

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

---

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

| Тема работы                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|
| Проектирование системы электроснабжения завода железобетонных изделий, г. Омск |

УДК 621.31.031:666.98(571.13)

Студент

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 5АМ4К  | Ташболотов Асан Каримджанович |         |      |

Руководитель

| Должность | ФИО         | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------|---------------------------|---------|------|
| доцент    | Обухов С.Г. | д.т.н.                    |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|---------------------------|---------|------|
| ассистент | Грахова Е.А. |                           |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой                                   | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-------------------------------------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Электроснабжение<br>промышленных<br>предприятий | Завьялов В.М. | д.т.н., доцент            |         |      |

Томск – 2016 г.

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

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭПП

\_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Дата) **Завьялов В.М.**  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**магистерской диссертации**

Студенту:

| Группа | ФИО                           |
|--------|-------------------------------|
| 5AM4K  | Ташболотов Асан Каримджанович |

Тема работы:

|                                                                                |                       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Проектирование системы электроснабжения завода железобетонных изделий, г. Омск |                       |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)                                    | 04.02.2016 г. № 764/с |

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

*Объектом исследования является ремонтно-механический цех завода железобетонных изделий. В качестве исходных данных представлены:*

- генеральный план завода;
- план ремонтно-механического цеха;
- сведения об электрических нагрузках завода;
- сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха.

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

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).

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

|                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                             | отдельного ЭП;<br>- проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения;<br>- обсуждение результатов выполненной работы;<br>- разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»;<br>- разработка раздела «Социальная ответственность»;<br>- спейвопрос;<br>- заключение.                                              |
| <b>Перечень графического материала</b><br><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | - картограмма электрических нагрузок предприятия;<br>- план внутризаводского электроснабжения;<br>- схема силовой сети ремонтно-механического цеха;<br>- эпюра отклонения напряжения, карта селективности;<br>- однолинейная схема электроснабжения ремонтно-механического цеха;<br>- принципиальная однолинейная схема завода железобетонных изделий. |

#### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

*(с указанием разделов)*

| Раздел                                                                   | Консультант                 |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>   | Грахова Елена Александровна |
| <b>Социальная ответственность</b>                                        | Бородин Юрий Викторович     |
| <b>Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке</b> | Матухин Дмитрий Леонидович  |

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

Heat pump

Overview

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

**Задание выдал руководитель:**

| Должность | ФИО         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------|------------------------|---------|------|
| доцент    | Обухов С.Г. | д.т.н., доцент         |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 5AM4K  | Ташболотов Асан Каримджанович |         |      |

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

Студенту:

|               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                    |
| 5AM4K         | Ташболотов Асан Каримджанович |

|                                |             |                                  |                                                 |
|--------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Институт</b>                | <b>ЭНИН</b> | <b>Кафедра</b>                   | Электроснабжение<br>промышленных<br>предприятий |
| <b>Уровень<br/>образования</b> | магистр     | <b>Направление/специальность</b> | Возобновляемые<br>источники энергии             |

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

|                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>В исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель. Стоимость ресурсов научного исследования: 125,500. рублей: .приобретение основных средств – 5,109,80 рублей;</i> |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>                                                                                           | <i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>                                                              |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>                                  | <i>- отчисления на социальные нужды (30% от ФОТ)</i>                                                                                                                                                     |

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

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ</i>                                             | <i>- Технико-экономическое обоснование НТИ (является коммерческим проектом).<br/>- Swot-анализ проекта</i>                                                                                                                                                                         |
| 2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>                                                                 | <i>- Организация работ технического проекта: структура работ в рамках технического проектирования, определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика Ганта.<br/>- Расчет бюджета затрат на проектирование, в т. ч. расчет капитальных вложений в основные средства</i> |
| 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | <i>- Определение ресурсной и экономической эффективности исследования</i>                                                                                                                                                                                                          |

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

- 1.График Ганта,
- 2.Смета затрат

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

**Задание выдал консультант:**

|                  |                             |                               |                |             |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Должность</b> | <b>ФИО</b>                  | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| Ассистент        | Грахова Елена Александровна |                               |                |             |

**Задание принял к исполнению студент:**

|               |                               |                |             |
|---------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                    | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| 5AM4K         | Ташболотов Асан Каримджанович |                |             |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                    |
| 5AM4K         | Ташболотов Асан Каримджанович |

|                                |              |                                  |                                                 |
|--------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Институт</b>                | <b>ЭНИН</b>  | <b>Кафедра</b>                   | Электроснабжение<br>промышленных<br>предприятий |
| <b>Уровень<br/>образования</b> | Магистратура | <b>Направление/специальность</b> | Возобновляемые<br>источники энергии             |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Описание рабочего места на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul> | <p>1. Рабочий цех завода железобетонных изделий.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Проявление вредных факторов производственной среды: шум, электромагнитное излучение, влияние микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- Проявление опасных факторов производственной среды: поражение электрическим током;</li> <li>- Проявление чрезвычайных ситуаций в производственной среде: возникновение пожара.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>1. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;</p> <p>2. СанПиН 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;</p> <p>3. СанПиН 2.2.4.548-96. "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;</p> <p>4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки;</p> <p>5. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;</p> <p>6. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация;</p> <p>7. ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;</p> <p>8. ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.</p> <p>9. ГОСТ 12.1.030-81. Защитное заземление, зануление;</p> <p>10. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация;</p> <p>11. СНиП 21–01–97. Пожарная безопасность.</p> |

| <b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul> | <p>Физико-химические факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. микроклимат;</li> <li>2. шум;</li> <li>3. электромагнитное излучение;</li> <li>4. освещение.</li> </ol>                                                                      |
| <p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Электробезопасность: поражение электрическим током.</li> <li>- Термические опасности: термический ожог.</li> <li>- Пожаробезопасность: неисправности в электропроводке</li> </ul>                               |
| 3. Охрана окружающей среды:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Влияние на окружающую среду отсутствует                                                                                                                                                                                                                  |
| <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Возможные ЧС: пожар.</li> <li>- Пожар.</li> <li>- Устройства оповещения при пожаре, датчики дыма.</li> <li>- Соблюдения техники безопасности</li> <li>- Следовать плану эвакуации, вызвать пожарных.</li> </ul> |
| <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                | Право на условие труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены.                                                                                                                                                                                   |
| <b>Перечень графического материала:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | План размещения светильников, план эвакуации персонала ремонтно-механического цеха.                                                                                                                                                                      |

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

**Задание выдал консультант:**

| Должность          | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭБЖ | Бородин Ю.В. | к.т.н., доцент         |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 5АМ4К  | Ташболотов Асан Каримджанович |         |      |

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

---

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования магистр

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

Период выполнения осенний 2014/2015/, весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

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) |
|------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 02.02.2015- 29.12.2015 | <i>Расчет основной части ВКР</i>                         | 45                                 |
| 14.03.2016- 16.05.2016 | <i>Расчет спецвопроса</i>                                | 45                                 |
| 11.04.2016- 29.04.2016 | <i>Финансовый менеджмент, социальная ответственность</i> | 10                                 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------|------------------------|---------|------|
| доцент    | Обухов С.Г. | д.т.н., доцент         |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 170 с., 25 рис., 43 табл., 21 источников, 6 прил.

Ключевые слова: электроснабжение, трансформатор, высоковольтное оборудование, выбор распределительных пунктов, низковольтные линии, потери напряжения, карта селективности, картограмма электрических нагрузок, расчет минимального режима, расчет токов короткого замыкания.

Целью работы является спроектировать систему электроснабжения завода железобетонный изделий.

В процессе исследования выполнены следующие задачи:

- определение расчетной нагрузки предприятия по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций, ГПП и линиях;
- построение картограммы электрических нагрузок с целью определения наиболее оптимального места расположения ГПП на территории предприятия;
- расчет схемы внутризаводского электроснабжения;
- выбор напряжения питающей сети завода, сечения трубопроводов, выбор мощности трансформаторов ГПП;
- расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В для проверки правильности выбора сечений проводников.

В ходе расчета электрических нагрузок ремонтно-механического цеха методом упорядоченных диаграмм были получены следующие результаты: расчетный ток составил  $I_p = 582\text{А}$ , полная расчетная мощность равна  $S_p = 383\text{кВА}$ . Также были определены полные расчетные мощности остальных цехов предприятия методом  $K_c$  (коэффициента спроса) и полная расчетная мощность завода с учетом высоковольтной нагрузки и освещения территории.

Все поставленные задачи согласно заданию ВКР выполнены в полном объеме.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**Электроустановка** - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

**Электроснабжение** - обеспечение потребителей электрической энергией.

**Системой электроснабжения** называется совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

**Электрической сетью** называется совокупность электроустановок для передачи распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных (ВЛ) и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

**Приемником электрической энергии** (электроприемником) называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

**Потребителем электрической энергии** называется электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

**Нормальный режим** потребителя электрической энергии – режим, при котором обеспечиваются заданные значения параметров его работы.

**Послеаварийный режим** – режим, в котором находится потребитель электрической энергии в результате нарушения в системе его электроснабжения до установления нормального режима после локализации отказа

В данной работе применены следующие сокращения:

ГПП – главная понизительная подстанция;

ЭП – электроприемник;

ПР – пункт распределительный.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).

ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности"

ПУЭ 85. Правила устройства электроустановок. Издание 6 01.01.1985

Р2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.:Госкомсанэпиднадзор, 2003.

СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

СНиП 11-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение.

## Оглавление

|                                                                                               | Стр |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение .....                                                                                | 9   |
| 1 Исходные данные для проектирования.....                                                     | 11  |
| 2 Характеристика производства.....                                                            | 15  |
| 3 Расчет электрических нагрузок.....                                                          | 13  |
| 3.1 Определение расчетной нагрузки ремонтно-механического<br>цеха .....                       | 17  |
| 3.2 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом .....                                  | 22  |
| 3.3 Картограмма и определение центра электрических нагрузок....                               | 31  |
| 3.4 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых<br>подстанций .....                        | 37  |
| 3.5 Расчет мощности компенсационных устройств в сети 0,4<br>кВ.....                           | 41  |
| 3.6 Расчет потерь мощности в трансформаторах .....                                            | 45  |
| 3.7 Определение мощности батарей конденсаторов в сетях выше<br>1кВ.....                       | 49  |
| 3.8 Схема внешнего электроснабжения .....                                                     | 50  |
| 3.8.1 Схема ГПП.....                                                                          | 50  |
| 3.8.2 Выбор схемы РУ 10 кВ.....                                                               | 50  |
| 3.8.3 Выбор мощности трансформаторов ГПП.....                                                 | 51  |
| 3.8.4 Выбор сечения линии, питающей ГПП .....                                                 | 52  |
| 3.8.5 Выбор сечения линии, питающей ТП.....                                                   | 55  |
| 3.8.6 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1 кВ .....                                 | 59  |
| 3.8.7 Выбор высоковольтного оборудования .....                                                | 64  |
| 3.9 Электроснабжение ремонтно-механического цеха .....                                        | 71  |
| 3.9.1 Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих<br>частей в сети до 1000 В ..... | 74  |
| 3.9.2 Выбор сечений линий питающих сети цеха.....                                             | 81  |

|        |                                                                                                                                |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.9.3  | Выбор сечений распределительной сети цеха .....                                                                                | 84  |
| 3.10   | Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения. Построения эпюры отклонений напряжения..... | 87  |
| 3.10.1 | Расчет минимального режима .....                                                                                               | 91  |
| 3.10.2 | Расчет для послеаварийного режима нагрузки .....                                                                               | 91  |
| 3.11   | Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000 В.....                                                                         | 93  |
| 3.12   | Построение карты селективности действия аппаратов защиты .....                                                                 | 96  |
| 3.13   | Спецвопрос.....                                                                                                                | 98  |
| 4      | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....                                                          | 117 |
| 4.1    | Технико-экономическое обоснование НТИ.....                                                                                     | 117 |
| 4.2    | Организация работ технического проекта .....                                                                                   | 119 |
| 4.2.1  | Структура работ в рамках технического проектирования .....                                                                     | 119 |
| 4.2.2  | Определение трудоемкости выполнения работ .....                                                                                | 121 |
| 4.2.3  | Разработка графика Ганта .....                                                                                                 | 122 |
| 4.3    | Составление сметы затрат на разработку технического проекта .....                                                              | 125 |
| 4.3.1  | Определение материальных затрат .....                                                                                          | 125 |
| 4.3.2  | Расчет капитальных затрат.....                                                                                                 | 125 |
| 4.3.3  | Определение заработной платы исполнителей проекта                                                                              | 126 |
| 4.3.4  | Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....                                                                  | 127 |
| 4.3.5  | Накладные расходы.....                                                                                                         | 128 |
| 4.3.6  | Формирование сметы технического проекта .....                                                                                  | 128 |
| 4.4    | Определение ресурсоэффективности проекта .....                                                                                 | 129 |
| 5      | Социальная ответственность .....                                                                                               | 132 |

|       |                                                                |     |
|-------|----------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1   | Описание рабочей зоны .....                                    | 132 |
| 5.2   | Анализ опасных и вредных факторов .....                        | 132 |
| 5.3   | Производственная санитария .....                               | 133 |
| 5.3.1 | Воздух рабочей зоны .....                                      | 133 |
| 5.3.2 | Вентиляция .....                                               | 134 |
| 5.3.3 | Защита от шума и вибрации .....                                | 135 |
| 5.3.4 | Освещение .....                                                | 135 |
| 5.4   | Электробезопасность .....                                      | 139 |
| 5.4.1 | Защита от случайного прикосновения .....                       | 140 |
| 5.4.2 | Защитное заземление .....                                      | 141 |
| 5.4.3 | Зануление .....                                                | 141 |
| 5.5   | Пожарная безопасность .....                                    | 142 |
| 5.6   | Охрана окружающей среды .....                                  | 142 |
| 5.7   | Эвакуация людей из зданий и помещений .....                    | 143 |
| 5.8   | Чрезвычайные ситуации .....                                    | 144 |
|       | Заключение .....                                               | 146 |
|       | Список использованных источников .....                         | 149 |
|       | Приложение А Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке..... | 151 |
|       | Приложение Б Однолинейная схема внешнего электроснабжения..... | 171 |
|       | Приложение В Однолинейная схема электроснабжения цеха.....     | 172 |

## **Введение**

В данной работе рассматривается система электроснабжения завода железобетонных изделий.

Целью работы является спроектировать систему электроснабжения завода железобетонных изделий.

Задачи, которые ставятся при проектировании системы электроснабжения завода железобетонных изделий: оптимизация параметров систем путем правильного выбора напряжений, определения электрических нагрузок и требований к бесперебойности электроснабжения; рациональный выбор числа и мощности трансформаторов, средств компенсации реактивной мощности и др.

На последнем этапе был рассчитан раздел теплотехнического снабжения.

Целью раздела является осуществление теплотехнического этапа проектирования системы отопления и горячего водоснабжения завода железобетонных изделий, в основе которого тепловые насосы на примере ремонтно-механического цеха.

Данный завод предполагает наличие системы центрального теплоснабжения, но в виду ежегодного роста цен тарифов на тепловую энергию, было принято спроектировать собственную систему теплоснабжения на основе тепловых насосов.

Задачами данного раздела являются:

1. расчет мощности тепловых насосов и определение теплотерь ремонтно-механического цеха;
2. расчет стоимости отопления от системы центрального теплоснабжения;
3. выбор теплового насоса и вспомогательного оборудования;
4. построение технологической схемы теплоснабжения;
5. гидравлический расчет, выбор отопительного прибора;
6. технико-экономический расчет, срок окупаемости.

## 1. Исходные данные для проектирования

Объектом исследования является завод железобетонных изделий в целом и его ремонтно-механический цех в частности.

В данной работе расчет электрических нагрузок основывается на исходных данных. Исходные данные по сведению электрических нагрузок предприятия и ремонтно-механического цеха приведены в таблицах 1.1 и 1.2. А так же на рисунках 1.1 и 1.2 приведены генплан завода железобетонных изделий и план ремонтно-механического цеха.

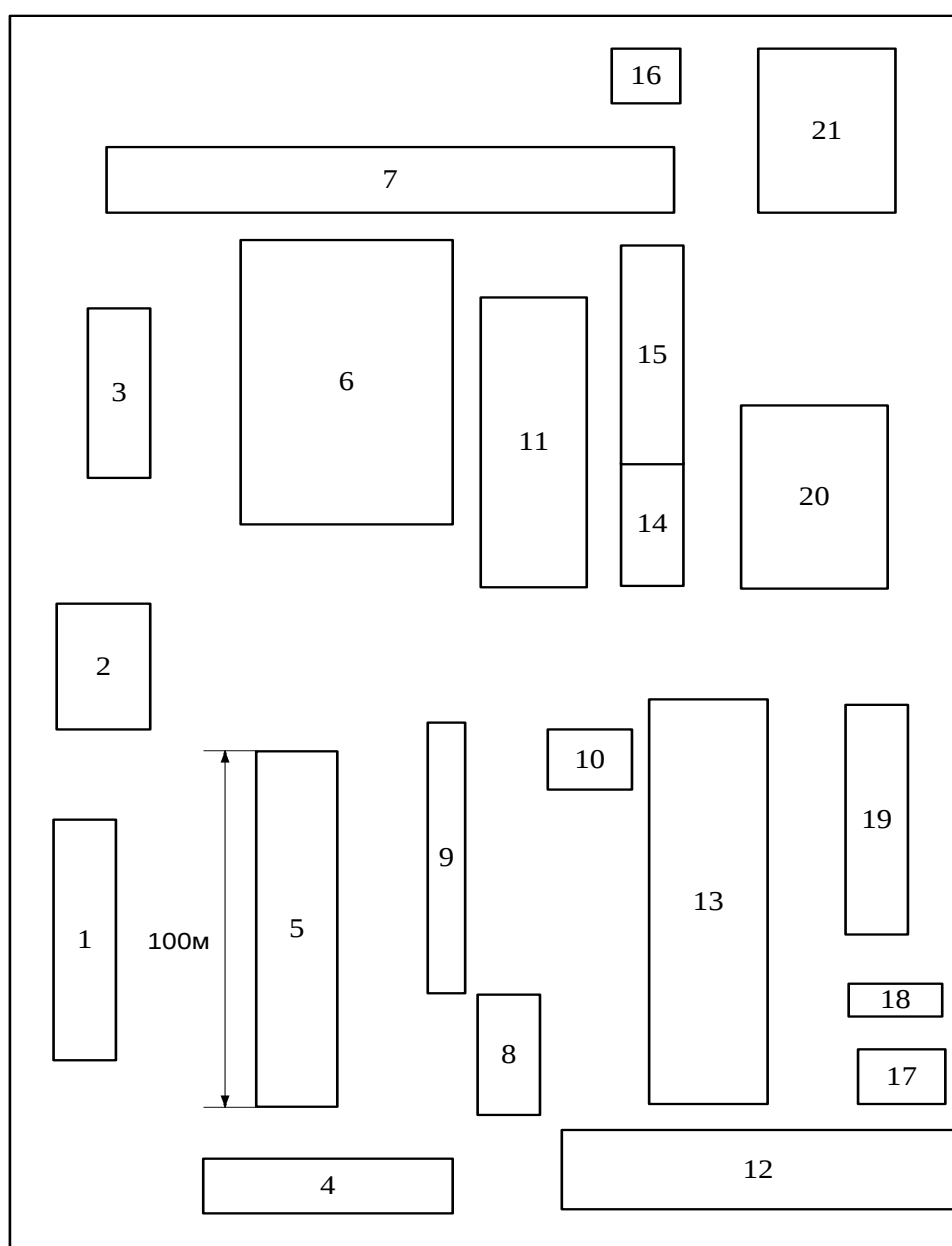


Рис. 1.1 - Генплан завода железобетонных изделий

Таблица 1.1 - Ведомость электрических нагрузок предприятия

| №  | Наименование цеха                                     | $P_{уст}$ , кВт |
|----|-------------------------------------------------------|-----------------|
| 1  | Административный корпус, СКБ и лаборатории (ЦЗЛ)      | 1700            |
| 2  | Столовая                                              | 260             |
| 3  | Известегасительный цех                                | 2200            |
| 4  | Материальный склад №1                                 | 230             |
| 5  | Склад заполнителей                                    | 310             |
| 6  | Завод изделий из ячеистых бетонов                     | 5960            |
| 7  | Склад металла и готовой продукции                     | 420             |
| 8  | Компрессорная                                         | 2460            |
|    | Компрессорная (10 кВ, 6х1000)                         | 6000            |
| 9  | Склад цемента с разгрузочным устройством              | 720             |
| 10 | Бетонорастворный цех                                  | 2180            |
| 11 | Ремонтно-механический цех                             | 700             |
| 12 | Склад готовой продукции завода железобетонных изделия | 480             |
| 13 | Завод железобетонных изделия                          | 6360            |
| 14 | Склад                                                 | 230             |
| 15 | Арматурная мастерская со складом                      | 1410            |
| 16 | Насосная станция перекачки сточных вод                | 2200            |
| 17 | Насосная водопровода                                  | 2200            |
| 18 | Резервуары для воды                                   | 110             |
| 19 | Материальный склад №2                                 | 225             |
| 20 | Котельная                                             | 1500            |
| 21 | Скреперный склад угля и разгрузочное устройство       | 1000            |

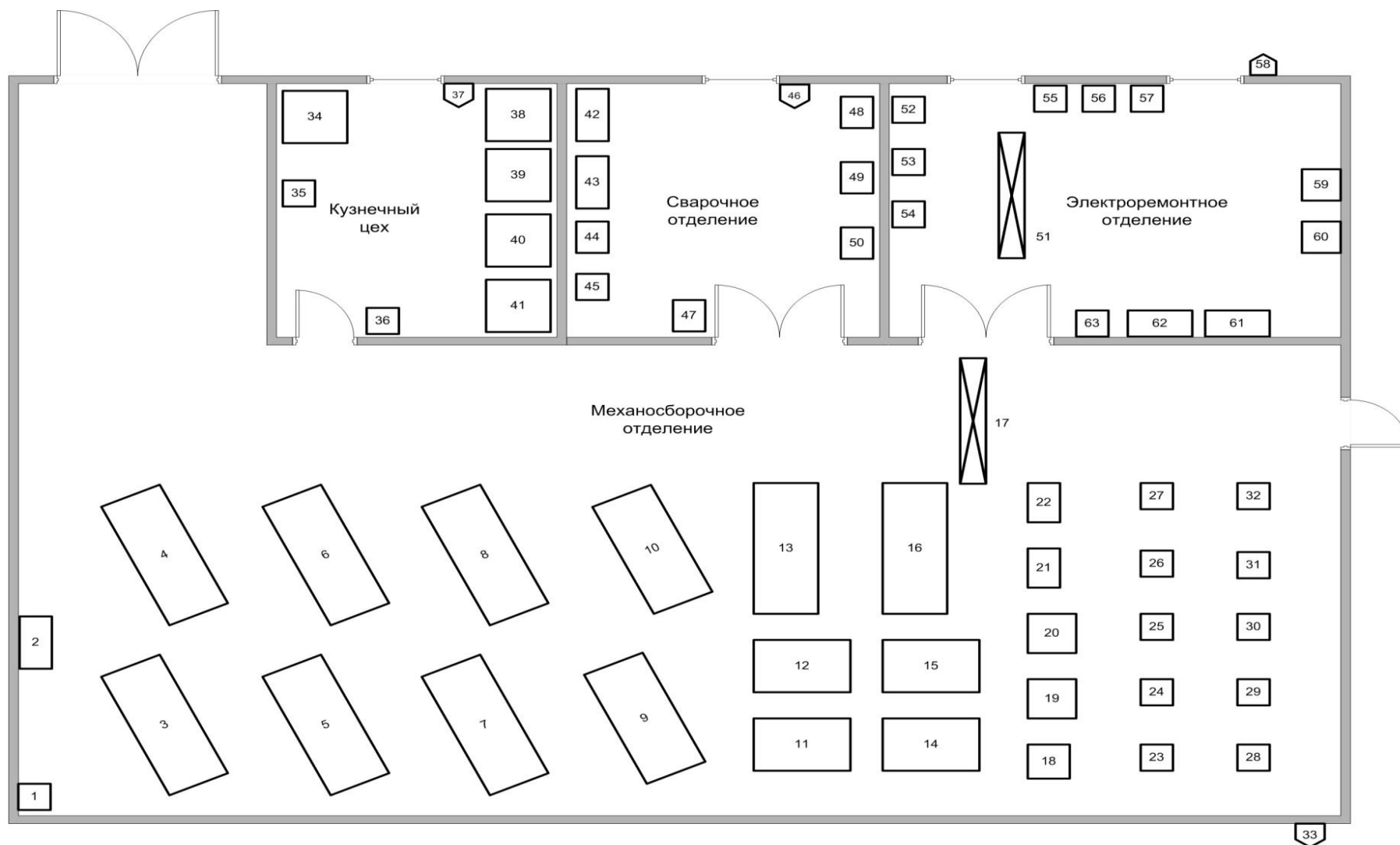


Рис. 1.2 - План ремонтно-механического цеха

Таблица 1.2 Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха

| № на плане | Наименование электроприемника              | Установленная мощность ЭП, кВт |
|------------|--------------------------------------------|--------------------------------|
|            | <b>1. Механическое отделение</b>           |                                |
| 1          | Станок трубогибочный                       | 16                             |
| 2          | Трубоотрезной станок                       | 11                             |
| 3-8        | Токарный станок                            | 20                             |
| 9-10       | Токарно-винторезный станок                 | 12                             |
| 11-12      | Фрезерный станок                           | 7                              |
| 13         | Пресс листогибочный                        | 30                             |
| 14-15      | Универсально-фрезерный станок              | 20                             |
| 16         | Пресс-ножницы                              | 15                             |
| 17         | Кран-балка, ПВ=40 %                        | 44                             |
| 18         | Станок отрезной с дисковой пилой           | 7                              |
| 19,20      | Строгальный станок                         | 19                             |
| 21,22      | Сверлильный станок                         | 6                              |
| 23,24      | Заточной станок                            | 5                              |
| 25,26      | Вертикально-сверлильный станок             | 9                              |
| 27         | Заточной станок                            | 5                              |
| 28         | Ножницы                                    | 14                             |
| 29,30      | Круглошлифовальный станок                  | 14                             |
| 31,32      | Внутришлифовальный станок                  | 15                             |
| 33         | Вентилятор                                 | 10                             |
|            | <b>2. Кузнечный цех</b>                    |                                |
| 34         | Пневматический молот                       | 16                             |
| 35         | Заточной станок                            | 5                              |
| 36         | Печь муфельная                             | 5                              |
| 37         | Вентилятор                                 | 10                             |
| 38,39      | Электрическая печь                         | 10                             |
| 40         | Молот                                      | 20                             |
| 41         | Пресс фрикционный                          | 20                             |
|            | <b>3. Сварочное отделение</b>              |                                |
| 42,43      | Преобразователь сварочный                  | 30                             |
| 44         | Сварочный трансформатор, ПВ=40 %           | 24                             |
| 45         | Заточной станок                            | 5                              |
| 46         | Вентилятор                                 | 10                             |
| 47         | Машина электросварочная, точечная, ПВ=60 % | 40                             |
| 48-50      | Сварочный агрегат, ПВ=60 %                 | 50                             |
|            | <b>4. Электроремонтное отделение</b>       |                                |
| 51         | Кран-балка, ПВ=25%                         | 25                             |
| 52,53      | Настольно-сверлильный станок               | 4                              |
| 54-57      | Намоточный станок                          | 4                              |
| 58         | Вентилятор                                 | 10                             |
| 59,60      | Сушильный шкаф                             | 8                              |
| 61,62      | Настольно-токарный станок                  | 6                              |
| 63         | Сверлильный станок                         | 6                              |

## **2. Характеристика производства**

Завод железобетонных изделий занимается изготовлением строительных материалов и конструкций для ремонта, реконструкции и дальнейшего расширения предприятий, а также для реализации готовой продукции.

