

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
Электроснабжение ЗАО «Энергомаш - Уралэлектротяжмаш»

УДК 621.31.031621.002(470.5)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Трофимович Ксения Алексеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Г.Н.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

и.о. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.т.н.		

Томск – 2017 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:

И. о. зав. кафедрой ЭПП

(Подпись) _____ (Дата) **Сурков М.А.**
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Трофимович Ксения Алексеевна

Тема работы:

Электроснабжение ЗАО «Энергомаш - Уралэлектротяжмаш»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.02.2017 г. № 719/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Сведения об электрических нагрузках предприятия и трансформаторного цеха электромашиностроительного предприятия ЗАО «Энергомаш - Уралэлектротяжмаш». Генплан предприятия и цеха.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Определение электрических нагрузок 2. Выбор конструкции промышленных сетей, числа и мощности трансформаторов 3. Выбор оборудования, аппаратов, токоведущих частей сети 4. Техничко-экономические обоснования мероприятий по сокращению потерь электрической энергии в системе электроснабжения предприятия 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность 7. Заключение

Перечень графического материала	Генплан предприятия, генплан трансформаторного цеха, картограмма электрических нагрузок, характерны суточный график электрических нагрузок, внутривоздушная схема электроснабжения, схема внешнего электроснабжения, схема силовой сети цеха, эпюры отклонений напряжения, графики потребления воды насосом, результаты расчетов освещения в ПК Dialux.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Попова С.Н.
Социальная ответственность	Бородин Ю.В.
Иностранный язык	Костомаров П.И.

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

Введение
Основные наработки
Заключение

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Г.Н.	К.Т.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Трофимович К.А.		

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

Уровень образования магистр

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

Период выполнения осенний 2015/2016/, весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2017
---	-------------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
18.12.2015	Проектирование электроснабжения предприятия в целом	15
28.05.2016	Проектирование электроснабжения трансформаторного цеха	15
03.09.2016	Разработка мероприятий по энергосбережению	15
10.01.2017	Технико-экономические обоснования мероприятий по повышению энергоэффективности предприятия. Составление программы энергосбережения	20
21.04.2017	Вопросы финансового менеджмента. Календарный план внедрения программы. Дисконтирование технико-экономических показателей.	10
09.05.2017	Рассмотрение вопросов социальной ответственности	10
13.05.2017	Выводы и заключение по работе	5
14.05.2014	Приложение на иностранном языке	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Климова Г.Н.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

и.о. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Трофимович Ксения Алексеевна

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места	Объект исследования – акционерное общество «Уралэлектротяжмаш», крупный производитель силового электротехнического оборудования для генерирования, передачи, распределения и потребления энергии.
----------------------------	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды	Анализ вредных факторов, которые присутствуют на производстве. Мероприятия по защите персонала от действия вредных факторов. Предлагаемые средства защиты. Анализ опасных факторов производственной среды: – воздействие электрического тока – пожароопасность, профилактика возникновения пожара, первичные средства пожаротушения
2. Охрана окружающей среды:	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду – анализ воздействия объекта на атмосферу, – анализ воздействия объекта на гидросферу – решения по обеспечению экологической безопасности
3. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Безопасность при возникновении наиболее характерных ЧС на предприятии. Мероприятия по их предотвращению
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Специальные правовые нормы трудового законодательства.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Трофимович К.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Трофимович Ксения Алексеевна

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

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

1. Программа повышения энергоэффективности	Мероприятия по экономии электрической энергии в ОАО «Уралэлектротяжмаш»
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные цели 32 % Ключевая ставка 9,25%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Разработка плана-графика	Распределение выполняемых работ во времени
2. Капитальные вложения	Составление сметы для проекта: -затраты материальные, - заработной платы - отчисления на социальные цели
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет дисконтированных показателей эффективности проекта

Перечень графического материала:

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Трофимович К.А.		

Запланированные результаты обучения

Код результата	Результат обучения
Универсальные компетенции	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
Профессиональные компетенции	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое <i>оборудование</i> ; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 144 с., 33 рис., 48 табл., 39 источников, 1 прил.

Ключевые слова: схема электроснабжения, надежность, энергоэффективности, экономия.

Объектом исследования является акционерное общество «Уралэлектротяжмаш» – крупнейший российский производитель силового электротехнического оборудования для генерирования, передачи, распределения и потребления энергии.

Цель работы – оптимизация системы электроснабжения промышленного предприятия для повышения надежности и энергоэффективности технологического процесса.

В процессе исследования проводились: расчет электрических нагрузок предприятия и трансформаторного цеха; выбор конструкции промышленных сетей; выбор оборудования, аппаратов, токоведущих частей сети; технико-экономические обоснования мероприятий по сокращению потерь электрической энергии в системе электроснабжения.

В результате исследования была разработана программа повышения энергоэффективности предприятия

Область применения: схема электроснабжения ЗАО «Уралэлектротяжмаш»

Экономическая эффективность: Реализация мероприятий программы повышения энергоэффективности планируется получение чистой прибыли на седьмой год.

Сокращения, нормативные ссылки:

Сокращения

ГПП – главная понизительная подстанция

КРМ – компенсация реактивной мощности

КБ – конденсаторные батареи

КТП – комплектная трансформаторная подстанция

ПР – пункт распределительный

ЭП – электроприемник

КЗ – короткое замыкание

ВЛ /КЛ – воздушные/кабельные линии

ЧРП – частотно регулируемый привод

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. Правила устройства электроустановок. 7-е издание.
2. РД 34.20.172. Руководящие указания по учету потерь на корону и помех от короны при выборе проводов воздушных линий электропередачи переменного тока 330 - 750 кВ и постоянного тока 800 - 1500 кВ
3. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.
6. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ Средства и методы защиты от шума.

Классификация

7. ГОСТ 24346-80 Вибрация. Термины и определения

8. ОСТ 32.120-98. Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта.

Введение

Сегодня к числу базовых составляющих государственной энергетической политики относится инновационная и научно-техническая деятельность в энергетике в условиях посткризисного состояния на энергоёмких производствах. Отечественным производителям необходимо постоянно использовать новые и инновационные технологии, совершенствуя тем самым свой технологический процесс. Это возможно при отлаженной работе всего производственного комплекса, функциональная эффективность которого в значительной степени обуславливается безотказностью и стабильностью работы систем электроснабжения.

