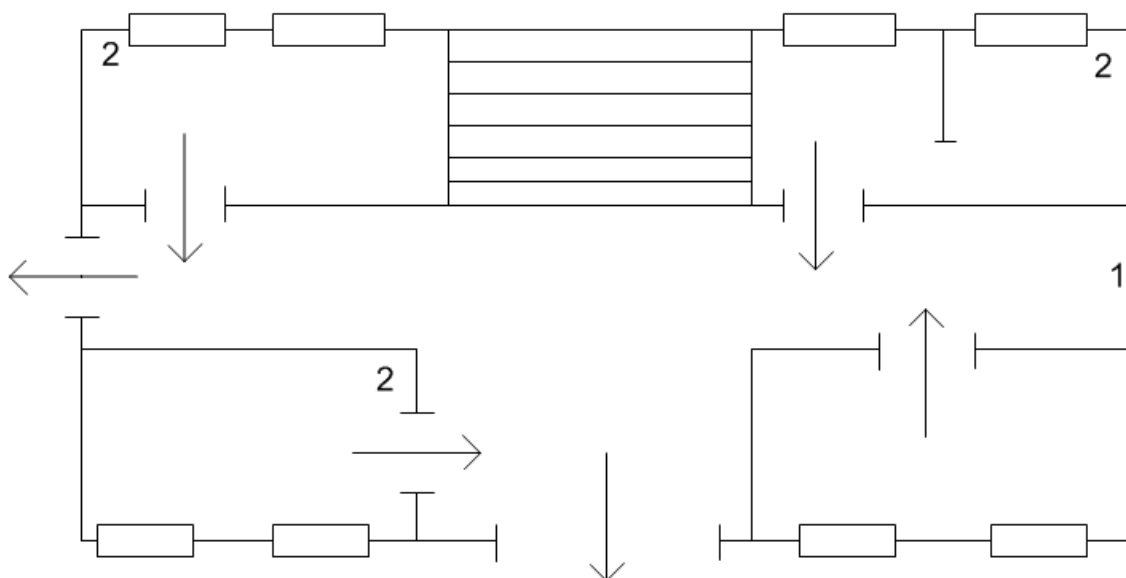


Рисунок 1 - План – схема эвакуации людей на случай пожара и размещения средств пожаротушения. 1– пожарный гидрант; 2 – огнетушитель типа ОУ-5; 3 –противопожарный инвентарь.

#### 4.1.8 Получение механической травмы

Травмой называют нарушение целостности, физиологических функций тканей и органов в организме человека, возникшее под воздействием факторов внешней среды.

В результате механических травм могут возникать ссадины, кровоподтеки, переломы, разрывы органов, вывихи.

Ссадина – это легкое повреждение эпидермиса, сопровождающееся нарушением целостности кровеносных и лимфатических сосудов.

Кровоподтек образуется на теле человека вследствие разрывов сосудов в месте удара с последующим кровоизлиянием в подкожную клетчатку или более глубокие ткани.

Рана – это повреждение, которое нарушает всю целостность кожи по ее толщине или слизистых оболочек человека и часто проникает в более глубокие слои тканей. Как правило, раны связаны с тремя основными опасностями для организма:

- кровотечением;
- инфицированием раны через поврежденные покровы;

- нарушением анатомической целостности органов и тканей человека.

Характер раны зависит от внешних особенностей предмета, которым она была нанесена.

Вывихи – это вид травмы, когда происходит полное и стойкое смещение костей в суставах. Вывихи зачастую возникают при падении, гораздо реже – при прямом воздействии на сустав. Такие травмы случаются чаще с верхними конечностями человека, чем с нижними, что обусловлено анатомическим строением сустава и степенью подвижности костей в нем.

Перелом костей – это нарушение целостности костей скелета человека, которое сопровождается обширными повреждениями тканей, расположенных близко к месту перелома, разрывами мышц, сосудов, кровоизлияниями.

Переломы бывают разными по характеру и механизму возникновения, например открытого и закрытого типа.

Травматические разрывы внутренних органов происходят в результате прямого удара, при сдавливании тела или при его сотрясении (разрыв печени при ударе в живот, разрыв селезенки при падении человека с высоты).

Размозжение тканей и органов происходит при сдавливании тела с очень большой силой между двумя твердыми и тупыми предметами. Такие травмы человек получает в автодорожных авариях, при обвалах в шахтах, железнодорожных происшествиях.

В зависимости от орудий, ставших причиной возникновения травмы, различают:

- повреждения от тупых орудий;
- повреждения от острых орудий;
- повреждения от огнестрельного оружия.

Нередко травмы сопровождаются обмороком. Обморок после полученной травмы представляет собой временную потерю сознания

вследствие внезапной недостаточности кровоснабжения головного мозга. Чаще всего обморок наступает не вследствие самого повреждения, а из-за страха, шока, внезапного испуга, острой боли.

На рабочем месте работодатель должен обеспечить безопасные условия труда, при которых исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Систематический анализ причин (технических, организационных, личностных) возникновения травм на производстве, принятие незамедлительных мер по их устранению и недопущению - являются одним из важнейших условий искоренения производственного травматизма или сведения его к минимуму.

Квалифицированное проведение следующих инструктажей работников по технике безопасности:

Вводный инструктаж - должны проходить работники, впервые поступившие на предприятие, и учащиеся, направленные для производственной практики. Вводный инструктаж знакомит с правилами по технике безопасности, внутреннего распорядка предприятия, основными причинами несчастных случаев и порядком оказания первой медицинской помощи при несчастном случае.

Инструктаж на рабочем месте (первичный) - должны пройти работники, вновь поступившие на предприятие или переведенные на другое место работы, и учащиеся, проходящие производственную практику.

Периодический (повторный) инструктаж - проводится с целью проверки знаний и умений работников применять навыки, полученные ими при вводном инструктаже и на рабочем месте. Независимо от квалификации и от стажа работы этот вид инструктажа должны проходить работники торговли и общественно питания (не реже одного раза в шесть месяцев), работники производственных предприятий (не реже одного раза в три месяца).

Внеплановый инструктаж - проводится на рабочем месте при замене оборудования, изменении технологического процесса или после несчастных случаев из-за недостаточности предыдущего инструктажа.

Текущий инструктаж - проводится после выявления нарушений правил и инструкций по технике безопасности или при выполнении работ по допуску – наряду.

Индивидуальная воспитательная работа с лицами, относящимися по субъективным причинам к потенциальным нарушителям мер безопасности.

Безопасные условия труда обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности, а так же использованием средств коллективной и индивидуальной защиты.

Для ограждения работников от открытых механизмов служат кожухи, дверцы, щиты, козырьки, планки, барьеры, экраны.

#### 4.1.9 Расчёт защитного зануления

В сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью применяется зануление. Под занулением понимается преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Нулевой защитный проводник – проводник, соединяющий зануляемые части с нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом. В случае пробоя фазы на металлический корпус электрооборудования возникает однофазное короткое замыкание, что приводит к быстрому срабатыванию защиты и тем самым автоматическому отключению поврежденной установки от питающей сети. К средствам подобной защиты относятся:

- плавкие предохранители;
- автоматы, установленные для защиты от токов коротких замыканий;
- автоматы с комбинированными расцепителями.

Работа диспетчера производится на персональном компьютере с предустановленным блоком питания, мощность которого составляет 650Вт.

Для защиты от короткого замыкания в блоке установлен тугоплавкий предохранитель номиналом 40А. Используется электрическая сеть с рабочим напряжением 230В с глухозаземленной нейтралью.

Рассчитаем отключающую способность зануления в сети, при нулевом защитном проводнике, состоящим из стальной полосы сечением 30х4 мм. От трансформатора мощностью 100 кВА до рабочего места проложена электролиния с медными проводами сечением 3х6 мм<sup>2</sup>.

Решение данной проблемы сводится к проверке следующего условия:

$$I_K \geq K \cdot I_{ном} ,$$

где  $I_K$  – ток однофазного короткого замыкания, проходящий по петле фаза-нуль;

$I_D \geq K \cdot I_{ном}$  – наименьший допустимый ток по условию срабатывания защиты (предохранителя);

$I_{ном}$  - номинальный ток плавкой вставки предохранителя.

$K$  - коэффициент кратности номинального тока  $I_{ном}$ . Так как установка защищается тугоплавким предохранителем, время срабатывания (расплавления) которого зависит от силы тока, то в целях ускорения отключения коэффициент кратности тока принимают большим или равным 3. Выполнением этого условия обеспечивается надежное срабатывание защиты при коротком замыкании (КЗ) фазы на зануленный корпус системного блока.

Определим ток короткого замыкания для блока питания в структуре системного блока:

$$I_{KЗ} = K \cdot I_{ном} = 3 \cdot 40 = 120 \text{ А} ,$$

где  $I_{KЗ} \geq K \cdot I_{ном}$  – допустимый ток по условию срабатывания защиты (предохранителя);

$I_{ном}$  - номинальный ток плавкой вставки предохранителя.

Определим полное сопротивление трансформатора по [7, Табл.6.1]:

$$Z_T = 0,226 \text{ Ом};$$

Определяем активное ( $R_\phi$ ) и индуктивное ( $X_\phi$ ) сопротивления фазного провода на участке  $l_1 = 180 \text{ м}$  и активное ( $R_{H3}$ ) и индуктивное ( $X_{H3}$ ) сопротивления нулевого защитного провода и внешнее индуктивное сопротивление  $X_{II}$  петли фаза-нуль:

Согласно паспортным данным кабеля (АПВ 3х6):

$$R_{уд} = 5,26 \text{ Ом/км}$$

$$X_{уд} = 0,24 \text{ Ом/км}$$

$$R_\phi = R_{уд} \cdot l_1 = 5,26 \cdot 0,18 = 0,947 \text{ Ом}$$

$$X_\phi = X_{уд} \cdot l_2 = 0,24 \cdot 0,18 = 0,043 \text{ Ом}$$

Найдем ожидаемую плотность тока ( $J$ ) в нулевом защитном проводе – стальной полосе сечением

$$S = 30 \cdot 4 = 120 \text{ мм}^2$$

$$J = \frac{I_{II}}{S} = \frac{120}{120} = 1 \text{ А/мм}^2 \text{ А/мм}^2$$

Для  $J = 1 \text{ А/мм}^2$  и  $S = 120 \text{ мм}^2$  находим:

$r_\omega = 2,91 \text{ Ом/км}$  – активное сопротивление 1 км стального провода,

$X_\omega = 1,75 \text{ Ом/км}$  – внутреннее индуктивное сопротивление 1 км стального провода.