Насосная осуществляет подачу воды в необходимом объеме и определенного давления для технических и бытовых нужд предприятия, а также подачу холодной воды в бетонорастворный цех.

Приёмный резервуар служит для регулирования неравномерности поступления к насосам сточных вод.

Ремонтно-механический цех осуществляют ремонт всего электрооборудования и оборудования соответственно всего комбината, а также изготовление нестандартных деталей и узлов оборудования.

Компрессорная осуществляет подачу сжатого воздуха практически во все цеха, но основными потребителями являются известегасительный и механические цеха.

Котельная производит пар и горячую воду для технических и бытовых нужд.

### 3. Расчет электрических нагрузок

#### 3.1 Определение расчётной электрической нагрузки ремонтно-механического цеха

Таблица 3.1 – Расчетная нагрузка ремонтно-механического цеха

| №<br>п/п | Наименование узлов питания и групп электроприемников | Количество ЭП, п | Р <sub>уст</sub><br>(ПВ = 100%) |                          | m | Ки   | Cosφ /tgφ | Средняя<br>нагрузка за<br>максимально<br>загруженную<br>смену |                           | п, | К <sub>м</sub> | Максимальная<br>нагрузка |                |                | I <sub>p</sub> , А |
|----------|------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------|---|------|-----------|---------------------------------------------------------------|---------------------------|----|----------------|--------------------------|----------------|----------------|--------------------|
|          |                                                      |                  | Р <sub>н</sub> ,<br>кВт         | Р <sub>нΣ</sub> ,<br>кВт |   |      |           | Р <sub>см</sub> ,<br>кВт                                      | Q <sub>см</sub> ,<br>кВар |    |                | Р <sub>м</sub>           | Q <sub>м</sub> | S <sub>м</sub> |                    |
| 1        | 2                                                    | 3                | 4                               | 5                        | 6 | 7    | 8         | 9                                                             | 10                        | 11 | 12             | 13                       | 14             | 15             | 16                 |
|          | <b>Приемники группы А:</b>                           |                  |                                 |                          |   |      |           |                                                               |                           |    |                |                          |                |                |                    |
| 1        | Станок трубогибочный                                 | 1                | 16                              | 16                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 2.56                                                          | 3.40                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 2        | Трубоотрезной станок                                 | 1                | 11                              | 11                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 1.76                                                          | 2.34                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 3        | Токарный станок                                      | 6                | 20                              | 120                      | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 19.20                                                         | 25.54                     |    |                |                          |                |                |                    |
| 4        | Токарно-винторезный станок                           | 2                | 12                              | 24                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 3.84                                                          | 5.11                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 5        | Фрезерный станок                                     | 2                | 7                               | 14                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 2.24                                                          | 2.98                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 6        | Пресс листогибочный                                  | 1                | 30                              | 30                       | 1 | 0.17 | 0.65/1.16 | 5.10                                                          | 5.92                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 7        | Универсально-фрезерный станок                        | 2                | 20                              | 40                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 6.40                                                          | 8.51                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 8        | Пресс-ножницы                                        | 1                | 15                              | 15                       | 1 | 0.17 | 0.65/1.16 | 2.55                                                          | 2.96                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 9        | Кран-балка, ПВ=40 %                                  | 1                | 27.82                           | 27.82                    | 1 | 0.1  | 0.5/1.73  | 2.78                                                          | 4.81                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 10       | Станок отрезной с дисковой пилой                     | 1                | 7                               | 7                        | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 1.12                                                          | 1.49                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 11       | Строгальный станок                                   | 2                | 19                              | 38                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 6.08                                                          | 8.09                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 12       | Сверлильный станок                                   | 3                | 6                               | 18                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 2.88                                                          | 3.83                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 13       | Заточной станок                                      | 5                | 5                               | 25                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 4.00                                                          | 5.32                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 14       | Вертикально-сверлильный станок                       | 2                | 9                               | 18                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 2.88                                                          | 3.83                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 15       | Ножницы                                              | 1                | 14                              | 14                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 2.24                                                          | 2.98                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 16       | Круглошлифовальный станок                            | 2                | 14                              | 28                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 4.48                                                          | 5.96                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 17       | Внутришлифовальный станок                            | 2                | 15                              | 30                       | 1 | 0.16 | 0.6/1.33  | 4.80                                                          | 6.38                      |    |                |                          |                |                |                    |
| 18       | Пневматический молот                                 | 1                | 16                              | 16                       | 1 | 0.24 | 0.65/1.16 | 3.84                                                          | 4.45                      |    |                |                          |                |                |                    |

Продолжение таблицы 3.1

| 1  | 2                                          | 3         | 4              | 5            | 6            | 7            | 8         | 9             | 10            | 11        | 12          | 13            | 14            | 15            | 16            |
|----|--------------------------------------------|-----------|----------------|--------------|--------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 19 | Печь муфельная                             | 1         | 5              | 5            | 1            | 0.5          | 0.95/0.32 | 2.50          | 0.80          |           |             |               |               |               |               |
| 20 | Электрическая печь                         | 2         | 10             | 20           | 1            | 0.5          | 0.95/0.32 | 10.00         | 3.20          |           |             |               |               |               |               |
| 21 | Молот                                      | 1         | 20             | 20           | 1            | 0.24         | 0.65/1.16 | 4.80          | 5.57          |           |             |               |               |               |               |
| 22 | Пресс фрикционный                          | 1         | 20             | 20           | 1            | 0.17         | 0.65/1.16 | 3.40          | 3.94          |           |             |               |               |               |               |
| 23 | Сварочный трансформатор, ПВ=40 %           | 1         | 15.17          | 15.17        | 1            | 0.35         | 0.5/1.73  | 5.31          | 9.19          |           |             |               |               |               |               |
| 24 | Машина электросварочная, точечная, ПВ=60 % | 1         | 31             | 31           | 1            | 0.35         | 0.6/1.33  | 10.85         | 14.43         |           |             |               |               |               |               |
| 25 | Сварочный агрегат, ПВ=60 %                 | 3         | 38.73          | 116.19       | 1            | 0.35         | 0.6/1.33  | 40.67         | 54.09         |           |             |               |               |               |               |
| 26 | Кран-балка, ПВ=25%                         | 1         | 12.5           | 12.5         | 1            | 0.05         | 0.5/1.73  | 0.63          | 0.83          |           |             |               |               |               |               |
| 27 | Настольно-сверлильный станок               | 2         | 4              | 8            | 1            | 0.16         | 0.6/1.33  | 1.28          | 1.70          |           |             |               |               |               |               |
| 28 | Намоточный станок                          | 4         | 4              | 16           | 1            | 0.16         | 0.6/1.33  | 2.56          | 3.40          |           |             |               |               |               |               |
| 29 | Настольно-токарный станок                  | 2         | 6              | 12           | 1            | 0.16         | 0.6/1.33  | 1.92          | 2.55          |           |             |               |               |               |               |
|    | <b>Итого по группе А:</b>                  | <b>55</b> | <b>4-38.73</b> | <b>767.7</b> | <b>&gt;3</b> | <b>0.212</b> | <b>-</b>  | <b>162.66</b> | <b>203.61</b> | <b>40</b> | <b>1.27</b> | <b>206.58</b> | <b>203.61</b> | <b>290.05</b> | <b>440.69</b> |
|    | Приемники группы Б:                        |           |                |              |              |              |           |               |               |           |             |               |               |               |               |
| 30 | Преобразователь сварочный                  | 2         | 30             | 60           | 1            | 0.6          | 0.92/0.42 | 36            | 15.1          |           |             |               |               |               |               |
| 31 | Вентилятор                                 | 4         | 10             | 40           | 1            | 0.65         | 0.8/0.75  | 26            | 19.5          |           |             |               |               |               |               |
| 32 | Сушильный шкаф                             | 2         | 8              | 16           | 1            | 0.8          | 0.95/0.32 | 12.8          | 4             |           |             |               |               |               |               |
|    | <b>Итого по группе Б:</b>                  | <b>8</b>  | <b>-</b>       | <b>116</b>   | <b>-</b>     | <b>0.64</b>  | <b>-</b>  | <b>74.80</b>  | <b>38.72</b>  | <b>-</b>  | <b>1</b>    | <b>74.80</b>  | <b>38.72</b>  | <b>84.23</b>  | <b>127.97</b> |
|    | Итого силовая нагрузка по цеху (гр. А и Б) | 63        | 478.2          | 883.7        | -            | -            | -         | 237.46        | 242.32        | -         | -           | 281.38        | 242.32        | 371.34        | 564.20        |
|    | Электрическое освещение                    | -         | -              | 19,2         | -            | 0,85         | -         | 16            | -             | -         | -           | 16            | -             |               |               |
|    | <b>Итого по цеху:</b>                      | <b>63</b> | <b>-</b>       | <b>902.9</b> | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b>  | <b>253.78</b> | <b>242.3</b>  | <b>-</b>  | <b>-</b>    | <b>297.38</b> | <b>242.3</b>  | <b>383.61</b> | <b>582.83</b> |

### **3.2 Определение расчётной нагрузки предприятия в целом**

Расчётная мощность предприятия определяется по расчётным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учётом расчётной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Таблица 3.2 - Определение расчетных нагрузок 0,38 и 10 кВ по цехам предприятия по установленной мощности и коэффициенту спроса

| № по ген. плану                    | Наименование потребителей                        | Силовая нагрузка     |       |               |                            |                      |                       |                      |                             |                              |                             |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|-------|---------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                                    |                                                  | $P_{н\prime}$<br>кВт | $K_c$ | $\cos\varphi$ | $\operatorname{tg}\varphi$ | $P_{p\prime}$<br>кВт | $Q_{p\prime}$<br>кВар | $S_{p\prime}$<br>кВА | $\Delta P_{T\prime}$<br>кВт | $\Delta Q_{T\prime}$<br>кВар | $\Delta P_{л\prime}$<br>кВт |
| 1                                  | 2                                                | 3                    | 4     | 5             | 6                          | 7                    | 8                     | 9                    | 10                          | 11                           | 12                          |
| Потребители электроэнергии 0,38 кВ |                                                  |                      |       |               |                            |                      |                       |                      |                             |                              |                             |
| 1                                  | Административный корпус, СКБ и лаборатории (ЦЗЛ) | 1700                 | 0,3   | 0,65          | 1,16                       | 510                  | 591,6                 |                      |                             |                              |                             |
| 2                                  | Столовая                                         | 260                  | 0,4   | 0,9           | 0,48                       | 104                  | 49,9                  |                      |                             |                              |                             |
| 3                                  | Известегасительный цех                           | 2200                 | 0,25  | 0,65          | 1,16                       | 550                  | 638                   |                      |                             |                              |                             |
| 4                                  | Материальный склад №1                            | 230                  | 0,3   | 0,6           | 1,33                       | 69                   | 91,77                 |                      |                             |                              |                             |
| 5                                  | Склад заполнителей                               | 310                  | 0,3   | 0,8           | 0,75                       | 93                   | 69,75                 |                      |                             |                              |                             |
| 6                                  | Завод изделий из ячеистых бетонов                | 5960                 | 0,4   | 0,65          | 1,16                       | 2384                 | 2765,44               |                      |                             |                              |                             |
| 7                                  | Склад металла и готовой продукции                | 420                  | 0,3   | 0,8           | 0,75                       | 126                  | 94,5                  |                      |                             |                              |                             |
| 8                                  | Компрессорная                                    | 2460                 | 0,85  | 0,8           | 0,75                       | 2091                 | 1568,25               |                      |                             |                              |                             |
| 9                                  | Склад цемента с разгрузочным устройством         | 720                  | 0,3   | 0,8           | 0,75                       | 216                  | 162                   |                      |                             |                              |                             |
| 10                                 | Бетонорастворный цех                             | 2180                 | 0,5   | 0,75          | 0,88                       | 1090                 | 959,2                 |                      |                             |                              |                             |
| 11                                 | Ремонтно-механический цех                        | 902.9                | -     | -             | -                          | 281.38               | 242.32                |                      |                             |                              |                             |

Продолжение таблицы 3.2

| 1                                       | 2                                                     | 3              | 4    | 5   | 6    | 7              | 8              | 9              | 10            | 11            | 12            |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------|------|-----|------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| 12                                      | Склад готовой продукции завода железобетонных изделия | 480            | 0,3  | 0,8 | 0,75 | 144            | 108            |                |               |               |               |
| 13                                      | Завод железобетонных изделия                          | 6360           | 0,3  | 0,6 | 1,33 | 1908           | 2537,64        |                |               |               |               |
| 14                                      | Склад                                                 | 230            | 0,3  | 0,8 | 0,75 | 69             | 51,75          |                |               |               |               |
| 15                                      | Арматурная мастерская со складом                      | 1410           | 0,35 | 0,6 | 1,33 | 493,5          | 656,35         |                |               |               |               |
| 16                                      | Насосная станция перекачки сточных вод                | 2200           | 0,8  | 0,9 | 0,48 | 1760           | 844,8          |                |               |               |               |
| 17                                      | Насосная водопровода                                  | 2200           | 0,8  | 0,9 | 0,48 | 1760           | 844,8          |                |               |               |               |
| 18                                      | Резервуары для воды                                   | 110            | 0,3  | 0,8 | 0,75 | 33             | 24,75          |                |               |               |               |
| 19                                      | Материальный склад №2                                 | 225            | 0,3  | 0,8 | 0,75 | 67,5           | 50,62          |                |               |               |               |
| 20                                      | Котельная                                             | 1500           | 0,5  | 0,8 | 0,75 | 750            | 562,5          |                |               |               |               |
| 21                                      | Скреперный склад угля и разгрузочное устройство       | 1000           | 0,25 | 0,6 | 1,33 | 250            | 332,5          |                |               |               |               |
|                                         | <b>Итого по 0,38 кВ:</b>                              | <b>33057.9</b> |      |     |      | <b>14721.8</b> | <b>13246.5</b> | <b>19804</b>   | <b>396.08</b> | <b>1980.4</b> | <b>594.12</b> |
| <b>Потребители электроэнергии 10 кВ</b> |                                                       |                |      |     |      |                |                |                |               |               |               |
| 1                                       | Компрессорная (10 кВ, 6х1000)                         | 6000           | 0.8  | 0.9 | 0.48 | 4800           | 0              |                |               |               |               |
|                                         | <b>Итого по 10 кВ:</b>                                | <b>6000</b>    |      |     |      | <b>4800</b>    | <b>0</b>       | <b>4800</b>    | -             | -             | -             |
|                                         | <b>Итого по 0,38 кВ + 6 кВ:</b>                       |                |      |     |      |                |                | <b>24624.6</b> |               |               |               |

Таблица 3.3 - Техническая характеристика двигателя

| Тип двигателя | Мощность,<br>кВт | Напряжение,<br>кВ | Частота<br>вращения<br>об/мин | КПД % | cosφ |
|---------------|------------------|-------------------|-------------------------------|-------|------|
| СДН 14-59-6УЗ | 1000             | 10                | 1000                          | 95,37 | 0,9  |

СДН 14-59-6УЗ

- С - синхронный
- Д – двигатель
- Н, – нормальный
- 14,- условное обозначение габарита
- 59,- условная длина сердечника статора
- 6 – число полюсов

Таблица 3.4 - Определение расчетных осветительных нагрузок по цехам завода, и расчётной нагрузки предприятия в целом

| № по ген. плану                           | Наименование потребителей                             | Осветительная нагрузка |                           |                       |           |                      | Силовая и осветительная нагрузки |                    |                   |                           |                            |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|----------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|
|                                           |                                                       | $F, \text{м}^2$        | $P_{уд.о}, \text{Вт/м}^2$ | $P_{н.о}, \text{кВт}$ | $K_{с.о}$ | $P_{ро}, \text{кВт}$ | $P_p + P_{ро}, \text{кВт}$       | $Q_p, \text{кВар}$ | $S_p, \text{кВА}$ | $P_{p\Sigma}, \text{кВт}$ | $Q_{p\Sigma}, \text{кВар}$ |
| 1                                         | 2                                                     | 3                      | 4                         | 5                     | 6         | 7                    | 8                                | 9                  | 10                | 11                        | 12                         |
| <b>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</b> |                                                       |                        |                           |                       |           |                      |                                  |                    |                   |                           |                            |
| 1                                         | Административный корпус, СКБ и лаборатории (ЦЗЛ)      | 1042.6                 | 20                        | 20.8                  | 0.85      | 17.7                 | 527.7                            | 591.6              | 792.8             |                           |                            |
| 2                                         | Столовая                                              | 814.2                  | 20                        | 16.3                  | 0.9       | 14.67                | 118.7                            | 49.9               | 128.7             |                           |                            |
| 3                                         | Известегасительный цех                                | 734.6                  | 15                        | 11                    | 0.85      | 9.35                 | 559.4                            | 638.0              | 848.5             |                           |                            |
| 4                                         | Материальный склад №1                                 | 947.1                  | 15                        | 14.3                  | 0.85      | 12.15                | 81.2                             | 91.8               | 122.5             |                           |                            |
| 5                                         | Склад заполнителей                                    | 2000                   | 10                        | 20                    | 0.6       | 12                   | 105.0                            | 69.8               | 126.1             |                           |                            |
| 6                                         | Завод изделий из ячеистых бетонов                     | 708.4                  | 15                        | 10.6                  | 0.85      | 9                    | 2393.0                           | 2765.4             | 3657.1            |                           |                            |
| 7                                         | Склад металла и готовой продукции                     | 2584.4                 | 10                        | 25.8                  | 0.6       | 15.48                | 141.5                            | 94.5               | 170.1             |                           |                            |
| 8                                         | Компрессорная                                         | 523.6                  | 15                        | 7.8                   | 0.85      | 6.63                 | 2097.6                           | 1568.3             | 2619.1            |                           |                            |
| 9                                         | Склад цемента с разгрузочным устройством              | 708.4                  | 10                        | 7                     | 0.6       | 4.2                  | 220.2                            | 162.0              | 273.4             |                           |                            |
| 10                                        | Бетонорастворный цех                                  | 365.5                  | 15                        | 5.4                   | 0.85      | 4.59                 | 1094.6                           | 959.2              | 1455.4            |                           |                            |
| 11                                        | Ремонтно-механический цех                             | 2119                   | 15                        | 22.6                  | 0.85      | 19.21                | 300.6                            | 242.32             | 386.1             |                           |                            |
| 12                                        | Склад готовой продукции завода железобетонных изделия | 2231                   | 10                        | 22.31                 | 0.6       | 13.386               | 157.4                            | 108.0              | 190.9             |                           |                            |
| 13                                        | Завод железобетонных изделия                          | 3323                   | 15                        | 49.8                  | 0.85      | 42.33                | 1950.3                           | 2537.6             | 3200.5            |                           |                            |
| 14                                        | Склад                                                 | 523.6                  | 10                        | 5.2                   | 0.6       | 3.12                 | 72.1                             | 51.8               | 88.8              |                           |                            |
| 15                                        | Арматурная мастерская со складом                      | 947                    | 13                        | 12.3                  | 0.85      | 10.455               | 504.0                            | 656.4              | 827.5             |                           |                            |
| 16                                        | Насосная станция перекачки сточных вод                | 261.8                  | 13                        | 3.4                   | 0.85      | 2.89                 | 1762.9                           | 844.8              | 1954.9            |                           |                            |

Продолжение таблицы 3.4

| 1                                       | 2                                               | 3              | 4  | 5     | 6    | 7            | 8              | 9              | 10             | 11             | 12             |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|----|-------|------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 17                                      | Насосная водопровода                            | 331.5          | 13 | 4.3   | 0.85 | 3.655        | 1763.7         | 844.8          | 1955.5         |                |                |
| 18                                      | Резервуары для воды                             | 211.6          | 13 | 2.75  | 0.85 | 2.3375       | 35.3           | 24.8           | 43.1           |                |                |
| 19                                      | Материальный склад №2                           | 995            | 10 | 9.95  | 0.6  | 5.97         | 73.5           | 50.6           | 89.2           |                |                |
| 20                                      | Котельная                                       | 1935.1         | 13 | 25.1  | 0.85 | 21.335       | 771.3          | 562.5          | 954,7          |                |                |
| 21                                      | Скреперный склад угля и разгрузочное устройство | 1567.4         | 13 | 20.37 | 0.6  | 12.222       | 262.2          | 332.5          | 423,5          |                |                |
|                                         | <b>Итого по 0,38 кВ:</b>                        | <b>24874.8</b> |    |       |      | <b>242.7</b> | <b>14992.1</b> | <b>13246.5</b> | <b>20005.8</b> |                |                |
| <b>Потребители электроэнергии 10 кВ</b> |                                                 |                |    |       |      |              |                |                |                |                |                |
| 1                                       | Компрессорная (10 кВ, 6х1000)                   | 523.6          | 13 | 6.8   | 0.85 | 5.78         | 4800           | 0              | 4800           |                |                |
|                                         | <b>Итого по 10 кВ:</b>                          | <b>523.6</b>   |    |       |      | <b>5.78</b>  | <b>4800</b>    | <b>0</b>       | <b>4800</b>    |                |                |
|                                         | <b>Итого по предприятию в целом</b>             | <b>25398.4</b> |    |       |      |              |                |                |                | <b>19880.5</b> | <b>14781.7</b> |

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_P^H = 0.02 \cdot 19804 = 396.08 \text{ Bm}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_P^H = 0.1 \cdot 19804 = 1980.4$$

$$\Delta P_{JI} = 0,03 \cdot S_P^H = 0.03 \cdot 19804 = 594.12 \text{ Bm}$$

$$P_{p\Sigma} = \left( \sum P_P^H + \sum P_P^6 \right) \cdot K_{p.M} + P_{p.o} + \Delta P_T + \Delta P_{JI} =$$

$$= (14721.8 + 4800) \cdot 0.93 + 242.7 + 396.08 + 594.12 = 19388.174 \text{ Bm}$$

$$Q_{p\Sigma} = \left( \sum Q_P^H + \sum Q_P^6 \right) \cdot K_{p.M} + \Delta Q_T =$$

$$= (13246.5 + 0) \cdot 0.93 + 1980.4 = 15227.83 \text{ kBar}$$

$$\Delta P_{T.III} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0.02 \cdot 24592.9 = 491.9 \text{ Bm}$$

$$\Delta Q_{T.III} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0.1 \cdot 24592.9 = 2459.3 \text{ kBar}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{\left( P_{p\Sigma} \right)^2 + \left( Q_{p\Sigma} \right)^2} = \sqrt{19654.8^2 + 14781.7^2} = 24592.9 \text{ kBA}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{\left( P_{p\Sigma} + \Delta P_{T.III} \right)^2 + \left( Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{T.III} + Q_{\kappa y} \right)^2} =$$

$$= \sqrt{(19654.8 + 491.9)^2 + (14781.7 + 2459.3 + 9081.8)^2} = 33147.84 \text{ kBA}$$

$$Q_{\kappa y} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 14781.7 - 5699.9 = 9081.8 \text{ kBar}$$

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0.29 \cdot 19654.8 = 5699.9 \text{ кВар}$$

Экономически целесообразное напряжение питающей линии ГПП определяем по формуле Илларионова

$$U_{\text{ЭК}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_{\text{ГПП}}}}} \quad (17)$$

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{20} + \frac{2500}{19,654}}} = 81,05 \text{ кВ},$$

где  $L$  – расстояние от источника питания. согласно исходных данных  $L = 20$  км.

Принимаем ближайшее напряжения из стандартного ряда  $U_{\text{ном}} = 110$  кВ

### **3.3 Картограмма и определение центра электрических нагрузок**

Для определения места расположения ГПП на генплане промышленного предприятия наносится картограмма электрических нагрузок. Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов.