Целью работы является повышения надежности и энергоэффективности технологического процесса путем оптимизации системы электроснабжения промышленного предприятия.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи: определены электрические нагрузки; выбраны конструкция промышленных сетей, числа и мощности трансформаторов, выбраны оборудование, аппараты, токоведущие части сети, проведены технико-экономические обоснования мероприятий по сокращению потерь электрической энергии в системе электроснабжения предприятия

ЗАО «Энергомаш (Екатеринбург) – Уралэлектротяжмаш» является одним из ведущих в России электромашиностроительных предприятий по проектированию и производству электрических машин, трансформаторов, преобразовательной техники и товаров народного потребления. Одной из ведущих отраслей производства является высоковольтная аппаратура.

Производственную программу электромашинного комплекса сегодня составляют электрические машины и гидрогенераторы широкого диапазона назначений, мощностей и частот вращения. В нее входят вертикальные асинхронные двигатели, горизонтальные синхронные двигатели, синхронные дизельные генераторы, двигатели переменного и постоянного тока, гидрогенераторы и турбогенераторы.

Но за последние десятилетия предприятие ЗАО «Энергомаш (Екатеринбург) – Уралэлектротяжмаш» претерпело большие изменения, а именно объем и перечень выпускаемой продукции сменились, технологический процесс изготовления некоторых изделий кардинально переработан, сменили свое место положения некоторые цеха и корпуса, больше половины из которых уже полностью разрушены, началось строительство двух дополнительных производственных зданий, число работников по сравнению с 1993 годом сократилось с 20 тысяч до 1,8 тысячи [28].

Все перечисленное резко отразилось на потреблении электрической энергии предприятием в целом и отдельными цехами в частности.

В области электроснабжения предприятия это предусматривает пересмотр схемы электроснабжения предприятия и цехов, повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение высоконадежного электрооборудования и его рациональную эксплуатацию, снижение расходов при передаче, распределении и потреблении электроэнергии.

Целью данной магистерской диссертации является реконструкция схемы электроснабжения промышленного предприятия ЗАО «Энергомаш (Екатеринбург) – Уралэлектротяжмаш» для повышения надежности схемы электроснабжения, энергетической эффективности технологического процесса и в дальнейшем - сокращения эксплуатационных затрат.

Все решения, предлагаемые в работе, выполнены в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами, с соблюдением требований ПУЭ и СНиПов [3,18,20,22].

Принятые меры по внедрению энергосберегающих технологий способствуют сокращению расходов на электрическую энергию и увеличение энергоемкости и энергоэффективности предприятия.

Оглавление

Исходные данные	14
1.4. Энергосбережение в системе освещения предприятия	19
1.5. Программа повышения энергоэффективности предприятия.....	21
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	22
1.1. Разработка план-графика проекта	22
1.2. Капитальные затраты	24
1.3. Экономия ресурсов на потерях	27
1.4. Показатели экономичности от внедрения мероприятий	28

Исходные данные

В качестве исходных данных представлены генплан и сведения о нагрузках предприятия в целом и трансформаторного цеха.

Таблица 1 – Сведения об электрических нагрузках завода

№	Наименование цеха	Число смен	$P_{\text{ном}}$, кВт
1	Инженерный центр	1	675
2	Трансформаторный – испытательная станция 6 кВ	2	- 7500
3	Крупных машин – испытательная станция 6 кВ	2	5834 7000
4	Гидрокорпус – испытательная станция 6 кВ	2	4918 6900
5	Преобразовательной техники	2	480
6	Высоковольтных аппаратов – испытательная станция 6 кВ	2	2103 4000
7	Сборки компонентов	1	1510
8	Служба эксплуатации и ремонта	1	556
9	Служебно-бытовые помещения	1	410
10	Очистные сооружения	1	255