Далее определяем  $R_{H3}$  и  $X_{H3}$  для  $l_1 = 300 \text{ м}$ :

$$R_{H3} = r_\omega \cdot l_1 = 2,91 \cdot 0,18 = 0,524 \text{ Ом}$$

$$X_{H3} = X_\omega \cdot l_1 = 1,75 \cdot 0,18 = 0,315 \text{ Ом}$$

Определяем  $X_{II}$  для  $l_1 = 180 \text{ м}$ :

$$X_{II} = x'_{II} \cdot l_1 = 0,6 \cdot 0,18 = 0,108 \text{ Ом}$$

$x_{II}' = 0,6 \text{ Ом/км}$  – внешнее индуктивное сопротивление 1 км петли фаза-нуль.

Находим действительные значения токов однофазного короткого замыкания, проходящих по петле фаза-нуль по формуле:

$$I_K = \frac{U_\Phi}{\frac{Z_T}{3} + \sqrt{(R_\Phi + R_{H3})^2 + (X_\Phi + X_{H3} + X_{II})^2}}$$
$$I_K = \frac{230}{\frac{0,226}{3} + \sqrt{(0,947 + 0,524)^2 + (0,043 + 0,315 + 0,108)^2}} = 139,891 \text{ А}$$

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что действительные значения токов однофазного короткого замыкания

$I_K = 139,891 \text{ А}$  превышают соответствующий (по условиям срабатывания защиты) ток короткого замыкания соответствующий значению  $I_{K3} = 120 \text{ А}$ .

Следовательно, нулевой защитный провод, его марка и параметры выбраны в соответствии с проделанными расчетами. В целом отключающая способность системы зануления полностью обеспечена.

#### 4.2 Экологическая безопасность

Для оценки воздействия проектируемого объекта на состояние окружающей среды следует выявить все параметры его техногенного влияния на атмосферу, гидросферу и литосферу.

При этом должны быть определены:

- объем валовых выбросов в атмосферу, виды выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ, их количество, источники и приземные концентрации загрязнения воздуха;
- количество сбрасываемых сточных вод, их состав и концентрация, степень очистки, условия сброса в водные объекты и параметры разбавления сточных вод;
- характер воздействия объекта на территорию (площадь отчуждения земель, параметры нарушения рельефа, почв, степень возможного

загрязнения поверхности земель и почв, воздействие на условия землепользования, сельское хозяйство и т.п.);

- уровень физических воздействий (шума, вибраций, электромагнитного и радиационного излучений);

- наименование и количество отходов проектируемого объекта, способы их временного хранения и удаления, складирования или утилизации;

- характер воздействия объекта на социальные условия жизни населения в районе его расположения.

#### 4.2.1 Влияние на атмосферу

Воздушные линии 500 кВ в режиме эксплуатации не имеют источников выбросов в атмосферу. Воздействие на атмосферу при выполнении строительно-монтажных работ будет ограничиваться периодом проведения работ и по их завершении прекратится. Выбросы имеют кратковременный характер и существенного влияния на состояние атмосферы в районе расположения объекта не оказывают.

#### 4.2.2 Влияние на гидросферу

При выполнении строительства объекта потенциальным источником загрязнения подземных и поверхностных вод являются:

- временное хранение образующихся строительных отходов, ГСМ, опасных химических веществ;

- движение строительной техники по почвенному покрову;

- заправка строительной техники топливом вне специально отведённых мест.

При передвижении строительной техники возможно нарушение естественного стока за счёт нарушения почвенного покрова, его уплотнения и др. Такое воздействие будет носить временный характер, обладать низкой интенсивностью и будет локализовано в границах строительной площадки. Возможные остаточные негативные воздействия будут минимальными при

условии проведения восстановительных работ по завершении строительства объекта.

Негативное воздействие на подземные и поверхностные воды может произойти при засорении зоны работы строительными и бытовыми отходами, нефтяными и химическими продуктами вне специально отведённых в установленном порядке для этих целей применение ядохимикатов, удобрений и других опасных материалов и сырья.

В процессе строительно-монтажных работ в целях охраны подземных и поверхностных вод необходимо предусмотреть следующие организационные мероприятия:

- проезд строительной техники должен выполняться только в пределах полосы отвода;
- оснащение стройплощадки инвентарными контейнерами для бытовых и строительных отходов;
- строительные материалы должны иметь сертификат качества;
- хранение, техническое обслуживание, заправку, мойку транспортных средств и механизмов производить в специально оборудованных местах.

Хозяйственно бытовые сточные воды отводятся в водонепроницаемые ёмкости с последующим вывозом по мере накопления вна канализационные очистные сооружения.

#### 4.2.3 Воздействие на литосферу

При эксплуатации промышленных объектов особую актуальность приобретают вопросы удаления и складирования, а в дальнейшем утилизации и захоронения отходов производства. Промышленные отходы требуют для складирования не только значительных площадей (устройство полигонов), но и загрязняют вредными веществами, пылью, газообразными выделениями атмосферу, территорию, поверхностные и подземные воды.

Для безопасного складирования отходов необходимо привести обоснование взаимного расположения производственных цехов и

сооружений предприятия, селитебных территорий и мест для размещения отходов.

Характеристика отходов производства должна содержать наименование мест образования (производства, цеха, оборудование), периодичность образования и способ удаления, класс опасности (токсичности), количество, физико-химические свойства (состав, содержание элементов, состояние, влажность, вес и т.п.) и способы дальнейшего использования отходов.

Отходы промышленного производства подразделяют на токсичные и нетоксичные. Наибольшую опасность для состояния окружающей среды представляют токсичные промышленные отходы.

Жидкие токсичные промышленные отходы перед складированием должны быть обезвожены на предприятии, прием жидких токсичных отходов на полигоны захоронения допускается только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Твердые промышленные отходы по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической и коммунальной служб могут вывозиться на полигоны складирования городских бытовых отходов, прием твердых промышленных отходов на полигоны захоронения токсичных промышленных отходов допускается в исключительных случаях при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Складирование промышленных отходов следует осуществлять на площадках, исключающих загрязнение окружающей среды и расположенных с подветренной стороны по отношению к селитебным территориям и населенным пунктам.

Перед передачей промышленных отходов на полигоны захоронения следует выявить возможность утилизации и дальнейшего использования различных веществ и металлов, содержащихся в отходах, в других отраслях промышленности и народного хозяйства. При этом из отходов гальванических производств должны быть извлечены ценные металлы,

органические горючие отходы подлежат термическому обезвреживанию с утилизацией тепла и использованием зол и шлаков в строительстве, для производства удобрений и сельском хозяйстве.

#### 4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Взрывы на промышленных предприятиях обычно сопровождаются обрушениями и деформациями сооружений, пожарами, выходом из строя энергосистем и утечкой из технологических трубопроводов и емкостей вредных веществ. Наиболее часто наблюдаются взрывы котлов в котельных; газов, аппаратов, продукции на химических предприятиях; паров бензина и других компонентов на нефтеперегонных заводах; древесной пыли и лакокрасочных паров на деревообрабатывающих комбинатах и т.п.

Степень и характер поражения сооружений при взрывах во время производственных аварий зависят от:

- мощности взрыва;
- технической характеристики сооружений объекта (конструкция, прочность, размер, форма – капитальные, временные, надземные, подземные);
- планировки объекта, характера застройки;
- ландшафта местности (рельеф, грунты, залесенность);
- метеорологических условий (влажность, температура, направление и сила ветра, наличие осадков).

При образовании на предприятии по различным причинам опасной с точки зрения возможного взрыва газовоздушной смеси рассматриваются три полусферические зоны:

- зона непосредственного бризантного действия газовоздушного взрыва вблизи земли;
- зона действия продуктов взрыва;
- зона действия воздушной ударной волны.

Эффективное воздействие газовоздушной смеси аналогично ядерному взрыву.

Для предотвращения взрывов воздушных смесей, образующихся на предприятиях из-за насыщения воздуха парами бензина, керосина, древесной пыли и т.д., в первую очередь устраняют источники возможного воспламенения и осуществляют мероприятия, направленные на защиту предприятий от разрушения. Известны пять способов защиты: проектирование прочных ограждающих конструкций, способных выдержать нагрузку, равную максимальному давлению при взрыве; создание во взрывоопасных зонах инертной среды, в которой содержание кислорода было меньше необходимого для поддержания горения; изоляция взрывоопасной зоны прочными стенами; расположение взрывоопасного производства в местах, где в случае взрыва не будет причинен вред окружающей среде; установка специальных предохранительных клапанов для сброса давления, возникающего при взрыве; подавление взрыва. Подавление взрыва основано на следующем принципе: при воспламенении взрывоопасной смеси давление в начальный момент времени поднимается медленно, и в этот момент по сигналу специальных датчиков включается устройство, выпускающее огнегасящее вещество, которое предотвращает распространение пламени.

На предприятиях с взрывоопасной характеристикой производства для обеспечения защиты рабочих и служащих на случай производственных аварий рекомендуется создавать защитные сооружения типа убежищ. При больших авариях эти защитные сооружения могут оказаться поврежденными или заваленными обломками от разрушенных взрывом сооружений, и тогда в ходе спасательных работ необходимо организовать их вскрытие.

Рассмотрим некоторые конкретные природные и техногенные чрезвычайные ситуации (ЧС), поведение в них объекта и меры по повышению устойчивости к этим ЧС. Рабочий кабинет инженера может оказаться в зоне военных действий, радиационного поражения, пожаров.

Под устойчивостью функционирования рабочего места понимают способность его в ЧС выполнять свои функции в соответствии с

предназначением. На устойчивость функционирования объекта в ЧС влияют следующие факторы: надежность защиты работающих от последствий стихийных бедствий, аварий, а также воздействия первичных и вторичных поражающих факторов оружия массового поражения, способность объекта противостоять в определенной степени этим воздействиям, надежность системы снабжения объекта, устойчивость и непрерывность управления производством и гражданской обороной, подготовленность объекта к ведению спасательных и других неотложных работ. Перечисленные факторы определяют и основные требования к устойчивому функционированию предприятия в условиях ЧС и пути его повышения.