Таблица 3.5 – Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

| №                                         | Наименование потребителей                             | $S_p$<br>кВА | $P_{po}$<br>кВт | $r$ , мм | $\alpha$ , град | $x_b$<br>м | $y_b$<br>м | $S_{pi} \cdot x_b$<br>кВА·м | $S_{pi} \cdot y_b$<br>кВА·м |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|-----------------|----------|-----------------|------------|------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1                                         | 2                                                     | 3            | 4               | 5        | 6               | 7          | 8          | 9                           | 10                          |
| <b>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</b> |                                                       |              |                 |          |                 |            |            |                             |                             |
| 1                                         | Административный корпус, СКБ и лаборатории (ЦЗЛ)      | 781.08       | 17.7            | 7.05     | 8.2             | 16.9       | 87.6       | 13200.25                    | 68422.6                     |
| 2                                         | Столовая                                              | 115.35       | 14.67           | 2.71     | 45.8            | 23         | 164.5      | 2653.05                     | 18975.075                   |
| 3                                         | Известегасительный цех                                | 842.34       | 9.35            | 7.32     | 4.0             | 26.14      | 241.4      | 22018.77                    | 203391.42                   |
| 4                                         | Материальный склад №1                                 | 114.81       | 12.15           | 2.70     | 38.1            | 76.9       | 18.4       | 8828.889                    | 2112.504                    |
| 5                                         | Склад заполнителей                                    | 116.25       | 12              | 2.72     | 37.2            | 70.7       | 89.2       | 8218.875                    | 10369.5                     |
| 6                                         | Завод изделий из ячеистых бетонов                     | 3651.18      | 9               | 15.25    | 0.9             | 83         | 243        | 303047.9                    | 887236.74                   |
| 7                                         | Склад металла и готовой продукции                     | 157.5        | 15.48           | 3.17     | 35.4            | 92         | 300        | 14490                       | 47250                       |
| 8                                         | Компрессорная                                         | 2613.7       | 6.63            | 12.90    | 0.9             | 121.5      | 53.8       | 317570.6                    | 140619.75                   |
| 9                                         | Склад цемента с разгрузочным устройством              | 270          | 4.2             | 4.15     | 5.6             | 106        | 110.7      | 28620                       | 29889                       |
| 10                                        | Бетонорастворный цех                                  | 1451.95      | 4.59            | 9.62     | 1.1             | 141.5      | 136.8      | 205450.9                    | 198626.76                   |
| 11                                        | Ремонтно-механический цех                             | 350.9        | 19.21           | 4.13     | 25.8            | 126        | 226        | 33769.26                    | 60570.26                    |
| 12                                        | Склад готовой продукции завода железобетонных изделий | 180          | 13.38           | 3.39     | 26.8            | 183        | 23         | 32940                       | 4140                        |
| 13                                        | Завод железобетонных изделий                          | 3174.9       | 42.33           | 14.22    | 4.8             | 172        | 96.8       | 546084.5                    | 307331.29                   |
| 14                                        | Склад                                                 | 86.25        | 3.12            | 2.34     | 13.0            | 157        | 203        | 13541.25                    | 17508.75                    |
| 15                                        | Арматурная мастерская                                 | 821.18       | 10.45           | 7.23     | 4.6             | 157        | 250        | 128925.3                    | 205295                      |
| 16                                        | Насосная станция перекачки сточных вод                | 1952.2       | 2.89            | 11.15    | 0.5             | 153.8      | 329.1      | 300256.4                    | 642486.13                   |

Продолжение таблицы 3.5

| 1                                       | 2                                               | 3                | 4     | 5     | 6      | 7     | 8     | 9              | 10               |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|----------------|------------------|
| 17                                      | Насосная водопровода                            | 1952.252         | 3.655 | 11.15 | 0.7    | 218.3 | 49.2  | 426176.6       | 96050.798        |
| 18                                      | Резервуары для воды                             | 41.25            | 2.337 | 1.62  | 20.4   | 215.3 | 70.7  | 8881.95        | 2916.375         |
| 19                                      | Материальный склад №2                           | 84.372           | 5.97  | 2.32  | 25.5   | 196.8 | 119.9 | 16604.41       | 10116.203        |
| 20                                      | Котельная                                       | 937.5            | 21.33 | 7.73  | 8.2    | 198.4 | 203   | 186000         | 190312.5         |
| 21                                      | Скреперный склад угля и разгрузочное устройство | 416              | 12.2  | 5.15  | 10.6   | 200   | 315.2 | 83200          | 131123.2         |
| <b>Потребители электроэнергии 10 кВ</b> |                                                 |                  |       |       |        |       |       |                |                  |
| 1                                       | Компрессорная (10 кВ, 6х1000)                   | 4800             | 5.78  | 17.4  | 0.4335 | 121.5 | 53.8  | 583200         | 258240           |
|                                         | <b>Итого:</b>                                   | <b>24828.186</b> |       |       |        |       |       | <b>3283679</b> | <b>3532983.9</b> |

Данные вносим в таблицу 3.6

По результатам вычислений составляется картограмма нагрузок (рисунок 3.1), на которую наносятся расчетные мощности цехов и расчетные мощности освещения

Таблица 3.6 - Зоны рассеяния центра электрических нагрузок

| №                                  | Наименование потребителей                             | $S_{xi} = S_{yi}$ | $\sigma_x^2$ | $\sigma_y^2$ | $\sigma_x$ , | $\sigma_y$ , | $h_x$ | $h_y$ | $R_x$ , | $R_y$ , |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|---------|---------|
| 1                                  | 2                                                     | 3                 | 4            | 5            | 6            | 7            | 8     | 9     | 10      | 11      |
| Потребители электроэнергии 0,38 кВ |                                                       |                   |              |              |              |              |       |       |         |         |
| 1                                  | Административный корпус, СКБ и лаборатории (ЦЗЛ)      | 0.031             | 418.58       | 94.1         |              |              |       |       |         |         |
| 2                                  | Столовая                                              | 0.005             | 55.45        | 2.3          |              |              |       |       |         |         |
| 3                                  | Известегасительный цех                                | 0.034             | 381.99       | 333.7        |              |              |       |       |         |         |
| 4                                  | Материальный склад №1                                 | 0.005             | 14.16        | 71.0         |              |              |       |       |         |         |
| 5                                  | Склад заполнителей                                    | 0.005             | 17.73        | 13.2         |              |              |       |       |         |         |
| 6                                  | Завод изделий из ячеистых бетонов                     | 0.147             | 356.69       | 1491.5       |              |              |       |       |         |         |
| 7                                  | Склад металла и готовой продукции                     | 0.006             | 10.27        | 163.5        |              |              |       |       |         |         |
| 8                                  | Компрессорная                                         | 0.105             | 12.16        | 772.4        |              |              |       |       |         |         |
| 9                                  | Склад цемента с разгрузочным устройством              | 0.011             | 7.30         | 9.0          |              |              |       |       |         |         |
| 10                                 | Бетонорастворный цех                                  | 0.058             | 5.37         | 0.4          |              |              |       |       |         |         |
| 11                                 | Ремонтно-механический цех                             | 0.011             | 0.37         | 80.8         |              |              |       |       |         |         |
| 12                                 | Склад готовой продукции завода железобетонных изделия | 0.007             | 18.92        | 98.3         |              |              |       |       |         |         |
| 13                                 | Завод железобетонных изделия                          | 0.128             | 205.50       | 232.7        |              |              |       |       |         |         |
| 14                                 | Склад                                                 | 0.003             | 2.18         | 14.0         |              |              |       |       |         |         |
| 15                                 | Арматурная мастерская со складом                      | 0.033             | 20.81        | 404.1        |              |              |       |       |         |         |
| 16                                 | Насосная станция перекачки сточных вод                | 0.079             | 37.67        | 2827.8       |              |              |       |       |         |         |
| 17                                 | Насосная водопровода                                  | 0.079             | 586.82       | 640.6        |              |              |       |       |         |         |
| 18                                 | Резервуары для воды                                   | 0.002             | 11.55        | 7.9          |              |              |       |       |         |         |
| 19                                 | Материальный склад №2                                 | 0.003             | 14.30        | 1.3          |              |              |       |       |         |         |
| 20                                 | Котельная                                             | 0.038             | 166.92       | 152.5        |              |              |       |       |         |         |
| 21                                 | Скреперный склад угля и разгрузочное устройство       | 0.017             | 77.67        | 517.5        |              |              |       |       |         |         |
| Потребители электроэнергии 10 кВ   |                                                       |                   |              |              |              |              |       |       |         |         |

|   |                               |       |        |          |      |      |        |        |       |       |
|---|-------------------------------|-------|--------|----------|------|------|--------|--------|-------|-------|
| 1 | Компрессорная (10 кВ, 6х1000) | 0.193 | 20.95  | 1418.6   |      |      |        |        |       |       |
|   | Итого:                        |       | 2443.4 | 9347.211 | 49.4 | 96.7 | 0.0143 | 0.0073 | 121.1 | 236.8 |

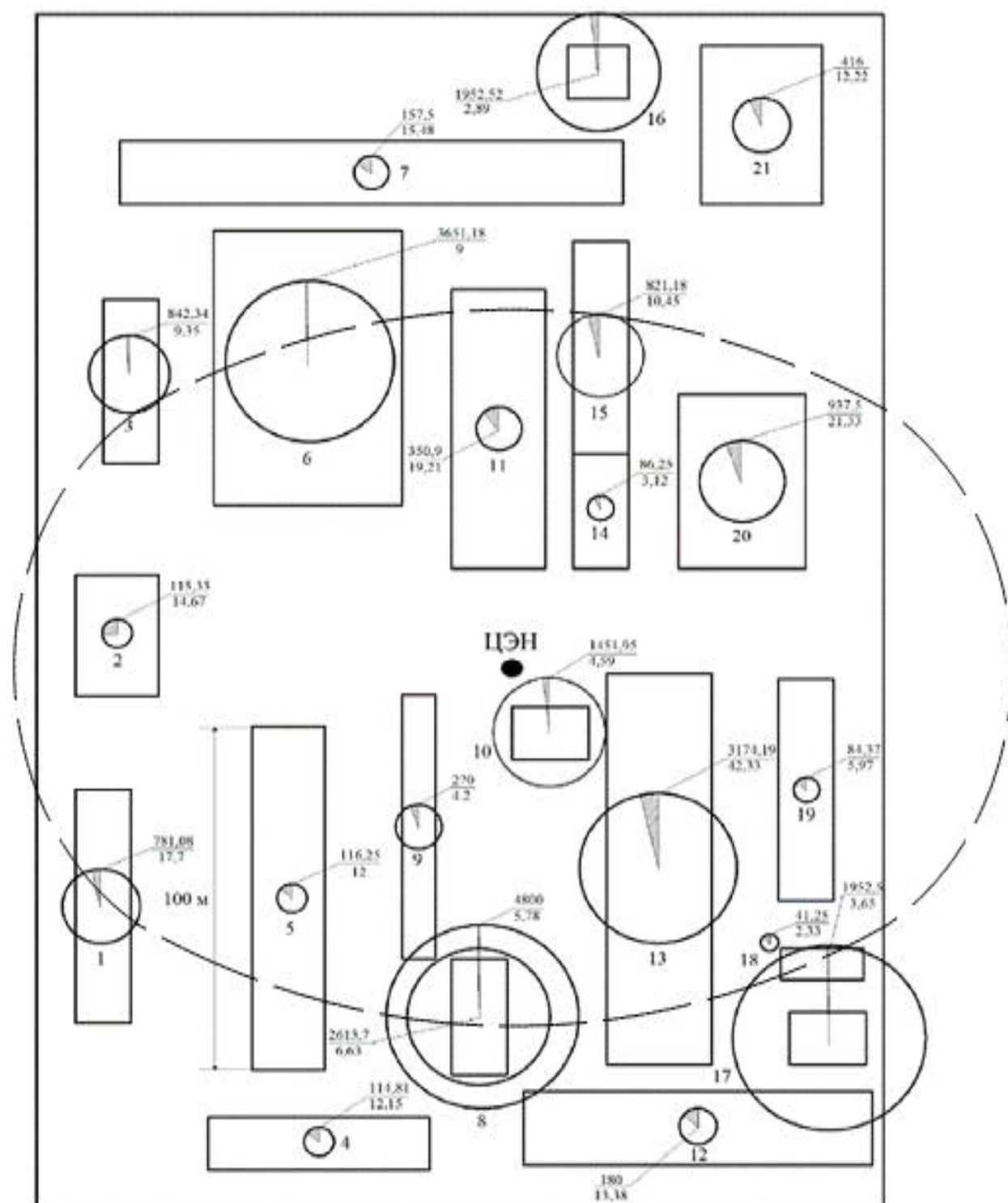


Рисунок 3.1 – Картограмма нагрузок по заводу в целом

### 3.4 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций

Выбор номинальной мощности цеховых трансформаторов производится по расчетной нагрузке.

Минимальное возможное число трансформаторов определяется из формулы:

$$N_{\min} = \frac{P_{\text{расч.н.}}}{\beta_T \cdot S_{\text{н.тр}}}, \quad (24)$$

где  $P_{\text{расч.н.}}$  - суммарная расчетная активная нагрузка с учетом освещения, подведенная к трансформаторам в сети ниже 1000;  $\beta_T$  - коэффициент загрузки, принимаем равным 0,7 так как основная часть цехов II – категории электроснабжения;  $S_{\text{нагр}}$  - номинальная мощность одного трансформатора, МВА.

Так как нагрузка завода распространена не равномерно, требуется большее число или разные мощности трансформаторов для обеспечения надежности потребителей II – категории электроснабжения и снижения потерь во внутризаводских линиях до 1000В.

Для обеспечения надежности, снижения потерь, лучшего распределения энергии и сокращения количества низковольтных линий выбираем трансформаторы 2-х номиналов: 2500 и 1600 кВА.

Таблица 3.7 – Номинальные мощности цеховых трансформаторов (данные из табл. 3.4.)

| №   | Наименование потребителей                             | $S_p$ ,<br>кВА | $N_{min}$ | Кол-во и<br>мощность тр-ров | Тип трансформатора |
|-----|-------------------------------------------------------|----------------|-----------|-----------------------------|--------------------|
| 1   | 2                                                     | 3              | 4         | 5                           | 6                  |
| ТП1 |                                                       |                |           |                             |                    |
| 1   | Административный корпус, СКБ и лаборатории (ЦЗЛ)      | 781.08         | 1.76      | 2x2500                      | ТМ-2500/10         |
| 2   | Столовая                                              | 115.35         |           |                             |                    |
| 4   | Материальный склад №1                                 | 114.81         |           |                             |                    |
| 5   | Склад заполнителей                                    | 116.25         |           |                             |                    |
| 8   | Компрессорная                                         | 2613.75        |           |                             |                    |
| 9   | Склад цемента с разгрузочным устройством              | 270            |           |                             |                    |
|     |                                                       | 4011.24        |           |                             |                    |
| ТП2 |                                                       |                |           |                             |                    |
| 10  | Бетонорастворный цех                                  | 1451.95        | 1.71      | 2x2500                      | ТМ-2500/10         |
| 13  | Завод железобетонных изделия                          | 3174.91        |           |                             |                    |
|     |                                                       | 4626.86        |           |                             |                    |
| ТП3 |                                                       |                |           |                             |                    |
| 12  | Склад готовой продукции завода железобетонных изделия | 180            | 1.78      | 2x1600                      | ТМ-1600/10         |
| 17  | Насосная водопровода                                  | 1952.25        |           |                             |                    |
| 18  | Резервуары для воды                                   | 41.25          |           |                             |                    |
| 19  | Материальный склад №2                                 | 84.372         |           |                             |                    |
|     |                                                       | 2257.87        |           |                             |                    |
| ТП4 |                                                       |                |           |                             |                    |
| 3   | Известегасительный цех                                | 842.34         | 1.82      | 2x2500                      | ТМ-2500/10         |
| 6   | Завод изделий из ячеистых бетонов                     | 3651.18        |           |                             |                    |
| 11  | Ремонтно-механический цех                             | 350.9          |           |                             |                    |

|  |  |         |  |  |  |
|--|--|---------|--|--|--|
|  |  | 4844.42 |  |  |  |
|--|--|---------|--|--|--|

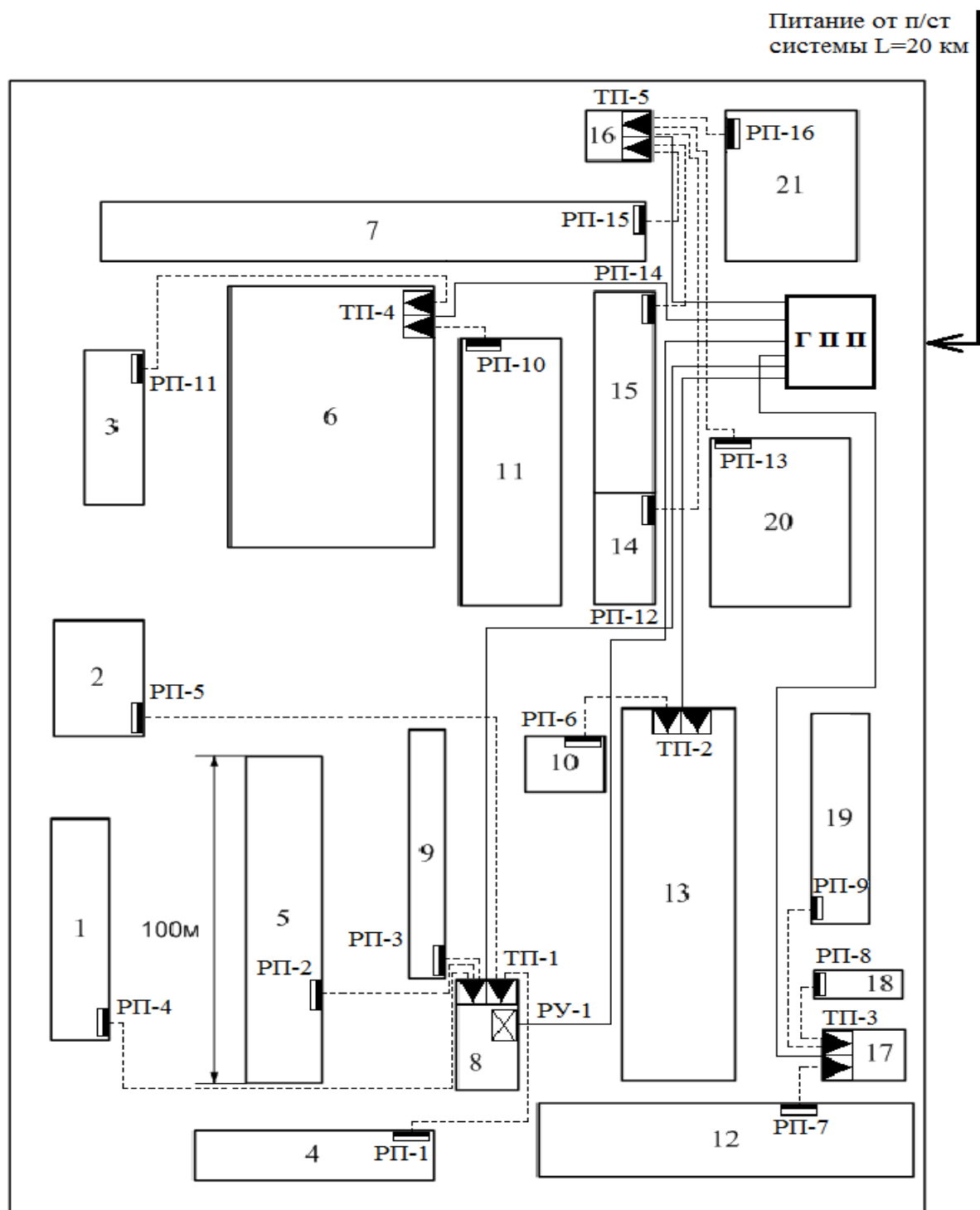
Продолжение таблицы 3.7

| ТП5 |                                                 |         |      |        |            |
|-----|-------------------------------------------------|---------|------|--------|------------|
| 7   | Склад металла и готовой продукции               | 157.5   | 1.97 | 2x2500 | ТМ-2500/10 |
| 14  | Склад                                           | 86.25   |      |        |            |
| 15  | Арматурная мастерская со складом                | 821.18  |      |        |            |
| 16  | Насосная станция перекачки сточных вод          | 1952.25 |      |        |            |
| 20  | Котельная                                       | 937.5   |      |        |            |
| 21  | Скреперный склад угля и разгрузочное устройство | 416     |      |        |            |
|     |                                                 | 4370.68 |      |        |            |

Таблица 3.8 –технические данные трансформаторов цеховых подстанций

| Тип                                                                | Мощ-ность, кВА | Напряжение,кВ |     | Потери XX,кВт | Потери КЗ,кВт | U <sub>кз</sub> ,% | I <sub>xx</sub> , % |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|-----|---------------|---------------|--------------------|---------------------|
|                                                                    |                | ВН            | НН  |               |               |                    |                     |
| 1                                                                  | 2              | 3             | 4   | 5             | 6             | 7                  | 8                   |
| Трансформаторы масляные без регулирования напряжения под нагрузкой |                |               |     |               |               |                    |                     |
| ТМ-1600                                                            | 1600           | 10            | 0.4 | 2,6           | 17            | 5,5                | 1,3                 |
| ТМ-2500                                                            | 2500           | 10            | 0.4 | 2,8           | 23,5          | 6                  | 1                   |

Так как расстояние между цехами не позволяет провести линию 110 кВ [8, пункт 2.5.104] и расположить ГПП в центре электрических нагрузок, расположение ГПП смещаем ближе к месту питания от системы. На плане предприятия, приведенном на рисунке 3.2, обозначим места расположения цеховых ТП.



### Условные обозначения

----- - линии 0,4 кВ

————— - линии 10 кВ

Рисунок 3.2 – Генплан предприятия со схемой питания цеховых подстанций

### 3.5 Расчет мощности компенсационных устройств в сети 0,4 кВ

При выборе числа и мощности трансформаторов одновременно необходимо решить вопрос выбора компенсирующих устройств в сетях до 1000 В. Снижение потребления реактивной мощности с низкой стороны позволяет уменьшить загрузку цехового трансформатора, либо же может позволить снизить необходимую для электроснабжения мощность цехового трансформатора. Так же компенсация в сетях до 1000В снижает величину потерь в питающих сетях напряжением до 1000В.

Суммарную расчетную мощность батарей ниже 1000 кВ определяется как,

$$Q_{\text{БК Н}} = Q_{\text{БК Н1}} + Q_{\text{БК Н2}} \quad (25)$$

$Q_{\text{НК1}}, Q_{\text{НК2}}$  – составляющие суммарной мощности КУ на стороне до 1000 В.

Примечание: если  $Q_{\text{БК Н1}}; Q_{\text{БК Н2}} \leq 0$ , то принимаем  $Q_{\text{БК Н1}}; Q_{\text{БК Н2}} = 0$ .

Минимально необходимая мощность компенсирующих устройств, в сети на шинах 0,4 кВ ТП  $Q_{\text{БК Н1}}$ , кВАр, определяется формулой

$$Q_{\text{БК Н1}} = Q_{\text{расч н}} - Q_{\text{мах тр}}^{2500} - Q_{\text{мах тр}}^{1600} \quad (26)$$

$$Q_{\text{БК Н1}} = 13246.5 - 5506.2 - 999.78 = 6740.52 \text{ кВАр}$$

где  $Q_{\text{расч н}}$  – расчетная реактивная нагрузка потребителей на напряжение ниже 1000В.

Наибольшая располагаемая реактивная мощность, передача которой целесообразна через трансформаторы  $Q_{\text{мах тр}}$ , кВАр определяется как

$$Q_{\text{мах тр}}^{2500} = \sqrt{(N_{\text{тр эк}} \cdot \beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном т}})^2 - (P_{\text{расч н}})^2} \quad (27)$$

$$Q_{\text{мах тр}}^{2500} = \sqrt{(8 \cdot 0,7 \cdot 2500)^2 - (12.717.3)^2} = 5506.2 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{мах тр}}^{1600} = \sqrt{(N_{\text{тр эк}} \cdot \beta_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном т}})^2 - (P_{\text{расч н}})^2} \quad (28)$$

$$Q_{\max \text{ тр}}^{1600} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1600)^2 - (2004,5)^2} = 999,78 \text{ кВар}$$

где  $N_{\text{тр эк}}$  – экономически оптимальное число трансформаторов,

в случае если  $N_{\text{тр эк}} < N_{\text{тр факт}}$  (по условиям надежности электроснабжения) то принимаем  $N_{\text{тр эк}} = N_{\text{тр факт}}$ ;

$\beta_{\text{тр}}$  – коэффициент загрузки трансформатора;

$P_{\text{расч н}}$  – расчетная нагрузка потребителей на напряжение ниже 1000В.

Дополнительная мощность компенсирующих устройств 0,4 кВ, окупающаяся снижением потерь в трансформаторах ТП и питающих их линиях выше 1000 В может быть определена по формуле:

$$Q_{\text{БК Н2}} = Q_{\text{расч н}} - Q_{\text{БК Н1}} - (\gamma \cdot N_{\text{тр эк}}^{2500} \cdot S_{\text{ном т}}^{2500}) - (\gamma \cdot N_{\text{тр эк}}^{1600} \cdot S_{\text{ном т}}^{1600}) \quad (29)$$

$$Q_{\text{БК Н2}} = 13246,5 - 6392,64 - (0,3 \cdot 8 \cdot 2500) - (0,38 \cdot 2 \cdot 1600) =$$

$$= -362 \text{ кВар}$$

Так как  $Q_{\text{НК2}} < 0$ , то реактивная мощность  $Q_{\text{НК2}}$  принимается равной нулю.

где  $\gamma$  – расчетный коэффициент в зависимости от коэффициентов  $K_{\text{р1}}$  и  $K_{\text{р2}}$  и схемы питания цеховой подстанции, для радиальной схемы питания принимаем по [2, Рисунок 5.7б].

Для объединенной энергосистемы Сибири удельный коэффициент потерь  $K_{\text{р1}} = 15$ . [2, Таблица 5.2]

Значение расчетного коэффициента  $K_{\text{р2}}$  зависит от длины линии  $L$ , посредством которой запитан трансформатор мощностью  $S_{\text{ном т}}$ . Значения  $K_{\text{р2-2500}} = 16$ ,  $K_{\text{р2-1600}} = 10$  принимаем по [2. Таблица 5.3].

Суммарная расчетная мощность батарей на 0,4 кВ:

$$Q_{\text{БК н}} = Q_{\text{БК Н1}} + Q_{\text{БК Н2}} = 6740,52 + 0 = 6740,52 \text{ кВАр}$$

Мощность компенсирующих устройств, устанавливаемых в сети до 1000 В распределяется между цеховыми подстанциями пропорционально их расчетным реактивным нагрузкам по формуле:

$$Q_{\text{нк}i} = \left( \frac{Q_{\text{БКН}}}{\Sigma Q_p} \right) \cdot Q_{pi}, \quad (30)$$

где  $Q_{pi}$  – реактивная мощность  $i$ -й трансформаторной подстанции;  $Q_p$  – реактивная максимальная нагрузка предприятия;  $Q_{\text{нк}i}$  – округляется до ближайшего стандартного значения комплектной конденсаторной установки (ККУ). ) Все расчеты выполняем в виде таблицы 3.9:

Выбираем комплектные конденсаторные установки напряжением 0,4 кВ с автоматическим регулированием.

Таблица 3.9 – Выбор конденсаторных батарей НН

| Наименование потребителей                             | Расчетная нагр-а<br>Q <sub>max. TP</sub> ,<br>кВар | Расчетная мощность<br>Q <sub>БК.Н</sub><br>кВар | Количество и марка НБК | Факти-я мощ-ь<br>НБК, кВар |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1                                                     | 2                                                  | 3                                               | 4                      | 5                          |
| Потребители электроэнергии 0,38 кВ                    |                                                    |                                                 |                        |                            |
| ТП1                                                   |                                                    |                                                 |                        |                            |
| Административный корпус. СКБ и лаборатории (ЦЗЛ)      | 591.6                                              |                                                 | 4хУКМ 58-04-225-37.5У3 | 900                        |
| Столовая                                              | 49.9                                               |                                                 |                        |                            |
| Материальный склад №1                                 | 91.7                                               |                                                 |                        |                            |
| Склад заполнителей                                    | 69.75                                              |                                                 |                        |                            |
| Компрессорная                                         | 1568.25                                            |                                                 |                        |                            |
| Склад цемента с разгрузочным устройством              | 162                                                |                                                 |                        |                            |
| Итого по ТП1:                                         | 2533.2                                             | 876.4                                           |                        |                            |
| ТП2                                                   |                                                    |                                                 |                        |                            |
| Бетонорастворный цех                                  | 959                                                |                                                 | 2хУКМ 58-04-850-50У3   | 1700                       |
| Завод железобетонных изделия                          | 2537.64                                            |                                                 |                        |                            |
| Итого по ТП2:                                         | 3496.64                                            | 1690.64                                         |                        |                            |
| ТП3                                                   |                                                    |                                                 |                        |                            |
| Склад готовой продукции завода железобетонных изделия | 108                                                |                                                 | 1хУКМ 58-04-30-10У3    | 30                         |
| Насосная водопровода                                  | 844.8                                              |                                                 |                        |                            |
| Резервуары для воды                                   | 24.75                                              |                                                 |                        |                            |
| Материальный склад №2                                 | 50.62                                              |                                                 |                        |                            |
| Итого по ТП3:                                         | 1028.17                                            | 28.22                                           |                        |                            |

Продолжение таблицы 3.9

| ТП4                                             |         |         |                      |      |
|-------------------------------------------------|---------|---------|----------------------|------|
| Известегасительный цех                          | 638     |         | 4хУКМ 58-04-536-67У3 | 2144 |
| Завод изделий из ячеистых бетонов               | 2765.44 |         |                      |      |
| Ремонтно-механический цех                       | 242.3   |         |                      |      |
| Итого по ТП4:                                   | 3645.74 | 2200.84 |                      |      |
| ТП5                                             |         |         |                      |      |
| Склад металла и готовой продукции               | 94.5    |         | 4хУКМ 58-04-500-50У3 | 2000 |
| Склад                                           | 51.75   |         |                      |      |
| Арматурная мастерская со складом                | 656.35  |         |                      |      |
| Насосная станция перекачки сточных вод          | 844.8   |         |                      |      |
| Котельная                                       | 562.5   |         |                      |      |
| Скреперный склад угля и разгрузочное устройство | 332.5   |         |                      |      |
| Итого по ТП5:                                   | 2542.4  | 1944.2  |                      |      |
| Итого:                                          | 13246.5 | 6740.58 |                      | 6774 |

*Примечание: У - установка конденсаторная; КМ - регулируется по РМ; 58 - конструктивное исполнение; 0.4 — номинальное напряжение. кВ; 150 - номинальная мощность. квар; 30 — мощность ступени регулирования. квар; У — климатическое исполнение (умеренное); 3 - для внутренней установки.*

### 3.6 Расчет потерь мощности в трансформаторах

Таблица 3.10 – Потери активной и реактивной мощности в трансформаторах цеховых ТП

| Наименование потребителей | $S_{\text{ном т}}$ | $P_{\text{гр } i}$ | $Q_{\text{гр } i}$ | $\Delta P_{\text{xx}}$ | $\Delta P_{\text{кз}}$ | $\Delta Q_{\text{xx}}$ | $\Delta Q_{\text{кз}}$ | $\Delta P_{\text{тр}}$ | $\Delta Q_{\text{тр}}$ | $\beta_{\text{тр н}}$ | $\Delta S_{\text{тр}}$ |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| 1                         | 2                  | 3                  | 4                  | 5                      | 6                      | 7                      | 8                      | 9                      | 10                     | 11                    | 12                     |
| ТП1                       | 2500               | 3083               | 2533,2             | 2,8                    | 24                     | 105                    | 325                    | 28.97                  | 526.48                 | 0.70                  | 527.27                 |
| ТП2                       | 2500               | 2998               | 3496,64            | 2,8                    | 24                     | 50                     | 325                    | 29.05                  | 417.61                 | 0.70                  | 418.62                 |
| ТП3                       | 1600               | 2004,5             | 1028,17            | 2,6                    | 17                     | 32                     | 208                    | 21.85                  | 267.71                 | 0.70                  | 268.60                 |
| ТП4                       | 2500               | 3187,8             | 3645,74            | 2,8                    | 24                     | 65                     | 325                    | 29.44                  | 452.85                 | 0.70                  | 453.81                 |
| ТП5                       | 2500               | 3448,5             | 2542,4             | 2,8                    | 24                     | 50                     | 325                    | 29.00                  | 416.85                 | 0.70                  | 417.85                 |

### 3.7 Определение мощности батарей конденсаторов в сетях выше 1кВ.

В целях компенсации реактивной мощности необходимо использовать батареи низковольтных и высоковольтных конденсаторов напряжением 0,4 кВ и 6-10 кВ.