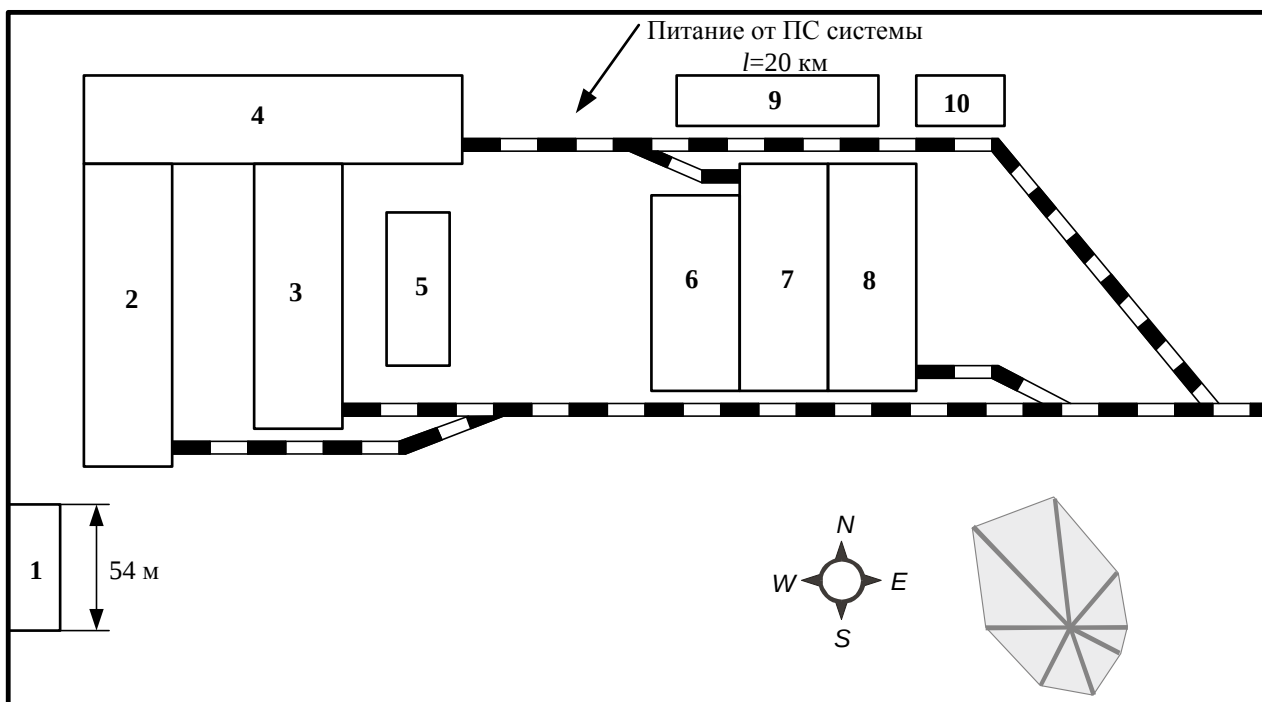


Рисунок 1 – Генплан территории предприятия

Таблица 2 – Сведения об электрических нагрузках цеха

№ на генплане	Наименование электроприемника	Рном ЭП, кВт
1	Токарно - винторезный станок с ЧПУ	15
2-5	Токарно - винторезный станок	10
6-8	Вертикально - сверлильный станок	4,5
9-11	Радиально-сверлильный станок	8
12	Вертикально - фрезерный станок	17
13	Горизонтально - фрезерный станок	12
14	Лаквальцы	3
15	Пресс эксцентриковый	4
16	Станок для фрезеровки картонных колец	7,5
17-26	Горизонтально-намоточный станок	17
27	Трансформатор для пайки медных шин, ПВ=40 %	100
28	Ванна лудильная	40
29-32	Электропечь для сушки обмоток	168
33	Тельфер	20
34,35	Очистная установка	13
36	Установка для подогрева трансформаторного масла	120
37-40	Леса механические	10
41,42	Печь вакуумная	55
43,44	Трансформатор для пайки медных шин, ПВ=40 %	76
45	Насос	37
46	Стенд для сборки магнитопровода	17
47,48	Механическая тележка	10
49	Преобразователь сварочный, ПВ=40 %	15
50,51	Вентиляционная установка	55
52-54	Кран-балка, ПВ=25 %	10
55	Кран-балка, ПВ=50 %	71,5
56-59	Кран-балка, ПВ=50 %	35,2
60,61	Кран-балка, ПВ=50 %	142
62	Кран-балка, ПВ=50 %	187