Основные мероприятия по повышению устойчивости, проводимые на объектах в мирное время, предусматривают защиту работающих и инженерно-технического комплекса от последствий стихийных бедствий, аварий (катастроф), а также первичных и вторичных поражающих факторов ядерного взрыва; обеспечение надежности управления и материально-технического снабжения; светомаскировку объекта; подготовку его к восстановлению и переводу на режим работы в условиях ЧС (ГОСТ Р 22.8.01-96 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация чрезвычайных ситуаций. Общие требования ”, Федеральные законы: “О защите населения от ЧС природного и техногенного характера”, “О промышленной безопасности производственных объектов”, “О радиационной безопасности населения” и др.).

Для ликвидации последствий ЧС созданы следующие службы:

- оповещения и связи;
- противорадиационной и противохимической защиты;
- медицинская;
- аварийно-техническая;
- охраны общественного порядка и другие.

Для непосредственного осуществления мероприятий гражданской обороны (ГО) и проведения спасательных работ на всех объектах

формируется служба ГО. Основными формированиями ГО являются спасательные отряды (команды). Они предназначены для проведения спасательных работ как в военное время, так и для ликвидации последствий стихийных бедствий и крупных аварий.

На сводные отряды, помимо спасения людей, возлагаются неотложные аварийно-восстановительные работы, тушение пожаров, обеззараживание участков местности, транспорта и техники.

#### 4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

##### 4.4.1 Основные направления

Основными направлениями правовых и организационных вопросов области состояния условия труда являются:

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
- государственное управление охраной труда;
- государственный надзор и контроль за соблюдением требований охраны труда;
- расследование несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- защита законных интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также членов их семей на основе обязательного социального страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- установление компенсаций за тяжелую работу и работу с вредными или опасными условиями труда, неустранимыми при своевременном техническом уровне производства и организации труда;
- координация деятельности в области охраны труда, в области охраны окружающей природной среды и других видов экономической и социальной деятельности;
- подготовка и повышение квалификации специалистов по охране труда;

- организация государственной статистической отчетности об условиях труда, о производственном травматизме, профессиональной заболеваемости и об их материальных последствиях;

- установление порядка обеспечения работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет средств работодателей.

Реализация основных направлений государственной политики в области охраны труда обеспечивается согласованными действиями органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, работодателей, объединений работодателей, а также профессиональных союзов, их объединений и иных уполномоченных работниками представительных органов по вопросам охраны труда.

Трудовой распорядок на предприятиях определяется правилами внутреннего трудового распорядка, утверждаемыми общим собранием работников предприятия.

Правилами внутреннего трудового распорядка определяется продолжительность ежедневной работы (смены), время начала и окончания ежедневной работы (смены), время начала и окончания перерыва для отдыха и питания, продолжительность еженедельного непрерывного отдыха, порядок предоставления ежегодных оплачиваемых отпусков, порядок приема и увольнения работников, поощрений за успехи в работе и взысканий за нарушения трудовой дисциплины.

Работники, занятые на тяжелых работах и работах с вредными или опасными условиями труда проходят обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры для определения пригодности их к поручаемой работе и предупреждения профессиональных заболеваний.

На работах с вредными условиями труда работникам выдаются бесплатно по установленным нормам средства индивидуальной защиты, молоко или другие равноценные пищевые продукты.

На работах, где возможно воздействие на кожу вредно действующих веществ, выдаются бесплатно по установленным нормам смывающие и обезвреживающие вещества.

На работах с особо вредными условиями труда предоставляется бесплатно по установленным нормам лечебно-профилактическое питание и устанавливается сокращенная продолжительность рабочего времени - не более 36 часов в неделю, а так же устанавливается повышенная оплата труда и ежегодные дополнительные отпуска.

Для решения задач управления охраной труда на предприятии должны быть сформированы органы управления и назначены ответственные лица, исходя из структуры предприятия и должностных обязанностей руководителей и специалистов, должны решаться путем взаимодействия всех подразделений и служб предприятия.

Планирование мероприятий по охране труда на предприятии, в учреждении, организации должно быть направлено на предупреждение несчастных случаев на производстве, профессиональных заболеваний, улучшение условий и охраны труда, санитарно-бытового обеспечения работников.

#### 4.4.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности при работе в электроустановках

Работы в электроустановках в отношении их организации разделяются на: выполняемые по наряду-допуску, выполняемые по распоряжению и в порядке текущей эксплуатации.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

- утверждение перечней работ, выполняемых по нарядам, распоряжениям и в порядке текущей эксплуатации;

- назначение лиц, ответственных за безопасное ведение работ;
- оформление работ нарядом, распоряжением или утверждением перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- подготовка рабочих мест; допуск к работам;
- надзор во время ведения работ; перевод на другое рабочее место;

оформление перерывов в работе и ее окончание.

#### 4.4.3 Меры по технике безопасности при организации борьбы с гололедом на проводах и грозозащитных тросах воздушной линии

При организации плавки гололеда на проводах и грозозащитных тросах воздушной линии 35-500 кВ необходимо обращать внимание на следующие вопросы техники безопасности:

- Плавка гололеда на проводах и грозозащитных тросах производится по оперативно-диспетчерским заявкам, подаваемым службами ВЛ 35-500 кВ.

- Схемы плавки гололеда на подстанциях всегда должны быть разобраны и заземлены. Заземляющие ножи разъединителей изолированных тросов на подстанциях должны быть всегда включены, на приводах коммутационной аппаратуры должна иметься блокировка, а при невозможности ее выполнения приводы закрываются на замок. Отключаются заземляющие ножи изолированных грозозащитных тросов только перед плавкой гололеда.

- Необходимо помнить о том, что изолированные тросы по всей длине находятся под наведенным напряжением!

- При плавке гололеда на проводах и тросах с использованием «земли» в качестве обратного провода появляется опасность попадания персонала под шаговое напряжение и напряжение прикосновения, поэтому оперативному персоналу на территории подстанции допускается находиться в диэлектрических ботах и иметь резиновые перчатки, все посторонние с территории подстанции удаляются.

- Для обеспечения безопасности на период плавки гололеда на грозозащитных тросах ВЛ с использованием земли контур заземления (опора

ВЛ) необходимо усилить до 4 Ом и огородить из условия безопасной величины шагового напряжения.

- Механическое удаление гололеда с проводов и тросов ВЛ всех напряжений выполняется по наряду с обязательным присутствием ответственного руководителя работ из числа ИТР служб ВЛ 35 кВ и выше и распределительных сетей. Способы механического удаления гололеда и меры безопасности указаны подробно в инструкциях, разработанных сетевыми предприятиями.

## 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Сравнение экономической эффективности двух вариантов электроустановки с равной степенью надёжности. Эти сравнения в конечном итоге обеспечивают снижение расходов на обслуживание и ремонт, обеспечивается надёжность электроснабжения. Экономический эффект может быть получен за счет увеличения показателей надежности и снижения затрат.

### 5.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоёмкости

Для расчета основной заработной платы сотрудников составляем график выполнения работ таблица 13.

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

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{о.ж.}$  применим вариант, основанный на использовании трех оценок:  $t_{max}$ ,  $t_{min}$ ,  $t_{н.в.}$ .

$$t_{о.ж.} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{н.в.} + t_{max}}{6}$$

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

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

Таблица 12 – Описание графика выполнения работ

| Сотрудник       | Количество дней | Обозначение на графике |
|-----------------|-----------------|------------------------|
| Руководитель    | 90              | .                      |
| Ведущий инженер | 90              | .                      |
| Инженер         | 90              | .                      |

|          |             |          |       |     |                                                                       |  |  |                                      |      |        |
|----------|-------------|----------|-------|-----|-----------------------------------------------------------------------|--|--|--------------------------------------|------|--------|
|          |             |          |       |     | ФЮРА.140205.009ПЗ                                                     |  |  |                                      |      |        |
| Из       | Лис         | № докум. | Подпи | Лат |                                                                       |  |  |                                      |      |        |
| Разраб.  | Старжинский |          |       |     | Финансовый менеджмент,<br>ресурсоэффективность и<br>ресурсосбережение |  |  | Лит.                                 | Лист | Листов |
| Руковод. | А.В.Дерюгин |          |       |     |                                                                       |  |  |                                      |      |        |
| Консульт |             |          |       |     |                                                                       |  |  | ТПУ ИнЭО <sup>72</sup><br>гр.3- 9201 |      |        |
|          |             |          |       |     |                                                                       |  |  |                                      |      |        |

Таблица 13 – Этапы выполнения работ и график выполнения работ

| № этап<br>а | Наименование<br>работы                                                                                          | Потребная<br>численность, чел.             | Продолжительность<br>работы |           |           |          | График выполнения работ, дни                 |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|----------|----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|--|
|             |                                                                                                                 |                                            | $t_{min}$                   | $t_{н.в}$ | $t_{max}$ | $t_{ож}$ | 1-4                                          | 5-6                               | 7-12                              | 13-15                             | 16-19                             | 20-24                             | 25-30                             | 31-35                             | 36-39 | 40-42 | 43-47 | 48-50 | 51-53 | 54-59 | 60-62 | 63-66 | 67-80 | 81-86 | 87-90 |  |  |  |  |  |
| 0-1         | Разработка задания                                                                                              | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 3                           | 4         | 5         | 4        | <div><div></div><div></div><div></div></div> |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
| 1-2         | Подбор кадров                                                                                                   | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 2                           | 3         | 4         | 3        |                                              | <div><div></div><div></div></div> |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
| 2-3         | Сбор и изучение литературы                                                                                      | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 5                           | 6         | 7         | 6        |                                              |                                   | <div><div></div><div></div></div> |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
| 3-4         | Анализ полученной информации                                                                                    | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 2                           | 3         | 4         | 3        |                                              |                                   |                                   | <div><div></div><div></div></div> |                                   |                                   |                                   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
| 4-5         | Выбор сечения провода по экономической плотности                                                                | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 3                           | 4         | 5         | 4        |                                              |                                   |                                   |                                   | <div><div></div><div></div></div> |                                   |                                   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
| 5-6         | Проверка по длительно допустимому току                                                                          | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 4                           | 5         | 6         | 5        |                                              |                                   |                                   |                                   |                                   | <div><div></div><div></div></div> |                                   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
| 6-7         | Выбор типов опор                                                                                                | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 5                           | 6         | 7         | 6        |                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   | <div><div></div><div></div></div> |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
| 7-8         | Расчёт удельных механических нагрузок                                                                           | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 4                           | 5         | 6         | 5        |                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   | <div><div></div><div></div></div> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
| 9-10        | Расчёт критических температур и выявление климатических условий, соответствующих наибольшему провисанию провода | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 3                           | 4         | 5         | 4        |                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
| 11-12       | Расчёт габаритного пролёта                                                                                      | Руководитель<br>Ведущий инженер            | 2                           | 3         | 4         | 3        |                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |

|       |                                            |                                            |    |    |     |    |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----|----|-----|----|--|--|--|--|--|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
|       |                                            | Инженер                                    |    |    |     |    |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 13-14 | Выбор типов изоляторов и линейной арматуры | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 4  | 5  | 6   | 5  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 15-16 | Построение расстановочного шаблона         | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 2  | 3  | 4   | 3  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 17-18 | Расчёт спец переходов                      | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 2  | 3  | 4   | 3  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 19-20 | Выбор фундаментов                          | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 5  | 6  | 7   | 6  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 21-22 | Доработка                                  | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 2  | 3  | 4   | 3  |  |  |  |  |  |  | . | . | . |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 23-24 | Выводы и предложения по проделанной работе | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 3  | 4  | 6   | 4  |  |  |  |  |  |  |   | . | . | . |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 25-26 | Оформление отчета по проделанной работе    | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 11 | 13 | 18  | 14 |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 27-28 | Выполнение графической части               | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 5  | 6  | 7   | 6  |  |  |  |  |  |  |   |   |   | . | . |  |  |  |  |  |  |  |
| 29-30 | Проверка и сдача проекта                   | Руководитель<br>Ведущий инженер<br>Инженер | 2  | 3  | 4   | 3  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| Итого |                                            |                                            | 69 | 89 | 113 | 90 |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |

## 5.2 Расчёт затрат на проектирование

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 затраты;
6. накладные расходы.