### 3.8 Схема внешнего электроснабжения

#### 3.8.1 Схема ГПП

Схему ГПП выбираем 110-4Н. Такие схемы применяются при питании подстанции транзитными линиями 110кВ. Применяем данную схему для повышения надежности и оперативности управления системой ЭСПП.

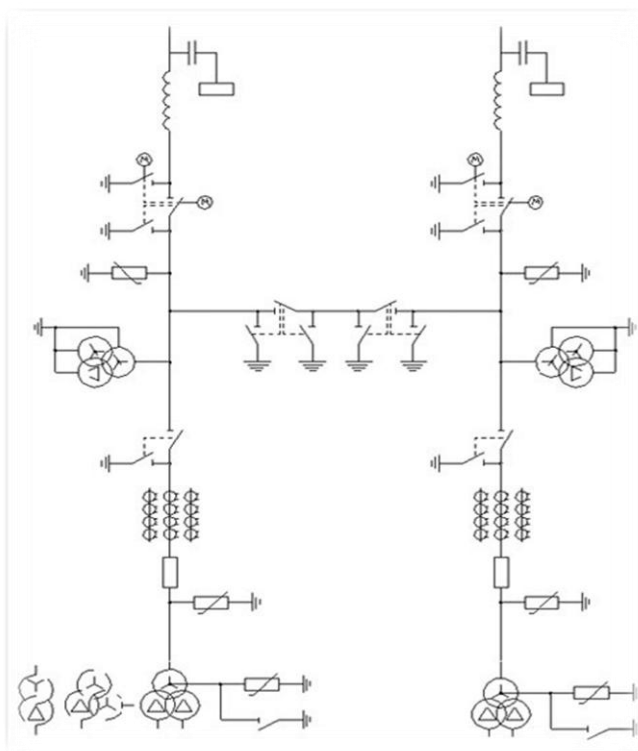


Рисунок 3.3 – Схема ГПП

### 3.8.2 Выбор схемы РУ 10 кВ.

Наиболее простой схемой электроустановок на стороне 6 -10 кВ является схема с одной системой шин секционированных выключателем. Схема с одной системой шин секционированных выключателем позволяет использовать комплектные распределительные устройства (КРУ), что снижает стоимость монтажа, позволяет широко применять механизацию и уменьшить время сооружения электроустановки.

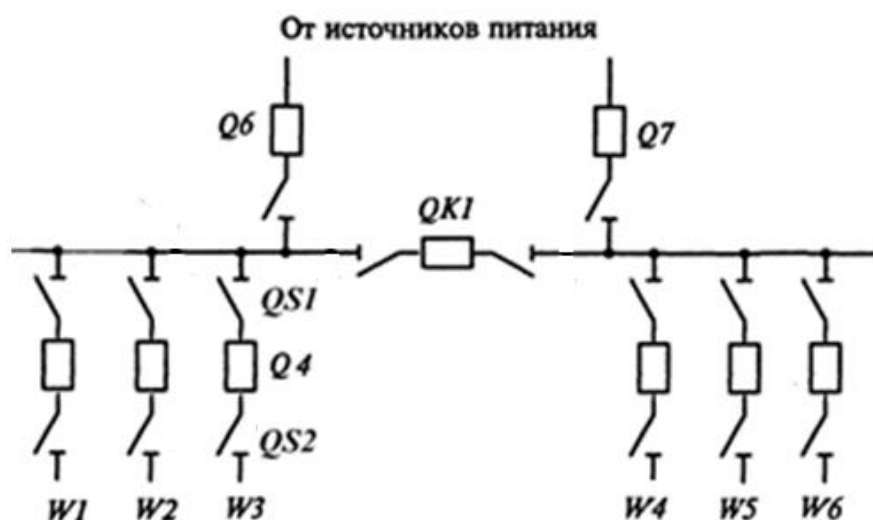


Рис.3.4 - Схема с одной системой шин секционированных выключателем

### 3.8.3 Выбор мощности трансформаторов ГПП

Так как на предприятии потребители по степени бесперебойности электроснабжения являются II группы, то ГПП будет двухтрансформаторной.

Мощность трансформаторов ГПП определяется активной нагрузкой и реактивной мощностью, передаваемой от энергосистемы.

Мощность трансформаторов на ГПП определяется по формуле

$$S_{н.тр} = \frac{S_{р.ГПП}}{2 \cdot \beta_T}, \quad (37)$$

где  $S_{р.ГПП}$  – полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП;  $\beta_T$  – коэффициент загрузки

трансформаторов ГПП; 2 – число трансформаторов на ГПП.

Рассчитаем мощность трансформаторов ГПП:

$$S_{н.тр} = \frac{24828.18}{2 \cdot 0,7} = 14604.8 \text{ кВА},$$

Предварительно принимаем трансформаторы мощностью 25000 кВА, так предприятие развивается выбираем трансформаторы на 2 номинала выше.

Проверим на обеспечение требуемой мощности предприятия с учетом возможной допустимой перегрузки трансформатора:

$$S_{р.гпп} < 1,4 \cdot S_{н.тр}, \quad (38)$$

$$24828.18 < 1,4 \cdot 25000 = 35000 \text{ кВА},$$

Условие проверки выполняется.

Выбираем трансформаторы марки ТДТН-25000/110.

Таблица 3.11 – Каталожные данные трансформатора ТДТН-25000/110

| Тип трансформатора | Uном, кВ |      | Ixx | Потери, кВт |     | Uк % |
|--------------------|----------|------|-----|-------------|-----|------|
|                    | ВН       | НН   |     | Pxx         | Pкз |      |
| ТДТН-25000/110     | 115      | 10,5 | 1,0 | 36          | 145 | 10,5 |

### 3.8.5 Выбор сечения линии, питающей ТП

Распределительная сеть 10 кВ по территории завода выполнена трехжильными кабелями с алюминиевыми жилами с бумажно-пропитанной изоляцией. Прокладка кабелей осуществляется в траншеях.

Таблица 3.12 – Выбор сечений кабельных линий распределительной сети 10 кВ

| №  | Назначение | п <sub>л</sub> | Sp      | I <sub>p</sub> | F <sub>эк</sub> | Длина линии | Способ прокладки | Марка и сечение |
|----|------------|----------------|---------|----------------|-----------------|-------------|------------------|-----------------|
| Л1 | ГПП-ТП1    | 2              | 6054.54 | 174.98         | 124.99          | 0,228       | траншея          | АСБ(3х120)      |
| Л2 | ГПП-ТП2    | 2              | 5837.24 | 168.70         | 120.50          | 0,130       | траншея          | АСБ(3х120)      |
| Л3 | ГПП-ТП3    | 2              | 3737.19 | 108.01         | 77.15           | 0,269       | траншея          | АСБ(3х95)       |
| Л4 | ГПП-ТП4    | 2              | 5907.61 | 170.74         | 121.95          | 0,085       | траншея          | АСБ(3х120)      |
| Л5 | ГПП-ТП5    | 2              | 5835.70 | 168.66         | 120.47          | 0,079       | траншея          | АСБ(3х120)      |

Питание синхронных двигателей от шин ВН ТП выполняется кабельной

линией.

Таблица 3.13 – Выбор сечений кабельных линий распределительной сети 10 кВ

| Участок линии | Кол-во СД | $I_p$ , А | $F_{эк}$ , мм <sup>2</sup> | Выбранная марка сечения кабеля, мм <sup>2</sup> |
|---------------|-----------|-----------|----------------------------|-------------------------------------------------|
| РУ-1          | 6         | 64,1      | 23,74                      | АСБ 3х25                                        |

### 3.8.6 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1 кВ

1. Принимаем базисную мощность  $S_6 = 100$  МВА и среднее напряжение ступени с точками КЗ  $U_6 = U_{cp} = 115$  кВ;  $U_{61} = U_{cp1} = 10.5$  кВ; Определяем базисные токи:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (51)$$

$$I_6 = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ кА}$$

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}}, \quad (52)$$

$$I_{61} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,164 \text{ кА}.$$

2. Составляем схему замещения

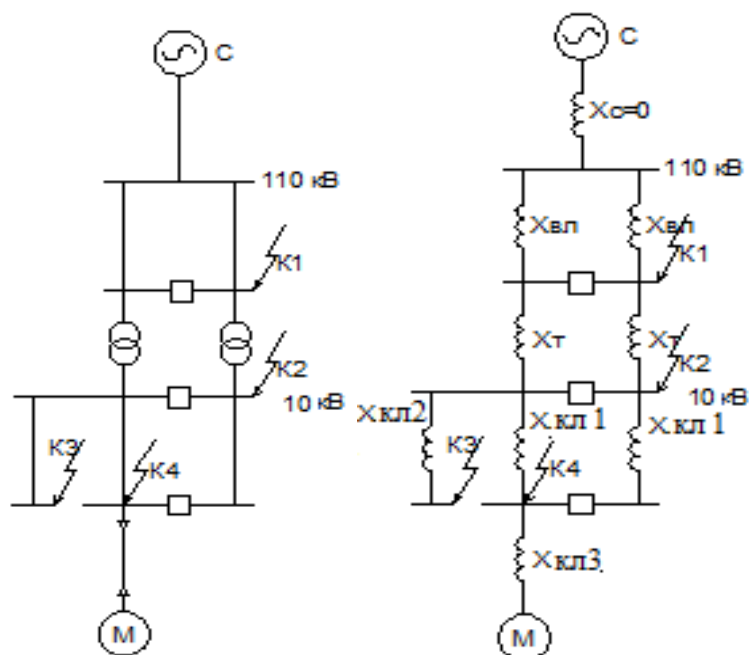


Рисунок 3.5 – Расчетная схема и схема замещения

Таблица 3.14 – Токи КЗ

|                     | К-1   | К-2   | К-3   | К-4    |
|---------------------|-------|-------|-------|--------|
| $I_{н0}, \text{кА}$ | 10,77 | 5,32  | 5,27  | 5,39   |
| $i_{y0}, \text{кА}$ | 15,99 | 14,44 | 13,93 | 14,555 |

### 3.8.7 Выбор высоковольтного оборудования

Для того чтобы аппараты надежно срабатывали при различных условиях необходимо ответственно подойти к их выбору.

Выбор коммутационных аппаратов производится по следующим условиям:

1. По напряжению установки:  $U_{уст} \leq U_{ном}$ ;
2. По длительному току:  $I_p \leq I_n$ ;
3. По отключающей способности:  $I_{н0} \leq I_{н.откл}$ ;
4. По электродинамической стойкости:  $i_y \leq i_{дин}$ ;
5. По термической стойкости:  $B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер.}$ ,

где  $I_{н0}$  – периодическая составляющая тока короткого замыкания;

$I_{н.откл}$  – номинальный ток отключения выключателя;

$i_y$  – ударный ток короткого замыкания;

$i_{дин}$  – ток электродинамической стойкости;

$B_k$  – тепловой импульс;

$I_{тер}^2$  – ток термической стойкости;

$t_{тер}$  – время протекания тока термической стойкости

При выборе электрооборудования руководствуемся [8]

Таблица 3.15 – Выбор коммутационной аппаратуры 110 кВ

| Условия проверки                               | Расчетные данные          | Каталожные данные                       |
|------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
|                                                |                           | Выключатель                             |
|                                                |                           | ВВУ-110Б-40/2000У1                      |
| $U_{уст} \leq U_{ном}$ , кВ                    | $U_{уст} = 110$ кВ        | $U_{ном} = 110$ кВ                      |
| $I_{max} \leq I_{ном}$ А;                      | $I_{раб. max} = 130,31$ А | $I_{ном} = 2000$ А                      |
| $I_{п0} \leq I_{откл. ном}$ кА;                | $I_{п0} = 10,77$ кА       | $I_{откл. ном} = 40$ кА                 |
| $i_{yd} \leq i_{дин}$ кА                       | $i_y = 15,99$ кА          | $i_{дин} = 102$ кА                      |
| $B_k \leq I_{терм} t_{терм}$ кА <sup>2</sup> с | $B_k = 4,64$              | $40^2 \cdot 3 = 4800$ кА <sup>2</sup> с |

Максимальный рабочий ток рассчитывается при условии, что вся мощность будет передаваться по одной линии и выключателю:

$$I_{раб. max} = \frac{S_p^{ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{24828,18}{\sqrt{3} \cdot 110} = 130,31 \text{ А}$$

(67)

Произведем расчет теплового импульса для тока КЗ=10,77 кА в точке К1 рассчитанного при расчете токов КЗ

$$B_k = I_{k1}^2 (t_{np}) = 10,77^2 \cdot 0,38 = 4,09 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}, \quad (68)$$

где  $B_k$  – тепловой импульс при токе К.З.;

$$t_{np} = t_{p.з. мин} + t_{св} + T_a - \text{приведенное время протекания тока К.З.};$$

$$t_{p.з. мин} = 0,31 \text{ сек.} - \text{время срабатывания}$$

$$t_{св} = 0,06 \text{ сек.} - \text{собственное время отключения выключателя марки}$$

ВВУ-110Б-40/2000У1;

$$T_a = 0,01 - \text{апериодическая составляющая затухания } I_{кз}.$$

Выбор межсекционных выключателей и выключателей для защиты трансформаторов ТДТН-25000/110 с низкой стороны на 10 кВ. Выключатель выбираем по номинальному току.

Выключатель типа ВБПС-10-20/1600 У3

$$I_{ном. обм} = \frac{S_{ном. тр. ГПП}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{25000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 721,68 \text{ А},$$

$$I_{н/а} = 2 I_{ном. обм} = 2 \cdot 721,68 = 1443,37 \text{ А}.$$

$$I_{ном. обм} \leq I_n, \quad 721,68 \text{ А} < 1600 \text{ А};$$

$$I_{н/а} \leq I_n, \quad 1443,37 \text{ А} < 1600 \text{ А};$$

по электродинамической стойкости при токах К2:

$$I_{н.о.} \leq I_{ном.откл}, \quad 10.29 \text{ кА} < 20 \text{ кА} ;$$

$$i_y \leq i_{дин}, \quad 26.63 < 52 \text{ кА} ;$$

по отключающей способности:

Здесь и далее, учитывая, что расчет ведется для шин системы бесконечной мощности и неизменного напряжения, принимаем,  $I_{н.т.} = I_{н.о.}$

$$I_{н.о.} \leq I_{ном.откл}, \quad 10.29 \text{ кА} < 20 \text{ кА} ;$$

по термической стойкости:

$$B_k = I_{н.о.}^2 (\tau + T_a) = 3,21^2 \cdot (0,07 + 0,01) = 0,82 \text{ кА}^2 \text{ с} ;$$

где  $\tau$  - расчетное время отключения тока КЗ.

Расчетное время отключения выключателя определяется по выражению по отключающей способности.

$$\tau = t_{рз.мин} + t_{св.откл} = 0,04 + 0,03 = 0,07$$

где  $t_{рз.мин}$  - минимальное время срабатывания первой ступени защиты, принимаемое равным 0,01с для первой ступени защиты, и  $0,01 \text{ с} + \Delta t_c$  - для последующих ступеней, где  $\Delta t_c$  - степень селективности, 0,3-0,5 с для быстродействующей защиты;  $t_{св.}$  - собственное время отключения выключателя.

$$B_k \leq I_T^2 t_T, \quad 0,82 \text{ кА}^2 \text{ с} < 1200 \text{ кА}^2 \text{ с} .$$

Произведенные проверки показали, что вакуумный выключатель марки ВБПС-10-20/1600 УЗ подходит для установки на стороне 10 кВ ГПП. Для защиты отходящих линии выбираем такие же выключатели с номинальным током 1600А.

Таблица 3.16 – Параметры выключателей для защиты трансформаторов ГПП и отходящих КЛ

| Расчетные данные                   | Каталожные данные                                     |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                    | Выключатель<br>ВБПС-10-20/1600 УЗ                     |
| $U_{уст} = 10 \text{ кВ}$          | $U_H = 10 \text{ кВ}$                                 |
| $I_{p.max.} = 721,68 \text{ А}$    | $I_H = 1600 \text{ А}$                                |
| $I_{п/а} = 1443,37 \text{ А}$      | $I_H = 1600 \text{ А}$                                |
| $I_{0п} = 10,29 \text{ кА}$        | $I_{H.откл} = 20 \text{ кА}$                          |
| $i_y = 26,63 \text{ кА}$           | $i_{дин} = 52 \text{ кА}$                             |
| $B_k = 10,05 \text{ кА}^2\text{с}$ | $I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 1200 \text{ кА}^2\text{с}$ |

1) Выбор трансформаторов тока (ТА).

Выбираем ТЛШ 10- УЗ

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ}, I_{ном}^1 = 2000 \text{ А}, I_{ном}^2 = 5 \text{ А}$$

Проверяем трансформатор тока по следующим условиям:

1) Номинальное напряжение:

$$U_{уст} \leq U_{ном} \quad (10 \text{ кВ} \leq 10 \text{ кВ})$$

2) Номинальный ток:

$$I_{норм} \leq I_{ном} \quad (65.15 \leq 2000 \text{ А})$$

$$I_{max} \leq I_{ном} \quad (130.31 \leq 2000 \text{ А})$$

4) Электродинамическая стойкость:

$$I_{п0} \leq I_{дин} \quad (10.29 \text{ кА} \leq 52 \text{ кА}),$$

$$i_y \leq i_{дин} \quad (26.63 \text{ кА} \leq 52 \text{ кА}),$$

5) Термическая стойкость:

$$B_k \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм} \quad (0,77 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с})$$

$$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Таблица 3.17 – Приборы

| Прибор                     | Тип        | Нагрузка, ВА, фазы |   |     |
|----------------------------|------------|--------------------|---|-----|
|                            |            | А                  | В | С   |
| Амперметр показывающий     | Э – 365    | 0,5                | - | -   |
| Ваттметр                   | Д – 335    | 0,5                | - | 0,5 |
| Счетчик активной энергии   | САЗ – И674 | 2,5                | - | 2,5 |
| Счетчик реактивной энергии | СР4 – И676 | 2,5                | - | 2,5 |
| Итого                      |            | 6                  | - | 5,5 |

Общее сопротивление приборов определяется по выражению:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{6}{5^2} = 0,24 \text{ Ом} \quad (69)$$

Сопротивление контактов  $r_k = 0,1 \text{ Ом}$  при общем числе приборов более трех;

$$z_{2ном} = 0,8 \text{ Ом}.$$

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{пр} = z_{2ном} - r_{приб} - r_k = 0,8 - 0,24 - 0,1 = 0,46 \text{ Ом};$$

$l = 5 \text{ м}$  – длина соединительных проводов от трансформатора тока до приборов (в один конец), [6, стр. 375].

Определяем сечение проводов:

$$q = \frac{\rho \cdot l}{r_{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 5}{0,46} = 0,307 \text{ мм}^2; \quad (70)$$

$\rho = 0,0283 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$  – удельное сопротивление материала проводника – алюминий.

По условию прочности принимаем контрольный кабель АКРВГ с сечением жил –  $4 \text{ мм}^2$ .

## 2) Трансформатор напряжения (TV).

Выбираем ЗНОЛ.09

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ},$$

$$U_{ном}^1 = 10000 / \sqrt{3} \text{ В},$$

$$U_{ном}^{2осн.втор.} = 100 / \sqrt{3} \text{ В}.$$

Проверяем трансформатор напряжения по следующим условиям:

1) Номинальное напряжение:

$$U_{уст} \leq U_{ном} \quad (10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ})$$

Таблица 3.18 – Приборы

| Прибор                     |                             | Тип   | S одной обмотки ВА | Число обмоток | cosφ | sinφ  | Общая потребляемая мощность |        |
|----------------------------|-----------------------------|-------|--------------------|---------------|------|-------|-----------------------------|--------|
|                            |                             |       |                    |               |      |       | Р, Вт                       | Q, ВАр |
| Вольтметр (сборные шины)   |                             | Э-335 | 2                  | 1             | 1    | 0     | 2                           | -      |
| Варметр                    | Ввод 10кВ от трансформатора | Д-335 | 1,5                | 2             | 1    | 0     | 3                           | -      |
| Счетчик активной энергии   |                             | И-674 | 3 Вт               | 2             | 0,38 | 0,925 | 6                           | 14,5   |
| Счетчик реактивной энергии |                             | И-673 | 3 Вт               | 2             | 0,38 | 0,935 | 6                           | 14,5   |
| Счетчик активной энергии   |                             | И-674 | 3 Вт               | 2             | 0,38 | 0,925 | 6                           | 14,5   |
| Счетчик реактивной энергии | Кабельные линии 10 кВ       | И-673 | 3 Вт               | 2             | 0,38 | 0,935 | 6                           | 14,5   |
| Итого                      |                             |       |                    |               |      |       | 29                          | 58     |

$$P = S \cdot n_{обм} \cdot n_{приб} = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6 \text{ Вт} \quad (71)$$

$$Q = P \cdot \tan \varphi = 6 \cdot 2,43 = 14,58 \text{ ВАр} \quad (72)$$

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{6^2 + 14,58^2} = 15,84 \text{ ВА} \quad (73)$$

Три трансформатора напряжения, соединенных в звезду, имеют мощность  $75 \cdot 3 = 225 \text{ VA}$ , что больше  $S_{2\Sigma}$ . Таким образом, трансформаторы напряжения будут работать нормально в выбранном классе точности 0,5.

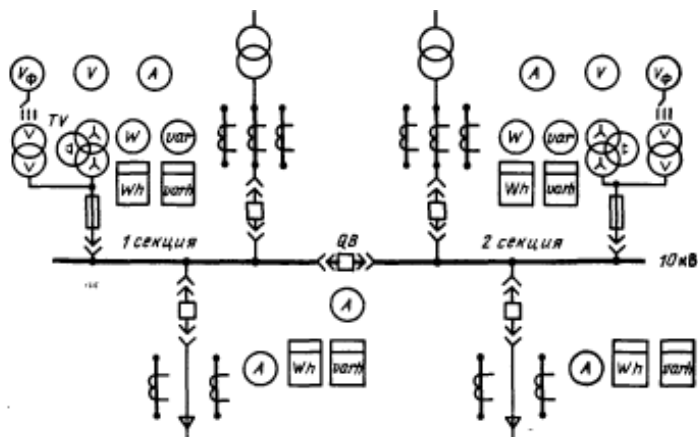


Рисунок 3.6 – Измерительные приборы на стороне 10кВ

### 3.9 Электроснабжение ремонтно-механического цеха.

Цеховое распределение осуществляется радиальной схемой, которая обеспечивает требуемую надёжность питания приёмников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приёмников и перемещения приёмников по площади цеха.

Прокладка кабелей осуществляется с помощью кабельных лотков которые обладают рядом неоспоримых преимуществ:

- простота и удобство обслуживания в процессе эксплуатации;
- экономичность монтажа.

Прокладка кабелей проводится с учетом требований действующих нормативных документов:

- СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства»;
- ГОСТ Р 50571-15-97 «Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования», глава 52 «электропроводки»;
- «Правила устройства электроустановок».

Выбираем кабели марки АВВГ для питающей и распределительной сети, так как характеристика цеха нормальная и не требует использование кабелей с медными жилами.

Выбираем автоматические выключатели ВА57-35 для защиты линий питающих электроприемники и распределительные шкафы.

После по расчетному току группы электроприемников, количеству присоединяемых ответвлений и значений пиковых токов присоединений выбираем распределительные шкафа типа ПР85-03.

Производится расчёт питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонений напряжения

для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее мощного электроприёмника (трубоотрезной станок №2) для режимов максимальной, минимальной и послеаварийной нагрузок.

Далее производится расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от РП до наиболее мощного электроприёмника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты.



Рисунок 3.7 - Схема питающей и распределительной сети ремонтно-механического цеха.

### 3.9.1. Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети до 1000 В.

Пример расчета выбора автоматического выключателя для ЭП №1 станок заточный:

*Условия выбора автоматических выключателей:*

1.  $I_{н.расц} \geq I_{дл}$ ;
2.  $I_{уст.эм} \geq 1,5 \cdot I_{пуск}$ ;
3.  $I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{тик} = 1,25 \cdot (I_{пуск}^{макс} + \sum I_{ном})$  – для группы ЭД в количестве до

5 шт. (вкл).;

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{тик} = 1,25 \cdot [I_{пуск}^{max} + (I_p - K_u \cdot I_{ном}^{max})] \text{ – для группы ЭД больше 5 шт.,}$$

где  $I_{н.расц}$  – номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, А;

$I_{кз}$  – номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ.