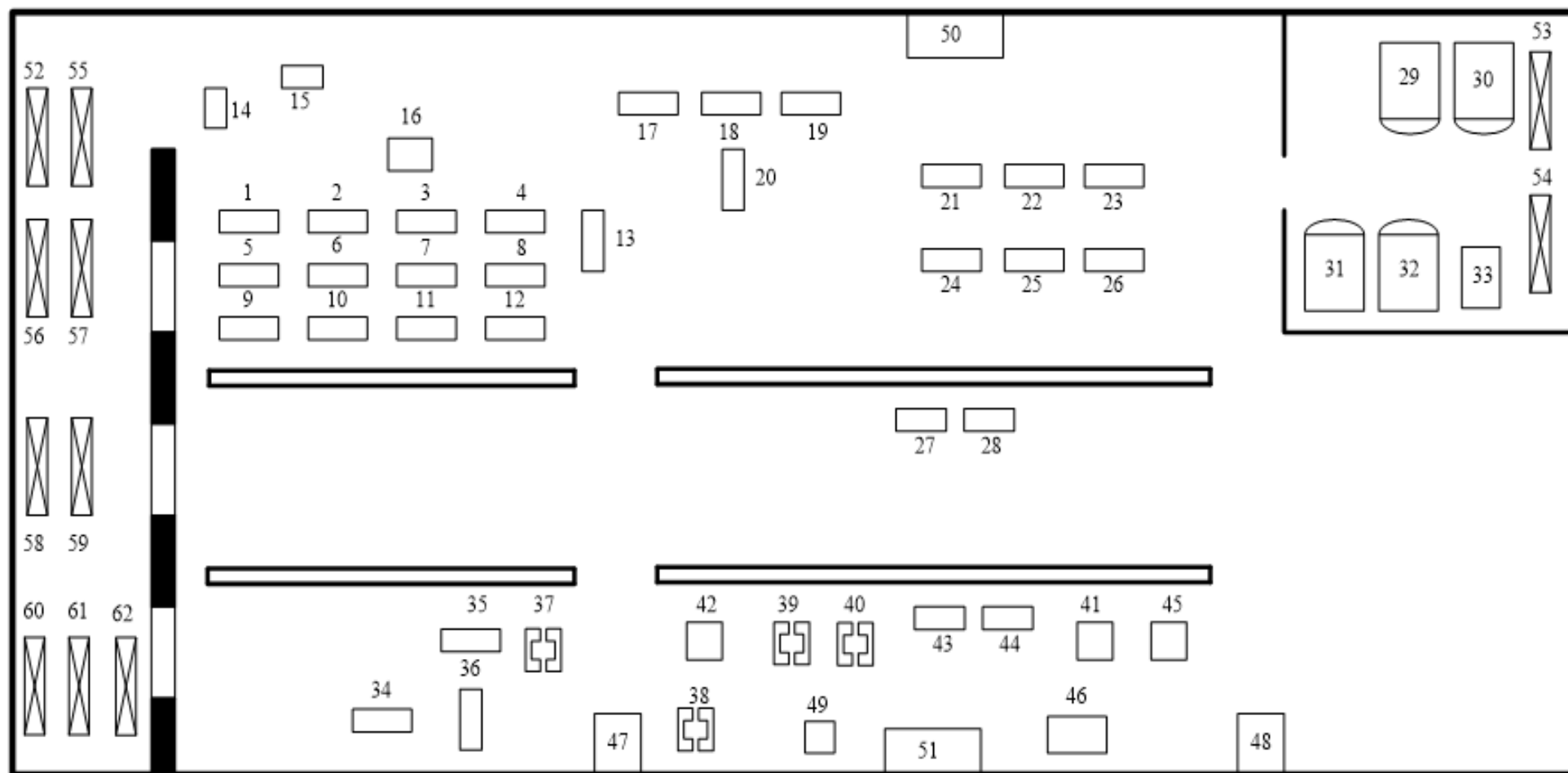


Рисунок 2 – Генплан трансформаторного цеха

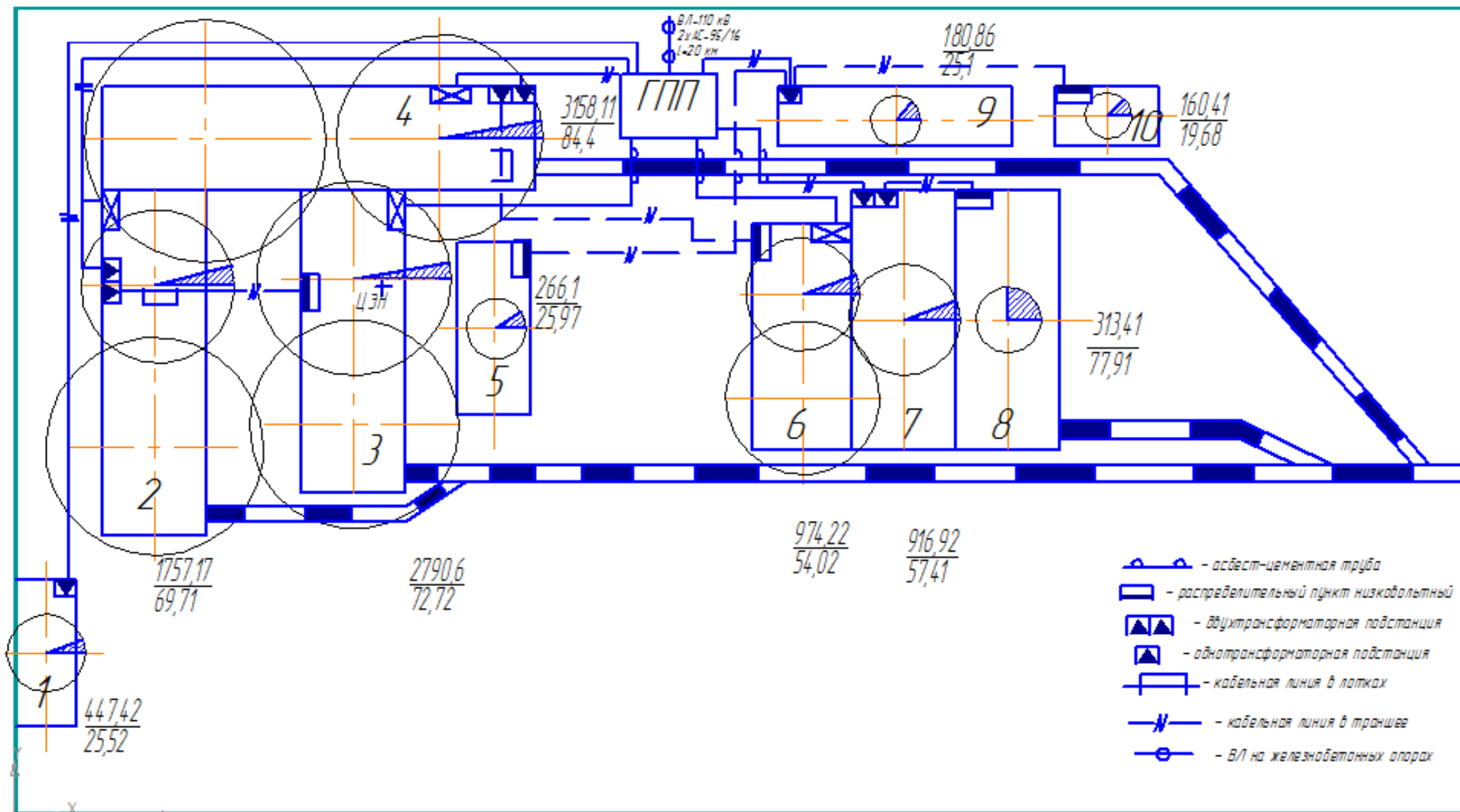


Рисунок 1.5 – Внутриводская схема электроснабжения

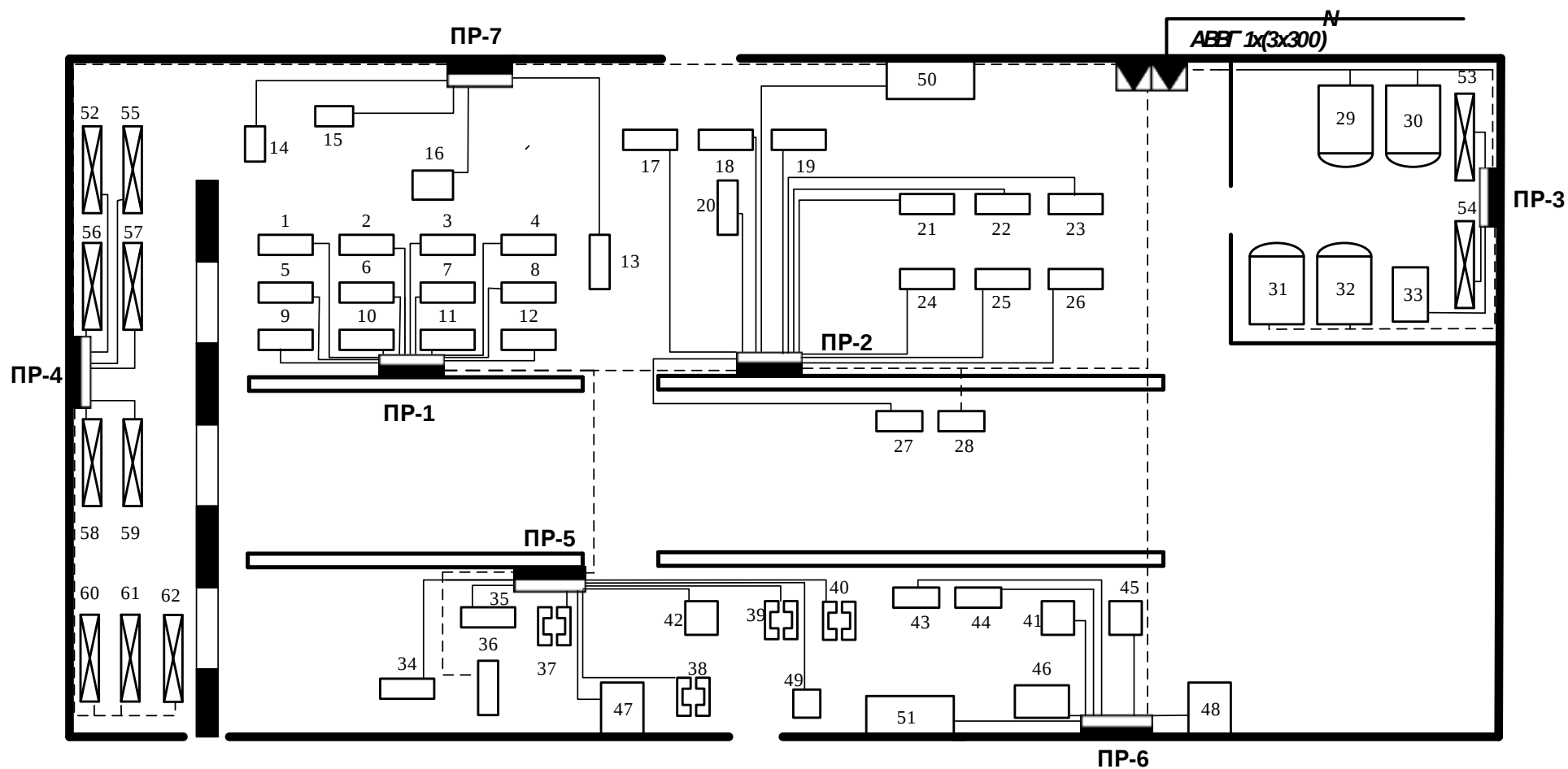


Рисунок 2.1.– Схема силовой сети цеха

1.4. Энергосбережение в системе освещения предприятия

К основным методам энергосбережения на осветительных установках промышленных предприятиях относятся:

- замена низкоэффективных источников света (ЛН) на высокоэффективные — натриевые лампы высокого давления, люминесцентные лампы с ЭПРА, ЭСБ;
- замена эффективных источников света (ДРЛ) на еще более эффективные (ДНАТ);
- оптимальное сочетание общего и местного освещения, естественного и искусственного освещения;
- применение осветительных приборов меньшей мощности там, где это допустимо по условиям работы;
- разработка отдельных групп управления световыми приборами для помещений с высокой плотностью осветительной нагрузки.