1. Материальные затраты включают в себя:

расходные материалы (бумага, картриджи для принтера, плоттера, ручки, изготовление слайдов), сведенные в приведенную ниже таблицу 14.

Таблица 14- Материальные затраты.

| Материал        | Единица измерения | Количество | Стоимость, руб. |
|-----------------|-------------------|------------|-----------------|
| Печатная бумага | Пачка             | 1          | 230             |
| Диск CD-RW      | Шт.               | 2          | 70              |
| Канц. товары    | Шт.               | 6          | 180             |
| Картридж        | Шт.               | 1          | 1100            |
| ИТОГО           |                   |            | $I_M = 1520$    |

2. Расчет заработной платы.

$T_m$  - число дней работы.

$$ЗП_{рук} = ((28000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 171600 \text{ руб.}$$

где 28000- оклад;

1,1 – коэффициент за неиспользованный отпуск;

1,3 – районный коэффициент.

$$ЗП_{вед.инженер} = ((24000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 147085 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{инженер} = ((16000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 98057 \text{ руб.}$$

Сводим расчеты в таблицу 15

Таблица 15- Заработная плата исполнителей.

| Исполнители     | Группа | Оклад р. | Время<br>занятости дней | Зп,<br>руб. |
|-----------------|--------|----------|-------------------------|-------------|
| Руководитель    | 3      | 28000    | 90                      | 171600      |
| Ведущий инженер | 2      | 24000    | 90                      | 147085      |
| инженер         | 2      | 16000    | 90                      | 98057       |
| Итого           |        |          |                         | 416742      |

Фонд заработной платы  $\Phi ЗП = \sum ЗП_{исп}$ ,

$\Phi ЗП = 416742$  р.

3. Размер отчислений на социальные нужды составляет 30% от  $\Phi ЗП$ .

Сумма начислений на социальные нужды составляет:

$$И_{сн} = 416742 \cdot 0,3 = 125022,6 \text{ руб.}$$

4. Амортизационные отчисления считаем по следующей формуле.

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

$$И_{ам} = \frac{T_{и}}{T_{кал}} \cdot H_{а} \cdot \Phi_{п}$$

где  $\Phi_{п}$  - первоначальная стоимость оборудования;

$H_{а}$  - норма амортизации;

$T_{и}$  - количество дней использования оборудования;

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

Таблица 16- Амортизационные отчисления

| Наименование | Количество | $\Phi_{п}$ , р | $H_{а}$ , % | $T_{и}$ дней | $И_{ам}$ р |
|--------------|------------|----------------|-------------|--------------|------------|
| Компьютер    | 3 Шт.      | 120 000        | 0,2         | 20           | 1315       |
| Принтер      | 1 Шт.      | 12 000         | 0,2         | 10           | 66         |
| Стол         | 3 Шт.      | 45 000         | 0,1         | 53           | 653        |
| Стул         | 3 Шт.      | 21 000         | 0,2         | 53           | 610        |
| Итого        |            |                |             |              | 2644       |

Амортизационные затраты составляют  $И_{ам} = 2644$  рублей.

5. Прочие расходы:

$$И_{пр} = 0,1(И_{зн} + И_{м} + И_{ам} + И_{сн})$$

$$I_{np} = 0,1 \cdot (416742 + 1520 + 2644 + 125022,6) = 54593 \text{ руб.}$$

6. Накладные расходы принимаем 200% от ФЗП:

$$H_p = 2 \cdot \PhiЗП$$

$$H_p = 2 \cdot 416742 = 833484 \text{ руб.}$$

Себестоимость проекта:

$$I_n = I_m + I_{зп} + I_{сн} + I_{ам} + I_{np} + I_{Hp}$$

$$I_n = 1520 + 416742 + 125022,6 + 2644 + 54593 + 833484 = 1415669 \text{ руб.}$$

Принимаем рентабельность 20%, прибыль:

$$П_{\bar{o}} = I_n \cdot 0,2$$

$$П_{\bar{o}} = 1434005,6 \cdot 0,2 = 286801,1 \text{ руб.}$$

Стоимость проекта:

$$Ц_n = I_n + П_{\bar{o}}$$

$$Ц_n = 1434005,6 + 286801,1 = 1720806,7 \text{ руб.}$$

Смета затрат представлена в таблице 17

Таблица 18- Смета затрат

| Вид расходов                   | Обозначение   | Сумма, руб. |
|--------------------------------|---------------|-------------|
| Материальные затраты           | $I_m$         | 1 520       |
| Заработная плата               | $I_{зп}$      | 416742      |
| Амортизация                    | $I_{ам}$      | 2644        |
| Отчисления на социальные нужды | $I_{сн}$      | 125022,6    |
| Прочие расходы                 | $I_{пр}$      | 54593       |
| Накладные расходы              | $I_{np}$      | 833484      |
| Себестоимость проекта          | $I_n$         | 1434005,6   |
| Прибыль                        | $П_{\bar{o}}$ | 286801,1    |
| Стоимость проекта              | $Ц_n$         | 1720806,7   |

### 5.3 Выбор варианта опор

Целью является расчет экономической эффективности капитальных вложений в проект строительства новой линии 500 кВ для выдачи мощности от энергоблока №3 Берёзовской ГРЭС к ПС «Итатская».

Капитальные вложения К 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 %      |
| заготовительно-складские | 1,2 – 1,5 %   |
| установка и монтаж       | 5 – 20 %      |
| пуск и регулировка       | 2 – 3 %       |
| итого                    | 11,2 – 34,5 % |

В данном расчете принимается 20 %.

Результаты расчета сводим в таблицу 19.

Таблица 19 – Расчет капиталовложений на оборудование

| № варианта | Наименование электрооборудования                                       | Кол–во шт. | Цена 1 шт. руб. | Дополнительные затраты руб. | Итого по варианту |
|------------|------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|
| 1          | Решётчатые стальные порталные опоры (оцинкованные) на оттяжках ПП500-3 | 22         | 610349,8        | 122069,96                   | 16113234,7<br>2   |
| 2          | Стальные многогранные опоры (оцинкованные) 2МП500-3В                   | 26         | 1253329,5       | 250665,8                    | 39103877,8        |

Расчет капиталовложений для каждого варианта:

$$K = K_{np} + K_{об}$$

Вариант 1.

$$K = 1720806,7 + 16113234,72 = 17834041,42 \text{ руб.}$$

Вариант 2.

$$K = 1720806,7 + 39103877,8 = 40824684,5 \text{ руб.}$$

#### 5.4 Расчёт ежегодных эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты определяются из следующей формулы:

$$C = C_a + C_{po} + C_{\varepsilon}$$

где  $C_a$ - ежегодные амортизационные отчисления, руб;

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

$C_{\varepsilon}$ - стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

Ежегодные амортизационные отчисления

$$C_a = P_a \cdot K$$

где  $P_a$ - норма амортизационных отчислений, % (для ВЛ на металлических опорах  $P_a = 2,4\%$ ).

Вариант 1

$$C_a = 0,024 \cdot 17834041,42 = 428017 \text{ руб.}$$

Вариант 2

$$C_a = 0,024 \cdot 40824684,5 = 979792,4 \text{ руб.}$$

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.

$$C_{po} = (C_{зр} + C_{зо}) \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 + C_{мр} + C_{мо}$$

где  $C_{зр}$ - основная зарплата ремонтного персонала за год;

$C_{зо}$ - основная зарплата обслуживающего персонала за год;

$\lambda_1$ - коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату,  $\lambda_1 = 1,1$ ;

$\lambda_2$ - коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование,  $\lambda_2 = 1,3$ ;

$C_{mr}$ - затраты на материалы, необходимые для ремонта;

$C_{mr} = 75\%$  от основной зарплаты ремонтных рабочих;

$C_{mo}$ - затраты на материалы, необходимые для обслуживания;

$C_{mo} = 15\%$  от основной зарплаты обслуживающего персонала.

Результаты расчётов сведены в таблицу.

Таблица 20 – Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт

| №<br>варианта | $C_{зр}$ | $C_{зо}$ | $C_{mr}$ | $C_{mo}$ | $C_{po}$ |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1             | 327000   | 440000   | 245250   | 66000    | 1408060  |
| 2             | 327000   | 440000   | 245250   | 66000    | 1408060  |

Стоимость годовых потерь электроэнергии

$$C_9 = \Delta P \cdot \tau \cdot T_2$$

где  $\Delta P$ - среднегодовые потери активной мощности, кВт.

$\tau = 1,9$  руб/ кВт·ч- стоимость 1 кВт электроэнергии;

$T_2 = 8760$  час - годовое время включения электроустановки.

Среднегодовые потери активной мощности в линии можно найти по формуле:

$$\Delta P_l = 3 \cdot I_{расч}^2 \cdot r_1 \cdot 10^{-3}$$

где  $I_{расч} = 3192$  А- ток, протекающий в линии;

$r_1$  - активное сопротивление линии.

$$r_1 = r_0 \cdot L \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}}^2}$$

где  $r_0 = 0,0243$  Ом/км- удельное активное сопротивление провода АС 400/51;

$L = 17,7$  км- длина линии;

$S_{\bar{o}} = 1000$  МВА - базовая мощность;

$U_{\bar{o}} = 525$  кВ - базовое напряжение.

$$r_1 = 0,0243 \cdot 17,7 \cdot \frac{1000}{525^2} = 0,0015 \text{ Ом}$$

$$\Delta P_{\text{л}} = 3 \cdot 3192^2 \cdot 0,0015 \cdot 10^{-3} = 45,8 \text{ кВт}$$

Отсюда находим стоимость годовых потерь энергии

$$C_{\text{э}} = 45,8 \cdot 1,9 \cdot 8760 = 762295,2 \text{ руб}$$

Сумма потерь для обоих вариантов будет одинакова.

Расчёт эксплуатационных затрат сводим в таблицу 21

Таблица 21- Результат расчётов

|           | $C_a$    | $C_{\text{ро}}$ | $C_{\text{э}}$ | $C$       |
|-----------|----------|-----------------|----------------|-----------|
| Вариант 1 | 428017   | 1408060         | 762295,2       | 2598372,2 |
| Вариант 2 | 979792,4 | 1408060         | 762295,2       | 3150147,6 |

**Вывод:** В результате произведённых расчётов оптимальным является вариант 1, характеризующийся меньшими капитальными вложениями, а также меньшими эксплуатационными затратами.

## 5.5 Расчёт стоимости потребляемой электроэнергии потребителями

Выручка от продажи электроэнергии определяется по формуле:

$$I_{\text{пэ}} = W_{\text{год}} \cdot b,$$

где  $b$  – ставка за потребленную электроэнергию (принимается равной 2,6 руб/кВт·ч);

$W_{\text{год}}$  – годовой расход электроэнергии, составляет примерно  $4,5 \cdot 10^9$  кВт·ч.

$$I_{\text{нэ}} = 4,5 \cdot 10^9 \cdot 2,6 = 11,7 \cdot 10^9 \text{ руб / год}$$

Прибыль определяются по формуле:

$$П_p = I_{\text{нэ}} - I_{\text{э}} - H$$

Прибыль чистая:

$$П_p = 11,7 \cdot 10^9 - 2598372,2 - 17834041,42 = 11,679 \cdot 10^9 \text{ руб}$$

$$\text{Доход} = П_p + I_a$$

$$\text{Доход} = 11,679 \cdot 10^9 + 428017 = 116799,95 \cdot 10^5 \text{ руб.}$$

## 5.6 Расчёт эффективности инвестиций

Расчёт эффективности инвестиций представляет собой описание ожидаемых экономических результатов от запланированных капитальных вложений. Эффективность инвестиционных проектов характеризуется системой показателей:

1. чистый дисконтированный доход (ЧДД) или экономического эффекта;
2. индекс доходности (ИД);
3. внутренняя норма доходности (ВДН);
4. срок окупаемости ( $T_{\text{ок}}$ ).

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t}$$

где  $R_t$  – результаты (доходы), достигаемые на  $t$ -том шаге расчета;  
 $Z_t$  – затраты (капитальные вложения и текущие затраты за минусом амортизации, так как они являются одним из источников финансирования инвестиционного проекта);

$I$  – сумма инвестиций;

$E$  – норма дисконта;

$t$  – номер шага расчета ( $t = 0, 1, 2 \dots T$ );

Для проведения разновременных затрат, результатов и эффектов используется норма дисконта ( $E$ ), равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

Для расчёта дисконтированного дохода определим норму дисконта:

$$E = \left( \frac{1+t}{1+i} \right) - 1$$

где  $t$  – ставка рефинансирования, объявленная ЦБ РФ на данный период, 8,25%;

$i$  – темп инфляции, объявленный Правительством РФ на данный период, 6,5%;

$p$  – поправка на предпринимательский риск в зависимости от целей проекта.

Величина  $p$  может быть принята 6%;

$$E = \left( \frac{1 + 0.0825}{1 + 0.065} - 1 \right) + 0.06 = 0.078 \text{ или } 8\%, \text{ примем } E=10\%$$

Коэффициент дисконтирования для постоянной нормы дисконта:

$$a_t = \frac{1}{(1 + E)^t},$$

где  $t$  – номер шага расчёта ( $t=0, 1, 2...n$ ).

$\text{ЧДД}$  – это разность между текущей дисконтированной на базе расчётной ставки процента стоимости поступлений от инвестиций и величиной капитальных вложений.

$$\text{ДД}_{\Sigma} = \sum_{t=0}^T (\text{Пр}_t^{\text{ч}} + A_t)(1 + E)^{-t},$$

где  $\text{Пр}_t^{\text{ч}}$  – чистая прибыль, полученная в данном году;

$A_t$  – амортизационные отчисления данного года.

Чистый дисконтированный доход определяется как разность между дисконтированными доходом и капиталовложениями:

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} = & \frac{116799,95}{(1+0,1)^1} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^2} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^3} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^4} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^5} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^6} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^7} + \\ & + \frac{116799,95}{(1+0,1)^8} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^9} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^{10}} - 161,13 = 789018,048 \text{ тыс.руб.} \end{aligned}$$

Индекс доходности ( $\text{ИД}$ ) представляет собой отношение суммы приведённых эффектов к величине капиталовложений:

$$\text{ИД} = \frac{1}{K} \sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + E)^t}$$

$$\begin{aligned} \text{ИД} = & \frac{1}{161132} \cdot \left( \frac{116799,95}{(1+0,1)^1} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^2} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^3} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^4} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^5} + \right. \\ & \left. + \frac{116799,95}{(1+0,1)^6} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^7} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^8} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^9} + \frac{116799,95}{(1+0,1)^{10}} \right) = 4,89 \end{aligned} \quad \text{При } E=10\%$$

Правило: если  $\text{ЧДД} > 0$ , а  $\text{ИД} > 1$ , то проект эффективен.

Срок окупаемости проекта (СО) – время, за которое поступления от производственной деятельности предприятия покроют затраты на инвестиции. Измеряется СО в годах или месяцах.

Результаты и затраты, связанные с осуществлением проекта, можно вычислить с дисконтированием или без него. Соответственно получается два различных срока окупаемости. Срок окупаемости рекомендуется определять с использованием дисконтирования.

$$CO = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t}$$

Результат представлен в таблице 22

Таблица 22-Срок окупаемости

| Наименование показателя        | Годы   |           |           |          |           |           |           |           |           |          |           |
|--------------------------------|--------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
|                                | 0      | 1         | 2         | 3        | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9        | 10        |
| Инвестиции тыс.руб.            | 161132 | 0         | 0         | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0         |
| ДД тыс.руб.                    | 0      | 116799,95 | 106181,77 | 96528,88 | 87753,53  | 79776     | 72523,58  | 65930,52  | 59936,84  | 54488,03 | 49534,58  |
| ДД нарастающим итогом тыс.руб. | 0      | 116799,95 | 222981,72 | 319510,6 | 407264,13 | 487040,13 | 559563,71 | 625494,23 | 685431,07 | 739919,1 | 789453,68 |
| ИД                             |        | 0,724     | 1,383     | 1,98     | 2,52      | 3,02      | 3,47      | 3,88      | 4,25      | 4,59     | 4,89      |

По данным таблицы получаем, что, начиная со 2-го года проекта ИД > 1, таким образом срок окупаемости проекта с учетом дисконтирования 2 года.

## Заключение

В результате разработки данного дипломного проекта, была спроектирована линия ВЛ 500 кВ.

В пункте 2 дипломной работы был осуществлен выбор провода для ВЛ 500 кВ. В результате было принято решение о использовании провода АС-400/51. Кроме того, была произведена проверка данного провода по длительно допустимому току.

В пункте 3 дипломной работы были осуществлены расчёты, необходимые для строительства одноцепной ВЛ напряжением 500 кВ. В результате было принято решение о расположении опор ВЛ 500 кВ на расстоянии 320 м. Кроме того, в процессе расчета были выбраны промежуточные опоры типа ПП500-3 и опоры анкерного типа У2. В ходе расчётов, были выбраны изоляторы типа ПС210Б, а так же произведён выбор линейной арматуры и фундаментов.

В пункте 4 работы были рассмотрены вопросы социальной ответственности.

В пункте определена стоимость всего используемого оборудования, а также проведено технико-экономическое сравнение двух различных вариантов капиталовложений.

|          |     |              |       |     |                           |  |  |  |      |      |        |
|----------|-----|--------------|-------|-----|---------------------------|--|--|--|------|------|--------|
|          |     |              |       |     | ФЮРА.140205.009 ПЗ        |  |  |  |      |      |        |
| Из       | Лис | № докум.     | Подпи | Лат |                           |  |  |  |      |      |        |
| Разраб.  |     | Старжинский  |       |     | Заключение                |  |  |  | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. |     | Дерюгин А.В. |       |     |                           |  |  |  |      |      |        |
| Консульт |     |              |       |     |                           |  |  |  |      |      |        |
|          |     |              |       |     |                           |  |  |  |      |      |        |
|          |     |              |       |     |                           |  |  |  |      |      |        |
|          |     |              |       |     | ТПУ ИнЭО 85<br>гр.3- 9201 |  |  |  |      |      |        |

### Список используемых источников

1. Правила устройства электроустановок: 7-е изд., перераб. и дополн. - М.:Энергоатомиздат, 2003. - 776 с.: ил.
2. Строительные нормы и правила. Строительная климатология.
3. Крюков К.П., Новгородцев Б.П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи. Учебник для техникумов. Изд. 2-е перераб. и доп. Д.: Энергия, 1979. -312с., ил.
4. Справочник по проектированию электрических сетей. Под редакцией Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006 – 349с.
5. Гологорский Е. Г., Кравцов А.Н., Узелков Б.М. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4-750 кВ.- М.: ЭНАС, 2007- 560 с.:ил.
6. Экономика предприятия: учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы/ Ю.С.Прокофьев, Е.Ю.Калмыкова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 44 с.
7. Моисеева Н.К., Карпушин М.Г. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа. – М.: Высшая школа, 1988. – 273
8. Укрупненные стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ. Сборник. Введен 09.07.2012
9. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
10. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

|           |             |          |       |     |                                |                           |      |        |
|-----------|-------------|----------|-------|-----|--------------------------------|---------------------------|------|--------|
|           |             |          |       |     | ФЮРА.140205.009 ПЗ             |                           |      |        |
| Из        | Лист        | № докум. | Подпи | Лат |                                |                           |      |        |
| Разраб.   | Старжинский |          |       |     | Список используемых источников | Лит.                      | Лист | Листов |
| Руковод.  | А.В.Дерюгин |          |       |     |                                |                           | 85   | 94     |
| Консульт. |             |          |       |     |                                | ТПУ ИнЭО 86<br>гр.3- 9201 |      |        |
|           |             |          |       |     |                                |                           |      |        |

11. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
12. ГОСТ 12.1.006–84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
13. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
14. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
15. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
16. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
17. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
18. ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
19. ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
20. Правила устройства электроустановок. - 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 2003.- 649 с.
21. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок. – М.: Энергосервис, 2002. – 375 с.
22. ГОСТ Р 22.0.02-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий»
23. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
24. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

25. Романов В.И. Прикладные аспекты выбросов в атмосферу. Справочное пособие. М.:2006, -21с.

26. Долин П.А. Электробезопасность, теория и практика. М., 2006, - 321с.

## Приложение А

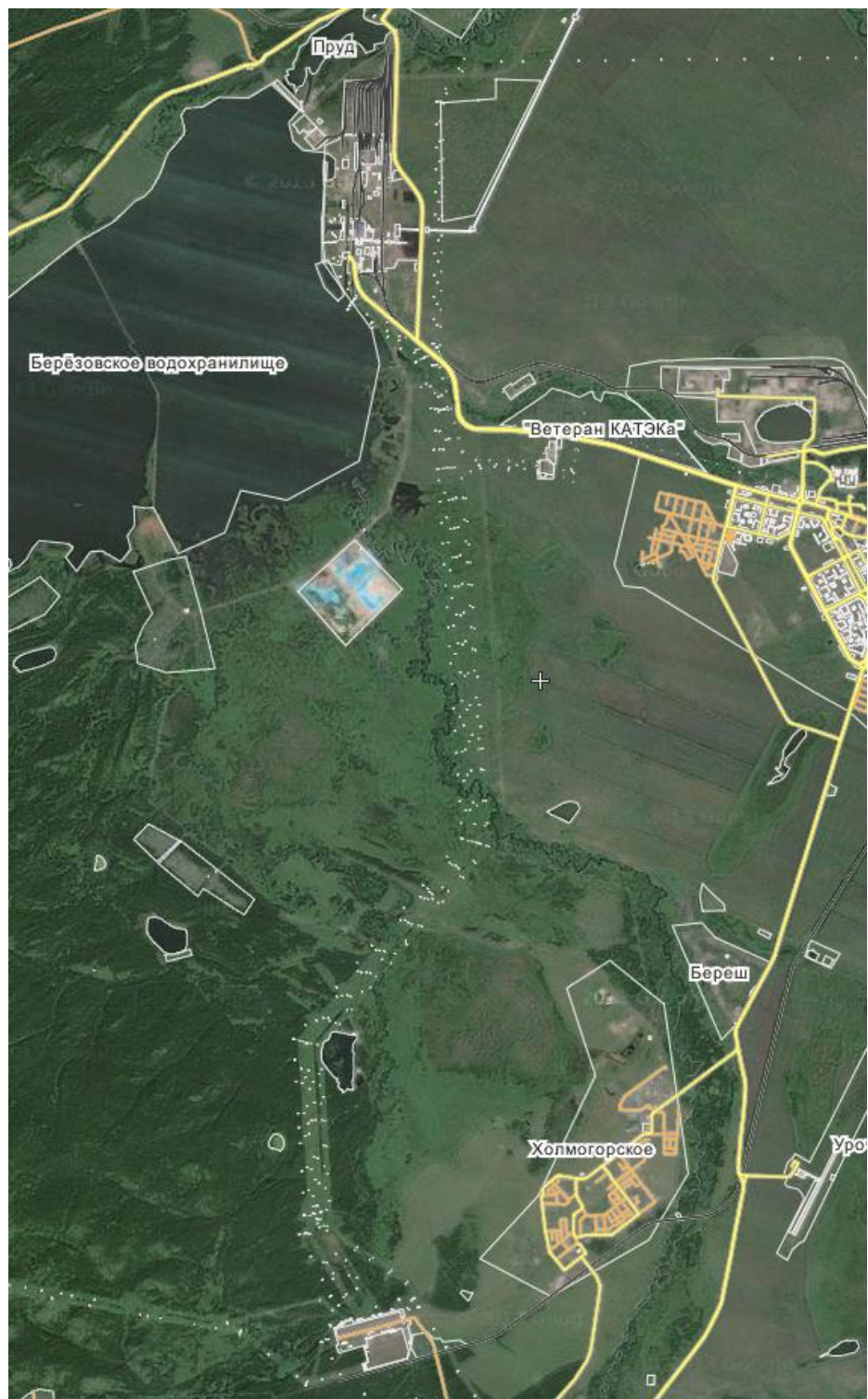
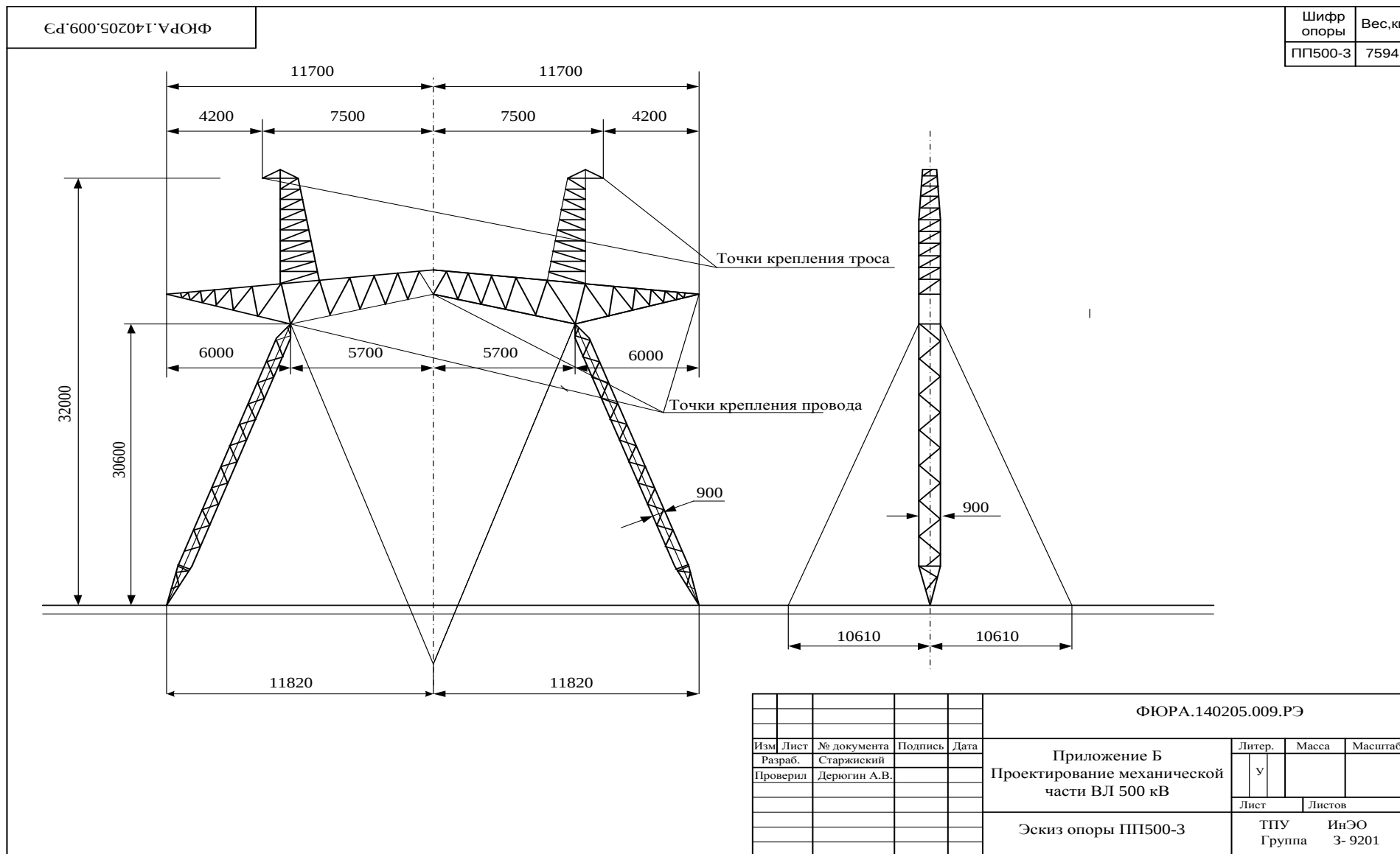
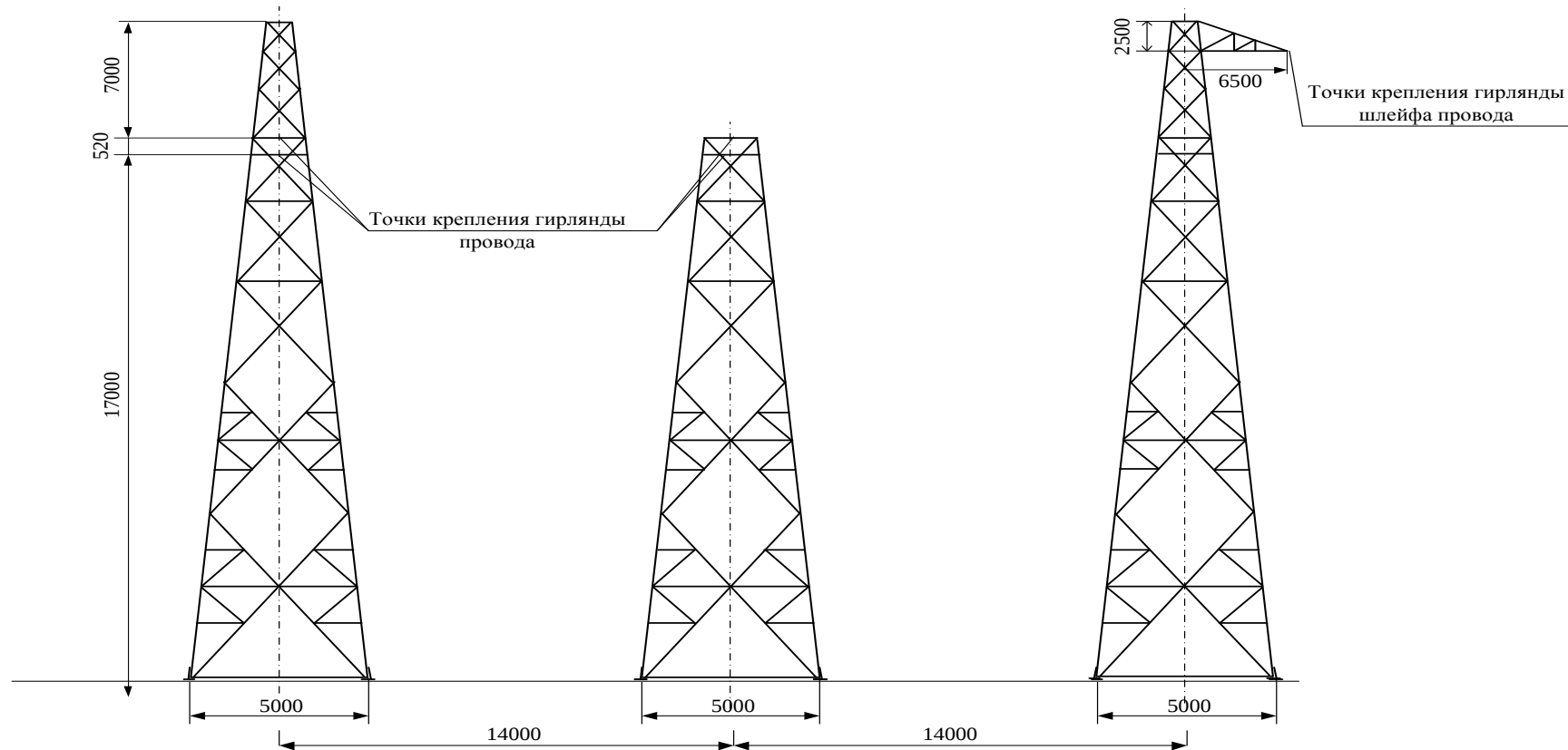


Рисунок 1- Трасса ВЛ 500 кВ Берёзовская ГРЭС- ПС «Итатская»



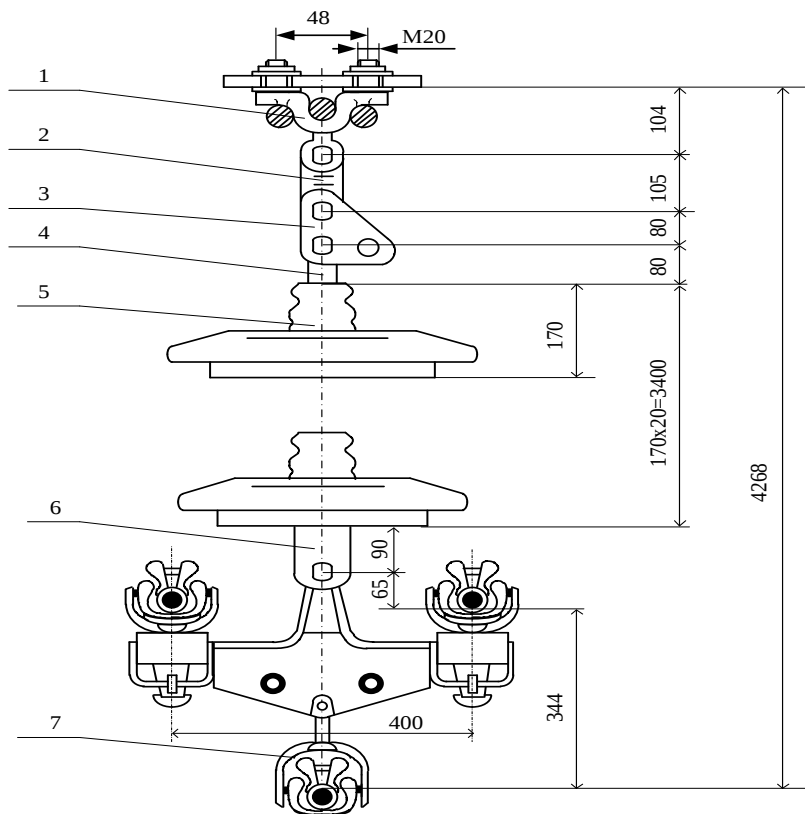
ФЮРА.140205.009.РЭ

| Шифр<br>опоры | Вес, кг |
|---------------|---------|
| У2            | 16448   |



|          |              |             |         |      |                                                                |                    |               |                 |         |
|----------|--------------|-------------|---------|------|----------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-----------------|---------|
|          |              |             |         |      |                                                                | ФЮРА.140205.009.РЭ |               |                 |         |
| Изм.     | Лист         | № документа | Подпись | Дата | Приложение В<br>Проектирование механической<br>части ВЛ 500 кВ |                    | Литер.        | Масса           | Масштаб |
| Разраб.  | Старжинский  |             |         |      |                                                                |                    | У             |                 |         |
| Проверил | Дерюгин А.В. |             |         |      |                                                                |                    | Лист          | Листов          |         |
|          |              |             |         |      | Эскиз опоры У2                                                 |                    | ТПУ<br>Группа | ИнЭО<br>3- 9201 |         |

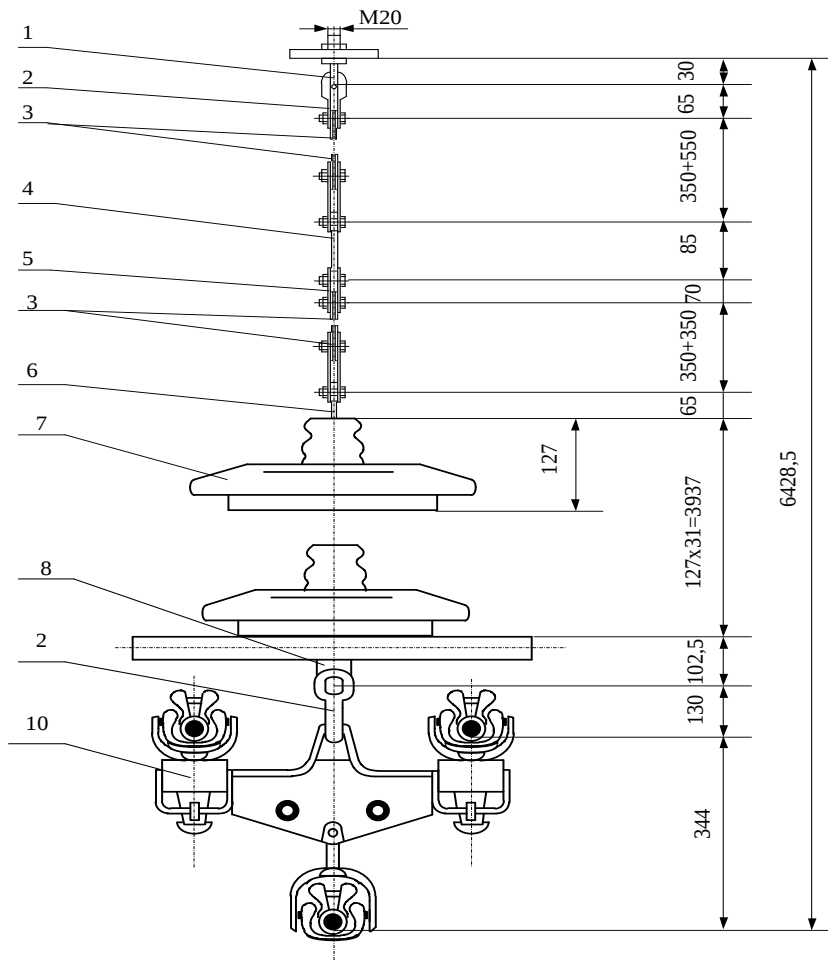
ФЮРА.140205.009.РЭ



| Поз.                           | Обозначение | Наименование                    | Кол. | Масса<br>ед, кг | Примеч. |
|--------------------------------|-------------|---------------------------------|------|-----------------|---------|
| 1                              | КГ-21-1     | Узел крепления                  | 1    | 4,0             |         |
| 2                              | ПР-21-6     | Промзвено прямое                | 1    | 1,75            |         |
| 3                              | ПТМ-21-3    | Промзвено монтажное             | 1    | 3,08            |         |
| 4                              | СР-21-20    | Серьга                          | 1    | 0,65            |         |
| 5                              | ПС210В      | Изолятор подвесной<br>h=170мм   | 20   | 7,1             |         |
| 6                              | УСК-21-20   | Ушко специальное<br>укороченное | 1    | 3,97            |         |
| 7                              | ЗПГН-5-7    | Зажим поддерживающий            | 1    | 23,5            |         |
| Масса арматуры, кг             |             |                                 |      | 36,95           |         |
| Масса изолирующей подвески, кг |             |                                 |      | 142             |         |

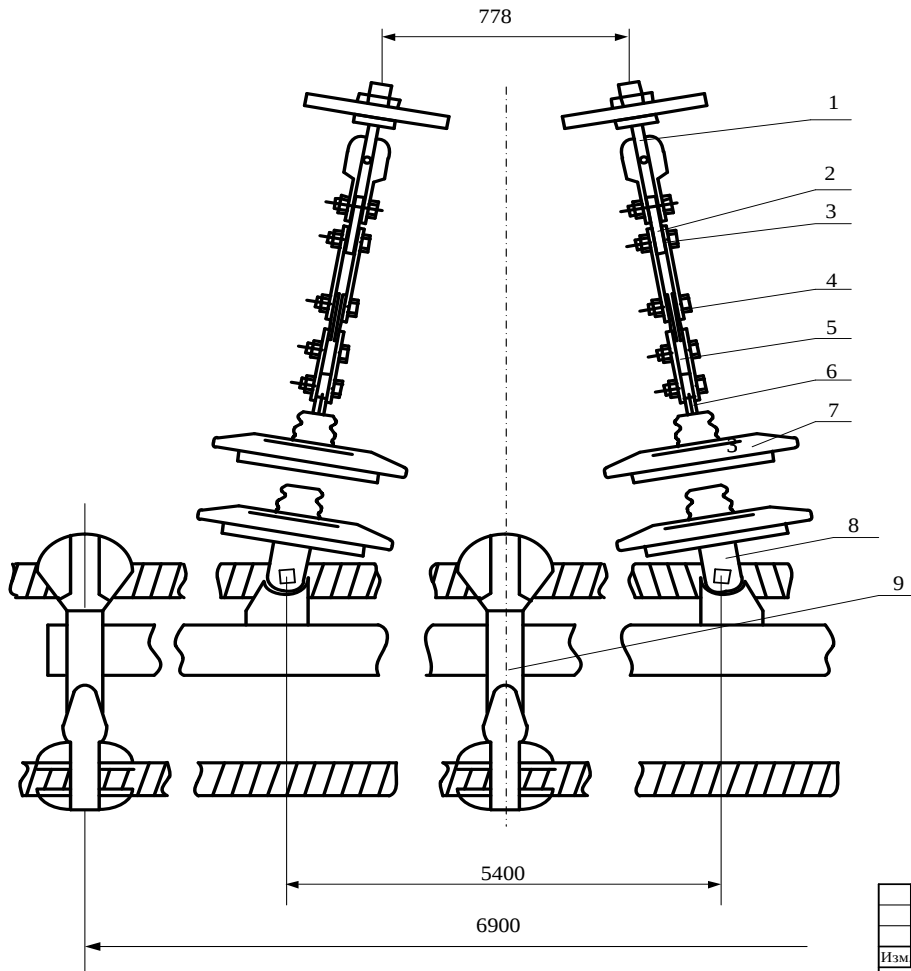
|                    |              |             |         |      |                                                                                                                                                                           |
|--------------------|--------------|-------------|---------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ФЮРА.140205.009.РЭ |              |             |         |      |                                                                                                                                                                           |
| Изм.               | Лист         | № документа | Подпись | Дата | <div>Приложение Г</div> <div>Проектирование механической<br/>части ВЛ 500 кВ</div> <div>Поддерживающая одноцепная<br/>гирлянда изоляторов для провода<br/>АС 400/51</div> |
| Разраб.            | Старжиский   |             |         |      |                                                                                                                                                                           |
| Проверил           | Дерюгин А.В. |             |         |      |                                                                                                                                                                           |
|                    |              |             |         |      |                                                                                                                                                                           |
|                    |              |             |         |      | <div>Литер.</div> <div>Масса</div> <div>Масштаб</div>                                                                                                                     |
|                    |              |             |         |      | <div>Лист</div> <div>Листов</div>                                                                                                                                         |
|                    |              |             |         |      | <div>ТПУ</div> <div>ИнЭО</div> <div>Группа</div> <div>3- 9201</div>                                                                                                       |

ФЮРА.140205.009.РЭ



| Поз.                           | Обозначение | Наименование           | Кол. | Масса<br>ед, кг | Примеч |
|--------------------------------|-------------|------------------------|------|-----------------|--------|
| 1                              | КГП-9/12-3  | Узел крепления         | 1    | 0,7             |        |
| 2                              | СК-12-1А    | Скоба                  | 2    | 0,92            |        |
| 3                              | ПРР-12-6    | Промзвено регулируемое | 4    | 3,69            |        |
| 4                              | ПР-12-6     | Промзвено прямое       | 1    | 0,94            |        |
| 5                              | ПТМ-12-3    | Промзвено монтажное    | 1    | 1,8             |        |
| 6                              | СР-12-16    | Серьга                 | 1    | 0,41            |        |
| 7                              | ПС120Б      | Изолятор h=127         | 31   | 3,9             |        |
| 8                              | У1-12-16    | Ушко однолапчатое      | 1    | 1,05            |        |
| 9                              | ЭЗ-500-6    | 5                      | 1    | 4,33            |        |
| 10                             | ЗПГН-5-7    | Зажим поддерживающий   | 1    | 23,5            |        |
| Масса арматуры, кг             |             |                        |      | 49,33           |        |
| Масса изолирующей подвески, кг |             |                        |      | 170,23          |        |

|          |              |             |         |      |                                                                                                       |                    |               |                 |
|----------|--------------|-------------|---------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-----------------|
|          |              |             |         |      |                                                                                                       | ФЮРА.140205.009.РЭ |               |                 |
| Изм.     | Лист         | № документа | Подпись | Дата | Приложение Д<br>Проектирование механической<br>части ВЛ 500 кВ                                        | Литер.             | Масса         | Масштаб         |
| Разраб.  | Старжиский   |             |         |      |                                                                                                       | у                  |               |                 |
| Проверил | Дерюгин А.В. |             |         |      |                                                                                                       | Лист               | Листов        |                 |
|          |              |             |         |      | Поддерживающая одноцепная гирлянда<br>изоляторов для оттяжки шлейфа провода<br>АС400/51 из 1х31ПС120Б |                    | ТПУ<br>Группа | ИнЭО<br>3- 9201 |

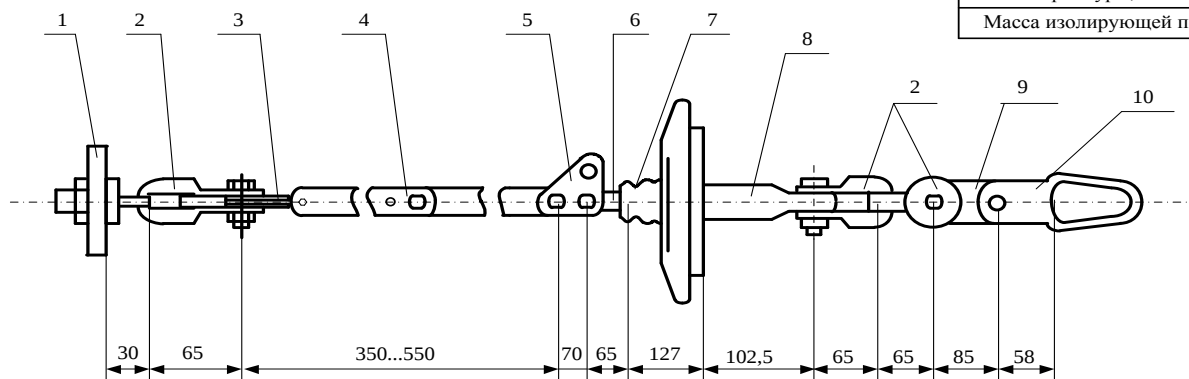


| Поз.                           | Обозначение | Наименование                 | Кол. | Масса<br>ед, кг | Примеч |
|--------------------------------|-------------|------------------------------|------|-----------------|--------|
| 1.                             | КП-7-3      | Узел крепления               | 2    | 0,44            |        |
| 2.                             | СК-7-1А     | Скоба                        | 2    | 0,38            |        |
| 3.                             | ПР-7-6      | Промзвено прямое             | 2    | 0,44            |        |
| 4.                             | ПРР-7-1     | Промзвено регулируемое       | 4    | 1,91            |        |
| 5.                             | ПТМ-7-3     | Промзвено монтажное          | 2    | 0,7             |        |
| 6.                             | СР-7-16     | Серьга                       | 2    | 0,3             |        |
| 7.                             | ПС70Е       | Изолятор h=127 мм            | 68   | 3,4             |        |
| 8.                             | УСК-7-16    | Ушко специальное укороченное | 2    | 1,23            |        |
| 9.                             | ЗРС-3-400   | Распорка специальная         | 1    | 80,4            |        |
| Масса арматуры, кг             |             |                              |      | 95,02           |        |
| Масса изолирующей подвески, кг |             |                              |      | 326,22          |        |

|          |      |              |         |      |                                                                |                                                                                                      |                 |         |
|----------|------|--------------|---------|------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|
|          |      |              |         |      | ФЮРА.140205.009.РЭ                                             |                                                                                                      |                 |         |
| Изм      | Лист | № документа  | Подпись | Дата | Приложение Е<br>Проектирование механической<br>части ВЛ 500 кВ | Литер.                                                                                               | Масса           | Масштаб |
| Разраб.  |      | Старжинский  |         |      |                                                                | у                                                                                                    |                 |         |
| Проверил |      | Дерюгин А.В. |         |      |                                                                | Лист                                                                                                 | Листов          |         |
|          |      |              |         |      |                                                                | Поддерживающая Л-образная гирлянда<br>изоляторов для обводки шлейфа провода<br>АС400/51 из 2х34ПС70Е |                 |         |
|          |      |              |         |      | ТПУ<br>Группа                                                  |                                                                                                      | ИнЭО<br>3- 9201 |         |

ФЮРА.140205.009.РЭ

| Поз.                           | Обозначение          | Наименование                 | Кол. | Масса<br>ед, кг | Примеч |
|--------------------------------|----------------------|------------------------------|------|-----------------|--------|
| 1                              | КГП-9/12-3           | Узел крепления               | 1    | 0,7             |        |
| 2                              | СК-12-1А             | Скоба                        | 3    | 0,92            |        |
| 3                              | ПРР-12-1             | Промзвено вывернутое         | 1    | 0,74            |        |
| 4                              | ПРР-12-1             | Промзвено регулируемое       | 1    | 3,69            |        |
| 5                              | ПТМ-12-3             | Промзвено монтажное          | 1    | 1,8             |        |
| 6                              | СР-12-16             | Серьга                       | 1    | 0,41            |        |
| 7                              | ПС120Б               | Изолятор h=127               | 1    | 3,9             |        |
| 8                              | У1-12-16             | Ушко однолапчатое            | 1    | 1,52            |        |
| 9                              | ПР-12-6              | Промзвено прямое             | 1    | 0,94            |        |
| 10                             | НС-11,0<br>ОП-02(МЗ) | Зажим натяжной<br>спиральный | 1    | 4,2             |        |
| 11                             | ЗПС-70-3             | Зажим заземляющий            | 1    | 0,49            |        |
| Масса арматуры, кг             |                      |                              |      | 49,33           |        |
| Масса изолирующей подвески, кг |                      |                              |      | 170,23          |        |



|                    |      |              |         |      |                                                                                                                                                                |
|--------------------|------|--------------|---------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ФЮРА.140205.009.РЭ |      |              |         |      |                                                                                                                                                                |
| Изм.               | Лист | № документа  | Подпись | Дата | <div>Приложение К</div> <div>Проектирование механической части ВЛ 500 кВ</div> <div>Натяжное крепление троса МЗ-11,0- В-ОЖ-Н-Р из 1хПС120Б с заземлением</div> |
| Разраб.            |      | Старжицкий   |         |      |                                                                                                                                                                |
| Проверил           |      | Дерюгин А.В. |         |      |                                                                                                                                                                |
|                    |      |              |         |      |                                                                                                                                                                |
|                    |      |              |         |      | <div>Литер.</div> <div>Масса</div> <div>Масштаб</div>                                                                                                          |
|                    |      |              |         |      | <div>Лист</div> <div>Листов</div>                                                                                                                              |
|                    |      |              |         |      | <div>ТПУ</div> <div>ИнЭО</div> <div>Группа</div> <div>3- 9201</div>                                                                                            |