*Пример выбора автоматического выключателя для заточного станка (ПР1):*

Номинальный ток определяем по формуле

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном}}, \quad (75)$$

где  $P_{ном}$  - номинальная мощность двигателя, кВт;

$U_{ном}$  - номинальное напряжение двигателя, кВ;

$\cos \varphi_{ном}$  - номинальный коэффициент мощности;

Получаем

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном} \cdot \eta} = \frac{5,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5 \cdot 0,9} = 17,89 \text{ А.}$$

$$I_{уст.эм} = I_{кз} \geq 1,5 I_{пуск}$$

$$I_{пуск} = 5 \cdot I_{ном} = 89,47 \text{ А}$$

Намечаем к установке автомат серии ВА57-35

$$I_{н.расц} = 20 \text{ А} \geq I_{дл} = 17,89 \text{ А};$$

$$I_{уст.эм} = 8 \cdot 20 = 160 \text{ А} \geq 1,5 \cdot 89,47 = 134,21 \text{ А}$$

Окончательно выбираем автомат ВА57-35с параметрами:

$$I_{н.расц} = 20 \text{ А}; \quad I_{уст.эм} = 160 \text{ А}$$

Выбор автоматических выключателей для остальных электроприемников сведем в табл. 3.19

Таблица 3.19- Защитные аппараты для электроприёмников цеха.

| № на плане | Наименование электроприемника    | Уст. мощ. ЭП, кВт | Привед к ПВ=100 % | Коэф-т мощности cosφ | η   | I <sub>н</sub> ,А | I <sub>пуск</sub> | 1,5*I <sub>пуск</sub> | тип АВ  | I <sub>н</sub> (ав), А | I <sub>р</sub> | I <sub>эм</sub> |
|------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----|-------------------|-------------------|-----------------------|---------|------------------------|----------------|-----------------|
| 1          | 2                                | 3                 | 4                 | 5                    | 6   | 7                 | 8                 | 9                     | 10      | 11                     | 12             | 13              |
| 1          | Станок трубогибочный             | 16                | 16                | 0.6                  | 0.9 | 45.02             | 225.09            | 337.63                | ВА57-35 | 250                    | 50             | 500             |
| 2          | Трубоотрезной станок             | 11                | 11                | 0.6                  | 0.9 | 30.95             | 154.75            | 232.12                | ВА57-35 |                        | 31.5           | 320             |
| 3-9        | Токарный станок                  | 20                | 20                | 0.6                  | 0.9 | 56.27             | 281.36            | 422.04                | ВА57-35 |                        | 63             | 500             |
| 9,10       | Токарно-винторезный станок       | 12                | 12                | 0.6                  | 0.9 | 33.76             | 168.82            | 253.22                | ВА57-35 |                        | 40             | 400             |
| 11,12      | Фрезерный станок                 | 7                 | 7                 | 0.6                  | 0.9 | 19.70             | 98.48             | 147.71                | ВА57-35 |                        | 20             | 200             |
| 13         | Пресс листогибочный              | 30                | 30                | 0.65                 | 0.9 | 77.92             | 389.58            | 584.36                | ВА57-35 |                        | 80             | 1000            |
| 14-15      | Универсально-фрезерный станок    | 20                | 20                | 0.6                  | 0.9 | 56.27             | 281.36            | 422.04                | ВА57-35 |                        | 63             | 500             |
| 16         | Пресс-ножницы                    | 15                | 15                | 0.65                 | 0.9 | 38.96             | 194.79            | 292.18                | ВА57-35 |                        | 40             | 400             |
| 17         | Кран-балка, ПВ=40 %              | 44                | 27.82             | 0.5                  | 0.9 | 148.56            | 742.79            | 1114.18               | ВА57-35 |                        | 160            | 1600            |
| 18         | Станок отрезной с дисковой пилой | 7                 | 7                 | 0.6                  | 0.9 | 19.70             | 98.48             | 147.71                | ВА57-35 |                        | 20             | 200             |
| 19,20      | Строгальный станок               | 19                | 19                | 0.6                  | 0.9 | 53.46             | 267.29            | 400.94                | ВА57-35 |                        | 53             | 500             |
| 21,22      | Сверлильный станок               | 6                 | 6                 | 0.6                  | 0.9 | 16.88             | 84.41             | 126.61                | ВА57-35 |                        | 20             | 200             |
| 23,24      | Заточной станок                  | 5                 | 5                 | 0.6                  | 0.9 | 14.07             | 70.34             | 105.51                | ВА57-35 |                        | 16             | 125             |
| 25,26      | Вертикально-сверлильный станок   | 9                 | 9                 | 0.6                  | 0.9 | 25.32             | 126.61            | 189.92                | ВА57-35 |                        | 31.5           | 320             |
| 27         | Заточной станок                  | 5                 | 5                 | 0.6                  | 0.9 | 14.07             | 70.34             | 105.51                | ВА57-35 |                        | 16             | 125             |
| 28         | Ножницы                          | 14                | 14                | 0.6                  | 0.9 | 39.39             | 196.95            | 295.43                | ВА57-35 |                        | 40             | 400             |
| 29,30      | Круглошлифовальный станок        | 14                | 14                | 0.6                  | 0.9 | 39.39             | 196.95            | 295.43                | ВА57-35 |                        | 40             | 400             |
| 31,32      | Внутришлифовальный станок        | 15                | 15                | 0.6                  | 0.9 | 42.20             | 211.02            | 316.53                | ВА57-35 |                        | 50             | 500             |
| 33         | Вентилятор                       | 10                | 10                | 0.8                  | 0.9 | 21.10             | 105.51            | 158.26                | ВА57-35 |                        | 25             | 250             |
| 34         | Пневматический молот             | 16                | 16                | 0.65                 | 0.9 | 41.55             | 207.77            | 311.66                | ВА57-35 |                        | 50             | 500             |

Продолжение таблицы 3.19

| 1     | 2                                          | 3  | 4     | 5    | 6   | 7      | 8      | 9      | 10      | 11  | 12  | 13   |
|-------|--------------------------------------------|----|-------|------|-----|--------|--------|--------|---------|-----|-----|------|
| 35    | Заточной станок                            | 5  | 5     | 0.6  | 0.9 | 14.07  | 70.34  | 105.51 | BA57-35 | 250 | 16  | 125  |
| 36    | Печь муфельная                             | 5  | 5     | 0.95 | 0.9 | 8.89   | 8.89   | 13.35  | BA57-35 |     | 16  | 80   |
| 37    | Вентилятор                                 | 10 | 10    | 0.8  | 0.9 | 21.10  | 105.51 | 158.26 | BA57-35 |     | 25  | 250  |
| 38,39 | Электрическая печь                         | 10 | 10    | 0.95 | 0.9 | 17.77  | 88.85  | 133.28 | BA57-35 |     | 20  | 200  |
| 40    | Молот                                      | 20 | 20    | 0.65 | 0.9 | 51.94  | 259.72 | 389.58 | BA57-35 |     | 63  | 500  |
| 41    | Пресс фрикционный                          | 20 | 20    | 0.65 | 0.9 | 51.94  | 259.72 | 389.58 | BA57-35 |     | 63  | 500  |
| 42,43 | Преобразователь сварочный                  | 30 | 30    | 0.92 | 0.9 | 55.05  | 275.24 | 412.86 | BA57-35 |     | 63  | 500  |
| 44    | Сварочный трансформатор, ПВ=40 %           | 24 | 15.17 | 0.5  | 0.9 | 81.03  | 81,03  | 121,54 | BA57-35 |     | 80  | 160  |
| 45    | Заточной станок                            | 5  | 5     | 0.6  | 0.9 | 14.07  | 70.34  | 105.51 | BA57-35 |     | 20  | 200  |
| 46    | Вентилятор                                 | 10 | 10    | 0.8  | 0.9 | 21.10  | 105.51 | 158.26 | BA57-35 |     | 25  | 250  |
| 47    | Машина электросварочная, точечная, ПВ=60 % | 40 | 31    | 0.6  | 0.9 | 112.54 | 562.72 | 844.08 | BA57-35 |     | 125 | 1250 |
| 48-50 | Сварочный агрегат, ПВ=60 %                 | 50 | 38.73 | 0.6  | 0.9 | 140.68 | 140,68 | 211,02 | BA57-35 |     | 160 | 250  |
| 51    | Кран-балка, ПВ=25%                         | 25 | 12.5  | 0.5  | 0.9 | 84.41  | 422.04 | 633.06 | BA57-35 |     | 100 | 1000 |
| 52,53 | Настольно-сверлильный станок               | 4  | 4     | 0.6  | 0.9 | 11.25  | 56.27  | 84.41  | BA57-35 |     | 20  | 200  |
| 54-57 | Намоточный станок                          | 4  | 4     | 0.6  | 0.9 | 11.25  | 56.27  | 84.41  | BA57-35 |     | 20  | 200  |
| 58    | Вентилятор                                 | 10 | 10    | 0.8  | 0.9 | 21.10  | 105.51 | 158.26 | BA57-35 |     | 25  | 250  |
| 59,60 | Сушильный шкаф                             | 8  | 8     | 0.95 | 0.9 | 14.22  | 71.08  | 106.62 | BA57-35 |     | 20  | 200  |
| 61,62 | Настольно-токарный станок                  | 6  | 6     | 0.6  | 0.9 | 16.88  | 84.41  | 126.61 | BA57-35 |     | 20  | 200  |
| 63    | Сверлильный станок                         | 6  | 6     | 0.6  | 0.9 | 16.88  | 84.41  | 126.61 | BA57-35 |     | 20  | 200  |

По данным табл. 3.19 согласно [13, табл. 7.3.2 и 7.3.1] примем тип распределительных пунктов. Результаты сведены в табл. 3.20

Таблица 3.20 – Распределительные шкафы цеха.

| № шкафа | Тип шкафа     | Число отходящих линий |
|---------|---------------|-----------------------|
| ПР1     | ПР8503-1005-2 | 6                     |
| ПР2     | ПР8503-1005-2 | 6                     |
| ПР3     | ПР8503-1006-2 | 4                     |
| ПР4     | ПР8503-1005-2 | 6                     |
| ПР5     | ПР8503-1006-2 | 4                     |
| ПР6     | ПР8503-1005-2 | 6                     |
| ПР7     | ПР8503-1005-2 | 6                     |
| ПР8     | ПР8503-1005-2 | 7                     |
| ПР9     | ПР8503-1006-2 | 5                     |
| ПР10    | ПР8503-1006-2 | 5                     |
| ПР11    | ПР8503-1006-2 | 4                     |
| ПР12    | ПР8503-1006-2 | 4                     |

Выберем автоматические выключатели для защиты линий, питающих распределительные шкафы цеха.

Условия выбора автоматических выключателей:

$$1) I_{н.расц.} \geq I_{ол};$$

$$2) I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{кр},$$

где  $I_{н.расц.}$  - номинальный ток расцепителя автомата;

$I_{ол}$  - длительно протекающий в линии ток;

$I_{кз}$  - уставка по току срабатывания расцепителя в зоне КЗ;

$I_{кр}$  - максимальный кратковременный ток линии;

1,25 – учитывает разброс срабатываний автомата по току.

*Пример выбора автоматического выключателя для защиты ПР-1:*

$$I_{ол} = \sum I_{ном} = 46,79 A;$$

Максимальный кратковременный ток линии  $I_{кр}$  равен пиковому току шкафа  $I_{пик}$ , который определяем по формуле

$$I_{пик} = I_{п.м} + (I_{м} - K_{и} \cdot I_{ном.м}),$$

где  $I_{п.м}$ ,  $I_{ном.м}$ ,  $K_{и}$  - соответственно наибольший из пусковых токов двигателей в группе по паспортным данным, его номинальный (приведенный к ПВ=100%) ток и коэффициент использования;

$I_{м}$  - расчетный ток нагрузки всей группы электроприемников.

Получаем

$$I_{кр} = I_{пик} = I_{пуск} + (I_{р} - K_{и} \cdot I_{ном.м}) = 211,02 + (46,79 - 0,16 \cdot 42,20) = 251,04 \text{ А}.$$

Условия для выбора автоматического выключателя:

$$I_{н.расц} \geq I_{дл} = 46,79 \text{ А};$$

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot 405,15 = 313,79 \text{ А}.$$

По каталогу предприятия принимаем автоматический выключатель типа ВА57-35 с номинальным током расцепителя  $I_{н.расц} = 50 \text{ А}$ .

Уставка по току срабатывания расцепителя в зоне КЗ  $I_{кз} = 500 \text{ А}$ .

Результаты выбора автоматических выключателей для защиты распределительных шкафов приведены в табл. 3.21

Таблица 3.21 - Аппараты защиты для силовых распределительных шкафов.

| № шкафа | Тип шкафа     | Число отходящих линий | Тип автоматического выключателя | Идл    | Ин.расц | Икр    | 1,25*Икр | Икз  |
|---------|---------------|-----------------------|---------------------------------|--------|---------|--------|----------|------|
| ПР1     | ПР8503-1005-2 | 6                     | BA57-35                         | 46.79  | 50      | 251.04 | 313.79   | 500  |
| ПР2     | ПР8503-1005-2 | 6                     | BA57-35                         | 66.84  | 80      | 325.59 | 406.98   | 1000 |
| ПР3     | ПР8503-1006-2 | 4                     | BA57-35                         | 29.45  | 31.5    | 220.10 | 275.12   | 320  |
| ПР4     | ПР8503-1005-2 | 6                     | BA57-35                         | 78.77  | 80      | 455.51 | 569.39   | 1000 |
| ПР5     | ПР8503-1006-2 | 4                     | BA57-35                         | 53.47  | 63      | 325.82 | 407.27   | 500  |
| ПР6     | ПР8503-1005-2 | 6                     | BA57-35                         | 89.4   | 100     | 361.75 | 452.18   | 1000 |
| ПР7     | ПР8503-1005-2 | 6                     | BA57-35                         | 75.54  | 80      | 171.97 | 214.96   | 1000 |
| ПР8     | ПР8503-1005-2 | 7                     | BA57-35                         | 23.13  | 31.5    | 422.39 | 527.99   | 630  |
| ПР9     | ПР8503-1006-2 | 5                     | BA57-35                         | 206.55 | 250     | 860.71 | 1075.89  | 1000 |
| ПР10    | ПР8503-1006-2 | 5                     | BA57-35                         | 171.16 | 200     | 693.35 | 866.68   | 1000 |
| ПР11    | ПР8503-1006-2 | 4                     | BA57-35                         | 35.36  | 40      | 221.82 | 277.28   | 250  |
| ПР12    | ПР8503-1006-2 | 4                     | BA57-35                         | 49.47  | 50      | 246.21 | 307.76   | 500  |

Выбор вводного автомата на РП-10:

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3799.39 \text{ A};$$

$$I_{\text{кр}} = I_{\text{тик}}^{n/ct} = I_{\text{н.м}} + (I_{\text{ном.тр}} - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном.м}}) = 742,79 + (3799.39 - 0,35 \cdot 140,68) = 4492.94 \text{ A}$$

Условия для выбора автоматического выключателя:

$$I_{\text{н.расц}} = 4000 \text{ A} \geq I_{\text{дл}} = 3799.39 \text{ A};$$

$$I_{\text{кз}} = 2 \cdot I_{\text{ном.расц.}} = 2 \cdot 4000 = 8000 \text{ A} \geq 1,25 \cdot I_{\text{кр}} = 1,25 \cdot 4492.94 = 5616.17 \text{ A}$$

По каталогу производителя принимаем автоматический выключатель типа ВА55-43 с номинальным током расцепителя  $I_{\text{ном.расц.}} = 4000 \text{ A}$ .

### 3.9.2 Выбор сечений линий питающих сети цеха.

Выбор сечений проводников питающей сети цеха будем производить из условий допустимой нагрузки и допустимой потери напряжения.

Выбор сечения проводника по условию допустимого нагрева при длительном протекании расчетного тока нагрузки  $I_{\text{м}}$  определяется из условия

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{р}}}{k_{\text{прокл}}}$$

Кроме того, сечение проводника должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_{\text{з}} \cdot I_{\text{з}}}{k_{\text{прокл}}},$$

где  $k_{\text{прокл}}$  - поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей;

$k_{\text{з}}$  - коэффициент защиты или кратность защиты;

$I_{\text{з}}$  - номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата, А.

Проверка выбранного сечения проводника по допустимой потере напряжения выполняется из условия

$$\Delta U_{p\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l}{380} (x_0 \cdot \sin \varphi + r_0 \cdot \cos \varphi),$$

*Пример расчетов для линии РП10 – РР1:*

$$I_{доп} \geq \frac{I_p}{k_{прокл}} = \frac{46,79}{0,86} = 54,4 \text{ А},$$

где  $k_{прокл} = 0,86$  при способе прокладки кабеля – в лотках.

$$I_{доп} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{прокл}} = \frac{1 \cdot 50}{0,86} = 58,13 \text{ А},$$

где  $I_z = I_{ном.расц} = 50 \text{ А}$ ,

$$k_z = 1 \text{ [7, табл. 8.7]}.$$

Согласно [3, табл. 3.7] выбираем сечение кабеля, удовлетворяющее обоим условиям. Принимаем кабель марки АВВГ- (4х16):  $I_{доп} = 60 \text{ А}$ .

Проверяем выбранное сечение по условиям допустимой потери напряжения:

$$\Delta U_{p\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l}{380} (x_0 \cdot \sin \varphi + r_0 \cdot \cos \varphi) = \frac{\sqrt{3} \cdot 46,79 \cdot 0,0093 \cdot 100}{380} \cdot (1,95 \cdot 0,9 + 0,425 \cdot 0,0675) = 0,35\%$$

Таблица 3.22 - Выбор сечений линий питающей сети цеха.

| <b>№ п/п</b> | <b>Назначение участка (линии) питающей сети</b> | <b>Расчетная нагрузка <math>S_p</math>, кВА</b> | <b>Расчетный ток <math>I_p</math>, А</b> | <b>Длина линии <math>L</math>, км</b> | <b>Способ прокладки</b> | <b>Коэффициент прокладки, К</b> | <b>Марка кабеля</b> | <b><math>\cos\varphi</math></b> | <b>Расчетные потери напряжения <math>\Delta U_p</math>, %</b> | <b>Принятое сечение и марка участка питающей сети</b> |
|--------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>1</b>     | <b>2</b>                                        | <b>3</b>                                        | <b>4</b>                                 | <b>5</b>                              | <b>6</b>                | <b>7</b>                        | <b>8</b>            | <b>9</b>                        | <b>10</b>                                                     | <b>11</b>                                             |
| 1            | РП10-ПР1                                        | 30.79                                           | 46.79                                    | 0.0093                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.90                            | 0.35                                                          | АВВГ(4x16)                                            |
| 2            | РП10-ПР2                                        | 43.99                                           | 66.84                                    | 0.0148                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.90                            | 0.4                                                           | АВВГ(4x35)                                            |
| 3            | РП10-ПР3                                        | 19.38                                           | 29.45                                    | 0.0277                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.92                            | 1.1                                                           | АВВГ(4x10)                                            |
| 4            | РП10-ПР4                                        | 51.84                                           | 78.77                                    | 0.0329                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.80                            | 0.9                                                           | АВВГ(4x35)                                            |
| 5            | РП10-ПР5                                        | 35.19                                           | 53.47                                    | 0.0482                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.90                            | 2.1                                                           | АВВГ(4x16)                                            |
| 6            | РП10-ПР6                                        | 58.84                                           | 89.4                                     | 0.0601                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.90                            | 1.4                                                           | АВВГ(4x50)                                            |
| 7            | РП10-ПР7                                        | 49.72                                           | 75.54                                    | 0.0020                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.96                            | 0.1                                                           | АВВГ(4x35)                                            |
| 8            | РП10-ПР8                                        | 15.22                                           | 23.13                                    | 0.0139                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.89                            | 1.0                                                           | АВВГ(4x4)                                             |
| 9            | РП10-ПР9                                        | 135.95                                          | 206.55                                   | 0.0129                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.85                            | 0.2                                                           | АВВГ(4x185)                                           |
| 10           | РП10-ПР10                                       | 112.66                                          | 171.16                                   | 0.0194                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.92                            | 0.4                                                           | АВВГ(4x120)                                           |
| 11           | РП10-ПР11                                       | 23.27                                           | 35.36                                    | 0.0268                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.82                            | 1.1                                                           | АВВГ(4x10)                                            |
| 12           | РП10-ПР12                                       | 32.56                                           | 49.47                                    | 0.0407                                | в лотке                 | 0.8648                          | АВВГ                | 0.95                            | 1.7                                                           | АВВГ(4x16)                                            |

### 3.9.3 Выбор сечений распределительной сети цеха.

Условия выбора сечений проводников для электроприемников:

$$1) I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{ном}}}{k_{\text{прокл}}}$$

$$2) I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}}$$

Для проводов, проложенных в лотке,  $k_{\text{прокл}} = 0,9$

Результаты расчетов представлены в табл. 4.11.

*Пример расчетов для ответвления для трубогибочного станка (ПР-1):*

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{ном}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{45,02}{0,9} = 50,02 \text{ A};$$

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 50}{0,9} = 55,56 \text{ A},$$

Согласно [3, табл. 3.7] выбираем провод марки АВВГ– (4х10):  $I_{\text{доп}} = 60 \text{ A}$ .

Таблица 3.23 - Выбор сечений распределительной сети цеха.

| № на плане  | Наименование электроприемника    | Номинальная мощность ЭП, кВт | I <sub>н</sub> , А | Марка и сечение провода | I <sub>доп</sub> | Способ прокладки | Тип АВ  | I <sub>p</sub> |
|-------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------|------------------|---------|----------------|
| 1           | 2                                | 3                            | 4                  | 5                       | 6                | 7                | 8       | 9              |
| 1           | Станок трубогибочный             | 16                           | 45.02              | АВВГ(4х16)              | 60               | в лотке          | ВА57-35 | 50             |
| 2           | Трубоотрезной станок             | 11                           | 30.95              | АВВГ(4х10)              | 42               | в лотке          | ВА57-35 | 31.5           |
| 3,4,5,7,8,9 | Токарный станок                  | 20                           | 56.27              | АВВГ(4х25)              | 75               | в лотке          | ВА57-35 | 63             |
| 9,10        | Токарно-винторезный станок       | 12                           | 33.76              | АВВГ(4х16)              | 60               | в лотке          | ВА57-35 | 40             |
| 11,12       | Фрезерный станок                 | 7                            | 19.70              | АВВГ(4х4)               | 27               | в лотке          | ВА57-35 | 20             |
| 13          | Пресс листогибочный              | 30                           | 77.92              | АВВГ(4х35)              | 90               | в лотке          | ВА57-35 | 80             |
| 14-15       | Универсально-фрезерный станок    | 20                           | 56.27              | АВВГ(4х25)              | 75               | в лотке          | ВА57-35 | 63             |
| 16          | Пресс-ножницы                    | 15                           | 38.96              | АВВГ(4х16)              | 60               | в лотке          | ВА57-35 | 40             |
| 17          | Кран-балка, ПВ=40 %              | 27.82                        | 148.56             | АВВГ(4х120)             | 200              | в лотке          | ВА57-35 | 160            |
| 18          | Станок отрезной с дисковой пилой | 7                            | 19.70              | АВВГ(4х4)               | 27               | в лотке          | ВА57-35 | 20             |
| 19,20       | Строгальный станок               | 19                           | 53.46              | АВВГ(4х16)              | 60               | в лотке          | ВА57-35 | 53             |
| 21,22       | Сверлильный станок               | 6                            | 16.88              | АВВГ(4х4)               | 27               | в лотке          | ВА57-35 | 20             |
| 23,24       | Заточной станок                  | 5                            | 14.07              | АВВГ(4х2,5)             | 19               | в лотке          | ВА57-35 | 16             |
| 25,26       | Вертикально-сверлильный станок   | 9                            | 25.32              | АВВГ(4х10)              | 42               | в лотке          | ВА57-35 | 31.5           |
| 27          | Заточной станок                  | 5                            | 14.07              | АВВГ(4х2,5)             | 19               | в лотке          | ВА57-35 | 16             |
| 28          | Ножницы                          | 14                           | 39.39              | АВВГ(4х16)              | 60               | в лотке          | ВА57-35 | 40             |
| 29,30       | Круглошлифовальный станок        | 14                           | 39.39              | АВВГ(4х16)              | 60               | в лотке          | ВА57-35 | 40             |
| 31,32       | Внутришлифовальный станок        | 15                           | 42.20              | АВВГ(4х16)              | 60               | в лотке          | ВА57-35 | 50             |
| 33          | Вентилятор                       | 10                           | 21.10              | АВВГ(4х4)               | 27               | в лотке          | ВА57-35 | 25             |
| 34          | Пневматический молот             | 16                           | 41.55              | АВВГ(4х16)              | 60               | в лотке          | ВА57-35 | 50             |
| 35          | Заточной станок                  | 5                            | 14.07              | АВВГ(4х2,5)             | 19               | в лотке          | ВА57-35 | 16             |
| 36          | Печь муфельная                   | 5                            | 8.89               | АВВГ(4х2,5)             | 19               | в лотке          | ВА57-35 | 16             |
| 37          | Вентилятор                       | 10                           | 21.10              | АВВГ(4х4)               | 27               | в лотке          | ВА57-35 | 25             |

Продолжение таблицы 3.23

| 1     | 2                                          | 3     | 4      | 5           | 6   | 7       | 8       | 9   |
|-------|--------------------------------------------|-------|--------|-------------|-----|---------|---------|-----|
| 38,39 | Электрическая печь                         | 10    | 17.77  | АВВГ(4х4)   | 27  | в лотке | BA57-35 | 20  |
| 40    | Молот                                      | 20    | 51.94  | АВВГ(4х25)  | 75  | в лотке | BA57-35 | 63  |
| 41    | Пресс фрикционный                          | 20    | 51.94  | АВВГ(4х25)  | 75  | в лотке | BA57-35 | 63  |
| 42,43 | Преобразователь сварочный                  | 30    | 55.05  | АВВГ(4х25)  | 75  | в лотке | BA57-35 | 63  |
| 44    | Сварочный трансформатор, ПВ=40 %           | 15.17 | 81.03  | АВВГ(4х50)  | 110 | в лотке | BA57-35 | 80  |
| 45    | Заточной станок                            | 5     | 14.07  | АВВГ(4х4)   | 27  | в лотке | BA57-35 | 20  |
| 46    | Вентилятор                                 | 10    | 21.10  | АВВГ(4х4)   | 27  | в лотке | BA57-35 | 25  |
| 47    | Машина электросварочная, точечная, ПВ=60 % | 31    | 112.54 | АВВГ(4х70)  | 140 | в лотке | BA57-35 | 125 |
| 48-50 | Сварочный агрегат, ПВ=60 %                 | 38.73 | 140.68 | АВВГ(4х120) | 200 | в лотке | BA57-35 | 160 |
| 51    | Кран-балка, ПВ=25%                         | 12.5  | 84.41  | АВВГ(4х50)  | 110 | в лотке | BA57-35 | 100 |
| 52,53 | Настольно-сверлильный станок               | 4     | 11.25  | АВВГ(4х4)   | 27  | в лотке | BA57-35 | 20  |
| 54-57 | Намоточный станок                          | 4     | 11.25  | АВВГ(4х4)   | 27  | в лотке | BA57-35 | 20  |
| 58    | Вентилятор                                 | 10    | 21.10  | АВВГ(4х4)   | 27  | в лотке | BA57-35 | 25  |
| 59,60 | Сушильный шкаф                             | 8     | 14.22  | АВВГ(4х4)   | 27  | в лотке | BA57-35 | 20  |
| 61,62 | Настольно-токарный станок                  | 6     | 16.88  | АВВГ(4х4)   | 27  | в лотке | BA57-35 | 20  |
| 63    | Сверлильный станок                         | 6     | 16.88  | АВВГ(4х4)   | 27  | в лотке | BA57-35 | 20  |

### 3.10 Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения. Построения эпюры отклонений напряжения.

Расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построение эпюры отклонений напряжения выполняем для цепочки линий от шин ГПП до зажимов наиболее удаленного электроприемника (трубоотрезной станок №2).