Газоразрядные лампы

Достоинства:

- высокая световая отдача,
- достаточно долгий срок службы
- хорошие уровни цветопередачи
- Экономичность

Недостатки:

- необходимы специальные схемы включения для зажигания и горения ламп
- небольшой набор номинальных мощностей по сравнению с лампами накаливания и относительно большие габариты

- При питании переменным током дают световой поток, пульсирующий с удвоенной частотой тока, что вызывает повышенную утомляемость глаз и может приводить к возникновению стробоскопического эффекта.

- Являются источниками высших гармоник тока, что неблагоприятно сказывается на режимах электрической сети. Кроме того, работа ламп создает радиопомехи. Схемы с газоразрядными лампами потребляют помимо активной также и реактивную мощность.

- При напряжении ниже 90 % номинального устойчивое зажигание ламп не обеспечивается.

- Необходимость специальной утилизации.

Светодиодные лампы

Достоинства:

- низкое энергопотребление — составляет не более 10% от потребления электроэнергии лампами накаливания;
- длительный срок службы;
- ударная и вибрационная устойчивость;
- направленность излучения, чистота и разнообразие цветов;
- низкое рабочее напряжение;
- регулируемая интенсивность;
- не содержат ртути в своем составе и почти не нагреваются, следовательно являются экологически и противопожарно безопасными.

Недостатки:

- высокая цена
- не все светодиодные источники могут обеспечить оптимальный цветовой спектр свечения.
- Узконаправленное свечение [26].

1.5. Программа повышения энергоэффективности предприятия

Таблица 3.11 – Мероприятия по экономии электроэнергии

№	Название мероприятия	Затраты, руб.	Экономия, кВт·ч	Экономия, руб.	Срок окупаемости, год
1	Распределение нагрузки по фазам	-	4143	14666,2	-
2	Уменьшение сопротивления нулевого провода	176241,9	13355,1	47277,1	3,7
3	Установка устройства ЧРП на насосный агрегат	340820	87162	308553,5	1,1
4	Замена старого вентилятора с низким КПД на вентилятор с большим КПД	371760	25304,85	89579,2	4,2
5	Установка светодиодных прожекторов	571050	53613	189790	3
6	Установка устройства ЧРП на вентиляционные установки	913808	260404,7	921832,6	1
Итого		2373679,9	443982,65	1571698,6	

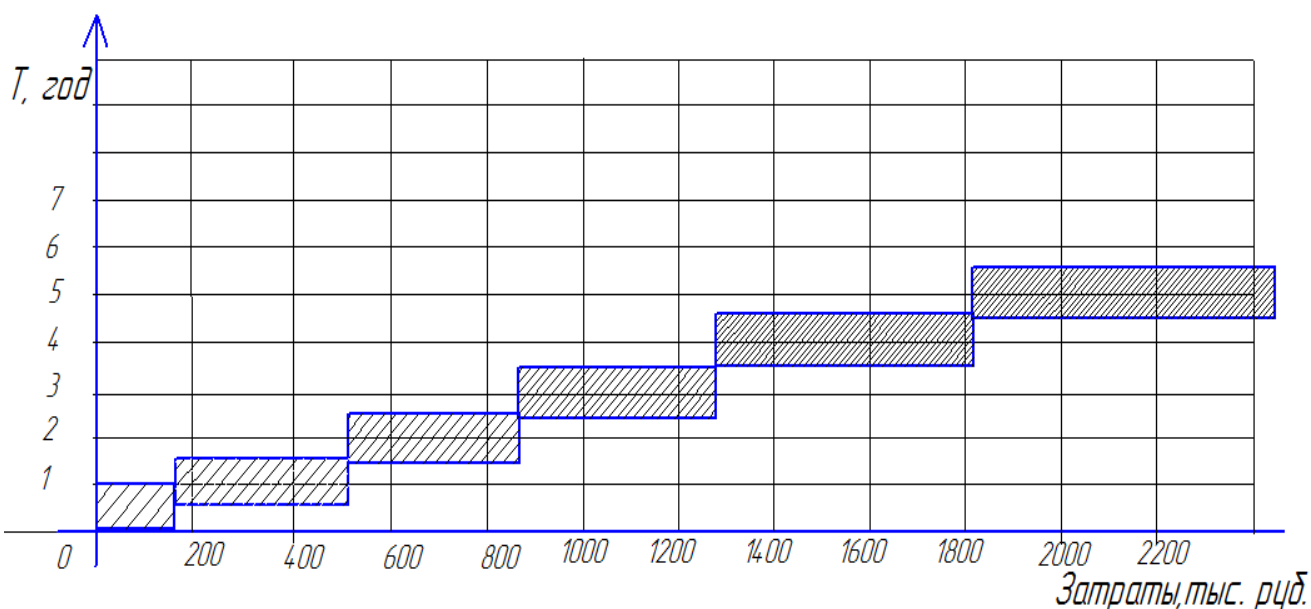


Рисунок 3.17 – Программа по экономии

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной выпускной работе производится разработка программы энергосбережения для трансформаторного цеха. Эффективность программы должна оцениваться по технико-экономическим показателям. После внедрения ожидается фактическая экономия, т.е. экономия за счет снижения потерь электроэнергии в цеховых сетях и оборудовании.

1.1. Разработка план-графика проекта

Календарный план реализации проекта разрабатывается с целью окончательного определения расчетных сроков операций, входящих в его состав, общей продолжительности.