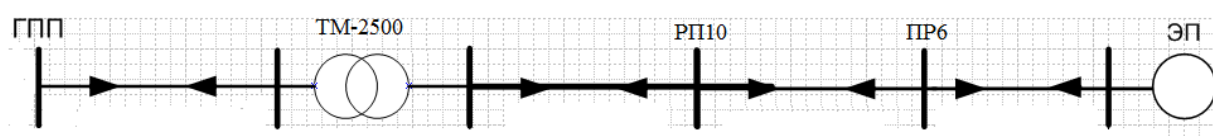


Рисунок 3.8 – Участок сети для расчета потерь напряжения и построения эпюры отклонений напряжения

Расчет потерь напряжений в различных элементах выбранной цепочки производим по нижеприведенным формулам.

Для трансформатора

$$\Delta U_m \% = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2), \quad (76)$$

где  $\beta_m = \frac{S_{фактич}}{S_{н.тр.}}$  – фактический коэффициент загрузки цехового

трансформатора; (77)

$S_{фактич}$  – фактическая нагрузка одного трансформатора, кВА;

$S_{н.тр.}$  – номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}}$  – активная составляющая напряжения короткого

замыкания цехового трансформатора, %; (78)

$\Delta P_{кз}$  – потери активной мощности при КЗ, кВт;

$U_p = \sqrt{(U_k)^2 - (U_a)^2}$  – реактивная составляющая напряжения короткого

замыкания цехового трансформатора, %; (79)

$U_k$  – напряжение короткого замыкания, %;

$\cos \varphi_2$  и  $\sin \varphi_2$  – коэффициент мощности вторичной нагрузки трансформатора и соответствующий ему  $\sin \varphi_2$ .

Для линии

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot 100}{U_i}, \quad (80) \quad (81) \quad (82)$$
$$\cos \varphi = \frac{P}{S}; \quad \sin \varphi = \frac{Q}{S}$$

где  $P$  и  $Q$  – соответственно величины активной и реактивной мощностей, передаваемых по расчетному участку в рассматриваемом режиме, кВт и кВар;

$R$  и  $X$  – активное и индуктивное сопротивления данного участка сети, Ом;

$U_i$  – напряжение на данном участке сети (в начале участка), кВ.

**Расчет для максимального режима нагрузок:**

Участок 1-2 (ГПП – ТП4):

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} R_{12} + Q_{12} X_{12}}{10^4 U_1^2}; \quad (83)$$

$$R_{12} = \frac{r_{012} \cdot L_{12}}{2} = \frac{0,208 \cdot 85}{2} = 8,84 \text{ мОм}; \quad (84)$$

$$X_{12} = \frac{x_{012} \cdot L_{12}}{2} = \frac{0,0596 \cdot 85}{2} = 2,533 \text{ мОм}; \quad (85)$$

Удельные активное и реактивное сопротивления линий здесь и в дальнейшем принимаем согласно [3, стр.135. табл. 6.13.].

$$\Delta U_{12} = \frac{3187,8 \cdot 0,00884 + 3645,74 \cdot 0,00253}{10^4 \cdot 10,5^2} = 0,0282\%;$$

$$\Delta U_{12} = 0,0282 \cdot \frac{10,5}{100} = 0,0029 \text{ кВт}; \quad (86)$$

$$U_2 = 10,5 - 0,0029 = 10,497 \text{ кВт}; \quad (87)$$

Участок 2-3 (ТМ-2500/10):

$$\Delta U_m \% = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2), \quad (88)$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{\kappa 3} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}} = \frac{23.5 \cdot 100\%}{2500} = 0.94\%; \quad (89)$$

$$U_p = \sqrt{(U_{\kappa})^2 - (U_a)^2} = \sqrt{6^2 - 0.96^2} = 5.92\%; \quad (90)$$

$$\beta_m = \frac{S_{фактич}}{S_{н.тр.} \cdot n} = \frac{\sqrt{P_{12}^2 + Q_{12}^2}}{S_{н.тр.} \cdot n} = \frac{\sqrt{(3187.8)^2 + (3645.74)^2}}{2500 \cdot 2} = 0,698; \quad (91)$$

Потери мощности в трансформаторе (ТМ 2500/0,4):

$$\Delta P_{тр.ф} = 29.44 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{тр.ф} = 452.85 \text{ кВАр};$$

Вторичная нагрузка трансформатора:

$$P_{вторич} = P_{12} + \Delta P_{тр} = 3187.8 + 29.44 = 3217.24 \text{ кВт}; \quad (92)$$

$$Q_{вторич} = Q_{12} + \Delta Q_{тр} = 3645.74 + 452.85 = 4098.59 \text{ кВАр} \quad (93)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{вторич}}{S_{вторич}} = \frac{P_{вторич}}{\sqrt{P_{вторич}^2 + Q_{вторич}^2}} = \frac{3217.24}{\sqrt{3217.24^2 + 4098.59^2}} = 0,61; \quad (94)$$

$$\sin \varphi_2 = 0,79;$$

Тогда

$$\begin{aligned} \Delta U_m \% &= \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2) = \\ &= 0,7 (0.94 \cdot 0,61 + 5.92 \cdot 0,79) + \frac{0,7^2}{200} (5.92 \cdot 0,79 - 0.94 \cdot 0,61) = 3.27\%; \end{aligned}$$

$$\Delta U_m = 3,27 \cdot \frac{10,497}{100} = 0,343 \text{ кВ};$$

$$U_3' = 10,497 - 0,343 = 10,154 \text{ кВ};$$

$$U_3 = 0,4 \cdot \frac{10,154}{10,5} = 0,386 \text{ кВ}$$

Участок 3-4 (ТП4 – РП10):

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} R_{34} + Q_{34} X_{34}}{10 U_3^2};$$

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,130 \cdot 15 = 1,95 \text{ мОм};$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,0587 \cdot 15 = 0,8805 \text{ мОм};$$

$$P_{34} = P_{\text{уex}} = 281,38 \text{ кВт};$$

$$Q_{34} = Q_{\text{уex}} = 242,32 \text{ кВАр};$$

$$\Delta U_{34} = \frac{281,38 \cdot 1,95 + 242,32 \cdot 0,8805}{10^4 \cdot 0,386^2} = 0,511\%;$$

$$\Delta U_{34} = 0,511 \cdot \frac{0,386}{100} = 0,00197 \text{ кВ};$$

$$U_4 = 0,386 - 0,00197 = 0,3840 \text{ кВ};$$

Участок 4-5 (РП10 – ПР6):

$$\Delta U_{45} = \frac{P_{45} R_{45} + Q_{45} X_{45}}{10 U_4^2};$$

$$R_{45} = r_{045} \cdot L_{45} = 0,447 \cdot 50 = 22,35 \text{ мОм};$$

$$X_{45} = x_{045} \cdot L_{45} = 0,0612 \cdot 50 = 3,06 \text{ мОм};$$

$$P_{45} = P_{\text{ПР6}} = 53,24 \text{ кВт}$$

$$Q_{45} = Q_{\text{ПР1}} = 25,04 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{45} = \frac{53,24 \cdot 22,35 + 25,04 \cdot 3,06}{10^4 \cdot 0,3840^2} = 0,859\%;$$

$$\Delta U_{45} = 0,859 \cdot \frac{0,3840}{100} = 0,0033 \text{ кВ};$$

$$U_5 = 0,3840 - 0,0033 = 0,3807 \text{ кВ}$$

Участок 5-6 (ПР1 – ЭП):

$$\Delta U_{56} = \frac{P_{56} R_{56} + Q_{56} X_{56}}{10 U_5^2};$$

$$R_{56} = r_{056} \cdot L_{56} = 1,95 \cdot 14 = 27,3 \text{ мОм};$$

$$X_{56} = x_{056} \cdot L_{56} = 0,0675 \cdot 14 = 0,945 \text{ мОм};$$

$$P_{56} = P_{\text{нЭП}} = 1,76 \text{ кВт};$$

$$Q_{56} = P_{\text{нЭП}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1,76 \cdot 1,33 = 2,34 \text{ кВАр};$$

$$\Delta U_{56} = \frac{1,76 \cdot 27,3 + 2,34 \cdot 0,945}{10^4 \cdot 0,3807^2} = 0,0346\%;$$

$$\Delta U_{56} = 0,0346 \cdot \frac{0,3807}{100} = 0,000132 \text{ кВ};$$

$$U_6 = 0,3807 - 0,000132 = 0,3805 \text{ кВ}$$

Отклонения напряжения:

$$\delta U_1 = 5\%;$$

$$\delta U_2 = \delta U_1 - \Delta U_{12} \% = 5 - 0,0282 = 4,9718\%;$$

$$\delta U_3 = \delta U_2 - \Delta U_{23} \% = 4,9718 - 3,27 = 1,713\%;$$

$$\delta U_4 = \delta U_3 - \Delta U_{34} \% = 1,7018 - 0,511 = 1,332\%;$$

$$\delta U_5 = \delta U_4 - \Delta U_{45} \% = 1,1908 - 0,859 = 0,339\%;$$

$$\delta U_6 = \delta U_5 - \Delta U_{56} \% = 0,3318 - 0,0346 = 0,2972\%$$

### **Расчет для минимального режима нагрузок:**

Для определения потоков мощностей минимального режима необходимо воспользоваться характерным суточным графиком электрических. В нашем случае примем равным:

$P_{\min}=0,4P_{\max}$  и  $Q_{\min}=0,65 Q_{\max}$  и рассчитываем аналогично максимальному режиму.

### **Расчет для аварийного режима нагрузки:**

В качестве аварийного режима рассмотрим выход из строя одного из трансформатора в цеховой подстанции.

Так как допустимая перегрузка трансформатора – 40%, то для аварийного режима нагрузок принимаем определенные значения то:

$$P_{n/ав} = 1,4 \cdot P_{\max}$$

$$Q_{n/ав} = 1,4 \cdot Q_{\max}$$

(95)(96)

Результаты расчетов и данные для построения эпюры отклонений напряжения представлены в таблице 3.24

Согласно [8], для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более  $\pm 5\%$ . В данном случае условие выполняется.

Таблица 3.24 – Расчетные данные для построения эпюры отклонений напряжения

| Участок                                                                             | 1-2                       | 2-3                          | 3-4                       | 4-5                      | 5-6                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Марка кабеля<br>сечение, мм <sup>2</sup><br>длина, км                               | АСБ<br>2(3х150)<br>0,085  | ТМ-2500/10                   | АВВГ<br>1(4х240)<br>0,015 | АВВГ<br>1(4х70)<br>0,050 | АВВГ<br>1(4х16)<br>0,014   |
| Сопротивления<br>активное, Ом<br>реактивное, Ом                                     | 0,208<br>0,0596           | $U_a=0,94\%$<br>$U_p=5,92\%$ | 0,0130<br>0,0587          | 0,447<br>0,0612          | 1,95<br>0,0675             |
| Потери<br>напряжения, %:<br>максимальный<br>аварийный<br>минимальный                | 0,0282<br>0,051<br>0,015  | 3,27<br>4,33<br>1,9          | 0,511<br>0,746<br>0,532   | 0,859<br>1,46<br>0,403   | 0,0346<br>0,0528<br>0,0485 |
| Отклонения<br>напряжения $\delta U\%$ :<br>максимальный<br>минимальный<br>аварийный | 4,9718<br>-0,017<br>4,946 | 1,713<br>-1,907<br>0,626     | 1,332<br>-2,239<br>0,08   | 0,339<br>-2,634<br>-1,34 | 0,2972<br>-2,68<br>-1,39   |

По данным таблицы 3.24 строятся эпюры отклонений напряжения

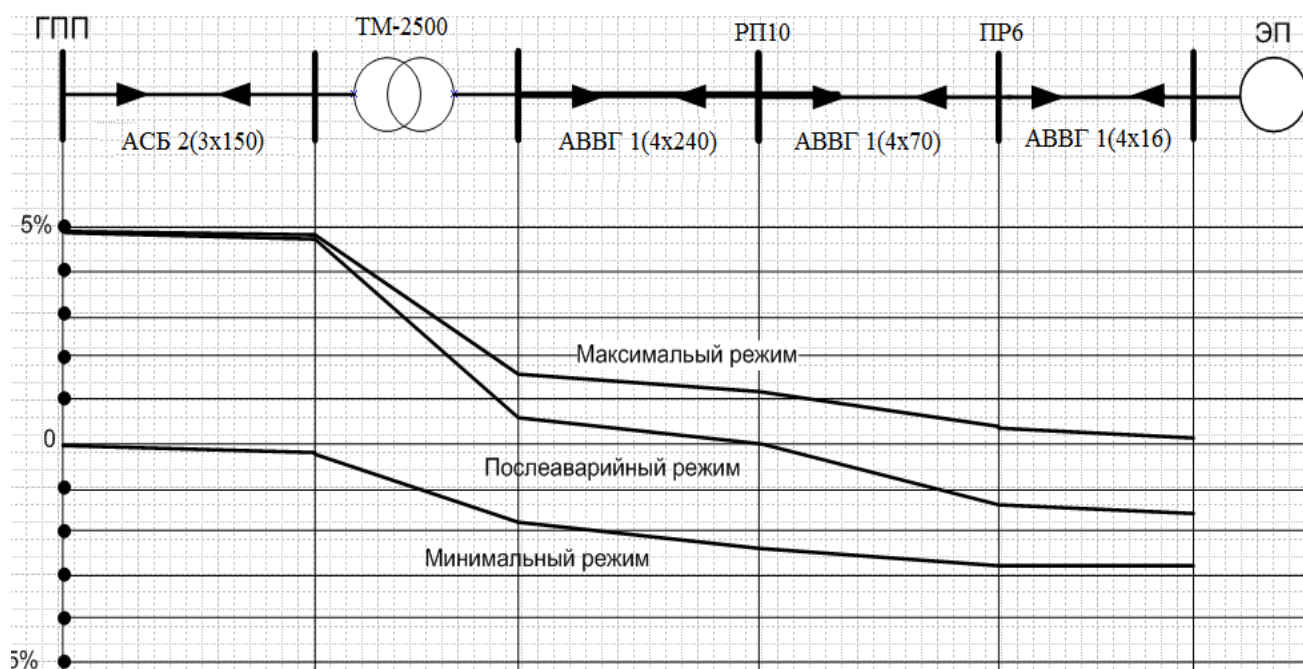


Рисунок 3.9 – Эпюры отклонений напряжения

### 3.11 Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000 В

Расчет токов КЗ проводим для участка цеховой сети от ТП4 до наиболее мощного электроприемника цеха (сварочный агрегат ПВ=60%). Полученные данные наносим на карту селективности действия аппаратов защиты.

Расчёт токов КЗ в сети до 1000 В имеет следующие особенности:

1) принимаем мощность системы  $S_c = \infty$ , что правомерно при  $S_c \geq 50S_{н.тр.}$ , т.е. напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;

2) при расчёте учитываем активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силового трансформатора, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;

3) расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение принимается на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем  $U_c = 400$  В.

На рисунке 3.10 приведена расчетная схема распределительной сети, а на рисунке 3.11 упрощенная схема замещения цеховой сети.

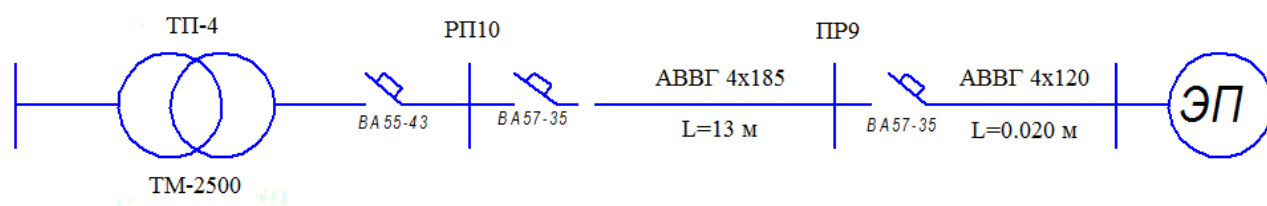


Рисунок 3.10 – Расчетная схема распределительной сети

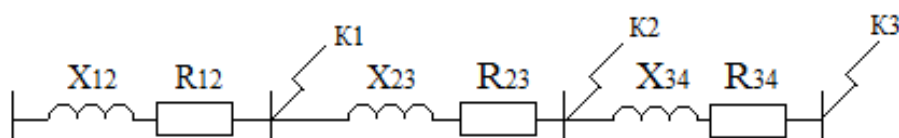


Рисунок 3.11 – Упрощенная схема замещения цеховой сети

Сопротивление катушек максимального тока и неподвижных контактов выключателей принимаем согласно [3, табл.6.16]:

BA55-43:

$$R_{Q1} = 0,08 \text{ мОм}; \quad X_{Q1} = 0,08 \text{ мОм}; \quad R_{kQ1} = 0,1 \text{ мОм}.$$

BA57-35 (защита ПР9):

$$R_{Q2} = 0,4 \text{ мОм}; \quad X_{Q2} = 0,5 \text{ мОм}; \quad R_{kQ2} = 0,6 \text{ мОм}$$

BA57-35 (защита ЭП):

$$R_{Q3} = 2,4 \text{ мОм}; \quad X_{Q3} = 2,0 \text{ мОм}; \quad R_{kQ3} = 1,0 \text{ мОм}.$$

*Расчёт токов КЗ для точки К1:*

Активное сопротивление трансформатора:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_c^2}{S_{н.мп}^2} = \frac{23,5 \cdot 400^2}{2500^2} = 0,601 \text{ мОм}. \quad (97)$$

Реактивное сопротивление трансформатора:

$$X_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_k \%}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_{н.мп}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{н.мп}} = \sqrt{\left(\frac{6}{100}\right)^2 - \left(\frac{23,5}{2500}\right)^2} \cdot \frac{400^2}{2500} = 3,79 \text{ мОм}. \quad (98)$$

Суммарное полное сопротивление до точки К1:

$$Z_{к1} = \sqrt{(R_{mp} + R_{Q1} + R_{kQ1})^2 + (X_{mp} + X_{Q1})^2} = \sqrt{(0,601 + 0,08 + 0,1)^2 + (3,79 + 0,08)^2} = 3,94 \text{ мОм} \quad (99)$$

Действующее значение тока КЗ1:

$$I_{к1} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 3,94} = 58,61 \text{ кА} \quad (100)$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{к1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1} = 1,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 58,61 = 132,61 \text{ кА}, \quad (101)$$

где  $k_y = 1,05$  – ударный коэффициент [2, рис. 2.22].

*Расчёт токов КЗ для точки К2:*

$$R_{кЛ1} = r_0 \cdot L = 0,211 \cdot 13 = 2,74 \text{ мОм}; \quad (102)$$

$$X_{кЛ1} = x_0 \cdot L = 0,078 \cdot 13 = 1,014 \text{ мОм}; \quad (103)$$

Суммарное полное сопротивление до точки К2:

$$R_{\kappa 2} = R_{mp} + R_{\kappa \pi 1} + R_{Q1} + R_{\kappa Q1} + R_{Q2} + R_{\kappa Q2} = 0.0601 + 2.74 + 0.08 + 0.1 + 0.4 + 0.6 = 3.98 \text{ мОм} \quad (104)$$

$$X_{\kappa 2} = X_{mp} + X_{\kappa \pi 1} + X_{Q1} + X_{Q2} = 3.79 + 1.014 + 0.08 + 0.5 = 5.384 \text{ мОм} \quad (105)$$

Суммарное полное сопротивление до точки К2:

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{R_{\kappa 2}^2 + X_{\kappa 2}^2} = \sqrt{3.98^2 + 5.38^2} = 6.69 \text{ мОм}. \quad (106)$$

Действующее значение тока КЗ2:

$$I_{\kappa 2} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6.69} = 34.52 \text{ кА}; \quad (107)$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{\kappa 2} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 2} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 34.52 = 48.81 \text{ кА}, \quad (108)$$

где  $k_y$  – ударный коэффициент [2, рис. 7.1].

Расчёт токов КЗ для точки К3:

$$R_{\kappa \pi 2} = r_{02} \cdot L_2 = 0.261 \cdot 0.02 = 0.00522 \text{ мОм}; \quad (109)$$

$$X_{\kappa \pi 2} = x_{02} \cdot L_2 = 0.077 \cdot 0.02 = 0.00154 \text{ мОм}; \quad (110)$$

Суммарное полное сопротивление до точки К3:

$$R_{\kappa 3} = R_{\kappa 2} + R_{\kappa \pi 2} + R_{Q3} + R_{\kappa Q3} = 3.98 + 0.00522 + 2.4 + 1 = 7.385 \text{ мОм} \quad (111)$$

$$X_{\kappa 3} = X_{\kappa 2} + X_{\kappa \pi 2} + X_{Q3} = 5.384 + 0.00154 + 2 = 7.384 \text{ мОм} \quad (112)$$

Суммарное полное сопротивление до точки К3:

$$Z_{\kappa 3} = \sqrt{R_{\kappa 3}^2 + X_{\kappa 3}^2} = \sqrt{7.385^2 + 7.384^2} = 10.44 \text{ мОм} \quad (113)$$

Действующее значение тока КЗ:

$$I_{\kappa 3} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10.44} = 22.12 \text{ кА}; \quad (114)$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y^{\kappa 3} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 22.12 = 31.28 \text{ кА}, \quad (115)$$

где  $k_y$  – ударный коэффициент [2, рис. 7.1].

### 3.12 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

Карту селективности строим для участка цеховой сети от вводного автомата на подстанции РП-10 до самого мощного электроприемника (сварочный агрегат №48).

Данные для построения карты селективности представлены в табл. 3.25, табл. 3.26.

Таблица 3.25 – Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

|          | РП-10   | ПР-9   | ЭП     | Ikз в соотв. точках, кА |       |       |
|----------|---------|--------|--------|-------------------------|-------|-------|
|          |         |        |        | 1                       | 2     | 3     |
| Ir, А    | 3799.39 | 206.55 | -      | 58.61                   | 34.52 | 22.12 |
| Iпик, А  | 4492.94 | 860.74 | -      |                         |       |       |
| Iном, А  | -       | -      | 140.68 |                         |       |       |
| Iпуск, А | -       | -      | 140.68 |                         |       |       |

Таблица 3.26 – Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

| Наименование аппарата защиты | Номинальный ток расцепителя, А | Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А |
|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| ВА55-43(РП-10)               | 4000                           | 6000                                              |
| ВА57-35(ПР-9)                | 250                            | 1000                                              |
| ВА57-35(ЭП)                  | 160                            | 250                                               |

Защитные характеристики автоматических выключателей, которые необходимо использовать для построения карты селективности действия аппаратов защиты, приведены в [1, с. 87].

На рис. 3.12 приняты следующие обозначения:

1 – номинальный ток ЭП;

2 – пусковой ток ЭП;

3 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА57-35(160/250) для защиты ЭП;

- 4 – расчетный ток ПР-9;
- 5 – пиковый ток ПР-9;
- 6 - защитная характеристика автоматического выключателя ВА57-35(250/1000) для защиты ПР-9;
- 7 – расчетный ток РП;
- 8 – пиковый ток РП;
- 9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА55-43 для защиты РП(4000/6000)
- 10 – ток КЗ в точке К3;
- 11 – ток КЗ в точке К2;
- 12 – ток КЗ в точке К1.

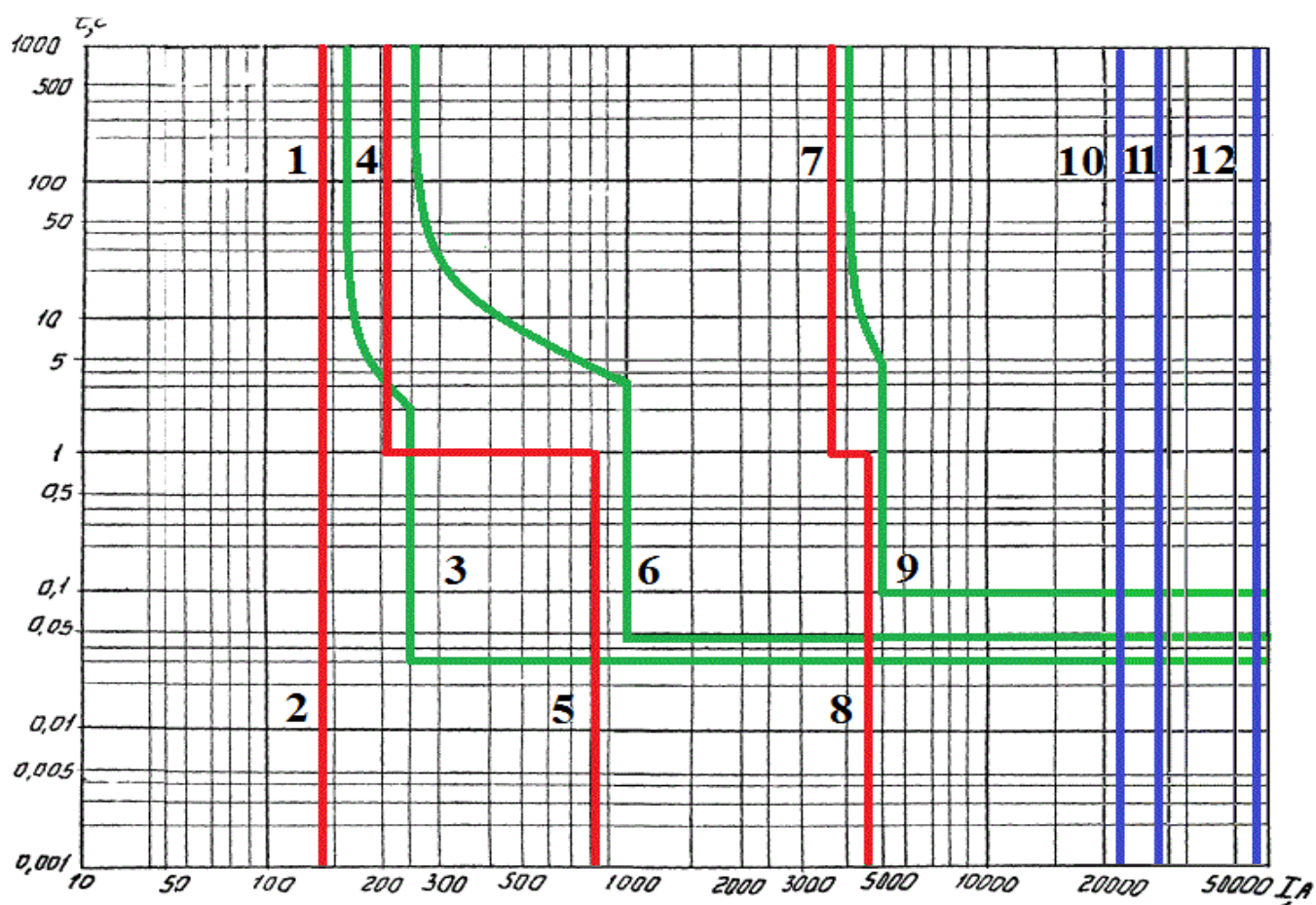


Рисунок 4.11 – Карта селективности действия аппаратов защиты

### **3.13 Спецвопрос**

#### **Теплотехнический этап проектирования системы отопления и горячего водоснабжения**

Целью работы является осуществление теплотехнического этапа проектирования системы отопления и горячего водоснабжения завода железобетонных изделий, в основе которого тепловые насосы на примере ремонтно-механического цеха.