Таблица 4.1 – Календарный план проекта

№	Работа	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ
1.	Распределение нагрузки по фазам путем переключения	7	15.01.2018	23.01.2018
1.1.	Замер фазных напряжений	2	15.01.2018	16.01.2018
1.2.	Отключение	1	17.01.2018	17.01.2018
1.3.	Произведение необходимых переключений	4	18.01.2018	23.01.2018
2.	Уменьшение сопротивления нулевого провода	51	23.07.2018	06.10.2018
2.1.	Отключение электроприемников ПР1	1	23.07.2018	24.07.2018
2.2.	Монтаж нового кабеля ПР1	6	25.07.2018	01.08.2018
2.3.	Подключение к электросети ПР1	1	02.08.2018	03.08.2018
2.4.	Отключение электроприемников ПР2	1	06.08.2018	07.08.2018
2.5.	Монтаж нового кабеля ПР2	10	08.08.2018	21.08.2018
2.6.	Подключение к электросети ПР2	2	22.08.2018	23.08.2018
2.7.	Отключение электроприемников ПР3, ПР4	1	24.08.2018	27.08.2018

Продолжение таблицы 4.1

2.8	Монтаж нового кабеля ПР3, ПР4	5	28.08.2017	03.09.2018
2.9	Подключение к электросети ПР3, ПР4	1	04.09.2018	05.09.2018
2.10	Отключение электроприемников ПР5	1	06.09.2018	07.09.2018
2.11	Монтаж нового кабеля ПР5	7	10.09.2018	21.09.2018
2.12	Подключение к электросети ПР5	1	24.09.2018	25.09.2018
2.13	Отключение электроприемников ПР6	1	26.09.2018	27.09.2018
2.14	Монтаж нового кабеля ПР6	6	28.09.2018	05.10.2018
2.15	Подключение к электросети ПР6	1	08.10.2018	09.10.2018
2.16	Отключение электроприемников ПР7	1	10.10.2018	11.10.2018
2.17	Монтаж нового кабеля ПР7	4	12.10.2018	18.10.2018
2.18	Подключение к электросети ПР7	1	19.10.2018	22.10.2018
3	Установка устройства ЧРП на насосный агрегат	3	03.09.2019	06.09.2019
3.1	Отключение насоса	1	03.09.2019	03.09.2019
3.2	Монтаж частотного преобразователя	1	04.09.2019	04.09.2019
3.3	Подключение к электросети и программирование ЧРП насоса	2	05.09.2019	06.09.2019
4	Замена старого вентилятора с низким КПД на вентилятор с большим КПД	7	12.11.2020	19.11.2020
4.1	Отключение оборудования	1	12.11.2020	12.11.2020
4.2	Демонтаж старых приемников	2	13.11.2020	16.11.2020
4.3	Установка новых вентиляторов	3	16.11.2020	18.11.2020
4.4	Подключение к электросети	1	19.11.2020	19.11.2020
5	Установка светодиодных прожекторов	16	05.07.2021	26.07.2021
6	Установка устройства ЧРП на вентиляционные установки	8	14.02.2022	15.02.2022
6.2	Отключение вентилятора 1	1	14.02.2022	14.02.2022

Продолжение таблицы 4.1

6.1.	Монтаж частотного преобразователя	1	15.02.2022	15.02.2022
6.2.	Подключение к электросети и программирование ЧРП	2	16.02.2022	17.02.2022
6.3.	Отключение вентилятора 2	1	18.02.2022	18.02.2022
6.4.	Монтаж частотного преобразователя	1	21.02.2022	21.02.2022
6.5	Подключение к электросети и программирование ЧРП	2	22.02.2022	22.02.2022
Итого		92	15.01.2018	22.02.2022

1.2. Капитальные затраты

Капитальные вложения переходят на баланс предприятия в виде основных средств с момента внедрения мероприятия. Если рассматривать каждое мероприятие в отдельности, то капиталовложения будут единовременными (в начале внедрения мероприятия). Т.е. распределение затрат по годам не производим.

Таблица 4. 2 – Группировка затрат по статьям

№ работ	Сырье, материалы и изделия	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Трудоемкость, чел.-день	Итого плановая себестоимость
1	—	11870	3798,4	1	15668,4
2	120360,2	54054,9	17297,6	2	263065,1
3	358337,7	3179,7	1017,5	1	362534,9
4	371760	7419,3	2374,2	2	391347
5	571050	8479,2	2713,3	3	604627,6
6	914716	16958,4	5426,7	1	937101,1

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим ценам. В стоимость материальных затрат так же включаются транспортные расходы (3 – 5 % от цены). Результаты сведем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Сырье, материалы, комплектующие изделия

№ работ	Наименование	Марка	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1.	—	—	—	—	—
2.	Кабель	ПВВГ 1(4х2,5)	41,6 м	36,94	1536,7
	Кабель	ПВВГ 1(4х4)	39,72 м	56,45	2242,2
	Кабель	ПВВГ 1(4х6)	110,84 м	80,97	8974,7
	Кабель	ПВВГ 1(4х10)	25,12 м	127,52	3203,3
	Кабель	ПВВГ 1(4х16)	258,26 м	215,43	55637
	Кабель	ПВВГ 1(4х25)	15,15 м	335,32	5080,1
	Кабель	ПВВГ 1(4х50)	70,38 м	620,72	43686,3
	<i>Итого</i>				120360,2
3.	Преобразователь частоты (ПЧ)	Danfoss VLT HVAC Basic Drive FC	1 шт.	340820	340820
	Манометр аксиальный	UNIPUMP	1 шт.	216	216
	Датчик температур	BAXI SONDA	1 шт.	238	238
	<i>Итого</i>				341274
4.	Вентиляционная установка	ВЦ 4-75-16	1 шт.	371760	73771,1
5	Светодиодный прожектор	ДКУ-01-120-00	45 шт.	12690	571050
6	Преобразователь частоты (ПЧ)	Danfoss VLT HVAC Basic Drive FC 101	2 шт.	456904	913808
	Манометр аксиальный	UNIPUMP	2 шт.	216	432
	Датчик температур	BAXI SONDA	2 шт.	238	476
	<i>Итого</i>				914716
	Всего за материалы				2021171
	Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				101058,6
	Итого по статье С _м				2122230

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) от предприятия рассчитывается по следующей формуле

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника; $T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.; $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб. дн. (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Электромонтер
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	
– выходные дни	118
– праздничные дни	
Потери рабочего времени	
– отпуск	24
– невыходы по болезни	
Действительный годовой фонд рабочего времени	223

Месячный должностной оклад работника

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

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб., $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (за профессиональное мастерство, за вредные условия), $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,2 (для Екатеринбурга).

Таблица 4.5 – Расчет основной заработной платы

№ работ	Исполнители	$Z_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{раб}}$ дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
1	Инженер	26052	–	1,08	1,2	33763,4	1695,7	7	11870
2	Электромонтер	16750		1,04	1,2	24885	1059,9	51	54054,9
3	Электромонтер	16750	–	1,04	1,2	24885	1059,9	3	3179,7
4	Электромонтер	16750	–	1,04	1,2	24885	1059,9	7	7419,3
5	Электромонтер	16750	–	1,04	1,2	24885	1059,9	8	8479,2
6	Электромонтер	16750	–	1,04	1,2	24885	1059,9	16	16958,4

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

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

Приведем пример расчета для работника должности *электромонтер* выполняющего работы по увеличению сечения нулевого провода.

Базовый оклад $Z_б = 16750$ руб.

Месячный должностной оклад

$$Z_{\text{м}} = 16750 \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 21105 (\text{руб}).$$

Среднедневная заработная плата

$$Z_{\text{дн}} = \frac{21105 \cdot 11,2}{223} = 1059,9 (\text{руб}).$$

Отчисления во внебюджетные фонды

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,32 \cdot 1059,9 \cdot 51 = 16216,5 (\text{руб}).$$

Расчеты для других работ и должностей ведутся аналогично. Результаты расчетов сведем в таблицу 5 и таблицу 2.

1.3. Экономия ресурсов на потерях

Мероприятия, представленные в программе энергоэффективности, направлены на экономию средств за счет уменьшения потерь электроэнергии. Оценка экономии была дана в главе 3.

- Экономия за год в результате выравнивания нагрузок по фазам

$$\Delta C_{\text{эл.эн.}} = 14666,2 (\text{руб}).$$

- Стоимость сэкономленной электроэнергии в результате изменения сечения нулевого провода

$$\Delta C_{\text{эл.эн.}} = 110031,7 - 62754,6 = 47277,1 (\text{руб}).$$

- Стоимость сэкономленной энергии за год

$$C_{\text{эл.эн.}} = \Delta W \cdot T_{\text{э}} = 87162 \cdot 3,54 = 308553,5 (\text{руб}).$$

- Стоимость сэкономленной электроэнергии после замены вентиляторов

$$C_{\text{эл.эн.}} = \Delta W \cdot T_{\text{э}} = 25304,85 \cdot 3,54 = 73771,1 \text{ (руб)}.$$

- Экономия в результате установки светодиодных прожекторов

$$C_{\text{эл.эн.}} = (P_{\text{осв}} - P'_{\text{осв}}) \cdot T_{\text{п}} \cdot T_{\text{э}} = (18 - 5,4) \cdot 4255 \cdot 3,54 = 189790 \text{ (руб)}.$$

- Экономия в результате установки ЧРП на вентилятор

$$C_{\text{эл.эн.}} = \Delta W \cdot T_{\text{э}} = 260404,7 \cdot 3,54 = 921832,6 \text{ (руб)}.$$

1.4. Показатели экономичности от внедрения мероприятий

Ранее в главе 3 данной работы были рассчитаны простые показатели эффективности проекта. Учет фактора времени позволит дать наиболее достоверную оценку эффективности проекта. Для учета времени применяются дисконтированные показатели. Дисконтирование осуществляется путем умножения текущих годовых потоков на коэффициент дисконтирования $d_t = \frac{1}{(1+r)^t}$, где r – норма дисконта – предполагаемая ставка за пользование инвестициями; t – текущий год расчётного периода.

Для признания проекта эффективным с точки зрения предприятия (инвестора) необходимо, чтобы ЧДД проекта был положительным, и при сравнении альтернативных проектов предпочтение должно отдаваться проекту с большим значением ЧДД. Чистый дисконтированный доход определяется как разница между дисконтированной чистой прибылью и дисконтированной стоимостью капиталовложения

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^n \text{Э}_{\text{к}_t} \cdot d_t - \sum_{t=1}^n K_t \cdot d_t,$$

где d_t – коэффициент дисконтирования, $\text{Э}_{\text{к}_t}$ – экономия денежных средств от внедрения оптимизационного мероприятия, руб; K – капитальные вложения, руб. Примем $r = 9,25\%$ – ключевая ставка.

Расчеты произведем при помощи программного комплекса Excel, результаты сведём в таблицы 4.6 и 4.7.

Таблица 4.6 – Расчет ЧДД для каждого мероприятия в отдельности

Год	Дисконтный множитель	Экономия			Капиталовложения			ЧДД
Т	$d_t=1/(1+r)^t$	$Э_{к_i}$	$Э_{к_i} \cdot d_t$	$\Sigma Э_{к_i} \cdot d_t$	К	$К_{вл} \cdot d_t$	$\Sigma К_{вл} \cdot d_t$	
Устранение несимметрии переключением нагрузки								
0	1,000	0	0	0	15668,4	15668,4	15668,4	-15668,4
1	0,915	14666,2	13424,44	13424,44	0	0	15668,4	-2243,96
2	0,838	14666,2	12287,82	25712,26	0	0	15668,4	10043,86
3	0,767	14666,2	11247,43	36959,68	0	0	15668,4	21291,28
4	0,702	14666,2	10295,13	47254,81	0	0	15668,4	31586,41
5	0,643	14666,2	9423,46	56678,27	0	0	15668,4	41009,87
6	0,588	14666,2	8625,592	65303,87	0	0	15668,4	49635,47
7	0,538	14666,2	7895,279	73199,15	0	0	15668,4	57530,75
8	0,493	14666,2	7226,8	80425,95	0	0	15668,4	64757,55
9	0,451	14666,2	6614,92	87040,87	0	0	15668,4	71372,47
Устранение несимметрии путем уменьшения сопротивления нулевого провода								
0	1,000	0	0	0	263065,1	263065,1	263065,1	-263065
1	0,915	47277,1	43274,23	43274,23	0	0	263065,1	-219791
2	0,838	47277,1	39610,28	82884,52	0	0	263065,1	-180181
3	0,767	47277,1	36256,55	119141,1	0	0	263065,1	-143924
4	0,702	47277,1	33186,77	152327,8	0	0	263065,1	-110737
5	0,643	47277,1	30376,91	182704,8	0	0	263065,1	-80360,4
6	0,588	47277,1	27804,95	210509,7	0	0	263065,1	-52555,4
7	0,538	47277,1	25450,76	235960,5	0	0	263065,1	-27104,7
8	0,493	47277,1	23295,89	259256,3	0	0	263065,1	-3808,79
9	0,451	47277,1	21323,47	280579,8	0	0	263065,1	17514,68
Установка ЧРП на насосные агрегаты								
0	1,000	0	0	0	362471,3	362471,3	362471,3	-362471
1	0,915	308553,5	282428,8	282428,8	0	0	362471,3	-80042,5
2	0,838	308553,5	258516,1	540944,9	0	0	362471,3	178473,6
3	0,767	308553,5	236628	777572,9	0	0	362471,3	415101,6

Продолжение таблицы 4.6

4	0,702	308553,5	216593,1	994166,1	0	0	362471,3	631694,8
5	0,643	308553,5	198254,6	1192421	0	0	362471,3	829949,4
6	0,588	308553,5	181468,7	1373889	0	0	362471,3	1011418
7	0,538	308553,5	166104,1	1539993	0	0	362471,3	1177522
8	0,493	308553,5	152040,4	1692034	0	0	362471,3	1329563
9	0,451	308553,5	139167,4	1831201	0	0	362471,3	1468730
Замена вентилятора с низким КПД на новый с большим КПД								
0	1,000	0	0	0	391347	391347	391347	-391347
1	0,915	73771,1	67525,03	67525,03	0	0	391347	-323822
2	0,838	73771,1	61807,81	129332,8	0	0	391347	-262014
3	0,767	73771,1	56574,66	185907,5	0	0	391347	-205439
4	0,702	73771,1	51784,58	237692,1	0	0	391347	-153655
5	0,643	73771,1	47400,08	285092,2	0	0	391347	-106255
6	0,588	73771,1	43386,8	328479	0	0	391347	-62868
7	0,538	73771,1	39713,31	368192,3	0	0	391347	-23154,7
8	0,493	73771,1	36350,86	404543,1	0	0	391347	13196,18
9	0,451	73771,1	33273,1	437816,2	0	0	391347	46469,28
Модернизация системы уличного освещения								
0	1,000	0	0	0	604627,6	604627,6	604627,6	-604628
1	0,915	189790	173720,8	173720,8	0	0	604627,6	-430907
2	0,838	189790	159012,2	332733	0	0	604627,6	-271895
3	0,767	189790	145548,9	478281,9	0	0	604627,6	-126346
4	0,702	189790	133225,6	611507,5	0	0	604627,6	6879,865
5	0,643	189790	121945,6	733453,1	0	0	604627,6	128825,5
6	0,588	189790	111620,7	845073,8	0	0	604627,6	240446,1
7	0,538	189790	102170	947243,7	0	0	604627,6	342616,1
8	0,493	189790	93519,41	1040763	0	0	604627,6	436135,5
9	0,451	189790	85601,29	1126364	0	0	604627,6	521736,8

Продолжение таблицы 4.6.

Установка устройств ЧРП в систему вентиляции								
0	1,000	0	0	0	937101,1	937101,1	937101,1	-937101
1	0,915	921832,6	843782,7	843782,7	0	0	937101,1	-93318,4
2	0,838	921832,6	772341,1	1616124	0	0	937101,1	679022,8
3	0,767	921832,6	706948.4	2323072	0	0	937101.1	1385971
4	0,702	921832.6	647092.4	2970165	0	0	937101.1	2033064
5	0,643	921832.6	592304.2	3562469	0	0	937101.1	2625368
6	0,588	921832.6	542154.9	4104624	0	0	937101.1	3167523
7	0,538	921832.6	496251.6	4600875	0	0	937101.1	3663774
8	0,493	921832.6	454234.9	5055110	0	0	937101.1	4118009
9	0,451	921832.6	415775.7	5470886	0	0	937101.1	4533785

Таблица 4.7 – Расчет ЧДД для программы энергоэффективности

Год	Дисконтный множитель	Экономия			Капиталовложения			ЧДД
Т	$d_t=1/(1+r)^t$	$Э_{k_i}$	$Э_{k_i} \cdot d_t$	$\Sigma Э_{k_i} \cdot d_t$	К	$К_{вл} \cdot d_t$	$\Sigma К_{вл} \cdot d_t$	
Устранение несимметрии переключением нагрузки								
0	1,000	0	0	0	15668.4	15668.4	15668.4	-15668.4
1	0,915	15431	14124.49	14124.49	263065.1	240791.9	256460.3	-242336
2	0,838	260902.9	218592.9	232717.4	362534.9	303743.5	560203.7	-327486
3	0,767	362471.3	277977.3	510694.7	391347	300121.9	860325.6	-349631
4	0,702	391050.2	274502.8	785197.4	604627.6	424426.2	1284752	-499554
5	0,643	604118.9	388163.9	1173361	937101.1	602114.7	1886866	-713505
6	0,588	936761.9	550935.2	1724297	0	0	1886866	-162570
7	0,538	936761.9	504288.6	2228585	0	0	1886866	341718.7
8	0,493	936761.9	461591.4	2690177	0	0	1886866	803310
9	0,451	936761.9	422509.2	3112686	0	0	1886866	1225819

Еще одним показателем окупаемости инвестиционного проекта является индекс доходности. Индекс доходности является соотношением общих дисконтированных доходов и суммы первоначальных инвестиций.

$$ИД = \sum_{t=1}^n Э_{\kappa_t} \cdot d_t / \sum_{t=1}^n K_t \cdot d_t,$$

где d_t – коэффициент дисконтирования, $Э_{\kappa_t}$ – чистый денежный поток для периода руб; K_t – капитальные вложения, руб.

Чтобы проект был признан потенциально эффективным, значение PI должно быть больше единицы [3].

Дисконтированный период окупаемости – это срок, требуемый для возврата вложенных инвестиций в проект за счет чистого денежного потока с учетом ставки дисконтирования [4]. Срок окупаемости можно рассчитать по следующему выражению

$$T_{ок} = t - \frac{|ЧДД_t|}{ЧДД_{t+1} + |ЧДД_t|},$$

где t – номер периода, в котором наблюдался последний отрицательный дисконтированный денежный поток; $ЧДД_t$ – величина последнего отрицательного дисконтированного денежного потока, подставляется по модулю; $ЧДД_{t+1}$ – величина дисконтированного денежного потока на конец следующего периода,

Приведем пример расчета для мероприятия по устранению несимметрии при помощи распределения нагрузок по фазам

Индекс доходности

$$ИД = \frac{87040,87}{15668,4} = 5,56.$$

Дисконтированный срок окупаемости

$$T_{ок} = 1 + \frac{|-2243,96|}{10043,86 + |-2243,96|} = 1,18(\text{года}).$$

Для остальных мероприятий расчет ведем аналогично. Результаты сведем в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Расчет индекса доходности и периода окупаемости

Наименование работ	ИД	T_{ок.диск}	T_{ок.прост.}
Распределение нагрузки по фазам путем переключения	5,56	1,18	-
Уменьшение сопротивления нулевого провода	1,07	8,18	3,7
Установка устройства ЧРП на насосный агрегат	5,05	1,31	1,1
Замена старого вентилятора с низким КПД на вентилятор с большим КПД	1,12	7,64	4,2
Установка светодиодных прожекторов	1,86	3,95	3
Установка устройства ЧРП на вентиляционные установки	5,84	1,12	1
Программа энергоэффективности	1,65	6,32	