Данный завод предполагает наличие системы центрального теплоснабжения, но в виду ежегодного роста цен тарифов на тепловую энергию, было принято спроектировать собственную систему теплоснабжения на основе тепловых насосов.

Задачами данной работы являются:

7. расчет мощности тепловых насосов и определение теплотерь ремонтно-механического цеха;
8. расчет стоимости отопления от системы центрального теплоснабжения;
9. выбор теплового насоса и вспомогательного оборудования;
10. построение технологической схемы теплоснабжения;
11. гидравлический расчет, выбор отопительного прибора;
12. технико-экономический расчет, срок окупаемости.

### **3.13.1 Описание технологии применения тепловых насосов.**

Тепловой насос - устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Термодинамический тепловой насос аналогичен холодильной машине. Однако если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель - теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Тепловые насосы делятся на:

1. Геотермальные
2. Вертикальные
3. Водные
4. Открытого типа
5. Воздушные

### 3.13.2 Тепловой расчет

Для осуществления теплотехнического этапа проектирования системы отопления и горячего водоснабжения, были использованы исходные данные к ВКР, в частности план ремонтно-механического цеха, который приведен ниже на рисунке 3.13

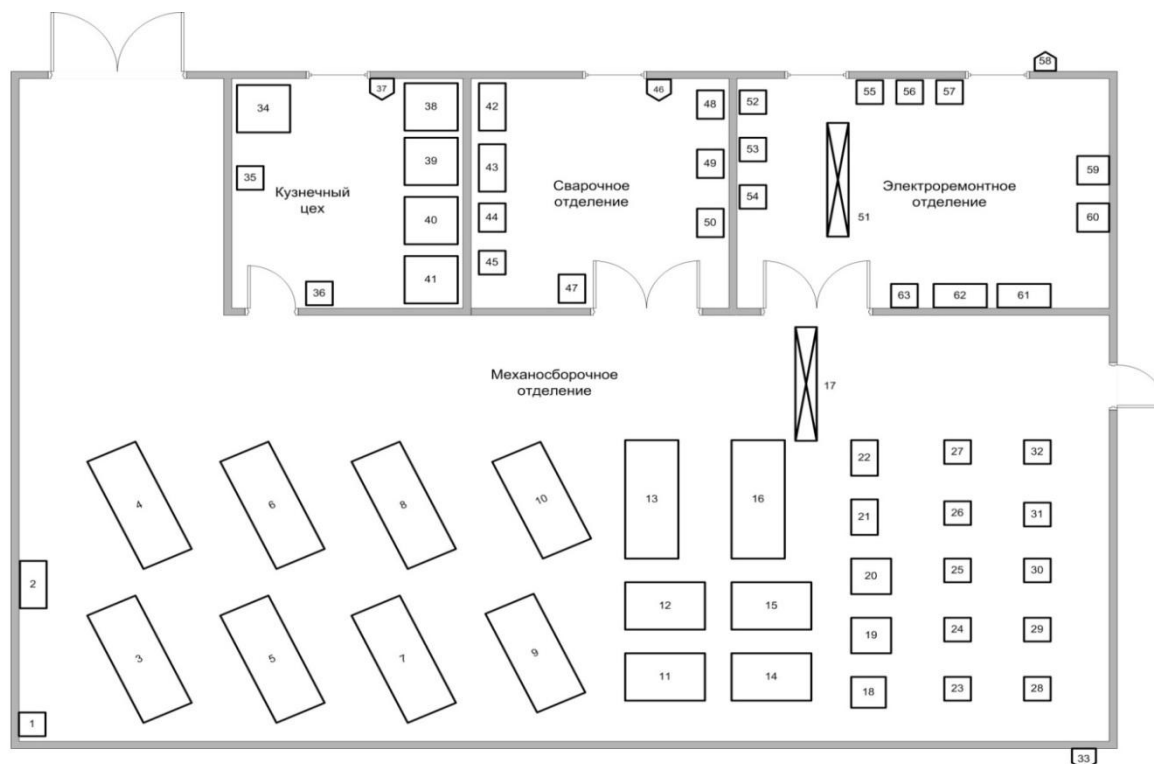


Рисунок 3.13 - План ремонтно-механического цеха

### 3.13.3 Определение мощности теплогенератора и определение теплопотерь здания.

Формула расчета отопления такова:

$$M_k = 1.2 \cdot T_p, \text{ где:} \quad (116)$$

- $M_k$  – мощность теплогенератора, в кВт;
- $T_p$  – теплопотери здания;
- 1.2 – это запас, равный 20%.

При подсчете количества тепловой энергии, ее потери по зданию

распределяются не равномерно, в среднем, цифры таковы:

- внешние стены теряют около 40% от общей цифры;
- через окна уходит 20%;
- полы отдают примерно 10%;
- сквозь крышу улетучивается 10%;
- 20% уходят через вентиляцию и двери.

Далее, методика расчета тепловой энергии на отопление учитывает материалы здания. Они непосредственно влияют на уровень потерь тепла.

$$T_{п(кВт)} = (100 \text{ (Вт/м}^2\text{)} \cdot S \text{ (м}^2\text{)} \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5 \cdot K6 \cdot K7/1000,$$

где:

(117)

$S$ -площадь помещения, м<sup>2</sup>

100 Вт/м<sup>2</sup>- удельная величина потерь тепла через вентиляцию, поглощения стенами, окнами и прочие виды утечек.

$K1$ - коэффициент утечки тепла через окна:

- традиционное остекление – 1.27;
- двухкамерные стеклопакеты – 1;
- трехкамерные аналоги – 0.85.

$K2$ - коэффициент потерь тепла стен:

- высокая теплоизоляция- 0,854;
- утеплитель толщиной 150 мм или стены в 2 кирпича- 1,0;
- низкая теплоизоляция- 1,27.

К3- показатель, определяющий соотношение площадей окон и пола:

- Отношение площадей окон и пола 10%- коэффициент 0,8
- Отношение площадей окон и пола 20%- коэффициент 0,9
- Отношение площадей окон и пола 30%- коэффициент 1,0
- Отношение площадей окон и пола 40%- коэффициент 1,1
- Отношение площадей окон и пола 50%- коэффициент 1,2

К4- коэффициент температуры вне помещения:

- $-10^{\circ}$  коэффициент будет равен 0.7;
- $-15^{\circ}$  нужно оперировать цифрой в 0.9;
- $-20^{\circ}$  - 1,1;
- $-25^{\circ}$  величина коэффициента будет 1.3;
- $-35^{\circ}$  данная величина равняется 1.5.

К5- количество выходящих наружу стен:

- одна внешняя стена – 1;
- 2 стенки – 1.2;
- 3 наружных стен – 1.22;
- 4 стенки – 1.4.

К6- тип теплоизоляции помещения, которое располагается над отопливаемым:

- отопливаемое- 0,8;
- теплая мансарда- 0,9;
- не отопливаемый чердак- 1,0.

К7- высота стен:

- 2.5 м — 1;
- 3 м — 1.05;

- 4 м – 1.15;
- 5 м – 1.25;
- 8м – 1,55;
- 10м- 1.75

Ремонтно-механический цех, для которого находится нагрузка на отопительную систему, будет иметь следующие параметры:

1. Окна с двухкамерными стеклопакетами,  $K1 = 1$ ;
2. Внешние стены с высокой теплоизоляцией,  $K2 = 0,854$ ;
3. Квадратура окон равна 6%,  $K3 = 0,6$ ;
4. Снаружи температура  $-15^{\circ}$ ,  $K4 = 0,9$ ;
5. Количество выходящих наружу стен- 4,  $K5 = 1,4$ ;
6. Чердак постройки не утепленный,  $K6 = 1$ .
7. Высота потолков 8 метров т.е.  $K7 = 1.55$ .
8. Площадь помещения равна  $2119 \text{ м}^2$ .

Зная все цифры, подставляем их в формулу:

$$T_{п}(\text{кВт/час}) = 100 \cdot 2119 \cdot 1,27 \cdot 1,27 \cdot 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1.75/1000 = 212,12 \text{ кВт.}$$

Мощность теплогенератора:

$$M_k = 1.2 \cdot 212,12 = 254,54 \text{ кВт.}$$

### **3.13.4 Расчет стоимости отопления**

Так как объект проектирования находится в городе Омск и отапливается от централизованной системы, то тариф и продолжительность отопительного периода был взят из сайтов теплогенерирующих компаний по г. Омск [16].

Формула для определения стоимости отопления такова:

$$C_o = 3888 \cdot (T_p \cdot 0,000860) \cdot 1500, \text{ где:} \quad (118)$$

- $C_o$  – стоимость отопления, руб.;
- $T_p$  – теплопотери здания, кВт;
- 0,000860-переводной коэффициент из кВт в Гкал
- 3888 – продолжительность отопительного периода, ч.;
- 1500-тариф на тепловую энергию, руб. за 1 Гкал.

$$C_o = 3888 \cdot (212,12 \cdot 0,000860) \cdot 1500 = 1\,063\,892,10 \text{ рублей.}$$

### 3.13.5 Выбор оборудования

Выбор типа теплового насоса был обусловлен тем, что в городе Омск высокий уровень грунтовых вод. По данным территориального центра государственного мониторинга состояния недр Омской области уровень залегания грунтовых вод колеблется в интервале от 0,5 до 15 м. Поэтому выбран способ отбора тепла грунтовых вод геотермальным тепловым насосом открытого типа.

Для геотермального теплового насоса, требуется пробурить две скважины на расстоянии 10-30 м. друг от друга. Далее, из одной скважины вода поднимается на поверхность, в систему теплового насоса, которая производит теплообмен, а потом вода сливается во вторую скважину. Скважины располагаются таким образом, чтобы вода не попадала в повторную обработку, для этого, сливная скважина бурится ниже по течению заборной. На рисунке 3.14 показан способ бурения скважин для геотермального теплового насоса [17].

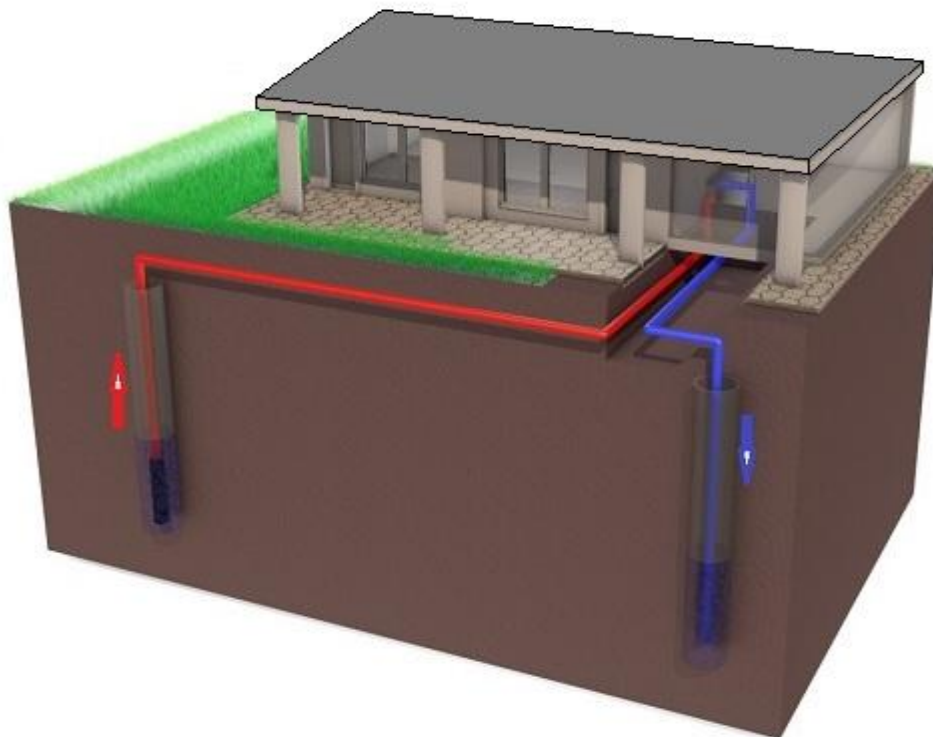


Рис. 3.14 - Способ бурения скважин для геотермального теплового насоса.

### **Выбор теплового насоса**

По теплотерям ремонтно-механического цеха подходит тепловой насос компании КР

Страна производитель - Китай

Заводское наименование - КР-250

На рисунке 3.15 показан тепловой насос КР-250 [18].

В таблице 3.27 приведены технические характеристики теплового насоса КР-250.



Рисунок 3.15- Тепловой насос КР-250

Таблица 3.27- Технические характеристики:

| Энергетические параметры    |      |
|-----------------------------|------|
| Обогрев (кВт)               | 272  |
| Охлаждение (кВт)            | 256  |
| COP                         | 5,3  |
| Электрические параметры     |      |
| Напряжение                  | 380  |
| Потр. мощность охл. (кВт)   | 52   |
| Потр. мощность обогр. (кВт) | 54   |
| Расход воды                 |      |
| Испаритель (м3/ч)           | 40,5 |
| Конденсатор (м3/ч)          | 48,6 |
| Габаритные размеры          |      |
| Высота (мм)                 | 1600 |
| Ширина (мм)                 | 2700 |
| Глубина (мм)                | 1000 |
| Вес (кг)                    | 2100 |

## Выбор насоса для перекачки воды

Выбираем насос по расходу воды теплового насоса и глубины скважины.

По параметрам теплового насоса подходит насос компании Pedrollo.

На рисунке 3.16 показан насос Pedrollo PMCm 15/50 [19].

В таблице 3.28 приведены технические характеристики насоса Pedrollo PMCm 15/50.

Страна производитель - Италия

Заводское наименование – PMCm 15/50

Таблица 3.28 - Технические характеристики:

|                |       |
|----------------|-------|
| Мощность (кВт) | 2,2   |
| Расход (м3/ч)  | до 48 |
| Напор (м)      | до 24 |



Рисунок 3.17 - насос  
Pedrollo PMCm 15/50

## Выбор фильтра для очистки воды

Выбираем фильтр грубой очистки воды от компании «Аквафор» для системы теплового насоса.

На рисунке 3.18 показан фильтр Аквафор Гросс 20[20]



Рисунок 3.18- фильтр  
Аквафор Гросс

### 3.13.6 Гидравлический расчет

Технические особенности теплового насоса таковы, что температура, подаваемая в систему отопления, обычно не больше 60 °С. При использовании традиционных радиаторов необходим тщательный расчёт отопительных приборов, для тёплого пола данный температурный режим идеален.

На рисунке 3.19 показана схема теплоснабжения и горячего водоснабжения[17].

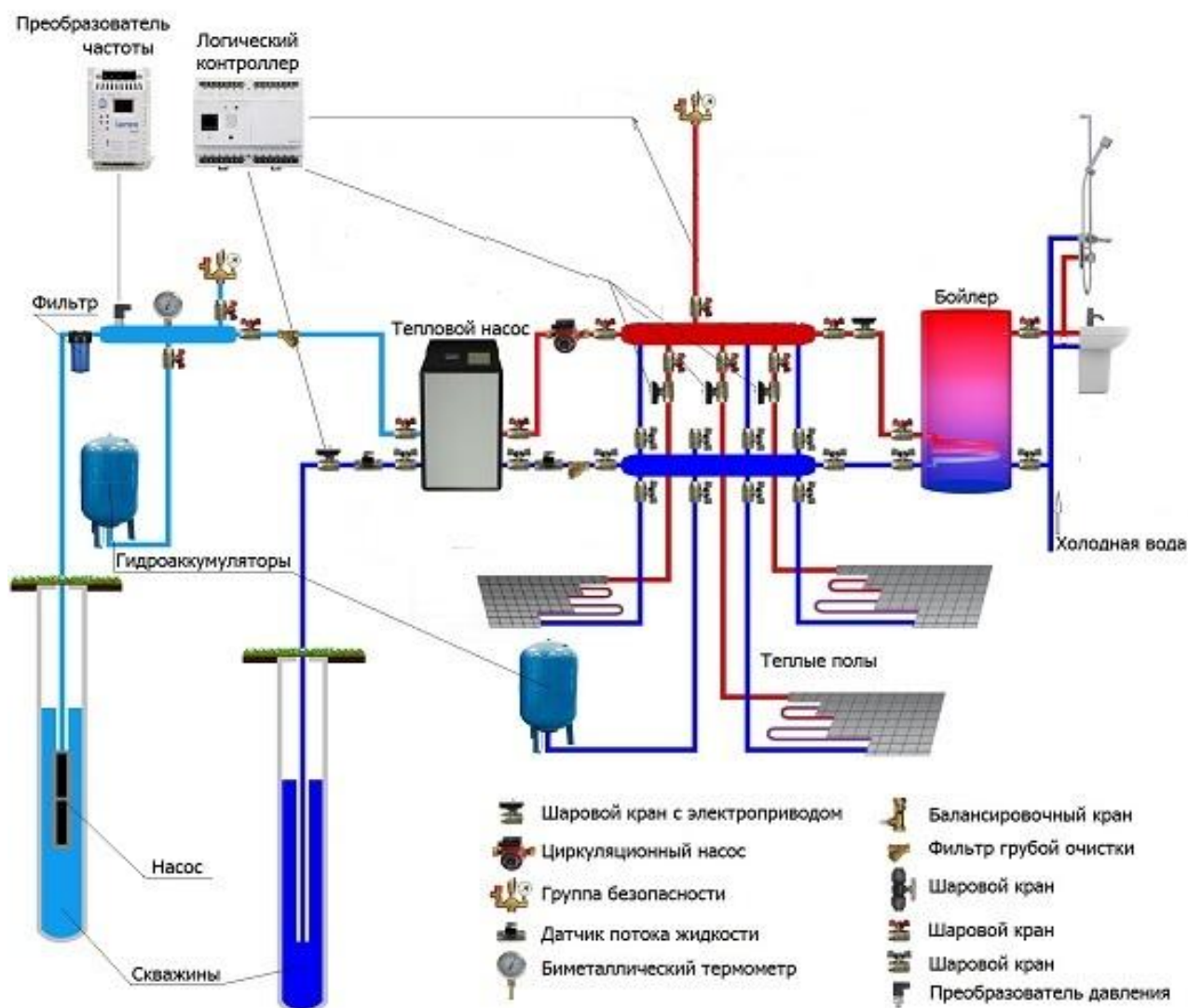


Рисунок 3.19- Схема теплоснабжения и горячего водоснабжения

Ниже представлена характеристика теплонасосной установки в максимально загруженном состоянии, на рисунке 3.20 показана принципиальная схема теплонасосной установки.

$Q_B = 272$  кВт- теплопроизводительность,

$t_{H1} = 70$  °С - температура теплоотдатчика (конденсата) на входе в испаритель,

$t_{H2} = 36$  °С - температура теплоотдатчика (конденсата) на выходе из испарителя,

$t_{A2} = 49$  °С - температура теплоприемника на входе в конденсатор,

$t_{B1} = 90$  °С - температура теплоприемника на выходе из конденсатора,

$\Delta t_{И} = 2$  °С - разность температур между греющей и охлаждающей средой в испарителе,

$\Delta t_K = 5$  °С - в конденсаторе,

$\Delta t_{ОХЛ} = 10$  °С - в охладителе.

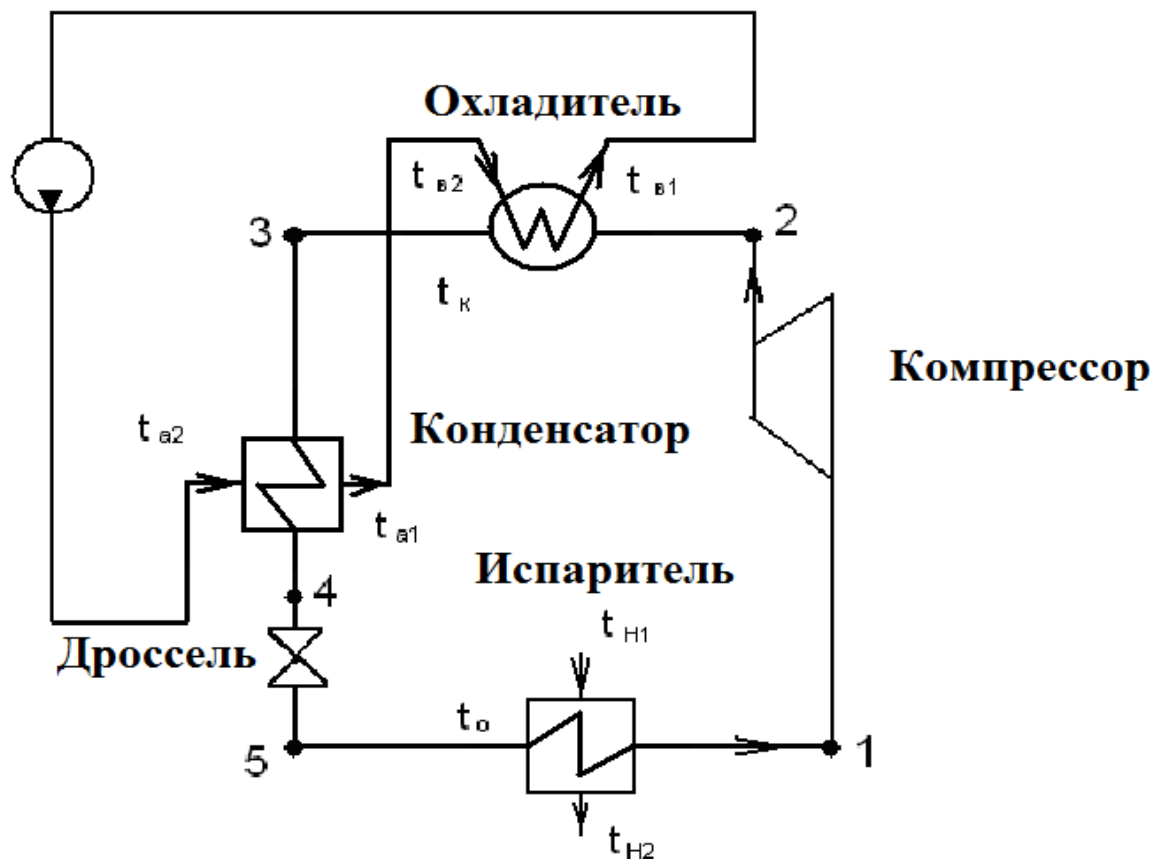


Рисунок 3.20 - Принципиальная схема теплонасосной установки.

### 3.13.7 Расчета теплого пола

Схему для укладки труб теплых полов выбираем «улитку».

Улитка — наиболее популярный, экономный и эффективный с точки зрения энергопередачи способ укладки труб водяного теплого пола.

В улитке укладывают трубы, описывая периметр комнаты, начиная с краев, и стремясь к центру, постоянно сокращая радиус, а затем в обратную сторону.

Главное преимущество улитки в том, что тепло равномерно распределяется по носителю, нивелирует теплопотери и предотвращает образование в полу тепловых ям. Еще одним преимуществом данного способа является его длина шага — улитку можно монтировать с шагом от 10 мм и до любого удобного размера.

Также этот способ укладки трубы водяного теплого пола наименее трудоемкий за счет несильного изгиба трубы.

Схема укладки трубы улиткой позволяет устроить систему обогрева в помещениях любых площадей и форм.

Полный расчет теплых полов ведем с помощью калькулятора теплых полов [22].

Результаты расчетов приведены в таблицах 3.28-3.31.

Расчет делается для труб наружным диаметром 16 мм.

Указываются размеры помещения, длину и ширину; после нужно указать требуемую температуру воздуха в помещении; далее выбираем температуру теплоносителя в подающей и обратной магистралях; после нужно выбрать шаг укладки трубы; указываем финишное покрытие пола; указываем толщину полистирола; указываем толщину стартовой стяжки пола; и указываем толщину финишной стяжки.

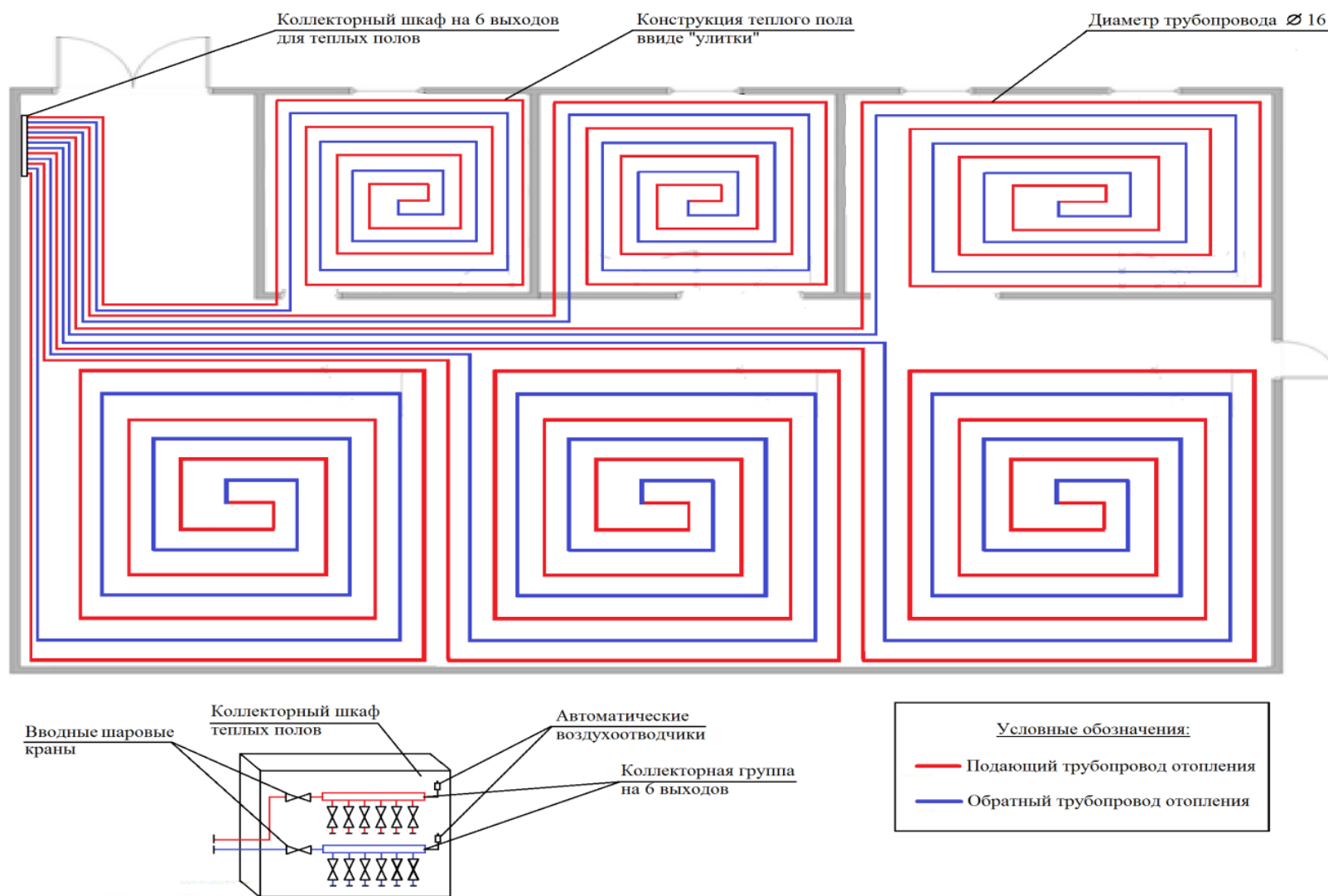


Рисунок 3.21- Схема укладки труб

Таблица 3.28- Результаты расчетов

| Длина,м | Ширина,<br>м | Площадь,<br>м <sup>2</sup> | Шаг<br>укладки,<br>см | Длина<br>трубы,<br>м | Тип<br>финишного<br>накрытия<br>пола | Расчетная<br>температура<br>воздуха<br>помещения, С° | Температура<br>поверхности<br>пола, С° | Мощность<br>теплого пола<br>Вт на 1 м <sup>2</sup> | Мощность<br>теплого<br>пола, Вт. |
|---------|--------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|
| 81.5    | 26           | 2119                       | 30                    | 7065                 | Кафель                               | 20                                                   | 30.47                                  | 51.43                                              | 108980                           |

Таблица 3.29- Результаты расчетов

| Расчетная температура<br>воздуха помещения, С° | Расчетная температура<br>подающей линии, С° | Расчетная температура<br>обратной линии, С° | Расход воды,<br>кг/с | Скорость<br>воды, м/с | Полное гидравлическое<br>сопротивление<br>петли, Па |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| 20                                             | 40                                          | 30                                          | 2.602                | 23.35                 | 37692993                                            |

Таблица 3.30- Результаты расчетов

| Длина трубы,<br>м | Полистирол,<br>лист | Зонтики,<br>шт | Отражатель,<br>м <sup>2</sup> | Скобы,<br>шт. | Демпферная лента,<br>м | Пешель красный,<br>м | Пешель синий,<br>м |
|-------------------|---------------------|----------------|-------------------------------|---------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| 7065              | 3027                | 15135          | 2330                          | 24727         | 215                    | 2                    | 2                  |

Таблица 3.31- Результаты расчетов

| Площадь<br>помещения,<br>м <sup>2</sup> | Толщина бетона<br>для чернового<br>пола, см | Объем бетона<br>для чернового<br>пола, м <sup>3</sup> | Толщина раствора<br>для финишной<br>стяжки пола, см | Объем раствора<br>для финишной<br>стяжки, м <sup>3</sup> | Цемент,<br>кг. | Песок,<br>кг. | Пластификатор,<br>л. | Фибра,<br>кг. |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|---------------|----------------------|---------------|
| 2119                                    | 6                                           | 127.14                                                | 3                                                   | 63.57                                                    | 50856          | 17799         | 1017.                | 114.4         |

### 3.13.8 Оценка экономической эффективности проекта

Экономическая оценка проекта характеризует его привлекательность в сравнении с другими альтернативными инвестициями.

По данным отчетности за 2016г.

Затраты на центральное отопление и горячее водоснабжение за 2016 год составили:

$Z_{OT}=1\,063\,892,10$  рублей

Затраты на тепловой насос:

$Z_{TH}=3\,676\,060$  рублей

Затраты на насос для перекачки воды:

$Z_N=67\,731$  рублей

Затраты на фильтр для очистки воды:

$Z_F=18\,450$  рублей

Затраты на оборудование системы теплого пола:

$Z_P=776\,557.33$  рублей

Заработная плата персонала – 40 000 рублей

Общепроизводственные расходы - 10 000 рублей.

Монтаж оборудования и системы отопления- 150 000 рублей

Логистика - 200 000 рублей

Затраты на бетон для чернового пола и на раствор для финишной стяжки не учитываются, так как на предприятии имеется собственное производство бетона.

Итого себестоимость равна 4 938 798 рублей, за доход считаем средства, сэкономленные за счет не использования системы центрального теплоснабжения, т.е. доход составляет, 1 063 892,12 рублей.

На таблице 3.32 и на рисунке 3.22 представлен расчет и график срока окупаемости проекта.

Таблица 3.32- Расчет срока окупаемости проекта

| Период(год) | Первоначальные затраты | Денежный поток | Денежный поток нарастающим итогом |
|-------------|------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 1           | 4938798                |                |                                   |
| 2           | 4583798                | 1063392.12     | -3875405.88                       |
| 3           | 4583798                | 1063392.12     | -2812013.76                       |
| 4           | 4583798                | 1063392.12     | -1748621.64                       |
| 5           | 4583798                | 1063392.12     | -685229.52                        |
| 6           | 4583798                | 1063392.12     | 378162.6                          |
| 7           | 4583798                | 1063392.12     | 1441554.72                        |
| 8           | 4583798                | 1063392.12     | 2504946.84                        |
| 9           | 4583798                | 1063392.12     | 3568338.96                        |
| 10          | 4583798                | 1063392.12     | 4631731.08                        |
| 11          | 4583798                | 1063392.12     | 5695123.2                         |
| 12          | 4583798                | 1063392.12     | 6758515.32                        |

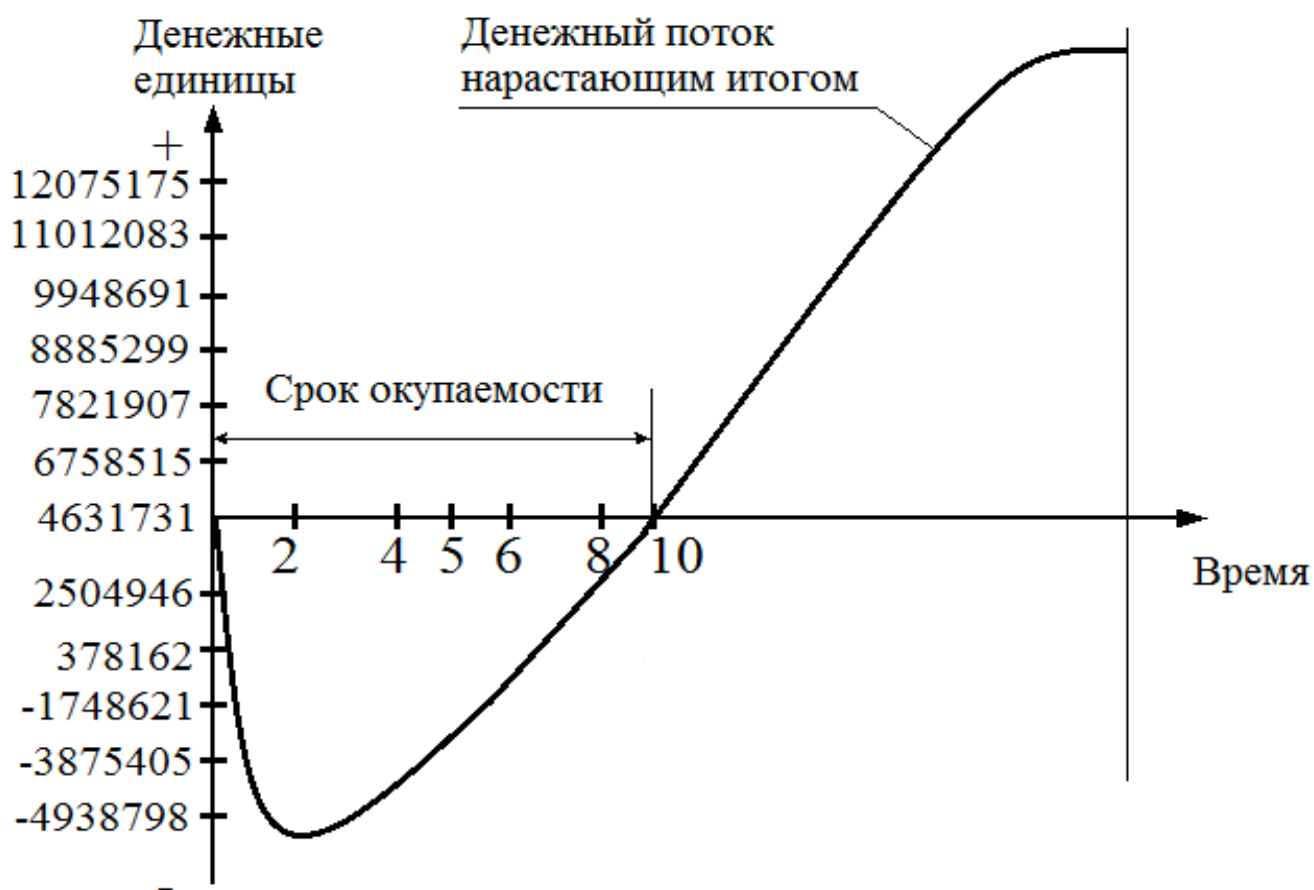


Рисунок 3.22 – График срока окупаемости проекта

По итогам расчетов срок окупаемости проекта составил 10 лет.

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

Темой ВКР является проектирование электроснабжения завода железобетонных изделий г. Омск.

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

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проекта;
- произвести оценку и экономической эффективности исследования.

Задачей данного раздела является создание технического проекта, составление сметы затрат на разработку проекта, определение ресурсосберегающей эффективности.

##### **4.1. Техничко-экономическое обоснование НТИ**

Данный завод предполагает наличие нагрузки 2 и 3 категории по степени надежности электроснабжения. В состав завода входят и другие цеха, выполняющие роль, поставленную администрацией предприятия в соответствии с технологическим процессом.

Завод железобетонных изделий занимается изготовлением строительных материалов и конструкций для ремонта, реконструкции и

дальнейшего расширения предприятий, а также для реализации готовой продукции.

Основные причины данного исследования: переход к более экологичным и безопасным методам получения продукции, создание надежных схем электроснабжения для потребителей.

Проведем SWOT-анализ НТИ. Классический SWOT–анализ предполагает определение сильных и слабых сторон в деятельности проекта, потенциальных внешних угроз и благоприятных возможностей и их оценку в баллах относительно среднеотраслевых показателей или по отношению к данным стратегически важных конкурентов.

Методология SWOT-анализа предполагает, во-первых, выявление внутренних сильных и слабых сторон проекта, а также внешних возможностей и угроз, и, во-вторых, установление связей между ними. В таблице представлены основные факторы, которые целесообразно учитывать в SWOT-анализе проектируемого объекта:

Таблица 4.1- SWOT-анализ проектируемого объекта

| Сильные стороны:                                                                                                                                                                                                                                                             | Возможности во внешней среде:                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| С1. Надежный и проверенный на практике метод расчета<br>С2. Метод, описанный в работе, несет в себе экономичность и ресурсоэффективность;<br>С3. Возможность применения данного метода, для всех регионов;<br>С4. Актуальность метода;<br>С5. Наличие опытного руководителя. | В1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки;<br>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт;<br>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок; |
| Слабые стороны:                                                                                                                                                                                                                                                              | Угрозы внешней среды:                                                                                                                                                            |
| Сл1. Отсутствие автоматизированных систем расчета и проектирования                                                                                                                                                                                                           | У1. Введение новых правил безопасности и экологических норм.                                                                                                                     |

Таким образом, в ходе SWOT-анализа удалось выявить в большей степени преимущества НТИ (сильные стороны), нежели проблемы.

В целом НТИ имеет непосредственный коммерческий потенциал, который может быть рассмотрен в рамках возможного получения субсидии на проведение исследования от государства.

## **4.2 Организация работ технического проекта**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования системы электроснабжения завода по обслуживанию электрооборудования.

### **4.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования**

Для выполнения проектирования формируем рабочую группу, в состав которой входят научный руководитель и инженер. Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведем распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ:

№ 1 – составление и утверждение технического задания – включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№ 2 – подбор и изучение материалов по теме – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – проведение расчетов электрических нагрузок предприятия – расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм;

№ 4 – проектирование системы внутризаводского электроснабжения – выбор конфигурации схемы электроснабжения, расчет суммарных электрических нагрузок, выбор высоковольтного оборудования;

№ 5 – проектирование системы внутрицехового электроснабжения – расчет нагрузок по цеху с учетом загруженности всех электроприемников, выбор защитной аппаратуры;

№ 6 – оценка эффективности полученных результатов – проверка соответствия выполненного проекта исходным требованиям с учетом ресурсо- и энергоэффективности;

№ 7 – составление пояснительной записки – оформление результатов проектной деятельности;

№ 8 - проверка выпускной квалификационной работы руководителем - в рамках учебно-практической работы, включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником, подготовку к защите и защиту проекта;

№9 – представление проекта ГАК – непосредственное выступление и защита ВКР.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по данным видам работ приведены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

| Основные этапы                                                              | № работ | Содержание работ                                         | Должность исполнителя         |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Разработка технического задания                                             | 1       | Составление и утверждение технического задания           | Научный руководитель          |
| Выбор направления технического проектирования                               | 2       | Подбор и изучение материалов по теме                     | Инженер                       |
| Расчеты и проектирование системы электроснабжения завода по обслуживанию ЭО | 3       | Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия   | Инженер, научный руководитель |
|                                                                             | 4       | Проектирование системы внутризаводского электроснабжения | Инженер, научный руководитель |
|                                                                             | 5       | Проектирование системы внутрицехового электроснабжения   | Инженер, научный руководитель |
| Обобщение и оценка результатов                                              | 6       | Оценка эффективности полученных результатов              | Инженер, научный руководитель |
| Оформление отчета по техническому проектированию                            | 7       | Составление пояснительной записки                        | Инженер                       |
|                                                                             | 8       | Проверка выпускной квалификационной работы руководителем | Научный руководитель          |

## Продолжение таблицы 4.2

|                |   |                           |                                     |
|----------------|---|---------------------------|-------------------------------------|
| Защита проекта | 9 | Представление проекта ГАК | Инженер,<br>научный<br>руководитель |
|----------------|---|---------------------------|-------------------------------------|

### 4.2.2.Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения работы оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используем следующую формулу:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (119)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (120)$$

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

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

В таблице 4.3 приведена ожидаемая трудоемкость выполнения работ.

Таблица 4.3 – Определение трудоемкости и длительности выполнения работ

| Название<br>работы                                               | Трудоёмкость работ      |         |                         |         |                         |         | Длительность<br>работ в<br>рабочих днях<br>$T_{pi}$ |         |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-----------------------------------------------------|---------|
|                                                                  | $t_{\min}$              |         | $t_{\max}$              |         | $t_{ож\ i}$             |         |                                                     |         |
|                                                                  | чел-дни                 |         |                         |         |                         |         |                                                     |         |
|                                                                  | Научный<br>руководитель | Инженер | Научный<br>руководитель | Инженер | Научный<br>руководитель | Инженер | Научный<br>руководитель                             | Инженер |
| 1.Составление и утверждение<br>технического задания              | 1                       | -       | 2                       | -       | 1,4                     | -       | 2                                                   | -       |
| 2.Подбор и изучение<br>материалов по теме                        | -                       | 8       | -                       | 16      | -                       | 11,2    | -                                                   | 12      |
| 3.Проведение расчетов<br>электрических нагрузок<br>предприятия   | 2                       | 18      | 4                       | 23      | 2,8                     | 20      | 3                                                   | 20      |
| 4.Проектирование системы<br>внутризаводского<br>электроснабжения | 3                       | 21      | 5                       | 26      | 3,8                     | 15,8    | 4                                                   | 23      |
| 5.Проектирование системы<br>внутрицехового<br>электроснабжения   | 2                       | 16      | 3                       | 21      | 2,4                     | 18      | 3                                                   | 18      |
| 6.Оценка эффективности<br>полученных результатов                 | 1                       | 3       | 3                       | 5       | 1,8                     | 3,8     | 2                                                   | 4       |
| 7.Составление пояснительной<br>записки                           | -                       | 20      | -                       | 25      | -                       | 22      | -                                                   | 22      |
| 8.Проверка выпускной<br>квалификационной работы<br>руководителем | 2                       | -       | 6                       | -       | 3,6                     | -       | 4                                                   | -       |
| 9.Защита проекта                                                 | 2                       | 2       | 5                       | 5       | 3,2                     | 3,2     | 4                                                   | 4       |

#### 4.2.3 Разработка графика Ганта

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

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе таблицы 3.2 строим план-график. График строим для максимального по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени написания ВКР. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Построенный график представлен на рис. 4.1

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 11 декад, начиная с третьей декады февраля, заканчивая первой декадой июня. Учитывая вероятностный характер оценки трудоемкости, реальная продолжительность работ может быть как меньше (при благоприятном стечении обстоятельств), так и несколько превысить указанную продолжительность (при неблагоприятном стечении обстоятельств).

Далее, по диаграмме Ганта можно предварительно оценить показатели рабочего времени для каждого исполнителя.

Продолжительность выполнения проекта в рабочих днях составит 109 дней. Из них:

- 103 дня – продолжительность выполнения работ инженером;
- 22 дня – продолжительность выполнения работ руководителем.

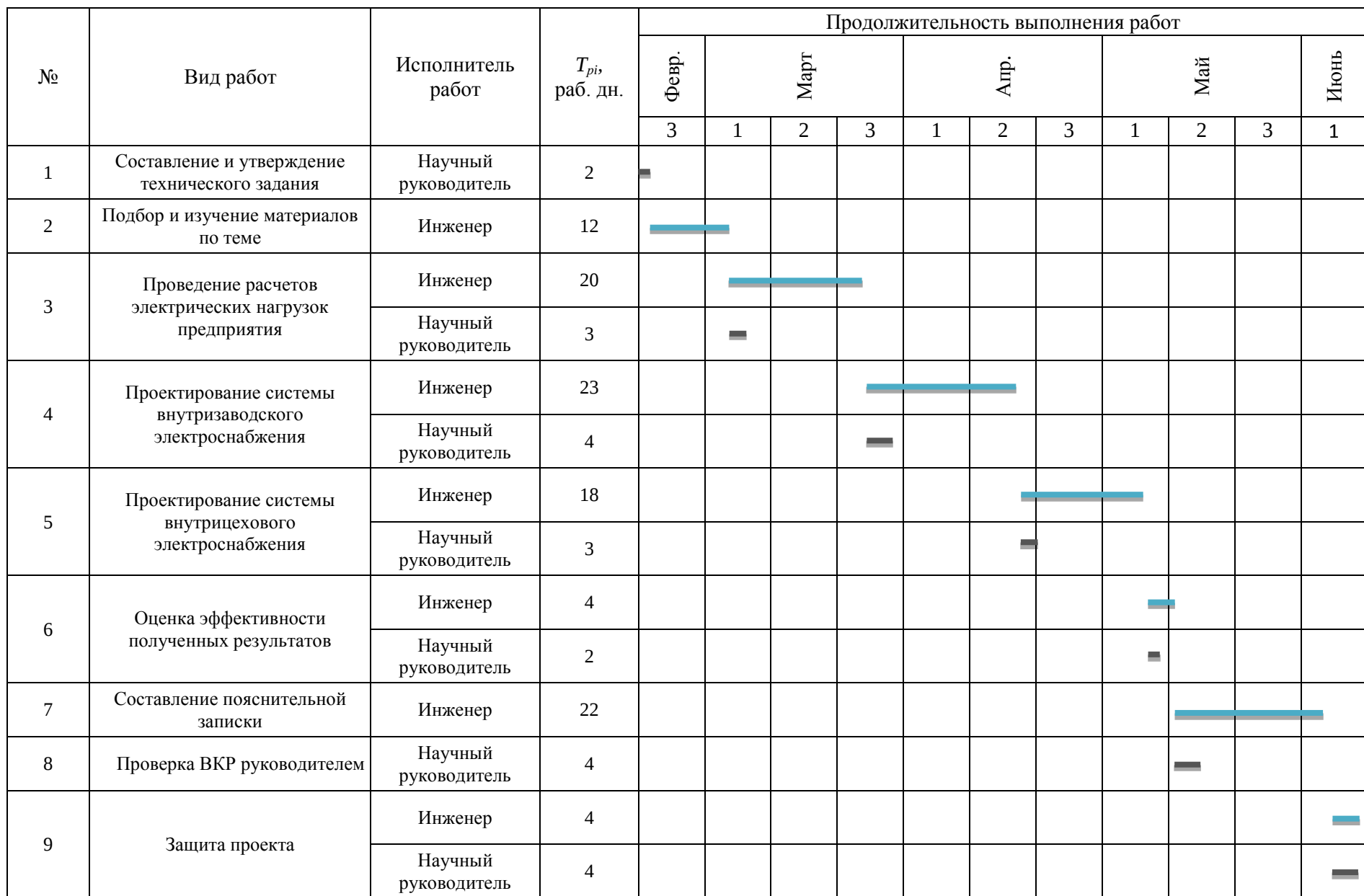


Рисунок 4.1 – Диаграмма Ганта

### **4.3 Составление сметы затрат на разработку технического проекта**

Смета затрат – это полный расчет затрат на создание технического проекта.

Смета затрат включает в себя:

- материальные затраты;
- полную заработную плату исполнителей технического проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

#### **4.3.1 Определение материальных затрат**

Под материальными затратами в данном случае следует понимать затраты на канцелярские товары, печать с электронных носителей. Ориентировочно принимаем величину материальных затрат равную 1500 рублей.

#### **4.3.2 Расчет капитальных затрат**

Данный расчет включает в себя такие затраты, защитное оборудование, кабели, силовое оборудование, монтажные и пусконаладочные работы, транспортные расходы, рассчитывается по аналогичное формуле расчета бюджета проектной работы.

В таблице 4.4 приведены данные о капитальных затратах выполняемой работы.

Таблица 4.4 – Капитальные затраты

| № | Наименование                                                        | Цена за ед.,<br>руб. | Кол-во | Итого:    |
|---|---------------------------------------------------------------------|----------------------|--------|-----------|
| 1 | - распределительные шкафы;                                          | 7000                 | 12     | 84,000    |
|   | - автоматический выключатель ВА57-35;                               | 3500                 | 75     | 262,500   |
|   | - кабель марки АВВГ;                                                | 350(за 1м)           | 650 м. | 227,500   |
|   | - трансформатор ТМ-2500;                                            | 1478900              | 2      | 2,956,000 |
|   | Итого по разделу 1                                                  |                      |        | 3,524,000 |
| 2 | -стоимость монтажных и пусконаладочных работ (15% от р.1)           |                      |        | 528,600   |
| 3 | - транспортные расходы (15% от р.1+р.2)                             |                      |        | 1,057,200 |
|   | Общая стоимость проекта по закупке, монтажу и доставке оборудования |                      |        | 5,109,800 |

Расчет капитальных вложений проводился с учетом цен действительных на 15.03.16г.

Итоговая сумма капитальных затрат на приобретение необходимого оборудования составила 5,109,800 руб.

#### 4.3.3 Определение заработной платы исполнителей проекта

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (121)$$

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

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-15 % от  $З_{осн}$ ).

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \quad (122)$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{т} + З_{д} + З_{рк}}{F_d}, \quad (123)$$

где  $Z_T$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$Z_d$  – доплата за руководство расчетного проектирования;

$Z_{pk}$  – доплата с учетом районного коэффициента,  $K_{pk}$  равный 1,3;

$F_d$  – фонд рабочего времени персонала, раб.дн.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.5

Таблица 4.5- Расчет основной заработной платы

| Исполнители  | $Z_T$ , руб | $Z_{доп}$ , руб | $Z_{pk}$ , руб | $Z_m$ , руб | $Z_{дн}$ , руб | Тр, дн | $Z_{осн}$ , руб |
|--------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|----------------|--------|-----------------|
| Руководитель | 20389,90    | 2200,00         | 6776,90        | 29366,90    | 1129,50        | 22     | 2484,00         |
| Инженер      | 8000,00     | -               | 2400,00        | 10400,00    | 400,00         | 103    | 41200,00        |
| <b>Итого</b> |             |                 |                |             |                |        | <b>66049,00</b> |

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (124)$$

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

Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 4.6

Таблица 4.6 - Расчет дополнительной заработной платы

| Исполнители  | $K_{доп}$ | $Z_{осн}$ , руб | $Z_{доп}$ , руб | $Z_{зп}$ , руб  |
|--------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Руководитель | 0,15      | 24849,00        | 3751,00         | 28600,00        |
| Инженер      | 0,12      | 41200,00        | 5000,00         | 46200,00        |
| <b>Итого</b> |           | <b>66049,00</b> | <b>8751,00</b>  | <b>74800,00</b> |

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органов

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (125)$$

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0.302 \cdot 74800 = 22600 \text{ р.}$$

#### 4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{затраты на тех.проект}) \cdot k_{\text{нр}},$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

#### 4.3.6 Формирование сметы технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение сметы затрат на технический проект приведено в таблице 4.7

Таблица 4.7 - Определение сметы затрат на технический проект

| Наименование статьи                                 | Сумма,<br>тыс. руб. | Структура<br>затрат, % |
|-----------------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| 1. Материальные затраты                             | 1,50                | 1                      |
| 2. Затраты по заработной плате исполнителей проекта | 74,80               | 64                     |
| 3. Отчисления во внебюджетные фонды                 | 22,60               | 19                     |
| 4. Накладные расходы                                | 18,80               | 16                     |
| <b>Итого</b>                                        | <b>125,50</b>       | <b>100</b>             |

В ходе выполнения данного подраздела была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 103 раб. дней для инженера и 22 для руководителя. Составлен календарный график выполнения работ.

Смета затрат на разработку технического проекта составляет 125,50 тыс. руб, из которых более половины (64%) составляют затраты на оплату труда.

Результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

#### 4.4 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности технического проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (126)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливаем экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Для нормального функционирования данного метода необходимо принять ряд критериев. В данном случае выбираем следующие:

- надежность – бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией надлежащего качества;
- гибкость – система электроснабжения должна быть рассчитана на «рост» в случае необходимости расширения предприятия и должна допускать легкое приспособление к изменению технологических процессов;
- безопасность – это свойство системы электроснабжения сохранять с некоторой вероятностью безопасное состояние при выполнении заданных функций в условиях, установленных нормативно-технической документацией (монтаж, эксплуатация и проведение ремонтных работ);
- простота эксплуатации – система электроснабжения должна обеспечиваться рациональным расположением элементов, ясностью и простотой схемы, чтобы персонал даже средней квалификации мог успешно выполнять все необходимые операции;
- экономичность – система электроснабжения должна быть выполнена таким образом, чтобы затраты на ее создание, эксплуатацию и развитие были минимальными при условии соблюдения требований гибкости, безопасности и надежности.

После выбора критериев оцениваем их по 5-и бальной шкале и определяем интегральный показатель, с помощью которого делаем вывод об эффективности использования технического проекта.

Оценочные критерии для расчета интегрального показателя ресурсоэффективности приведены в таблице 4.8

Таблица 4.8 - Оценочные критерии проекта

| Критерии                 | Весовой коэффициент | Балльная оценка разработки |
|--------------------------|---------------------|----------------------------|
| 1. Надежность            | 0,25                | 5                          |
| 2. Гибкость              | 0,10                | 4                          |
| 3. Безопасность          | 0,25                | 5                          |
| 4. Простота эксплуатации | 0,15                | 4                          |
| 5. Экономичность         | 0,25                | 3                          |
| <b>Итого:</b>            | <b>1,00</b>         |                            |

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 = 4,25$$

По 5-балльной шкале показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Таким образом, выполнив поставленные задачи по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- при планировании технических работ был разработан график занятости для исполнителей проекта, составлена ленточная диаграмма Ганта, которая позволяет оценить и лучше спланировать рабочее время исполнителей;
- составлена смета технического проекта, которая позволила оценить первоначальный бюджет затрат на реализацию технического проекта.
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала хороший результат (4,25 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Реализация данного технического проекта позволяет увеличить эффективность производства, как социальную, путем улучшения безопасности, так и ресурсосберегающую, путем внедрения более универсального, но не менее надежного оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации.