

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники  
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»  
(наименование кафедры)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность  
(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Снижение расхода электроэнергии завода по производству  
каркасов кабин грузовиков»

Студент

А.А. Адонин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

В.Н. Кузнецов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

к.т.н. А.Н. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 3  |
| 1 Анализ потребления электрической энергии предприятием .....  | 8  |
| 1.1 Описание объекта исследования .....  | 8  |
| 1.2 Расчёт потребления электроэнергии на технологические нужды<br>предприятия .....                        | 17 |
| 1.3 Расчёт потребления электроэнергии на освещение .....   | 23 |
| 1.4 Расчёт потерь на передачу электроэнергии .....   | 31 |
| 1.5 Учёт суммарных затрат на электроснабжение предприятия .....  | 43 |
| 2 Энергосберегающие мероприятия для снижения затрат<br>на электроэнергию .....                             | 46 |
| 2.1 Рационализация энергоснабжения .....   | 46 |
| 2.2 Модернизация трансформаторных подстанций .....   | 50 |
| 2.3 Компенсация реактивной мощности .....  | 52 |
| 2.4 Светодиодное освещение .....   | 54 |
| 2.5 Автоматизированные системы управления освещением .....   | 58 |
| 2.6 Блокировка тепловых завес .....  | 59 |
| 3 Применение мероприятий по энергосбережению .....   | 61 |
| 3.1 Расчёт потребления электроэнергии на освещение .....   | 61 |
| 3.2 Расчёт потерь на передачу электроэнергии .....   | 64 |
| 3.3 Учёт и сравнение затрат на электроэнергию с учётом применения<br>мероприятий по энергосбережению ..... | 74 |
| Заключение .....   | 82 |
| Список используемых источников .....   | 84 |
| Приложение А .....   | 88 |
| Приложение Б .....   | 94 |
| Приложение В .....   | 97 |

## ВВЕДЕНИЕ

Ведущей отраслью промышленности России по праву считается машиностроение. Её развитие наглядно показывает научно-технический потенциал и обороноспособность страны. Машиностроение определяет возможности развития индустрии в мире. В развитых странах на долю этой отрасли приходится более 30% общего объема промышленной продукции. Комплекс машиностроения включает в себя: непосредственно машиностроение и металлообработку, малую металлургию, а также ремонтное производство. От него зависит эффективность общественного труда и научно-технический прогресс. Предприятия данной отрасли связаны между собой и с производственными мощностями прочих отраслей хозяйства. Главными задачами машиностроения являются:

- значительное сокращение сроков освоения и создания новых производственных процессов, повышение эффективности использования;
- развитие специализированных заводов по изготовлению агрегатов, деталей, заготовок отраслевого назначения, предприятий механосборочного и сборочного типов;
- внедрение новых технологий, в первую очередь энергосберегающих и ресурсосберегающих, подъем уровня механизации и автоматизации от разработки образцов до массового выпуска изделий;
- расширение кооперирования производства и углубление специализации;
- повышение конкурентоспособности продукции, качества, технического уровня и достижение в этой области научно-технического прогресса;
- обеспечение народного хозяйства высокоэффективным оборудованием и машинами;
- своевременный переход на производство новых поколений механизмов и машин, способных обеспечить рост производительности труда.

Во всей промышленной индустрии, машиностроение является наиболее наукоемкой отраслью. Продукция включает в себя все возможные достижения, необходимые для практического применения. Главная задача машиностроения – обеспечить орудиями труда все отрасли хозяйства, а также удовлетворить потребности населения в разнообразной технике и аппаратах бытового назначения. Машиностроение выполняет специфическую, особую функцию в индустрии – производит вооружение для обороны страны.

Особенность современного машиностроения – особо высокий товарооборот его продукции. Это обусловлено широким ассортиментом продукции по сравнению с другими отраслями индустрии (более 3 миллионов видов различных изделий выпускается в мире машиностроительными предприятиями). Ни одна страна в мире не сможет вырабатывать такой ассортимент изделий, прежде всего по экономическим причинам, что в свою очередь, предопределило глубокую специализацию машиностроительного комплекса по комплектующей и конечной продукции.

Главными отраслями машиностроительного комплекса являются: производство конторского оборудования и ЭВМ, транспортное машиностроение, электротехника и радиоэлектроника, а также общее машиностроение.

Наибольшим динамизмом на современном этапе отличаются наукоемкие подотрасли машиностроительного комплекса: производство ЭВМ, телекоммуникационного оборудования, ракетно-космической техники, промышленных роботов и средств автоматизации.

Но следует отметить, что в условиях возрастающих требований социального и экономического развития страны, современный уровень машиностроительной отрасли, ее научно-техническая и производственная база не соответствуют уровню, для их развития.

При таком положении дел в машиностроении замедляется обновление активной части основных фондов и повышение производительности труда во

всех отраслях. Слишком высокой осталась и доля ручного труда, непомерно разрослась сфера ремонта.

Современное машиностроение включает в себя сотни производств и подотраслей. Оно является самой дифференцированной и сложной отраслью промышленности. Отраслевая дифференциация и становление машиностроения как самостоятельной отрасли напрямую связаны с разделением общественного труда.

Разделение общественного труда разделяется на три формы: единичное, частное и общее. Единичное разделение труда находит свое выражение в разделении и организации труда непосредственно на предприятиях. Частное разделение труда проявляется в обособлении отдельных отраслей и производств внутри промышленности, сельского хозяйства, строительства и др. отраслей материального производства. Например, в промышленности выделились металлургическая, машиностроительная, легкая, пищевая промышленность и другие отрасли. Общее разделение труда выражается в разделении общественного производства на крупные отрасли народного хозяйства: промышленность, сельское хозяйство, строительство, транспорт и др.

На данный момент завершается строительство завода каркасов кабин SFTP для грузовиков поколения K5. Это первый настолько крупный проект со времён строительства самого «КАМАЗа» проходит в сотрудничестве с компанией Daimler. Проект предусматривает создание полного цикла производства каркасов кабин от сварки до окраски. Завод расположен на территории производственных объектов «КАМАЗа», в непосредственной близости к автомобильному заводу, где проходит заключительная сборка техники. Произведённые на нём каркасы кабин будут поставляться как на сборочное производство грузовиков Mercedes-Benz, так и на камазовский сборочный конвейер.

Строительство завода каркасов кабин SFTP началось в марте 2016 года. Завод включает в себя четыре цеха: логистики, сварки, окраски и энергоцентра.

Высота корпусов достигают 23 метров. Общая площадь предприятия – 65700 м<sup>2</sup>, производительность – 57000 кабин в год.

10 марта 2017 года началось строительство завода каркасов кабин SFTP. Проект предусматривает создание полного цикла производства каркасов кабин – их сварку и окраску. Завод будет возведён в периметре «КАМАЗа», в непосредственной близости к автомобильному заводу, где находится заключительное производство техники. Произведённые на нём каркасы кабин будут поставляться как на главный сборочный конвейер «КАМАЗа», так и на сборочное производство грузовиков Mercedes-Benz.

Новый завод состоит из четырех цехов: окраски, сварки, логистики и энергоцентра. Высотой корпуса достигают 23 метров. Общая площадь предприятия - 65,7 тыс. м<sup>2</sup>, производительность – 60 тысяч кабин в год.

В программе развития предприятия ПАО «КАМАЗ» до 2025 года, планируется повысить производительность до 60 тыс. автомобилей в год, сократить себестоимость продукции и оборотный капитал, а также ввести в разработку и вывести на рынок новую серию грузовиков нового поколения.

Решающим условием снижения себестоимости служит непрерывный технический прогресс. Внедрение новой техники, комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, совершенствование технологии, внедрение прогрессивных видов материалов, а так же снижение расходов энергии позволяют значительно снизить себестоимость продукции.

Для повышения производительности и сохранения энергопотребления на том же уровне, необходима реконструкция старых корпусов предприятия и снижение ими затрат электроэнергии. Новые производственные корпуса должны соответствовать требованиям стандарта [1]. Повышая энергоэффективность и снижая потребление энергии, можно сэкономленные ресурсы расходовать на новое производство. Таким образом, при тех же

затратах на электроэнергию, число производственных корпусов может увеличиться, повышая тем самым производительность и снижая себестоимость продукции.

Целью магистерской диссертации является увеличение энергоэффективности завода по производству каркасов кабин SFTP. Для достижения поставленной цели, необходимо выполнить ряд задач:

1) Проанализировать текущий годовой расход электроэнергии всех цехов завода.

2) Исследовать методы снижения затрат электроэнергии, не нарушающие ход технологического процесса.

3) Рассчитать затраты на электроэнергию с принятыми мерами. Сравнить полученные результаты. Определить годовую выгоду.

## **1 Анализ потребления электрической энергии предприятием**

### **1.1 Описание объекта исследования**

Публичное акционерное общество «КАМАЗ» – одна из крупнейших автомобильных корпораций Российской Федерации. «КАМАЗ» занимает 20-ое место среди мировых ведущих производителей тяжёлых грузовиков и находится на 16-ом месте по количеству выпускаемых тяжёлых грузовых автомобилей разрешённой массой более 16 тонн. Мощность производства предприятия составляет 71000 автомобилей в год.

Предприятие было основано в 1969 году, в 1990 году было преобразовано в акционерное общество. Первый автомобиль КАМАЗ выпущен в феврале 1976 года. ПАО «КАМАЗ» производит широкую линейку техники: автобусы, тракторы, грузовые автомобили (более 40 моделей, свыше 1500 комплектаций, включая автомобили с правым рулём), прицепы, силовые агрегаты, двигатели, а так же различный инструмент. Но главной продукцией «КАМАЗа» являются грузовые автомобили разрешённой массой от 14 до 60 тонн. На сегодня группа компаний «КАМАЗ» включает в себя свыше 150 организаций, расположенных в России, СНГ и за рубежом. В последние годы линейка выпускаемой продукции расширилась за счёт внедрения новых семейств автомобилей и новых моделей – от городских развозных грузовых автомобилей до грузовиков повышенной грузоподъёмности для эксплуатации в составе автопоездов разрешённой массой до 120 тонн.

Весь технологический цикл производства грузовых автомобилей КАМАЗ сосредоточен в едином производственном комплексе, находящимся в Набережных Челнах. Цикл производства включает в себя: разработку, производство (изготовление), сборку автотехники и компонентов, сбыт готовой продукции и сервисное обслуживание. В состав группы производственной цепочки входят 12 крупных заводов автомобильного



производства. Всего в группе технологической цепочки ПАО «КАМАЗ» в Набережных Челнах на сегодняшний день работает около 36000 человек.

На производственной площадке в Набережных Челнах расположены следующие предприятия: Индустриальный парк «КАМАЗ-Мастер», Ремонтно-инструментальный завод (РИЗ), Прессово-рамный завод (ПРЗ), Автомобильный завод (АвЗ), Металлургический комплекс (литейный и кузнечный заводы) и Завод двигателей (ЗД).

За рубежом ПАО «КАМАЗ» имеет так же сборочные предприятия в Индии, Литве, Казахстане и Азербайджане. Возобновляется сборочное производство на предприятиях во Вьетнаме. Сборка грузовых автомобилей осуществляется из комплектов деталей, поставляемых с Набережных Челнов. В Казахстане реализуются программы локализации производства деталей и узлов машин из состава имеющихся сборочных комплектов. Сборку единственных автомобилей КАМАЗ экологического класса «Евро-6» производят в Литве (компания «Аутобаги»).

В 2016 году «КАМАЗ» разработал и вывел на рынок свыше 80 новых комплектаций автомобилей и шасси, а так же несколько моделей нового поколения – самосвалы 65802, 65801 и 6580, транспортные грузовики – 65208 и 65206. Также на рынок вышли грузовые автомобили КАМАЗ-6520 «Люкс» и КАМАЗ-65201 «Люкс» с компонентной базой КАМАЗ и кабиной Daimler (Германия) – это автомобили с современной комфортабельной кабиной, также увеличена грузоподъёмность автомобиля, но при этом цена остаётся доступной для российского рынка.

Немецкий концерн Daimler AG в декабре 2008 года приобрёл 10% уставного капитала «КАМАЗа». Это стало началом нового стратегического взаимовыгодного партнерства двух крупных автопроизводителей. В результате чего в 2009 году между «КАМАЗом» и Daimler AG подписаны договоры об открытии двух совместных предприятий в России – «Мерседес-Бенц Тракс Восток» по производству и реализации тяжёлых грузовых автомобилей Mercedes-Benz Actros и «Фузо КАМАЗ Тракс Рус» по выпуску

и продажам лёгких грузовых автомобилей Fuso Canter. На сегодняшний день Daimler AG имеет 15% акционерного капитала «КАМАЗа».

Электроснабжение завода осуществляется от двух ГПП, расположенных за территорией КамАЗа: ГПП-16 и ГПП-12. На территории завода находятся 3 трансформаторных подстанции. Каждая подстанция запитана кабельной линией 10кВ от обеих ГПП. Структурированная схема электроснабжения завода по производству кабин SFTP изображена на рисунке 1.1.

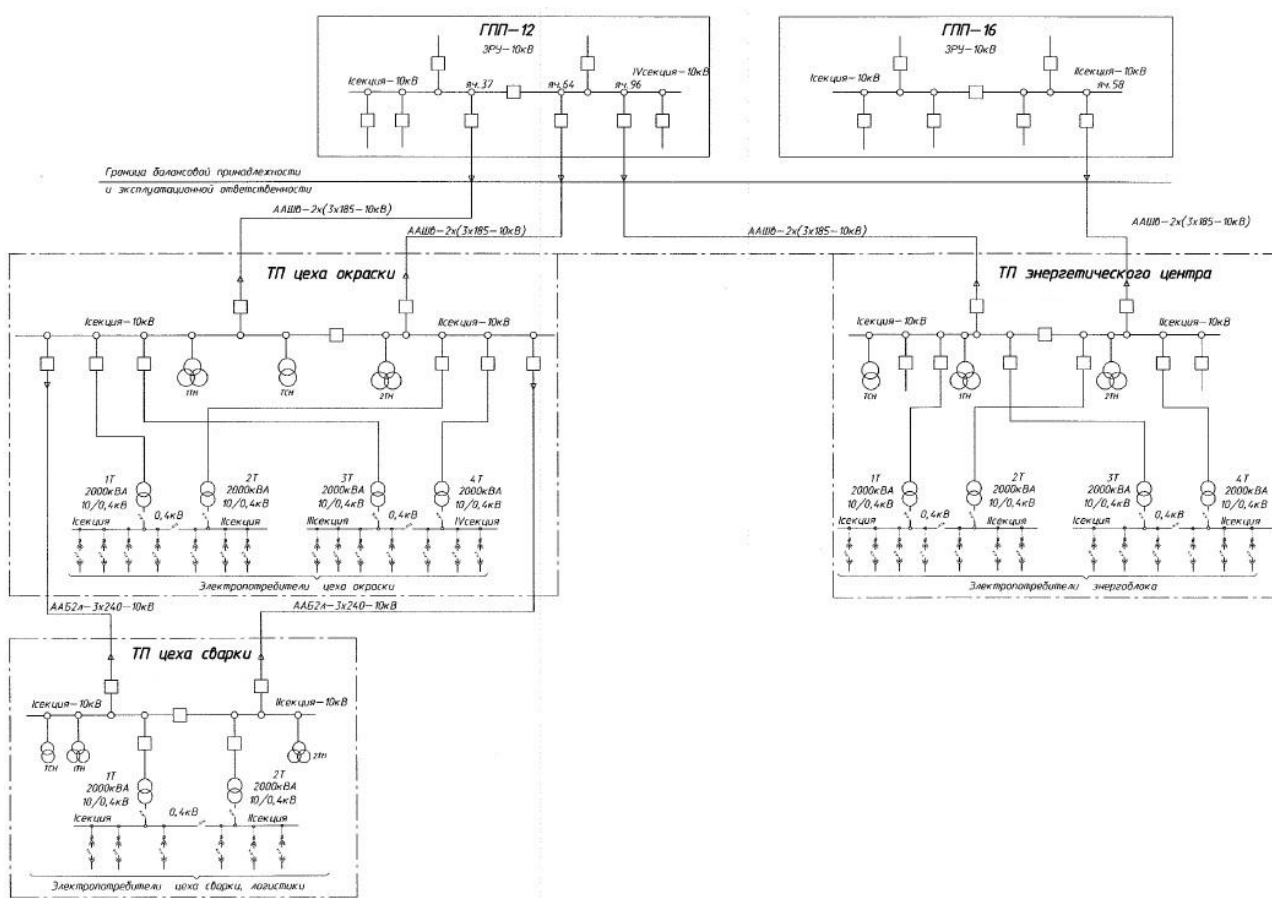


Рисунок 1.1 – Структурированная схема электроснабжения

Суточный график электрических нагрузок завода в рабочий день изображён на рисунке 1.2. В выходной день на рисунке 1.3.

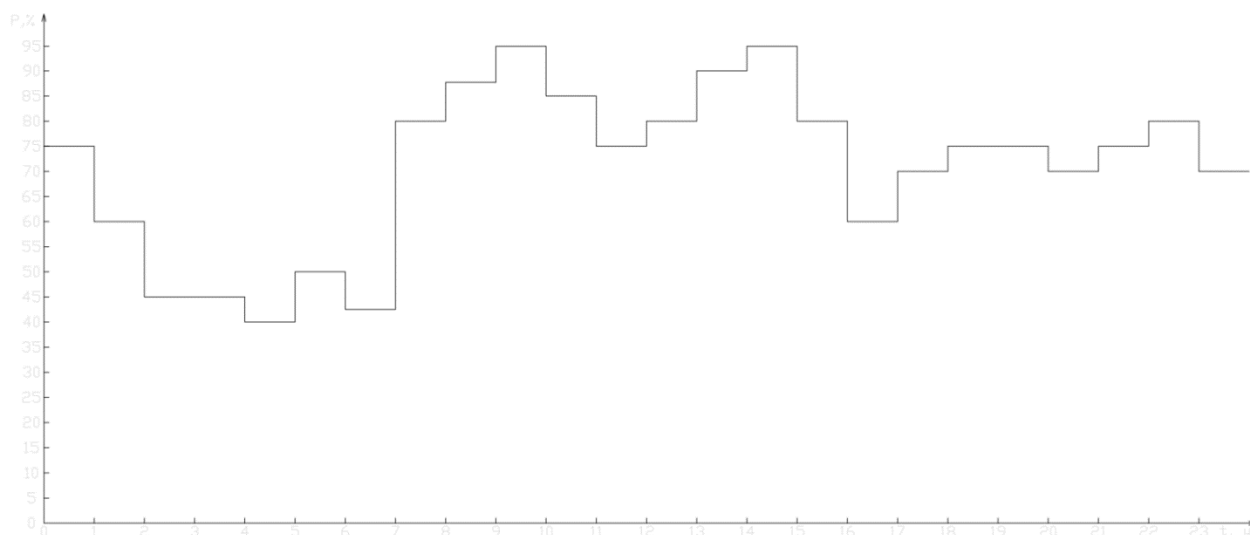


Рисунок 1.2 – Суточный график электрических нагрузок в рабочий день

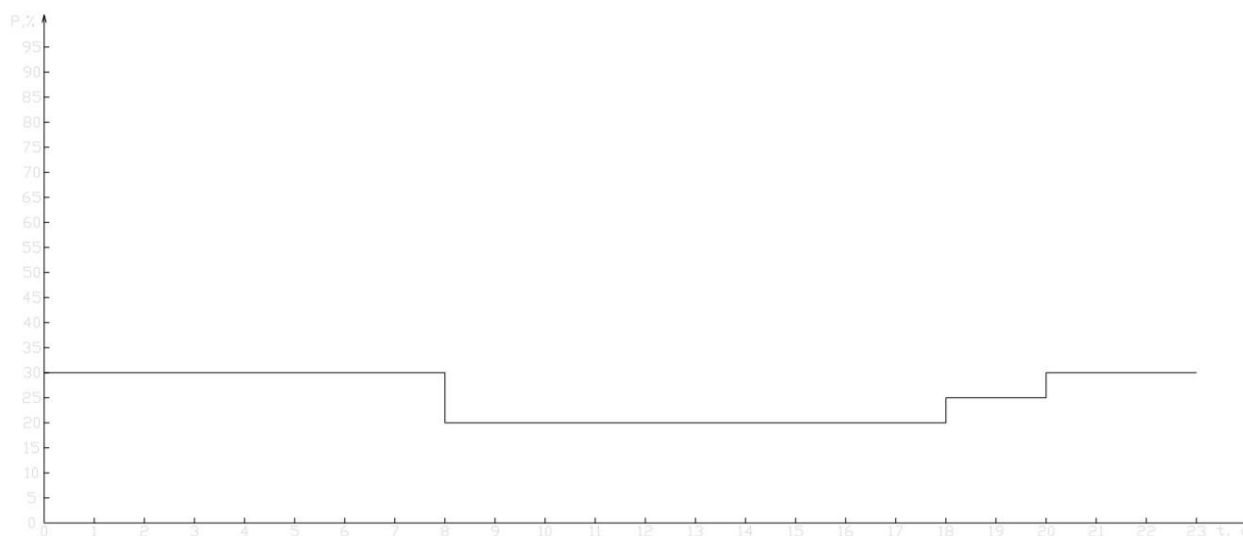


Рисунок 1.3 – Суточный график электрических нагрузок в выходной день

Цех логистики необходим для приёма, хранения и отгрузки необходимых деталей. Состоит из двух частей – складского помещения и офисов. ВРУ цеха подключено к трансформаторной подстанции цеха сварки от ячеек 6 и 20. Собственной подстанции цех логистики не имеет. План цеха изображён на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – План цеха логистики

Склад состоит из: зоны приёмки груза, зоны упаковки крупных деталей, зоны комплектации мелких деталей и зоны многоярусного высотного складирования. Помещение имеет габариты 65x91,5м, площадь  $S=5950\text{м}^2$ , высота помещения  $h=13,5\text{м}$ .

Офисные помещения состоят из: участка приёмки груза, комнат мастеров и водителей, серверной, теплового узла, офисов логистики, кухни, столовой, гардеробов, электрощитовой, кладовых и прочих помещений. Помещения расположены на 3 этажах. Габариты каждого этажа 10x91,5м, площадь  $S=2750\text{м}^2$ , а высота  $h=3,2\text{м}$ .

Цех сварки расположен между цехом логистики и цехом окраски, является основным производственным звеном в производстве кабин. Сварочное оборудование поставляется немецкой компанией Daimler. За счёт

технологических нужд, затраты электроэнергии на сварку кабин достигают наивысших показателей на всём заводе.

Цех состоит из основного производственного помещения, помещений персонала, офисных и административных помещений, помещения КИМ (контрольно-измерительных механизмов) и зоны ремонта. Габаритные размеры 121,5x198м, площадь  $S=24100\text{м}^2$ , высота  $h$  достигает 23м. Административные помещения расположены на 2 этаже, габариты 10x121,5м, высота 3,2м.

Основное производственное помещение разделено на технологические зоны: сварки основного кузова, изготовления каркаса основания, подборки, изготовления каркаса задка, изготовления тоннеля двигателя, изготовления каркаса боковины, изготовления панели пола, изготовления дверей, изготовления продольного бруса крыши, изготовления передней и задней панелей, изготовления боковых панелей, изготовления крыши, главной линии сборки кабины и других. Каждая технологическая зона запитана распределительным пунктом. Все РП запитаны от ГРЩ цеха кабельными линиями 0,4кВ.

План цеха сварки изображён на рисунке 1.5.

Цех окраски расположен между цехом сварки и энергоцентром, является заключительным производственным звеном в производстве кабин.

Цех состоит из покрасочных конвейеров и зоны сборки кабин. Габаритные размеры помещения покраски 66x180м, площадь  $S=11880\text{м}^2$ , высота  $h$  достигает 23м. Помещение сборки пристроено к покрасочному помещению и имеет габариты 12x27м, площадь  $S=320\text{м}^2$ , высота 8м. Помещения персонала находятся на участке окраски на втором этаже. Состоят из переговорной, зоны отдыха, офисов, гардеробов и других помещений общей площадью  $750\text{м}^2$ .

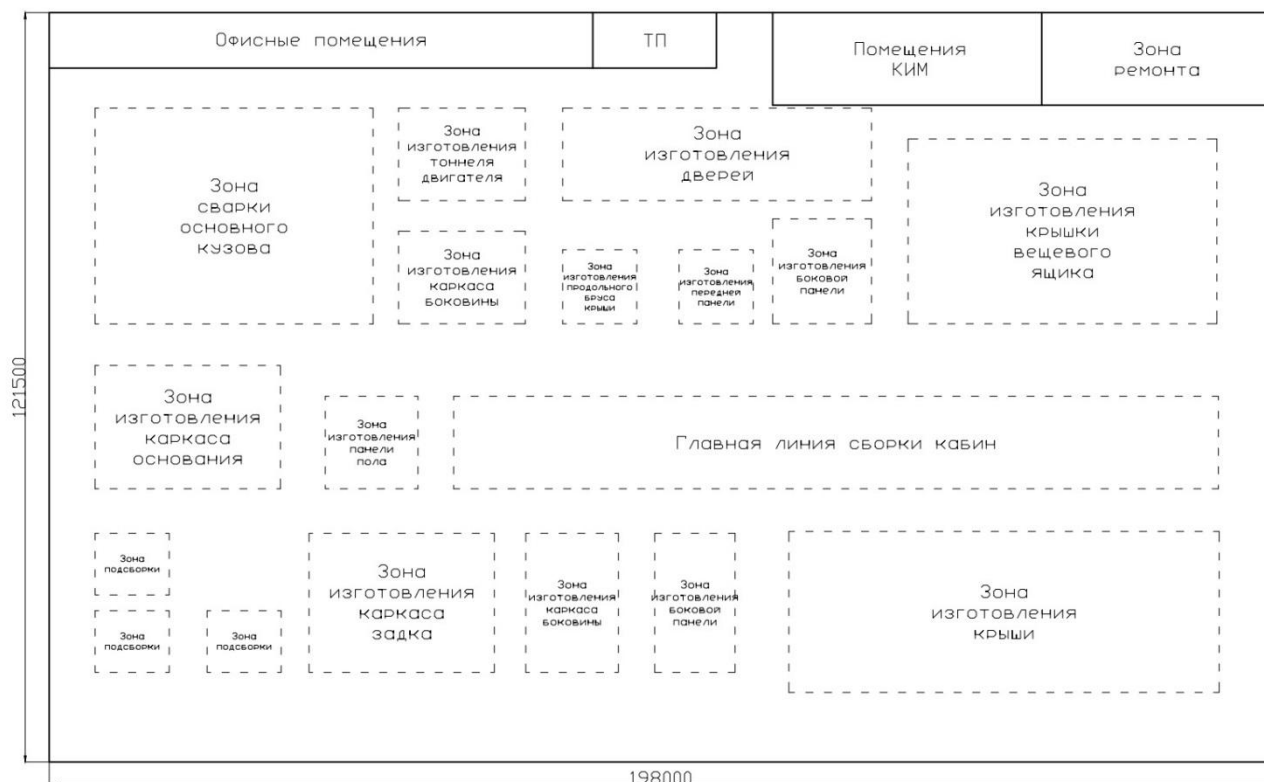


Рисунок 1.5 – План цеха сварки

Покрасочное помещение разделено на технологические зоны: передачи кабин из цеха сварки, главного конвейера, участка смены скидов, буферных зон, сушки и контроля покраски, катодорезного лакирования, герметизации, очистки, грунтования, окраски зарезервированной зоны для подачи воздуха, S-станций, зоны для вспомогательного оборудования, зоны передачи кабин в цех сборки и другие. Каждая технологическая зона запитана распределительным пунктом. Все РП запитаны от ГРЩ цеха кабельными линиями 0,4кВ.

План цеха окраски изображён на рисунке 1.6.

Для нормальной работы цеха окраски, ему необходима постоянная вентиляция, снабжение водой и сжатым воздухом. Эту задачу осуществляет энергоцентр. Энергетический центр пристроен к цеху окраски, в нём находится вспомогательное оборудование для поддержания производственных процессов цеха окраски. Так же энергоцентр осуществляет водоснабжение завода.



План энергетического центра изображён на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – План энергетического центра

В энергоцентре расположены насосные станции захлажденной воды, венткамеры, воздушно-компрессорная станция, насосная станция водоснабжения и энергетическое помещение. Центр состоит из двух этажей, высотой  $h=9$ м каждый. Габаритные размеры первого этажа 30х60м, площадь



$S=1800\text{м}^2$ . На втором этаже находится вторая венткамера, имеющая габариты  $22 \times 30\text{м}$ , площадь  $S=660\text{м}^2$ .

Группы установок запитаны через распределительные пункты. Все РП запитаны от ГРЩ кабельными линиями 0,4кВ.

## 1.2 Расчёт потребляемой мощности на технологические нужды предприятия

Технологические установки предприятия распределены по группам. Каждая группа запитывается от щита или распределительного пункта. Потребление мощности на бытовые и офисные нужды предприятия так же будут рассчитаны в этом пункте. Для удобства расчётов будем рассматривать группы электроприёмников как одного потребителя, а не по-отдельности.

Данные по номинальной мощности, коэффициенту спроса и коэффициенту мощности цеха логистики занесём в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Группы электроприёмников цеха логистики

| Потребители              | Группа | $P_n$ , кВт | $\cos\phi$ | $k_c$ |
|--------------------------|--------|-------------|------------|-------|
| Столовая                 | ВРУ1   | 24          | 0,82       | 0,75  |
| Розетки для склада       | 6СЩ    | 28,44       | 0,74       | 0,64  |
| Розетки для склада       | 7СЩ    | 28,44       | 0,74       | 0,64  |
| РП приёмки груза         | 10СЩ   | 20          | 0,78       | 0,75  |
| РП для офисов            | 11СЩ   | 17,5        | 0,87       | 0,6   |
| Воздушно-тепловые завесы | 4СЩВ   | 17,81       | 0,76       | 0,7   |
| Кондиционеры 1 этажа     | 1СЩВ   | 8,94        | 0,79       | 0,66  |
| Кондиционеры 2 этажа     | 2СЩВ   | 7,25        | 0,76       | 0,69  |
| Воздушно-тепловые завесы | 3СЩВ   | 12,14       | 0,77       | 0,7   |
| Компьютеры               | 1СЩК   | 50          | 0,87       | 0,5   |
| Столовая                 | ВРУ2   | 24          | 0,82       | 0,75  |
| РП приёмки груза         | 3СЩ    | 18,6        | 0,88       | 0,7   |
| РП приёмки груза         | 4СЩ    | 32,05       | 0,75       | 0,55  |
| РП приёмки груза         | 5СЩ    | 19          | 0,67       | 0,65  |
| Розетки для склада       | 8СЩ    | 28,36       | 0,74       | 0,64  |
| Розетки для склада       | 9СЩ    | 46,8        | 0,74       | 0,6   |
| Компьютеры               | 2СЩК   | 50          | 0,83       | 0,5   |

Наибольшую нагрузку цеха логистики составляет офисная техника и слаботочные розетки для собственных нужд: компьютеры, кондиционеры,

розетки. Так же для зон приёма груза и отгрузки используются краны и автоматические ворота с воздушно-тепловыми завесами. Для замены кабеля перспектив нет из-за слишком малых нагрузок.

Определяем реактивную и полную мощности по формулам:

$$Q_H = P_H \cdot \frac{1 - \cos^2 \varphi}{\cos \varphi}, \quad (1)$$

$$S_H = \sqrt{P_H^2 + Q_H^2}. \quad (2)$$

Определяем расчётную активную, реактивную, полную мощности и расчётный ток по формулам:

$$P_P = k_C \cdot P_H, \quad (3)$$

$$Q_P = k_C \cdot Q_H, \quad (4)$$

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2}, \quad (5)$$

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} U_H}. \quad (6)$$

Внесём полученные результаты в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Ведомость нагрузок на технологические нужды цеха логистики

| Группа | Sn,<br>кВА | Pн,<br>кВт | Qн,<br>квар | Kc   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт | Qp,<br>квар | Ip, А |
|--------|------------|------------|-------------|------|------|------------|------------|-------------|-------|
| ВРУ1   | 31,81      | 24         | 20,88       | 0,75 | 0,82 | 23,86      | 18         | 15,66       | 34,48 |
| 6СЦ    | 38,68      | 28,44      | 26,22       | 0,64 | 0,74 | 24,75      | 18,2       | 16,78       | 35,77 |
| 7СЦ    | 38,68      | 28,44      | 26,22       | 0,64 | 0,74 | 24,75      | 18,2       | 16,78       | 35,77 |
| 10СЦ   | 25,74      | 20         | 16,20       | 0,75 | 0,78 | 19,3       | 15         | 12,15       | 27,9  |
| 11СЦ   | 19,98      | 17,5       | 9,63        | 0,6  | 0,87 | 11,99      | 10,5       | 5,78        | 17,32 |
| 4СЦВ   | 23,26      | 17,81      | 14,96       | 0,7  | 0,76 | 16,28      | 12,47      | 10,47       | 23,53 |
| 1СЦВ   | 11,34      | 8,94       | 6,97        | 0,66 | 0,79 | 7,48       | 5,9        | 4,6         | 10,81 |
| 2СЦВ   | 9,46       | 7,25       | 6,09        | 0,69 | 0,76 | 6,53       | 5          | 4,2         | 9,44  |
| 3СЦВ   | 15,74      | 12,14      | 10,01       | 0,7  | 0,77 | 11,02      | 8,5        | 7,01        | 15,92 |
| 1СЦК   | 59,63      | 50         | 32,5        | 0,5  | 0,87 | 29,82      | 25         | 16,25       | 43,09 |
| ВРУ2   | 31,81      | 24         | 20,88       | 0,75 | 0,82 | 23,86      | 18         | 15,66       | 34,48 |
| 3СЦ    | 21,11      | 18,6       | 9,99        | 0,7  | 0,88 | 14,76      | 13         | 6,98        | 21,7  |
| 4СЦ    | 42,49      | 32,05      | 27,89       | 0,55 | 0,75 | 23,37      | 17,63      | 15,34       | 33,77 |
| 5СЦ    | 28,34      | 19         | 21,03       | 0,65 | 0,67 | 18,5       | 12,4       | 13,72       | 27,2  |
| 8СЦ    | 38,57      | 28,36      | 26,14       | 0,64 | 0,74 | 24,75      | 18,2       | 16,78       | 36,4  |
| 9СЦ    | 63,65      | 46,8       | 43,14       | 0,6  | 0,74 | 38,22      | 28,1       | 25,9        | 56,2  |
| 2СЦК   | 59,63      | 50         | 32,5        | 0,5  | 0,83 | 29,82      | 25         | 16,25       | 43,09 |

Данные по номинальной мощности, коэффициенту спроса и коэффициенту мощности цеха сварки занесём в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Группы электроприёмников цеха сварки

| Потребители                           | Группа          | $P_n$ , кВт | $\cos\varphi$ | $k_c$ |
|---------------------------------------|-----------------|-------------|---------------|-------|
| Пароувлажнитель                       | Пароувлажнитель | 243,85      | 0,92          | 0,65  |
| Блоки с розетками                     | РП1             | 592         | 0,74          | 0,5   |
| Двигатели приточной и вытяжной систем | 3СЦП            | 224,25      | 0,77          | 0,8   |
| Блоки с розетками                     | РП2             | 256         | 0,74          | 0,5   |
| Щит распределительный                 | 6СЦ             | 86,15       | 0,62          | 0,54  |
| Щит распределительный                 | 3СЦ             | 135,88      | 0,80          | 0,8   |
| Щит распределительный                 | 1СЦП            | 5,09        | 0,77          | 0,55  |
| Щит распределительный                 | 1ЩВ             | 9,63        | 0,77          | 0,8   |
| Щит распределительный                 | 2ЩВ             | 8,25        | 0,92          | 0,8   |
| Щит распределительный                 | 1ЩПК            | 22,86       | 0,76          | 0,7   |
| Щит распределительный                 | 7СЦ             | 16,2        | 0,78          | 0,79  |
| РП для офисов                         | 1ПР             | 213,09      | 0,68          | 0,55  |
| РП для офисов                         | 2ПР             | 69,19       | 0,78          | 0,74  |
| Двигатели приточной и вытяжной систем | 4СЦП            | 224,25      | 0,77          | 0,8   |
| Блоки с розетками                     | РП3             | 256         | 0,74          | 0,5   |
| Щит распределительный                 | 2СЦ             | 7,92        | 0,45          | 0,77  |
| Щит распределительный                 | 5СЦ             | 34,39       | 0,54          | 0,57  |
| Щит распределительный                 | 9СЦ             | 57,89       | 0,81          | 0,57  |
| Двигатели приточной и вытяжной систем | 5СЦП            | 100,75      | 0,87          | 0,8   |
| Контрольно-измерительная установка    | КИУ             | 200         | 0,51          | 0,7   |
| Щит распределительный                 | 4СЦ             | 97,06       | 0,78          | 0,68  |
| Блоки с розетками                     | РП4             | 1032        | 0,74          | 0,5   |

Наибольшую нагрузку цеха сварки составляет оборудование технологических зон. Для их электроснабжения целесообразно использование шинпровода, вместо кабельных линий, так как оборудование располагается на небольших территориях рядом друг с другом. Цех условно можно разделить на 2 части и запитывать каждую отдельной магистралью.

Определяем реактивную и полную мощности, а так же расчётную активную, реактивную, полную мощности и расчётный ток. Полученные результаты вносим в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Ведомость нагрузок на технологические нужды цеха сварки

| Группа          | Sn,<br>кВА | Pн,<br>кВт | Qн,<br>квар | Kс   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт | Qp,<br>квар | Ip,<br>А |
|-----------------|------------|------------|-------------|------|------|------------|------------|-------------|----------|
| Пароувлажнитель | 265,05     | 243,85     | 103,88      | 0,65 | 0,92 | 172,28     | 158,5      | 67,5        | 248      |
| РП1             | 800        | 592        | 538,09      | 0,5  | 0,74 | 400        | 296        | 269,0       | 578      |
| 3СЦП            | 291,23     | 224,25     | 185,82      | 0,8  | 0,77 | 232,99     | 179,4      | 148,6       | 336      |
| РП2             | 345,95     | 256        | 232,69      | 0,5  | 0,74 | 172,97     | 128        | 116,3       | 249      |
| 6СЦ             | 138,95     | 86,15      | 109,02      | 0,54 | 0,62 | 75,03      | 46,52      | 58,8        | 108      |
| 3СЦ             | 169,84     | 135,88     | 101,91      | 0,8  | 0,80 | 135,88     | 108,7      | 81,5        | 196      |
| 1СЦП            | 6,61       | 5,09       | 4,22        | 0,55 | 0,77 | 3,64       | 2,8        | 2,3         | 5        |
| 1ЩВ             | 12,5       | 9,63       | 7,98        | 0,8  | 0,77 | 10         | 7,7        | 6,3         | 14       |
| 2ЩВ             | 8,97       | 8,25       | 3,51        | 0,8  | 0,92 | 7,17       | 6,6        | 2,8         | 10       |
| 1ЩПК            | 30,08      | 22,86      | 19,55       | 0,7  | 0,76 | 21,05      | 16         | 13,6        | 30       |
| 7СЦ             | 20,77      | 16,2       | 13          | 0,79 | 0,78 | 16,41      | 12,8       | 10,2        | 23       |
| 1ПР             | 313,37     | 213,09     | 229,77      | 0,55 | 0,68 | 172,35     | 117,2      | 126,3       | 249      |
| 2ПР             | 88,7       | 69,19      | 55,51       | 0,74 | 0,78 | 65,64      | 51,2       | 41          | 94       |
| 4СЦП            | 291,23     | 224,25     | 185,82      | 0,8  | 0,77 | 232,99     | 179,4      | 148,6       | 336      |
| РП3             | 345,95     | 256        | 232,69      | 0,5  | 0,74 | 172,97     | 128        | 116,3       | 249      |
| 2СЦ             | 17,6       | 7,92       | 15,72       | 0,77 | 0,45 | 13,56      | 6,1        | 12,1        | 19       |
| 5СЦ             | 63,68      | 34,39      | 53,60       | 0,57 | 0,54 | 36,3       | 19,6       | 30,5        | 52       |
| 9СЦ             | 71,47      | 57,89      | 41,92       | 0,57 | 0,81 | 40,74      | 33         | 23,8        | 58       |
| 5СЦП            | 115,8      | 100,75     | 57,1        | 0,8  | 0,87 | 92,64      | 80,6       | 45,6        | 133      |
| КИУ             | 392,16     | 200        | 337,32      | 0,7  | 0,51 | 274,51     | 140        | 236,1       | 396      |
| 4СЦ             | 124,43     | 97,06      | 77,87       | 0,68 | 0,78 | 84,62      | 66         | 52,9        | 122      |
| РП4             | 1394,59    | 1032       | 938,01      | 0,5  | 0,74 | 697,3      | 516        | 469,0       | 1007     |

Данные по номинальной мощности, коэффициенту спроса и коэффициенту мощности цеха окраски занесём в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Группы электроприёмников цеха окраски

| Потребители                 | Группа          | Pн, кВт | cosφ | Kс   |
|-----------------------------|-----------------|---------|------|------|
| Блоки с розетками           | РП1             | 510     | 0,74 | 0,5  |
| Грузовой подъемник          | T5              | 31      | 0,8  | 0,4  |
| Блоки с розетками           | РП2             | 772     | 0,74 | 0,5  |
| РП для офисов               | 1ПР             | 54,26   | 0,85 | 0,61 |
| Пароувлажнитель             | Пароувлажнитель | 254,91  | 0,64 | 0,65 |
| Вентиляционная система      | 2СЦВ            | 6,3     | 0,79 | 1    |
| Вентиляционная система      | 2ПР             | 6,75    | 0,78 | 0,8  |
| Противопожарные потребители | ПЦ              | 32,27   | 0,84 | 0,33 |
| Блоки с розетками           | РП3             | 1468    | 0,74 | 0,5  |
| Блоки с розетками           | РП4             | 1664    | 0,74 | 0,5  |
| Приточная вентиляция        | 2СЦП            | 11,75   | 0,78 | 0,8  |
| Вытяжная вентиляция         | 3СЦВ            | 17,29   | 0,77 | 0,7  |
| Щит распределительный       | 6СЦ             | 70,12   | 0,77 | 0,66 |
| Компьютеры                  | 1СЦК            | 11      | 0,63 | 0,9  |
| Пароувлажнитель             | 3ПР             | 165,69  | 0,92 | 1    |

Продолжение таблицы 1.5

|                                      |     |       |      |      |
|--------------------------------------|-----|-------|------|------|
| Противопожарные потреб. и вентиляция | 4ПР | 46,82 | 0,79 | 0,22 |
| Блоки с розетками                    | РП5 | 984   | 0,74 | 0,5  |
| Щит распределительный                | 2СЦ | 15,75 | 0,78 | 0,8  |
| Щит распределительный                | 3СЦ | 33,86 | 0,89 | 0,7  |
| Компьютеры                           | СЦК | 37    | 0,63 | 0,8  |
| Щит распределительный                | 4СЦ | 42,43 | 0,77 | 0,7  |
| Щит распределительный                | 5СЦ | 80    | 0,74 | 0,7  |

Наибольшую нагрузку цеха окраски составляет оборудование технологических зон. Для их электроснабжения целесообразно использование шинпровода, вместо кабельных линий, так как оборудование располагается на небольших территориях рядом друг с другом. Потребителей можно запитывать магистральными шинпроводами, протягивающимися по всей длине цеха.

Определяем реактивную и полную мощности, а так же расчётную активную, реактивную, полную мощности и расчётный ток. Полученные результаты вносим в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – Ведомость нагрузок на технологические нужды цеха окраски

| Группа | Sн, кВА | Pн, кВт | Qн, квар | Kс   | cosφ | Sр, кВА | Pр, кВт | Qр, квар | Iр, А |
|--------|---------|---------|----------|------|------|---------|---------|----------|-------|
| РП1    | 689,19  | 510     | 463,55   | 0,5  | 0,74 | 344,59  | 255     | 231,78   | 497   |
| T5     | 38,75   | 31      | 23,25    | 0,4  | 0,80 | 15,5    | 12,4    | 9,3      | 22    |
| РП2    | 1043,24 | 772     | 701,69   | 0,5  | 0,74 | 521,62  | 386     | 350,85   | 753   |
| 1ПР    | 63,84   | 54,26   | 33,63    | 0,61 | 0,85 | 38,94   | 33,1    | 20,51    | 56    |
| Пар.   | 398,29  | 254,91  | 306,04   | 0,65 | 0,64 | 258,89  | 165,6   | 198,93   | 374   |
| 2СЦВ   | 7,97    | 6,3     | 4,89     | 1    | 0,79 | 7,97    | 6,3     | 4,89     | 11    |
| 2ПР    | 8,65    | 6,75    | 5,42     | 0,8  | 0,78 | 6,92    | 5,4     | 4,33     | 10    |
| ПЦ     | 38,42   | 32,27   | 20,85    | 0,33 | 0,84 | 12,68   | 10,65   | 6,88     | 18    |
| РП3    | 1983,78 | 1468    | 1334,3   | 0,5  | 0,74 | 991,89  | 734     | 667,15   | 1433  |
| РП4    | 2248,65 | 1664    | 1512,4   | 0,5  | 0,74 | 1124,3  | 832     | 756,23   | 1624  |
| 2СЦП   | 15,06   | 11,75   | 9,43     | 0,8  | 0,78 | 12,05   | 9,4     | 7,54     | 17    |
| 3СЦВ   | 22,45   | 17,29   | 14,32    | 0,7  | 0,77 | 15,71   | 12,1    | 10,03    | 22    |
| 6СЦ    | 91,07   | 70,12   | 58,1     | 0,66 | 0,77 | 60,1    | 46,28   | 38,35    | 86    |
| 1СЦК   | 17,46   | 11      | 13,56    | 0,9  | 0,63 | 15,71   | 9,9     | 12,2     | 22    |
| 3ПР    | 180,1   | 165,69  | 70,58    | 1    | 0,92 | 180,1   | 165,6   | 70,58    | 260   |
| 4ПР    | 59,26   | 46,82   | 36,33    | 0,22 | 0,79 | 13,04   | 10,3    | 7,99     | 18    |
| РП5    | 1329,73 | 984     | 894,39   | 0,5  | 0,74 | 664,86  | 492     | 447,19   | 960   |
| 2СЦ    | 20,19   | 15,75   | 12,64    | 0,8  | 0,78 | 16,15   | 12,6    | 10,11    | 23    |

Продолжение таблицы 1.6

|     |        |       |       |     |      |       |      |       |     |
|-----|--------|-------|-------|-----|------|-------|------|-------|-----|
| 3СЩ | 38,04  | 33,86 | 17,35 | 0,7 | 0,89 | 26,63 | 23,7 | 12,14 | 38  |
| СЩК | 58,73  | 37    | 45,61 | 0,8 | 0,63 | 46,98 | 29,6 | 36,49 | 67  |
| 4СЩ | 55,1   | 42,43 | 35,16 | 0,7 | 0,77 | 38,57 | 29,7 | 24,61 | 55  |
| 5СЩ | 108,11 | 80    | 72,71 | 0,7 | 0,74 | 75,68 | 56   | 50,9  | 109 |

Данные по номинальной мощности, коэффициенту спроса и коэффициенту мощности энергетического центра занесём в таблицу 1.7.

Таблица 1.7 – Группы электроприёмников энергетического центра

| Потребители                 | Группа    | $P_H$ , кВт | $\cos\varphi$ | $k_C$ |
|-----------------------------|-----------|-------------|---------------|-------|
| Чиллер                      | Ч. N1     | 419         | 0,67          | 0,75  |
| Щит распределительный       | 5СЩ       | 132         | 0,77          | 0,7   |
| Приточная вентиляция        | 1СЩП      | 116,11      | 0,77          | 0,9   |
| Насосная станция            | 1Н-ШУ     | 202,78      | 0,77          | 0,72  |
| Насосная станция            | 2ШУ       | 80          | 0,77          | 1     |
| Компрессор                  | К1.1      | 120         | 0,91          | 1     |
| Компрессор                  | К1.3      | 120         | 0,91          | 1     |
| Компрессор                  | К2.2      | 75          | 0,82          | 1     |
| Чиллер                      | Ч. N2     | 419         | 0,67          | 0,75  |
| Щит распределительный       | 1СЩ       | 35          | 0,94          | 0,8   |
| Щит распределительный       | 2СЩ       | 22,17       | 0,77          | 0,83  |
| Щит распределительный       | 3СЩ       | 10,96       | 0,77          | 0,83  |
| Щит распределительный       | 4СЩ       | 4,25        | 0,72          | 0,73  |
| Приточная вентиляция        | 2СЩП      | 195,56      | 0,77          | 0,9   |
| Компрессор                  | К2.1      | 75          | 0,82          | 1     |
| Компрессор                  | К1.2      | 220         | 0,91          | 1     |
| Насосная станция            | 1Н.2-ШУ   | 99,3        | 0,77          | 1     |
| Вытяжная вентиляция         | 1СЩВ      | 40,17       | 0,77          | 0,6   |
| Чиллер                      | Ч. N3     | 419         | 0,67          | 0,75  |
| Чиллер                      | Ч. N4     | 419         | 0,67          | 0,75  |
| Котельная                   | Котельная | 272,73      | 0,88          | 0,88  |
| Чиллер                      | Ч. N5     | 254,71      | 0,67          | 0,75  |
| Чиллер                      | Ч. N6     | 254,71      | 0,67          | 0,75  |
| Котельная                   | Котельная | 272,73      | 0,65          | 0,88  |
| Противопожарные потребители | 1ПЩН1     | 17,27       | 0,75          | 0,11  |

Нагрузка энергетического центра преимущественно состоит из отдельных электропотребителей: компрессоры, чиллеры. Так же большую нагрузку составляют РП насосных станций, вентиляции и котельные. Для их электроснабжения целесообразно использование шинпровода, вместо кабельных линий, так как оборудование потребляет большие токи.

Определяем реактивную и полную мощности, а так же расчётную активную, реактивную, полную мощности и расчётный ток. Полученные результаты вносим в таблицу 1.8.

Таблица 1.8 – Ведомость нагрузок на технологические нужды энергетического центра

| Группа    | S <sub>n</sub> ,<br>кВА | P <sub>n</sub> ,<br>кВт | Q <sub>n</sub> ,<br>квар | K <sub>c</sub> | cosφ | S <sub>p</sub> ,<br>кВА | P <sub>p</sub> ,<br>кВт | Q <sub>p</sub> ,<br>квар | I <sub>p</sub> ,<br>А |
|-----------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Ч. N1     | 625,37                  | 419                     | 464,25                   | 0,75           | 0,67 | 469,03                  | 314,25                  | 348,19                   | 677                   |
| 5СЦ       | 171,43                  | 132                     | 109,38                   | 0,7            | 0,77 | 120                     | 92,4                    | 76,57                    | 173                   |
| 1СЦП      | 150,79                  | 116,11                  | 96,21                    | 0,9            | 0,77 | 135,71                  | 104,5                   | 86,59                    | 196                   |
| 1Н-ШУ     | 263,35                  | 202,78                  | 168,03                   | 0,72           | 0,77 | 189,61                  | 146                     | 120,98                   | 274                   |
| 2ШУ       | 103,9                   | 80                      | 66,29                    | 1              | 0,77 | 103,9                   | 80                      | 66,29                    | 150                   |
| K1.1      | 131,87                  | 120                     | 54,67                    | 1              | 0,91 | 131,87                  | 120                     | 54,67                    | 190                   |
| K1.3      | 131,87                  | 120                     | 54,67                    | 1              | 0,91 | 131,87                  | 120                     | 54,67                    | 190                   |
| K2.2      | 91,46                   | 75                      | 52,35                    | 1              | 0,82 | 91,46                   | 75                      | 52,35                    | 132                   |
| Ч. N2     | 625,37                  | 419                     | 464,25                   | 0,75           | 0,67 | 469,03                  | 314,25                  | 348,19                   | 677                   |
| 1СЦ       | 37,23                   | 35                      | 12,7                     | 0,8            | 0,94 | 29,79                   | 28                      | 10,16                    | 43                    |
| 2СЦ       | 28,79                   | 22,17                   | 18,37                    | 0,83           | 0,77 | 23,90                   | 18,4                    | 15,25                    | 34                    |
| 3СЦ       | 14,24                   | 10,96                   | 9,08                     | 0,83           | 0,77 | 11,82                   | 9,1                     | 7,54                     | 17                    |
| 4СЦ       | 5,9                     | 4,25                    | 4,09                     | 0,73           | 0,72 | 4,31                    | 3,1                     | 2,99                     | 6                     |
| 2СЦП      | 253,97                  | 195,56                  | 162,04                   | 0,9            | 0,77 | 228,57                  | 176                     | 145,84                   | 330                   |
| K2.1      | 91,46                   | 75                      | 52,35                    | 1              | 0,82 | 91,46                   | 75                      | 52,35                    | 132                   |
| K1.2      | 241,76                  | 220                     | 100,23                   | 1              | 0,91 | 241,76                  | 220                     | 100,23                   | 349                   |
| 1Н.2-ШУ   | 128,96                  | 99,3                    | 82,28                    | 1              | 0,77 | 128,96                  | 99,3                    | 82,28                    | 186                   |
| 1СЦВ      | 52,16                   | 40,17                   | 33,28                    | 0,6            | 0,77 | 31,30                   | 24,1                    | 19,97                    | 45                    |
| Ч. N3     | 625,37                  | 419                     | 464,25                   | 0,75           | 0,67 | 469,03                  | 314,25                  | 348,19                   | 677                   |
| Ч. N4     | 625,37                  | 419                     | 464,25                   | 0,75           | 0,67 | 469,03                  | 314,25                  | 348,19                   | 677                   |
| Котельная | 309,92                  | 272,73                  | 147,2                    | 0,88           | 0,88 | 272,73                  | 240                     | 129,54                   | 394                   |
| Ч. N5     | 380,16                  | 254,71                  | 282,22                   | 0,75           | 0,67 | 285,12                  | 191,03                  | 211,66                   | 412                   |
| Ч. N6     | 380,16                  | 254,71                  | 282,22                   | 0,75           | 0,67 | 285,12                  | 191,03                  | 211,66                   | 412                   |
| Котельная | 419,58                  | 272,73                  | 318,85                   | 0,88           | 0,65 | 369,23                  | 240                     | 280,59                   | 533                   |
| 1ПЦН1     | 23,03                   | 17,27                   | 15,23                    | 0,11           | 0,75 | 2,53                    | 1,9                     | 1,68                     | 3,6                   |

### 1.3 Расчёт потребления электроэнергии на освещение

Освещение завода выполнено люминесцентными светильниками производства ЕАЕ и LEDEL. Для упрощения расчётов объединим помещения с одинаковой высотой потолков, окраской и требуемой освещённостью. Осветительная нагрузка распределена по щитам освещения, которые

запыхивают определённые помещения. Рабочую поверхность считаем равной 0,8м для всего завода.

Исходные данные для расчёта количества светильников и осветительной нагрузки цеха логистики внесены в таблицу 1.9.

Таблица 1.9 – Помещения цеха логистики

| Помещение                      | Щит                 | Площадь S, м <sup>2</sup> | Высота помещения h, м | Требуемая освещенность E, лк |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Офисные помещения, 1эт         | ЩО1                 | 700                       | 3,2                   | 500                          |
| Кладовые и тех. помещения, 1эт | ЩО1                 | 215                       | 3,2                   | 50                           |
| Офисные помещения, 2эт         | ЩО2                 | 765                       | 3,2                   | 500                          |
| Кладовые и тех. помещения, 2эт | ЩО2                 | 150                       | 3,2                   | 50                           |
| Кладовые, 3 эт.                | ЩО3                 | 50                        | 3,2                   | 200                          |
| Вент. камеры, 3 эт.            | ЩО3                 | 100                       | 3,2                   | 50                           |
| Офисные помещения, 3эт         | ЩО3                 | 765                       | 3,2                   | 500                          |
| Склад                          | ЩО4,<br>ЩО5,<br>ЩО6 | 5947                      | 13,5                  | 500                          |

Коэффициент запаса помещений, с низкой запылённостью и отсутствием щелочей равен 1,2. Определим индекс помещения по формуле:

$$\varphi = \frac{S}{(h_1 - h_2) \cdot (a + b)}. \quad (7)$$

Коэффициент использования светильников определяется по справочным таблицам в зависимости от индекса помещения и окраски стен, пола и потолка.

Количество светильников, для удовлетворения требования освещённости найдём по формуле:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{U \cdot \Phi}. \quad (8)$$

Полученные результаты внесём в таблицу 1.10.



Таблица 1.10 – Результаты расчёта количества светильников

| Помещение                               | S,<br>м <sup>2</sup> | E,<br>лк | Индекс<br>помещения<br>φ | Коэф.<br>исп.<br>U | Коэф.<br>запаса<br>Kз | Свет-ник                | Световой<br>поток Φ,<br>лм | Кол<br>-во<br>N |
|---|----------------------|----------|--------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|
| Офисные<br>помещения,<br>1эт            | 700                  | 500      | 3,65                     | 0,54               | 1,2                   | PTF/R414                | 4800                       | 163             |
| Кладовые и<br>тех.<br>помещения,<br>1эт | 215                  | 50       | 2,84                     | 0,46               | 1,2                   | ALS.OPL<br>235          | 3300                       | 9               |
| Офисные<br>помещения,<br>2эт            | 765                  | 500      | 3,68                     | 0,54               | 1,2                   | PTF/R414                | 4800                       | 178             |
| Кладовые и<br>тех.<br>помещения,<br>2эт | 150                  | 50       | 2,5                      | 0,46               | 1,2                   | ALS.OPL<br>235          | 3300                       | 6               |
| Кладовые, 3<br>эт.                      | 50                   | 200      | 1,39                     | 0,39               | 1,2                   | PTF/R414                | 4800                       | 7               |
| Вент.<br>камеры, 3<br>эт.               | 100                  | 50       | 2,08                     | 0,44               | 1,2                   | ALS.OPL<br>235          | 3300                       | 5               |
| Офисные<br>помещения,<br>3эт            | 765                  | 500      | 3,68                     | 0,54               | 1,2                   | PTF/R414                | 4800                       | 178             |
| Склад                                   | 5947                 | 500      | 2,99                     | 0,51               | 1,2                   | MN2<br>6TL554U<br>SP/PM | 26700                      | 263             |

Рассчитаем потребляемую мощность на осветительную нагрузку цеха логистики по формулам:

$$P = P_1 \cdot N, \quad (9)$$

$$Q = P \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi}. \quad (10)$$

Полученные результаты внесём в таблицу 1.11.

Таблица 1.11 – Ведомость осветительных нагрузок цеха логистики

| Щит          | Светильник     | Мощность<br>P <sub>1</sub> , Вт | cosφ | Кол-во N | Общая<br>мощность<br>P, Вт | Общая<br>мощность<br>Q, вар |
|--------------|----------------|---------------------------------|------|----------|----------------------------|-----------------------------|
| ЩО1          | PTF/R414       | 56                              | 0,96 | 163      | 9128                       | 2738,4                      |
| ЩО1          | ALS.OPL<br>235 | 70                              | 0,96 | 9        | 630                        | 189                         |
| <b>ИТОГО</b> |                |                                 |      |          | <b>9758</b>                | <b>2927,4</b>               |

Продолжение таблицы 1.11

|                            |                         |     |      |     |              |               |
|----------------------------|-------------------------|-----|------|-----|--------------|---------------|
| ЩО2                        | PTF/R414                | 56  | 0,96 | 178 | 9968         | 2990,4        |
| ЩО2                        | ALS.OPL<br>235          | 70  | 0,96 | 6   | 420          | 126           |
| <b>ИТОГО</b>               |                         |     |      |     | <b>10388</b> | <b>3116,4</b> |
| ЩО3                        | PTF/R414                | 56  | 0,96 | 7   | 392          | 117,6         |
| ЩО3                        | ALS.OPL<br>235          | 70  | 0,96 | 5   | 350          | 105           |
| ЩО3                        | PTF/R414                | 56  | 0,96 | 178 | 9968         | 2990,4        |
| <b>ИТОГО</b>               |                         |     |      |     | <b>10710</b> | <b>3213</b>   |
| ЩО4,<br>ЩО5,<br>ЩО6        | MN2<br>6TL554U<br>SP/PM | 324 | 0,96 | 263 | 85212        | 25563,6       |
| <b>ИТОГО на каждый щит</b> |                         |     |      |     | <b>28404</b> | <b>8521,2</b> |

Расчёты показывают, что использование люминесцентных светильников с низким световым потоком приводит к увеличению количества светильников и большому потреблению мощности. Это особенно заметно на участках с большой площадью и высокими потолками, где требуется наибольшая мощность светильников. Так, нагрузка на освещение склада является наибольшей во всём цехе. Замена люминесцентных светильников светодиодными будет наилучшим решением для уменьшения потребления электроэнергии.

Так же стоит учитывать замену и утилизацию люминесцентных ламп.

Исходные данные для расчёта количества светильников и осветительной нагрузки цеха сварки внесены в таблицу 1.12.

Таблица 1.12 – Помещения цеха сварки

| Помещение                      | Щит         | Площадь<br>S, м <sup>2</sup> | Высота помещения<br>h, м | Требуемая<br>освещенность E,<br>лк |
|--------------------------------|-------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Офисные помещения, 1эт.        | ЩО1         | 515                          | 3,2                      | 500                                |
| Гардеробы, 1 эт.               | ЩО1         | 400                          | 3,2                      | 200                                |
| Кладовые и тех. помещения, 1эт | ЩО1         | 300                          | 3,2                      | 100                                |
| Адм. помещения, 2 эт.          | ЩО2         | 1215                         | 3,2                      | 500                                |
| Зона ремонта                   | ЩО3         | 570                          | 5,5                      | 200                                |
| КИМ                            | ЩО3         | 450                          | 8,3                      | 1000                               |
| Основное произв.помещение      | ЩО4,<br>ЩО5 | 21870                        | 23                       | 500                                |

Коэффициент запаса помещений, с низкой запылённостью и отсутствием щелочей равен 1,2. В зоне ремонта, контрольно-измерительных механизмов и основном производственном помещении он равен 1,8. Определим индекс помещения, коэффициент использования светильников и количество светильников. Полученные результаты внесём в таблицу 1.13.

Таблица 1.13 – Результаты расчёта количества светильников

| Помещение                      | S, м <sup>2</sup> | E, лк | Индекс помещения φ | Коэф. исп. U | Коэф. запаса Kз | Свет-ник                | Световой поток Φ, лм | Кол-во N |
|--------------------------------|-------------------|-------|--------------------|--------------|-----------------|-------------------------|----------------------|----------|
| Офисные помещения, 1эт         | 515               | 500   | 3,49               | 0,54         | 1,2             | PTF/R414                | 4800                 | 120      |
| Гардеробы, 1 эт                | 400               | 200   | 3,33               | 0,53         | 1,2             | PTF/R414                | 4800                 | 38       |
| Кладовые и тех. помещения, 1эт | 300               | 100   | 3,13               | 0,53         | 1,2             | ALS.OPL 235             | 3300                 | 21       |
| Адм. помещения, 2 эт           | 1215              | 500   | 3,85               | 0,54         | 1,2             | PTF/R414                | 4800                 | 282      |
| Зона ремонта                   | 570               | 200   | 2,29               | 0,46         | 1,8             | ALS.OPL 235             | 3300                 | 136      |
| КИМ                            | 450               | 1000  | 1,33               | 0,39         | 1,8             | PTF/R414                | 4800                 | 433      |
| Осн. произв. помещение         | 21870             | 500   | 3,27               | 0,51         | 1,8             | MN2<br>6TL580U<br>SP/PM | 40000                | 965      |

Рассчитаем потребляемую мощность на осветительную нагрузку цеха сварки, полученные результаты внесём в таблицу 1.14.

Таблица 1.14 – Ведомость осветительных нагрузок цеха сварки

| Щит          | Светильник  | Мощность P <sub>1</sub> , Вт | cosφ | Кол-во N | Общая мощность P, Вт | Общая мощность Q, вар |
|--------------|-------------|------------------------------|------|----------|----------------------|-----------------------|
| ЩО1          | PTF/R414    | 56                           | 0,96 | 120      | 6720                 | 2016                  |
| ЩО1          | PTF/R414    | 56                           | 0,96 | 38       | 2128                 | 638,4                 |
| ЩО1          | ALS.OPL 235 | 70                           | 0,96 | 21       | 1470                 | 441                   |
| <b>ИТОГО</b> |             |                              |      |          | <b>10318</b>         | <b>3095,4</b>         |

Продолжение таблицы 1.14

|                            |                         |     |      |     |               |                |
|----------------------------|-------------------------|-----|------|-----|---------------|----------------|
| ЩО2                        | PTF/R414                | 56  | 0,96 | 282 | <b>15792</b>  | <b>4737,6</b>  |
| ЩО3                        | ALS.OPL<br>235          | 70  | 0,96 | 136 | 9520          | 2856           |
| ЩО3                        | PTF/R414                | 56  | 0,96 | 433 | 24248         | 7274,4         |
| <b>ИТОГО</b>               |                         |     |      |     | <b>33768</b>  | <b>10130,4</b> |
| ЩО4,<br>ЩО5                | MN2<br>6TL580U<br>SP/PM | 480 | 0,96 | 965 | 468504        | 140551,2       |
| <b>ИТОГО на каждый щит</b> |                         |     |      |     | <b>234252</b> | <b>70275,6</b> |

Расчёты показывают, что использование люминесцентных светильников с низким световым потоком приводит к увеличению количества светильников и большому потреблению мощности. Это особенно заметно на участках с большой площадью и высокими потолками, где требуется наибольшая мощность светильников. Так, нагрузка на освещение основного производственного помещения является наибольшей во всём цехе. Замена люминесцентных светильников светодиодными будет наилучшим решением для уменьшения потребления электроэнергии.

Так же стоит учитывать замену и утилизацию люминесцентных ламп.

Исходные данные для расчёта количества светильников и осветительной нагрузки цеха окраски внесены в таблицу 1.15.

Таблица 1.15 – Помещения цеха окраски

| Помещение                    | Щит         | Площадь<br>S, м <sup>2</sup> | Высота помещения<br>h, м | Требуемая<br>освещенность E,<br>лк |
|------------------------------|-------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Помещение<br>покраски        | ЩО1,<br>ЩО2 | 11880                        | 23                       | 300                                |
| Помещение сборки             | ЩО1         | 324                          | 8                        | 200                                |
| Офисные<br>помещения, 2эт    | ЩО3         | 216                          | 3,2                      | 100                                |
| Гардеробы, 2эт               | ЩО3         | 54                           | 3,2                      | 500                                |
| Кладовые и тех.<br>помещения | ЩО3         | 480                          | 5,5                      | 200                                |

Коэффициент запаса помещений, с низкой запылённостью и отсутствием щелочей равен 1,2. В помещении покраски и помещении сборки

он равен 1,8. Определим индекс помещения, коэффициент использования светильников и количество светильников.

Полученные результаты внесём в таблицу 1.16.

Таблица 1.16 – Результаты расчёта количества светильников

| Помещение                 | S, м <sup>2</sup> | E, лк | Индекс помещения φ | Кэф. исп. U | Кэф. запаса Кз | Свет-ник                | Световой поток Ф, лм | Кол -во N |
|---------------------------|-------------------|-------|--------------------|-------------|----------------|-------------------------|----------------------|-----------|
| Помещение покраски        | 11880             | 300   | 2,18               | 0,48        | 1,8            | MN2<br>4TL580U<br>SP/PM | 26300                | 509       |
| Помещение сборки          | 324               | 200   | 1,15               | 0,39        | 1,8            | MN2<br>2TL554U<br>SP/PM | 8900                 | 34        |
| Офисные помещения, 2эт    | 216               | 100   | 3                  | 0,51        | 1,2            | PTF/R414                | 4800                 | 11        |
| Гардеробы, 2эт            | 54                | 500   | 1,5                | 0,46        | 1,2            | PTF/R414                | 4800                 | 15        |
| Кладовые и тех. помещения | 480               | 200   | 1,96               | 0,44        | 1,2            | ALS.OPL<br>235          | 3300                 | 80        |

Рассчитаем потребляемую мощность на осветительную нагрузку цеха окраски, полученные результаты внесём в таблицу 1.17.

Таблица 1.17 – Ведомость осветительных нагрузок цеха окраски

| Щит              | Светильник              | Мощность P <sub>1</sub> , Вт | cosφ | Кол-во N | Общая мощность P, Вт | Общая мощность Q, вар |
|------------------|-------------------------|------------------------------|------|----------|----------------------|-----------------------|
| ЩО1,<br>ЩО2      | MN2<br>4TL580U<br>SP/PM | 320                          | 0,96 | 509      | 162880               | 48864                 |
| ЩО1              | MN2<br>2TL554U<br>SP/PM | 108                          | 0,96 | 34       | 3672                 | 1101,6                |
| <b>ИТОГО ЩО1</b> |                         |                              |      |          | <b>85112</b>         | <b>25533,6</b>        |
| <b>ИТОГО ЩО2</b> |                         |                              |      |          | <b>81440</b>         | <b>24432</b>          |
| ЩО3              | PTF/R414                | 56                           | 0,96 | 11       | 616                  | 184,8                 |
| ЩО3              | PTF/R414                | 56                           | 0,96 | 15       | 840                  | 252                   |
| ЩО3              | ALS.OPL<br>235          | 70                           | 0,96 | 80       | 5600                 | 1680                  |
| <b>ИТОГО</b>     |                         |                              |      |          | <b>7056</b>          | <b>2116,8</b>         |

Расчёты показывают, что использование люминесцентных светильников с низким световым потоком приводит к увеличению количества светильников и большому потреблению мощности. Это особенно заметно на участках с большой площадью и высокими потолками, где требуется наибольшая мощность светильников. Так, нагрузка на освещение основного производственного помещения является наибольшей во всём цехе. Замена люминесцентных светильников светодиодными будет наилучшим решением для уменьшения потребления электроэнергии.

Так же стоит учитывать замену и утилизацию люминесцентных ламп.

Исходные данные для расчёта количества светильников и осветительной нагрузки энергетического центра внесены в таблицу 1.18.

Таблица 1.18 – Помещения энергетического центра

| Помещение        | Щит | Площадь<br>$S, \text{ м}^2$ | Высота помещения<br>$h, \text{ м}$ | Требуемая<br>освещенность $E,$<br>лк |
|------------------|-----|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Тех. помещения   | ЩО1 | 1140                        | 9                                  | 100                                  |
| Венткамера, 1 эт | ЩО1 | 660                         | 9                                  | 75                                   |
| Венткамера, 2 эт | ЩО1 | 660                         | 9                                  | 75                                   |

Коэффициент запаса помещений, с низкой запылённостью и отсутствием щелочей равен 1,2. Определим индекс помещения, коэффициент использования светильников и количество светильников. Полученные результаты внесём в таблицу 1.19.

Таблица 1.19 – Результаты расчёта количества светильников

| Помещение           | $S, \text{ м}^2$ | $E,$<br>лк | Индекс<br>помещения<br>$\phi$ | Коэф.<br>исп.<br>$U$ | Коэф.<br>запаса<br>$Kз$ | Свет-ник                | Световой<br>поток $\Phi,$<br>лм | Кол<br>-во<br>$N$ |
|---------------------|------------------|------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Тех.<br>помещения   | 1140             | 100        | 2,04                          | 0,48                 | 1,2                     | MN2<br>3TL554U<br>SP/PM | 13500                           | 22                |
| Венткамера,<br>1 эт | 660              | 75         | 1,55                          | 0,46                 | 1,2                     | MN2<br>2TL554U<br>SP/PM | 8900                            | 15                |
| Венткамера,<br>2 эт | 660              | 75         | 1,55                          | 0,46                 | 1,2                     | MN2<br>2TL554U          | 8900                            | 15                |

Рассчитаем потребляемую мощность на осветительную нагрузку энергетического центра, полученные результаты внесём в таблицу 1.20.

Таблица 1.20 – Ведомость осветительных нагрузок энергетического центра

| Щит          | Светильник              | Мощность<br>P <sub>1</sub> , Вт | cosφ | Кол-во N | Общая<br>мощность<br>P, Вт | Общая<br>мощность<br>Q, вар |
|--------------|-------------------------|---------------------------------|------|----------|----------------------------|-----------------------------|
| ЩО1          | MN2<br>3TL554U<br>SP/PM | 164                             | 0,96 | 22       | 3608                       | 1082,4                      |
| ЩО1          | MN2<br>2TL554U<br>SP/PM | 108                             | 0,96 | 15       | 1620                       | 486                         |
| ЩО1          | MN2<br>2TL554U<br>SP/PM | 108                             | 0,96 | 15       | 1620                       | 486                         |
| <b>ИТОГО</b> |                         |                                 |      |          | <b>6848</b>                | <b>2054,4</b>               |

Расчёты показывают, что использование люминесцентных светильников с низким световым потоком приводит к увеличению количества светильников и большому потреблению мощности. Замена люминесцентных светильников светодиодными будет наилучшим решением для уменьшения потребления электроэнергии.

Так же стоит учитывать замену и утилизацию люминесцентных ламп.

#### 1.4 Расчёт потерь на передачу электроэнергии

В данном пункте будем рассматривать области передачи электроэнергии, в которых наиболее целесообразно уменьшать потери. К таким областям относятся: потери в трансформаторах, потери при передаче электроэнергии от ГРЩ до распределительного пункта, а так же потери при передаче электроэнергии от распределительных пунктов до электропотребителей, которые расположены на большой площади (такие как в цехах сварки и окраски). Потери при передаче по стороне 10кВ, от

трансформаторов до ГРЩ и потери при передаче от распределительных пунктов до электропотребителей, находящихся на небольшом расстоянии рассматриваться не будут.

Для определения потерь при передаче необходимо определить длину кабельной линии и выбрать сечение по току. Кабельные линии проложены в лотках. Размещение распределительных пунктов цеха логистики обозначено на рисунке 1.8.

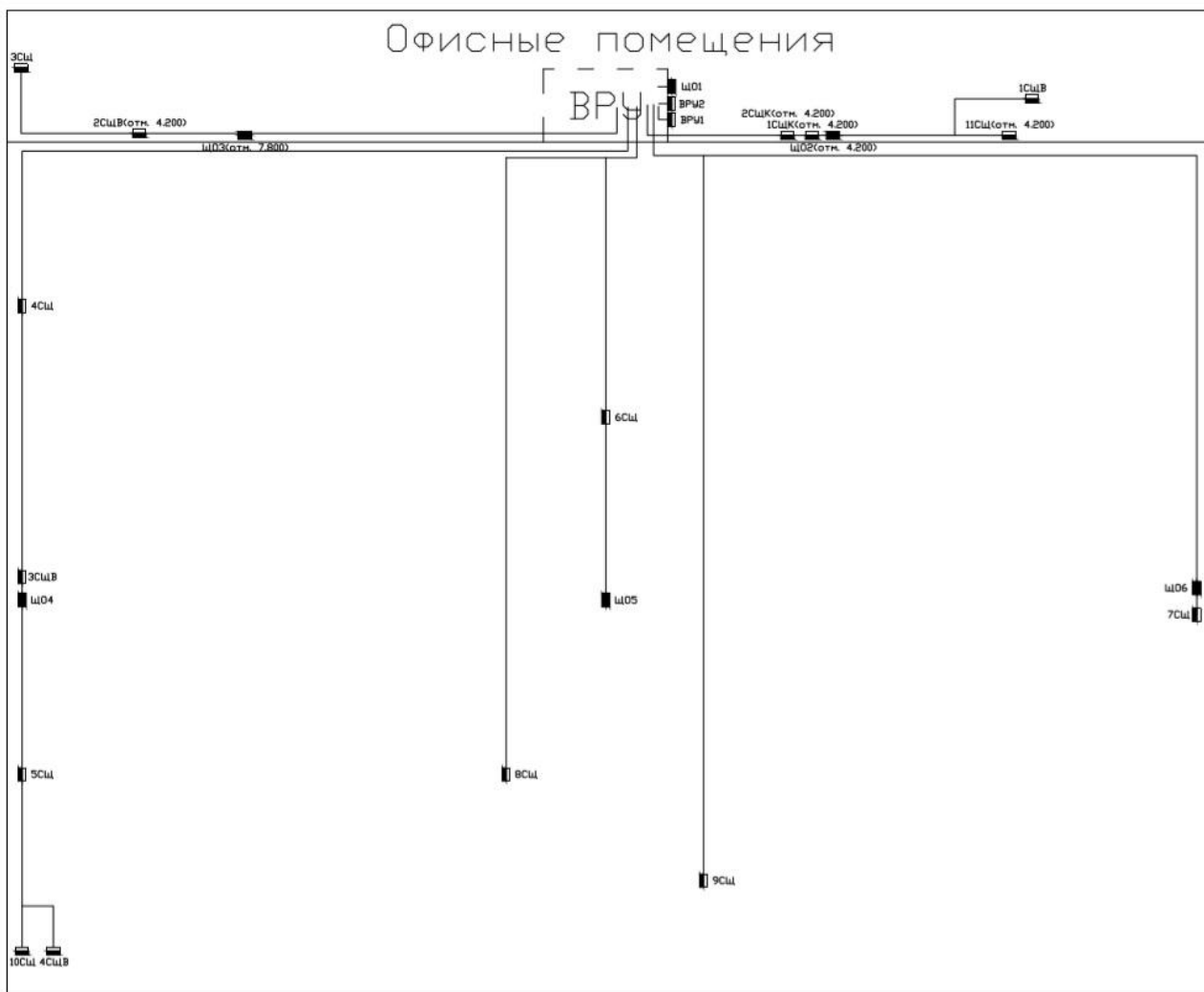


Рисунок 1.8 – План размещения РП цеха логистики

Длину кабельных линий определим по плану. Согласно таблицам выбора сечений кабеля определяем минимальное сечение для запитки каждого распределительного пункта. По справочным данным определяем



активное и реактивное погонное сопротивление кабелей. Находим активные и реактивные потери мощности по формулам:

$$P_{\text{Л}} = 3 \cdot I^2 \cdot l \cdot R_0, \quad (11)$$

$$Q_{\text{Л}} = 3 \cdot I^2 \cdot l \cdot Q_0. \quad (12)$$

Полученные результаты внесём в таблицу в приложении А.

Размещение распределительных пунктов цеха сварки обозначено на рисунке 1.9.

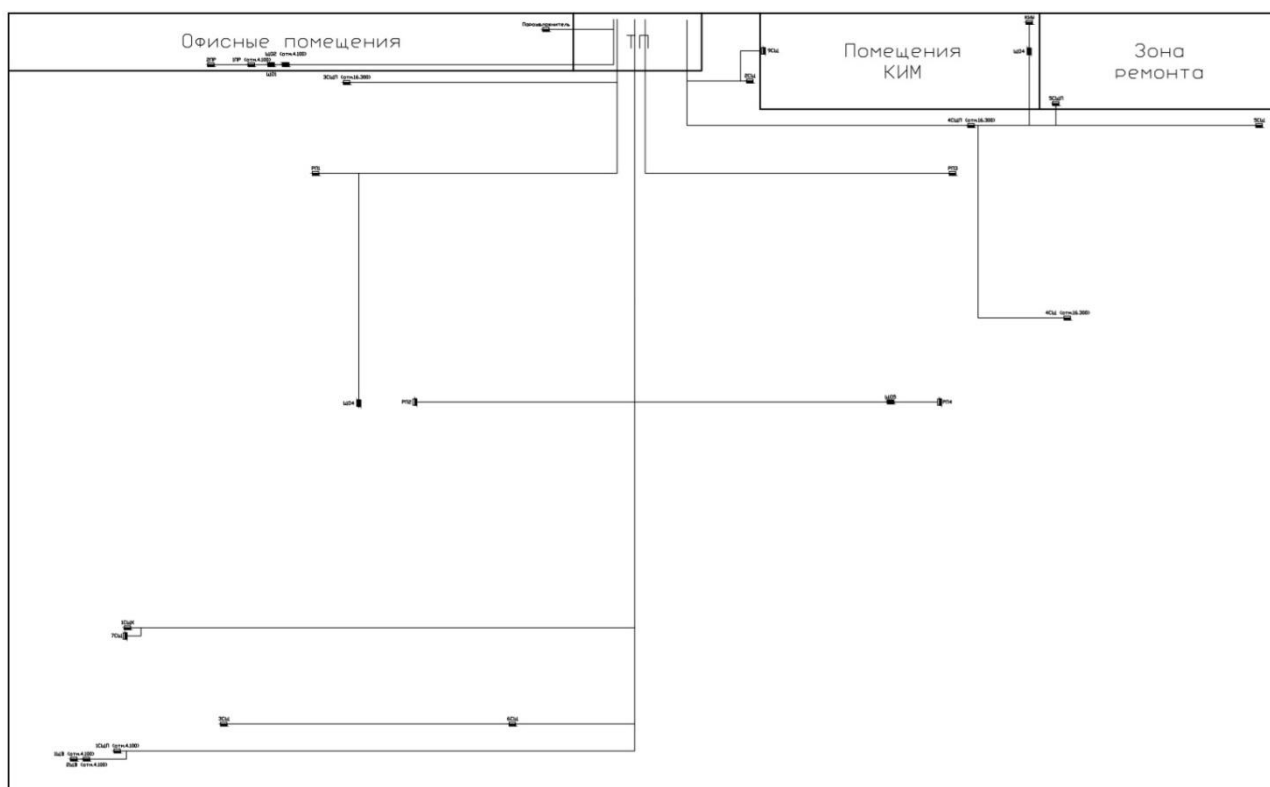


Рисунок 1.9 – План размещения РП цеха сварки

Длину кабельных линий определим по плану. Согласно таблицам выбора сечений кабеля определяем минимальное сечение для запитки каждого распределительного пункта. По справочным данным определяем активное и реактивное погонное сопротивление кабелей. Находим активные

и реактивные потери мощности. У РП1 – РП4 много потребителей, расположенных на большой площади. Среднее расстояние от РП до потребителя – 30 метров. Полученные результаты внесём в таблицу в приложении А.

Размещение распределительных пунктов цеха окраски обозначено на рисунке 1.10.

Длину кабельных линий определим по плану. Согласно таблицам выбора сечений кабеля определяем минимальное сечение для запитки каждого распределительного пункта. По справочным данным определяем активное и реактивное погонное сопротивление кабелей. Находим активные и реактивные потери мощности. У РП1 – РП5 много потребителей, расположенных на большой площади. Среднее расстояние от РП до потребителя – 30 метров. Полученные результаты внесём в таблицу в приложении А.

Размещение распределительных пунктов энергетического центра обозначено на рисунке 1.11.

Длину кабельных линий определим по плану. Согласно таблицам выбора сечений кабеля определяем минимальное сечение для запитки каждого распределительного пункта. По справочным данным определяем активное и реактивное погонное сопротивление кабелей. Находим активные и реактивные потери мощности. Полученные результаты внесём в таблицу в приложении А.

Для выбора трансформаторов и расчёта в них потерь необходимо распределить нагрузку по секциям шин и скомпенсировать реактивную мощность. Распределим нагрузку каждого цеха таким образом, чтобы нагрузка на трансформаторы была максимально одинакова. Цех логистики и цех сварки питаются от одной подстанции, поэтому при учёте нагрузки цеха сварки суммируем его нагрузку с нагрузкой цеха логистики.



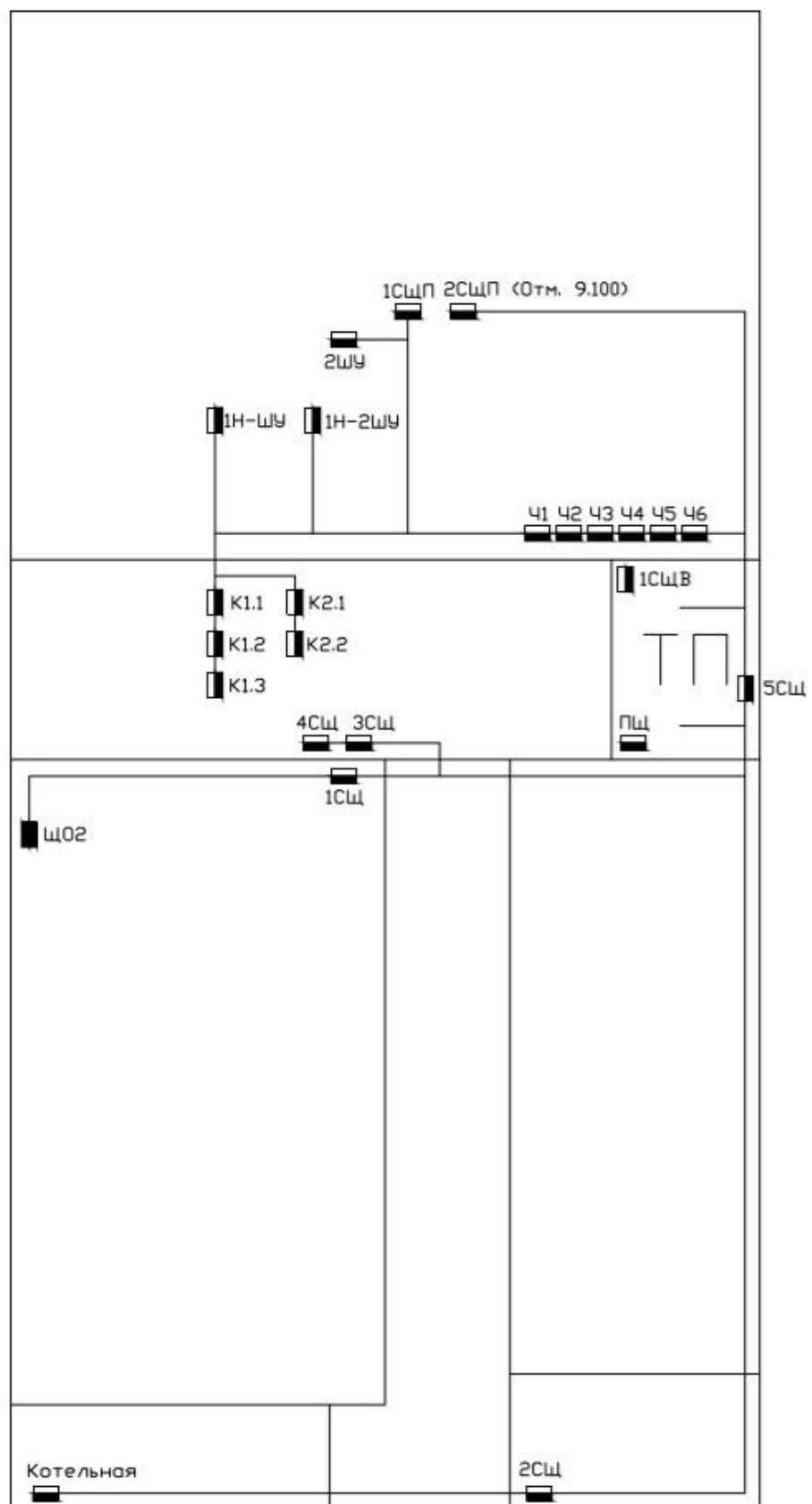


Рисунок 1.11 – План размещения РП энергетического центра

Ведомости нагрузок секций шин всех цехов сведены в таблицах 1.21 – 1.24.

Таблица 1.21 – Ведомость нагрузок цеха логистики

| Группа                  | Sn,<br>кВА | Rn,<br>кВт | Qn,<br>квар | Kc   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт    | Qp,<br>квар   | Ip, А |
|-------------------------|------------|------------|-------------|------|------|------------|---------------|---------------|-------|
| <b>Секция шин 1</b>     |            |            |             |      |      |            |               |               |       |
| ВРУ1                    | 31,81      | 24         | 20,88       | 0,75 | 0,82 | 23,86      | 18            | 15,66         | 34,48 |
| 6СЩ                     | 38,68      | 28,44      | 26,22       | 0,64 | 0,74 | 24,75      | 18,2          | 16,78         | 35,77 |
| 7СЩ                     | 38,68      | 28,44      | 26,22       | 0,64 | 0,74 | 24,75      | 18,2          | 16,78         | 35,77 |
| 10СЩ                    | 25,74      | 20         | 16,20       | 0,75 | 0,78 | 19,3       | 15            | 12,15         | 27,9  |
| 11СЩ                    | 19,98      | 17,5       | 9,63        | 0,6  | 0,87 | 11,99      | 10,5          | 5,78          | 17,32 |
| 4СЩВ                    | 23,26      | 17,81      | 14,96       | 0,7  | 0,76 | 16,28      | 12,47         | 10,47         | 23,53 |
| 1СЩВ                    | 11,34      | 8,94       | 6,97        | 0,66 | 0,79 | 7,48       | 5,9           | 4,6           | 10,81 |
| 2СЩВ                    | 9,46       | 7,25       | 6,09        | 0,69 | 0,76 | 6,53       | 5             | 4,2           | 9,44  |
| 3СЩВ                    | 15,74      | 12,14      | 10,01       | 0,7  | 0,77 | 11,02      | 8,5           | 7,01          | 15,92 |
| 1СЩК                    | 59,63      | 50         | 32,5        | 0,5  | 0,87 | 29,82      | 25            | 16,25         | 43,09 |
| ЩО2                     | 10,85      | 10,39      | 3,12        | 0,94 | 0,96 | 10,19      | 9,76          | 2,93          | 14,73 |
| ЩО3                     | 11,18      | 10,71      | 3,21        | 0,94 | 0,96 | 10,51      | 10,07         | 3,02          | 15,19 |
| ЩО4                     | 29,65      | 28,4       | 8,52        | 0,94 | 0,96 | 27,88      | 26,7          | 8,01          | 40,28 |
| <b>Итого без потерь</b> |            |            |             |      |      |            | <b>183,3</b>  | <b>123,64</b> |       |
| <b>Потери</b>           |            |            |             |      |      |            | <b>7,1</b>    | <b>0,19</b>   |       |
| <b>Итого с потерями</b> |            |            |             |      |      |            | <b>190,4</b>  | <b>123,83</b> |       |
| <b>Секция шин 2</b>     |            |            |             |      |      |            |               |               |       |
| ВРУ2                    | 31,81      | 24         | 20,88       | 0,75 | 0,82 | 23,86      | 18            | 15,66         | 34,48 |
| 3СЩ                     | 21,11      | 18,6       | 9,99        | 0,7  | 0,88 | 14,76      | 13            | 6,98          | 21,7  |
| 4СЩ                     | 42,49      | 32,05      | 27,89       | 0,55 | 0,75 | 23,37      | 17,63         | 15,34         | 33,77 |
| 5СЩ                     | 28,34      | 19         | 21,03       | 0,65 | 0,67 | 18,5       | 12,4          | 13,72         | 27,2  |
| 8СЩ                     | 38,57      | 28,36      | 26,14       | 0,64 | 0,74 | 24,75      | 18,2          | 16,78         | 36,4  |
| 9СЩ                     | 63,65      | 46,8       | 43,14       | 0,6  | 0,74 | 38,22      | 28,1          | 25,9          | 56,2  |
| 2СЩК                    | 59,63      | 50         | 32,5        | 0,5  | 0,83 | 29,82      | 25            | 16,25         | 43,09 |
| ЩО1                     | 10,19      | 9,76       | 2,93        | 0,94 | 0,96 | 9,58       | 9,17          | 2,75          | 13,84 |
| ЩО5                     | 29,65      | 28,4       | 8,52        | 0,94 | 0,96 | 27,88      | 26,7          | 8,01          | 40,28 |
| ЩО6                     | 29,65      | 28,4       | 8,52        | 0,94 | 0,96 | 27,88      | 26,7          | 8,01          | 40,28 |
| <b>Итого без потерь</b> |            |            |             |      |      |            | <b>194,9</b>  | <b>129,4</b>  |       |
| <b>Потери</b>           |            |            |             |      |      |            | <b>4,74</b>   | <b>0,17</b>   |       |
| <b>Итого с потерями</b> |            |            |             |      |      |            | <b>199,64</b> | <b>129,57</b> |       |

Таблица 1.22 – Ведомость нагрузок цеха сварки

| Группа              | Sn,<br>кВА | Rn,<br>кВт | Qn,<br>квар | Kc   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт | Qp,<br>квар | Ip, А |
|---------------------|------------|------------|-------------|------|------|------------|------------|-------------|-------|
| <b>Секция шин 1</b> |            |            |             |      |      |            |            |             |       |
| Пар.                | 265,05     | 243,85     | 103,88      | 0,65 | 0,92 | 172,28     | 158,5      | 67,52       | 248   |
| РП1                 | 800        | 592        | 538,09      | 0,5  | 0,74 | 400        | 296        | 269,04      | 578   |
| ЗСЩП                | 291,23     | 224,25     | 185,82      | 0,8  | 0,77 | 232,99     | 179,4      | 148,66      | 336   |
| РП2                 | 345,95     | 256        | 232,69      | 0,5  | 0,74 | 172,97     | 128        | 116,34      | 249   |

Продолжение таблицы 1.22

|                                |         |        |        |      |      |        |               |               |      |
|--------------------------------|---------|--------|--------|------|------|--------|---------------|---------------|------|
| 6СЦ                            | 138,95  | 86,15  | 109,02 | 0,54 | 0,62 | 75,03  | 46,52         | 58,87         | 108  |
| 3СЦ                            | 169,84  | 135,88 | 101,91 | 0,8  | 0,80 | 135,88 | 108,7         | 81,53         | 196  |
| 1СЦП                           | 6,61    | 5,09   | 4,22   | 0,55 | 0,77 | 3,64   | 2,8           | 2,32          | 5    |
| 1ЦВ                            | 12,5    | 9,63   | 7,98   | 0,8  | 0,77 | 10     | 7,7           | 6,38          | 14   |
| 2ЦВ                            | 8,97    | 8,25   | 3,51   | 0,8  | 0,92 | 7,17   | 6,6           | 2,81          | 10   |
| 1ЦПК                           | 30,08   | 22,86  | 19,55  | 0,7  | 0,76 | 21,05  | 16            | 13,68         | 30   |
| 7СЦ                            | 20,77   | 16,2   | 13     | 0,79 | 0,78 | 16,41  | 12,8          | 10,27         | 23   |
| 1ПР                            | 313,37  | 213,09 | 229,77 | 0,55 | 0,68 | 172,35 | 117,2         | 126,37        | 249  |
| ЩО1                            | 10,77   | 10,32  | 3,1    | 0,94 | 0,96 | 10,13  | 9,7           | 2,91          | 14   |
| ЩО2                            | 16,49   | 15,79  | 4,74   | 0,94 | 0,96 | 15,5   | 14,84         | 4,45          | 22   |
| ЩО4                            | 244,57  | 234,25 | 70,28  | 0,94 | 0,96 | 229,89 | 220,2         | 66,06         | 332  |
| <b>Итого без потерь</b>        |         |        |        |      |      |        | <b>1324,9</b> | <b>977,21</b> |      |
| <b>Потери</b>                  |         |        |        |      |      |        | <b>28,35</b>  | <b>5,5</b>    |      |
| <b>Итого с потерями</b>        |         |        |        |      |      |        | <b>1353,3</b> | <b>982,71</b> |      |
| <b>Итого с цехом логистики</b> |         |        |        |      |      |        | <b>1543,7</b> | <b>1106,5</b> |      |
| <b>Секция шин 2</b>            |         |        |        |      |      |        |               |               |      |
| 2ПР                            | 88,7    | 69,19  | 55,51  | 0,74 | 0,78 | 65,64  | 51,2          | 41,08         | 94,8 |
| 4СЦП                           | 291,23  | 224,25 | 185,82 | 0,8  | 0,77 | 232,99 | 179,4         | 148,66        | 336  |
| РПЗ                            | 345,95  | 256    | 232,69 | 0,5  | 0,74 | 172,97 | 128           | 116,34        | 249  |
| 2СЦ                            | 17,6    | 7,92   | 15,72  | 0,77 | 0,45 | 13,56  | 6,1           | 12,11         | 19,5 |
| 5СЦ                            | 63,68   | 34,39  | 53,6   | 0,57 | 0,54 | 36,3   | 19,6          | 30,55         | 52,4 |
| 9СЦ                            | 71,47   | 57,89  | 41,92  | 0,57 | 0,81 | 40,74  | 33            | 23,89         | 58,8 |
| 5СЦП                           | 115,8   | 100,75 | 57,1   | 0,8  | 0,87 | 92,64  | 80,6          | 45,68         | 133  |
| КИУ                            | 392,16  | 200    | 337,32 | 0,7  | 0,51 | 274,51 | 140           | 236,13        | 396  |
| 4СЦ                            | 124,43  | 97,06  | 77,87  | 0,68 | 0,78 | 84,62  | 66            | 52,95         | 122  |
| РП4                            | 1394,59 | 1032   | 938,01 | 0,5  | 0,74 | 697,3  | 516           | 469,01        | 1007 |
| ЩО3                            | 35,25   | 33,77  | 10,13  | 0,94 | 0,96 | 33,14  | 31,74         | 9,52          | 47,8 |
| ЩО5                            | 244,57  | 234,25 | 70,28  | 0,94 | 0,96 | 229,89 | 220,2         | 66,06         | 332  |
| <b>Итого без потерь</b>        |         |        |        |      |      |        | <b>1471,8</b> | <b>1251,9</b> |      |
| <b>Потери</b>                  |         |        |        |      |      |        | <b>58,09</b>  | <b>15,18</b>  |      |
| <b>Итого с потерями</b>        |         |        |        |      |      |        | <b>1529,9</b> | <b>1267,1</b> |      |
| <b>Итого с цехом логистики</b> |         |        |        |      |      |        | <b>1729,5</b> | <b>1396,7</b> |      |

Таблица 1.23 – Ведомость нагрузок цеха окраски

| Группа                  | Sn,<br>кВА | Rn,<br>кВт | Qn,<br>квар | Kc   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт    | Qp,<br>квар   | Ip,<br>А |
|-------------------------|------------|------------|-------------|------|------|------------|---------------|---------------|----------|
| <b>Секция шин 1</b>     |            |            |             |      |      |            |               |               |          |
| РП1                     | 689,19     | 510        | 463,55      | 0,5  | 0,74 | 344,59     | 255           | 231,78        | 497      |
| T5                      | 38,75      | 31         | 23,25       | 0,4  | 0,80 | 15,5       | 12,4          | 9,3           | 22,4     |
| РП2                     | 1043,24    | 772        | 701,69      | 0,5  | 0,74 | 521,62     | 386           | 350,85        | 753      |
| 1ПР                     | 63,84      | 54,26      | 33,63       | 0,61 | 0,85 | 38,94      | 33,1          | 20,51         | 56,2     |
| Пар.                    | 398,29     | 254,91     | 306,04      | 0,65 | 0,64 | 258,89     | 165,69        | 198,93        | 374      |
| ЩО1                     | 88,86      | 85,11      | 25,53       | 0,94 | 0,96 | 83,53      | 80,01         | 24            | 115      |
| <b>Итого без потерь</b> |            |            |             |      |      |            | <b>932,2</b>  | <b>835,36</b> |          |
| <b>Потери</b>           |            |            |             |      |      |            | <b>21,41</b>  | <b>5,39</b>   |          |
| <b>Итого с потерями</b> |            |            |             |      |      |            | <b>953,61</b> | <b>840,75</b> |          |

Продолжение таблицы 1.23

| <b>Секция шин 2</b>     |         |        |         |      |      |        |               |               |      |
|-------------------------|---------|--------|---------|------|------|--------|---------------|---------------|------|
| 2СЦВ                    | 7,97    | 6,3    | 4,89    | 1    | 0,79 | 7,97   | 6,3           | 4,89          | 11,5 |
| 2ПР                     | 8,65    | 6,75   | 5,42    | 0,8  | 0,78 | 6,92   | 5,4           | 4,33          | 10   |
| ПЦ                      | 38,42   | 32,27  | 20,85   | 0,33 | 0,84 | 12,68  | 10,65         | 6,88          | 18,3 |
| РПЗ                     | 1983,78 | 1468   | 1334,31 | 0,5  | 0,74 | 991,89 | 734           | 667,15        | 1433 |
| ЩО2                     | 85,03   | 81,44  | 24,43   | 0,94 | 0,96 | 79,92  | 76,55         | 22,97         | 110  |
| <b>Итого без потерь</b> |         |        |         |      |      |        | <b>832,9</b>  | <b>706,22</b> |      |
| <b>Потери</b>           |         |        |         |      |      |        | <b>6,13</b>   | <b>1,72</b>   |      |
| <b>Итого с потерями</b> |         |        |         |      |      |        | <b>839,03</b> | <b>707,94</b> |      |
| <b>Секция шин 3</b>     |         |        |         |      |      |        |               |               |      |
| РП4                     | 2248,65 | 1664   | 1512,46 | 0,5  | 0,74 | 1124,3 | 832           | 756,23        | 1624 |
| 2СЦП                    | 15,06   | 11,75  | 9,43    | 0,8  | 0,78 | 12,05  | 9,4           | 7,54          | 17,4 |
| 3СЦВ                    | 22,45   | 17,29  | 14,32   | 0,7  | 0,77 | 15,71  | 12,1          | 10,03         | 22,7 |
| 6СЦ                     | 91,07   | 70,12  | 58,1    | 0,66 | 0,77 | 60,1   | 46,28         | 38,35         | 86,8 |
| 1СЦК                    | 17,46   | 11     | 13,56   | 0,9  | 0,63 | 15,71  | 9,9           | 12,2          | 22,7 |
| 3ПР                     | 180,1   | 165,69 | 70,58   | 1    | 0,92 | 180,1  | 165,69        | 70,58         | 260  |
| ЩОЗ                     | 7,37    | 7,06   | 2,12    | 0,94 | 0,96 | 6,92   | 6,63          | 1,99          | 9,58 |
| <b>Итого без потерь</b> |         |        |         |      |      |        | <b>1082</b>   | <b>896,92</b> |      |
| <b>Потери</b>           |         |        |         |      |      |        | <b>19,46</b>  | <b>3,45</b>   |      |
| <b>Итого с потерями</b> |         |        |         |      |      |        | <b>1101,4</b> | <b>900,38</b> |      |
| <b>Секция шин 4</b>     |         |        |         |      |      |        |               |               |      |
| 4ПР                     | 59,26   | 46,82  | 36,33   | 0,22 | 0,79 | 13,04  | 10,3          | 7,99          | 18,8 |
| РП5                     | 1329,73 | 984    | 894,39  | 0,5  | 0,74 | 664,86 | 492           | 447,19        | 960  |
| 2СЦ                     | 20,19   | 15,75  | 12,64   | 0,8  | 0,78 | 16,15  | 12,6          | 10,11         | 23,3 |
| 3СЦ                     | 38,04   | 33,86  | 17,35   | 0,7  | 0,89 | 26,63  | 23,7          | 12,14         | 38,4 |
| СЦК                     | 58,73   | 37     | 45,61   | 0,8  | 0,63 | 46,98  | 29,6          | 36,49         | 67,9 |
| 4СЦ                     | 55,1    | 42,43  | 35,16   | 0,7  | 0,77 | 38,57  | 29,7          | 24,61         | 55,7 |
| 5СЦ                     | 108,11  | 80     | 72,71   | 0,7  | 0,74 | 75,68  | 56            | 50,9          | 109  |
| <b>Итого без потерь</b> |         |        |         |      |      |        | <b>653,9</b>  | <b>589,43</b> |      |
| <b>Потери</b>           |         |        |         |      |      |        | <b>20,53</b>  | <b>1,64</b>   |      |
| <b>Итого с потерями</b> |         |        |         |      |      |        | <b>674,43</b> | <b>591,08</b> |      |

Таблица 1.24 – Ведомость нагрузок энергетического центра

| Группа                  | Sn,<br>кВА | Rn,<br>кВт | Qn,<br>квар | Kc   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт    | Qp,<br>квар   | Ip,<br>А |
|-------------------------|------------|------------|-------------|------|------|------------|---------------|---------------|----------|
| <b>Секция шин 1</b>     |            |            |             |      |      |            |               |               |          |
| Ч. N1                   | 625,37     | 419        | 464,25      | 0,75 | 0,67 | 469,03     | 314,25        | 348,19        | 677      |
| 5СЦ                     | 171,43     | 132        | 109,38      | 0,7  | 0,77 | 120        | 92,4          | 76,57         | 173      |
| 1СЦП                    | 150,79     | 116,11     | 96,21       | 0,9  | 0,77 | 135,71     | 104,5         | 86,59         | 196      |
| 1Н-ШУ                   | 263,35     | 202,78     | 168,03      | 0,72 | 0,77 | 189,61     | 146           | 120,98        | 274      |
| 2ШУ                     | 103,9      | 80         | 66,29       | 1    | 0,77 | 103,9      | 80            | 66,29         | 150      |
| K1.1                    | 131,87     | 120        | 54,67       | 1    | 0,91 | 131,87     | 120           | 54,67         | 190      |
| K1.3                    | 131,87     | 120        | 54,67       | 1    | 0,91 | 131,87     | 120           | 54,67         | 190      |
| K2.2                    | 91,46      | 75         | 52,35       | 1    | 0,82 | 91,46      | 75            | 52,35         | 132      |
| <b>Итого без потерь</b> |            |            |             |      |      |            | <b>1052,1</b> | <b>860,31</b> |          |
| <b>Потери</b>           |            |            |             |      |      |            | <b>4,41</b>   | <b>1,15</b>   |          |

Продолжение таблицы 1.24

|                         |        |        |        |      |      |        |               |               |      |
|-------------------------|--------|--------|--------|------|------|--------|---------------|---------------|------|
| <b>Итого с потерями</b> |        |        |        |      |      |        | <b>1056,5</b> | <b>861,46</b> |      |
| <b>Секция шин 2</b>     |        |        |        |      |      |        |               |               |      |
| Ч. N2                   | 625,37 | 419    | 464,25 | 0,75 | 0,67 | 469,03 | 314,25        | 348,19        | 677  |
| 1СЩ                     | 37,23  | 35     | 12,7   | 0,8  | 0,94 | 29,79  | 28            | 10,16         | 43   |
| 2СЩ                     | 28,79  | 22,17  | 18,37  | 0,83 | 0,77 | 23,90  | 18,4          | 15,25         | 34,5 |
| 3СЩ                     | 14,24  | 10,96  | 9,08   | 0,83 | 0,77 | 11,82  | 9,1           | 7,54          | 17   |
| 4СЩ                     | 5,9    | 4,25   | 4,09   | 0,73 | 0,72 | 4,31   | 3,1           | 2,99          | 6,22 |
| 2СЩП                    | 253,97 | 195,56 | 162,04 | 0,9  | 0,77 | 228,57 | 176           | 145,84        | 330  |
| К2.1                    | 91,46  | 75     | 52,35  | 1    | 0,82 | 91,46  | 75            | 52,35         | 132  |
| К1.2                    | 241,76 | 220    | 100,23 | 1    | 0,91 | 241,76 | 220           | 100,23        | 349  |
| 1Н.2-ШУ                 | 128,96 | 99,3   | 82,28  | 1    | 0,77 | 128,96 | 99,3          | 82,28         | 186  |
| 1СЩВ                    | 52,16  | 40,17  | 33,28  | 0,6  | 0,77 | 31,30  | 24,1          | 19,97         | 45,2 |
| <b>Итого без потерь</b> |        |        |        |      |      |        | <b>967,25</b> | <b>784,8</b>  |      |
| <b>Потери</b>           |        |        |        |      |      |        | <b>5,85</b>   | <b>1,25</b>   |      |
| <b>Итого с потерями</b> |        |        |        |      |      |        | <b>973,1</b>  | <b>786,05</b> |      |
| <b>Секция шин 3</b>     |        |        |        |      |      |        |               |               |      |
| Ч. N3                   | 625,37 | 419    | 464,25 | 0,75 | 0,67 | 469,03 | 314,25        | 348,19        | 677  |
| Ч. N4                   | 625,37 | 419    | 464,25 | 0,75 | 0,67 | 469,03 | 314,25        | 348,19        | 677  |
| Котел.                  | 309,92 | 272,73 | 147,2  | 0,88 | 0,88 | 272,73 | 240           | 129,54        | 394  |
| <b>Итого без потерь</b> |        |        |        |      |      |        | <b>868,5</b>  | <b>825,92</b> |      |
| <b>Потери</b>           |        |        |        |      |      |        | <b>30,01</b>  | <b>9,13</b>   |      |
| <b>Итого с потерями</b> |        |        |        |      |      |        | <b>898,51</b> | <b>835,05</b> |      |
| <b>Секция шин 4</b>     |        |        |        |      |      |        |               |               |      |
| Ч. N5                   | 380,16 | 254,71 | 282,22 | 0,75 | 0,67 | 285,12 | 191,03        | 211,66        | 412  |
| Ч. N6                   | 380,16 | 254,71 | 282,22 | 0,75 | 0,67 | 285,12 | 191,03        | 211,66        | 412  |
| Котел.                  | 419,58 | 272,73 | 318,85 | 0,88 | 0,65 | 369,23 | 240           | 280,59        | 533  |
| 1ПЩН1                   | 23,03  | 17,27  | 15,23  | 0,11 | 0,75 | 2,53   | 1,9           | 1,68          | 3,66 |
| ЩО                      | 7,15   | 6,85   | 2,05   | 0,94 | 0,96 | 6,72   | 6,44          | 1,93          | 9,71 |
| <b>Итого без потерь</b> |        |        |        |      |      |        | <b>630,4</b>  | <b>707,52</b> |      |
| <b>Потери</b>           |        |        |        |      |      |        | <b>31,32</b>  | <b>9,55</b>   |      |
| <b>Итого с потерями</b> |        |        |        |      |      |        | <b>661,71</b> | <b>717,07</b> |      |

Определим для каждой секции шин устройство компенсации реактивной мощности. Найдём  $\cos\varphi$  и  $\operatorname{tg}\varphi$  на шинах низкого напряжения. Выберем наиболее экономически выгодный коэффициент мощности  $\operatorname{tg}\varphi_K=0,43$ . Рассчитаем мощность компенсирующего устройства по формуле:

$$Q_{кр} = \alpha \cdot P_p (\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_K). \quad (13)$$

Полученные результаты вычислений внесём в таблицу 1.25.



Таблица 1.25 – Расчёт устройств для компенсации реактивной мощности

| № с.ш.                           | $P_p$ , кВт | $Q_p$ , квар | $\cos\phi$ | $\operatorname{tg}\phi$ | $Q_{кр}$ , квар | Выбранное КУ     | Мощность КУ, квар | $Q_p$ , квар |
|----------------------------------|-------------|--------------|------------|-------------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------|
| <b>ТП цеха сварки</b>            |             |              |            |                         |                 |                  |                   |              |
| 1                                | 1543,71     | 1106,54      | 0,81       | 0,72                    | 398,47          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 706,54       |
| 2                                | 1729,57     | 1396,71      | 0,78       | 0,81                    | 587,7           | УКМ58-0,4-600-50 | 600               | 796,71       |
| <b>ТП цеха окраски</b>           |             |              |            |                         |                 |                  |                   |              |
| 1                                | 953,61      | 840,75       | 0,75       | 0,88                    | 387,63          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 440,75       |
| 2                                | 839,03      | 707,94       | 0,76       | 0,84                    | 312,44          | УКМ-0,4-300-50   | 300               | 407,94       |
| 3                                | 1101,46     | 900,38       | 0,77       | 0,82                    | 384,08          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 500,38       |
| 4                                | 674,43      | 591,08       | 0,75       | 0,88                    | 270,97          | УКМ-0,4-300-50   | 300               | 291,08       |
| <b>ТП энергетического центра</b> |             |              |            |                         |                 |                  |                   |              |
| 1                                | 1056,56     | 861,46       | 0,78       | 0,82                    | 366,43          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 461,46       |
| 2                                | 973,10      | 786,05       | 0,78       | 0,81                    | 330,86          | УКМ-0,4-300-50   | 300               | 486,05       |
| 3                                | 898,51      | 835,05       | 0,73       | 0,93                    | 403,82          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 435,05       |
| 4                                | 661,71      | 717,07       | 0,68       | 1,08                    | 389,28          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 317,07       |

По схеме электроснабжения на рисунке 1.1 определим нагрузку на трансформаторы. В расчёте, что каждый трансформатор будет загружен на 70%, определим минимальную требуемую мощность каждого трансформатора. Результаты вычислений сведены в таблице 1.30.

Таблица 1.30 – Минимальные мощности трансформаторов

| Трансформаторы                   | Активная нагрузка $P$ , кВт | Реактивная нагрузка $Q$ , квар | Полная нагрузка $S$ , кВА | Требуемая мощность, кВА |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| <b>ТП цеха сварки</b>            |                             |                                |                           |                         |
| T1, T2                           | 3273,28                     | 1503,26                        | 3601,96                   | 2521,37                 |
| <b>ТП цеха окраски</b>           |                             |                                |                           |                         |
| T1, T2                           | 1792,64                     | 848,69                         | 1983,39                   | 1388,37                 |
| T3, T4                           | 1775,89                     | 791,45                         | 1944,27                   | 1360,99                 |
| <b>ТП энергетического центра</b> |                             |                                |                           |                         |
| T1, T2                           | 2029,65                     | 947,51                         | 2239,93                   | 1567,95                 |
| T3, T4                           | 1560,23                     | 752,11                         | 1732,05                   | 1212,43                 |

По расчётам требуемой мощности трансформаторов выбираем двухобмоточные трансформаторы производства Siemens: GEAFOL-2500 (потери короткого замыкания  $P_{КЗ}=15,7\text{кВт}$ , потери холостого хода  $P_{ХХ}=4,3\text{кВт}$ , ток холостого хода  $I_0=0,4\%$ , напряжение короткого замыкания  $U_K=6\%$ ); GEAFOL-1600 (потери короткого замыкания  $P_{КЗ}=14\text{кВт}$ , потери холостого хода  $P_{ХХ}=2,8\text{кВт}$ , ток холостого хода  $I_0=0,5\%$ , напряжение короткого замыкания  $U_K=6\%$ ); GEAFOL-1250 (потери короткого замыкания  $P_{КЗ}=11\text{кВт}$ , потери холостого хода  $P_{ХХ}=2,4\text{кВт}$ , ток холостого хода  $I_0=0,5\%$ , напряжение короткого замыкания  $U_K=6\%$ ). Определим потери в трансформаторах по формулам:

$$P_m = P_{ХХ} + P_{КЗ} \cdot K_3^2, \quad (14)$$

$$Q_m = \frac{I_0}{100} + K_3 \frac{U_K}{100} \cdot S_H. \quad (15)$$

Полученные результаты внесём в таблицу 1.26.

Таблица 1.26 – Потери в трансформаторах

| Трансформатор                    | Мощность $S_H$ , кВА | Нагрузка $S$ , кВА | Коэф. Загрузки $K_3$ | Потери активной мощности $P_m$ , кВт | Потери реактивной мощности $Q_m$ , квар |
|----------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------|---|
| <b>ТП цеха сварки</b>            |                      |                    |                      |                                      |   |
| T1                               | 2500                 | 1697,72            | 0,68                 | 11,54                                | 111,86                                  |
| T2                               | 2500                 | 1904,25            | 0,76                 | 13,41                                | 124,25                                  |
| <b>ТП цеха окраски</b>           |                      |                    |                      |                                      |   |
| T1                               | 1600                 | 1050,54            | 0,66                 | 8,84                                 | 71,03                                   |
| T2                               | 1600                 | 932,95             | 0,58                 | 7,56                                 | 63,98                                   |
| T3                               | 1600                 | 1209,79            | 0,76                 | 10,8                                 | 80,59                                   |
| T4                               | 1600                 | 734,57             | 0,46                 | 5,75                                 | 52,07                                   |
| <b>ТП энергетического центра</b> |                      |                    |                      |                                      |   |
| T1                               | 1600                 | 1152,93            | 0,72                 | 10,07                                | 77,18                                   |
| T2                               | 1600                 | 1087,74            | 0,68                 | 9,27                                 | 73,26                                   |
| T3                               | 1250                 | 998,29             | 0,8                  | 9,42                                 | 66,15                                   |
| T4                               | 1250                 | 733,76             | 0,59                 | 6,19                                 | 50,28                                   |

## 1.5 Учёт суммарных затрат на электроснабжение предприятия

Сведём результаты расчётов нагрузки и потерь мощности в таблицу 1.27.

Таблица 1.27 – Ведомость нагрузок по цехам

| Цех           | Нагрузка на технические нужды, кВт | Нагрузка на освещение кВт | Потери мощности при передаче кВт | Потери мощности в тр-р кВт | ИТОГО кВт       |
|---------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|
| Цех логистики | 269,1                              | 109,1                     | 11,84                            | -                          | 390,05          |
| Цех сварки    | 2300,12                            | 491,69                    | 86,44                            | 24,9                       | 2903,1          |
| Цех окраски   | 3337,81                            | 163,19                    | 67,53                            | 32,95                      | 3601,48         |
| Энергоцентр   | 3511,86                            | 6,44                      | 71,59                            | 34,95                      | 3624,83         |
| ИТОГО         | 9418,89                            | 770,43                    | 237,39                           | 92,8                       | <b>10519,51</b> |

По суточным графикам нагрузки в рабочие и выходные дни на рисунках 1.2 и 1.3 рассчитаем потребление электроэнергии заводом и составим графики (рисунки 1.12 и 1.13).



Рисунок 1.12 – График потребления электроэнергии в рабочий день

Определим годовое потребление электроэнергии заводом при цене за кВт\*ч 6 рублей, результаты вычислений запишем в таблицу 1.28.



Рисунок 1.13 – График потребления электроэнергии в выходной день

Таблица 1.28 – Годовые затраты электроэнергии

|  | Потребление за 24 часа, кВт*ч | Дней в году | Потребление за год, кВт*ч |
|--|-------------------------------|-------------|---------------------------|
| Рабочий день                                     | 179042,05                     | 250         | 44760513,71               |
| Выходной день                                    | 64169,01                      | 115         | 7379436,044               |
| ИТОГО в год                                      |                               |             | 52139949,75               |
| Стоимость электроэнергии при цене бруб. за кВт*ч |                               |             | <b>312 839 698,52</b>     |

Для экономического обоснования в дальнейшем, определим стоимость оборудования, которое возможно заменить для снижения расходов электроэнергии (таблица 1.29).

Таблица 1.29 – Стоимость оборудования

| Оборудование      | Кол-во | Ед. | Цена за ед., руб | Стоимость     |
|-------------------|--------|-----|------------------|---------------|
| Светильники       |        |     |                  |               |
| PTF/R414          | 1425   | шт  | 13000            | 18 525 000,00 |
| ALS.OPL 235       | 257    | шт  | 8500             | 2 184 500,00  |
| MN2 6TL580U SP/PM | 965    | шт  | 18600            | 17 949 000,00 |
| MN2 6TL554U SP/PM | 263    | шт  | 15000            | 3 945 000,00  |
| MN2 4TL580U SP/PM | 509    | шт  | 14800            | 7 533 200,00  |
| MN2 2TL554U SP/PM | 64     | шт  | 10500            | 672 000,00    |
| MN2 3TL554U       | 22     | шт  | 12800            | 281 600,00    |

Продолжение таблицы 1.29

| Лотки                    |       |    |         |                       |
|--------------------------|-------|----|---------|-----------------------|
| Лестничный лоток 100x600 | 2418  | м  | 2500    | 6 045 000,00          |
| Лестничный лоток 100x200 | 612   | м  | 1500    | 918 000,00            |
| Кабель                   |       |    |         |                       |
| ВВГнг(А)-LS-5x1,5        | 1,539 | км | 80000   | 123 120,00            |
| ВВГнг(А)-LS-5x2,5        | 1,51  | км | 120000  | 181 200,00            |
| ВВГнг(А)-LS-5x4          | 0,427 | км | 170000  | 72 590,00             |
| ВВГнг(А)-LS-5x6          | 0,653 | км | 250000  | 163 250,00            |
| ВВГнг(А)-LS-5x10         | 0,344 | км | 380000  | 130 720,00            |
| ВВГнг(А)-LS-5x16         | 0,957 | км | 600000  | 574 200,00            |
| ВВГнг(А)-LS-5x25         | 1,847 | км | 1000000 | 1 847 000,00          |
| ВВГнг(А)-LS-5x35         | 0,248 | км | 1540000 | 381 920,00            |
| ВВГнг(А)-LS-5x50         | 1,728 | км | 2040000 | 3 525 120,00          |
| ВВГнг(А)-LS-5x70         | 0,924 | км | 2740000 | 2 531 760,00          |
| ВВГнг(А)-LS-5x95         | 3,851 | км | 3910000 | 15 057 410,00         |
| ВВГнг(А)-LS-5x120        | 3,683 | км | 4800000 | 17 678 400,00         |
| ККУ                      |       |    |         |                       |
| УКМ-0,4-300-50           | 3     | шт | 150000  | 450 000,00            |
| УКМ-0,4-400-50           | 6     | шт | 155000  | 930 000,00            |
| УКМ58-0,4-600-50         | 1     | шт | 195000  | 195 000,00            |
| Трансформаторы           |       |    |         |                       |
| GEAFOL-1250/10/0,4       | 2     | шт | 1920000 | 3 840 000,00          |
| GEAFOL-1600/10/0,4       | 6     | шт | 2200000 | 13 200 000,00         |
| GEAFOL-2500/10/0,4       | 2     | шт | 2990000 | 5 980 000,00          |
| <b>ИТОГО</b>             |       |    |         | <b>124 914 990,00</b> |

Затраты электроэнергии завода и их стоимость – 52 139 949,75 кВт\*ч в год стоимостью 312 839 698,52 рублей. Стоимость рассматриваемого оборудования для электроснабжения составила 124 914 990 рублей.

## **2 Энергосберегающие мероприятия для снижения затрат на электроэнергию**

### **2.1 Рационализация энергоснабжения**

Для рационального распределения электроэнергии целесообразно применять шинопровод в цехах с большой токовой нагрузкой. Особенно это актуально в цехах сварки и окраски, где оборудование размещено на больших площадях.

Шинопровод – это комплектное устройство, выполненное в виде системы изолированных проводников, размещенных внутри металлического корпуса. Проводники выполняются из меди или алюминия. Изоляция может быть из эпоксидной смолы или из полиэтилентерефталата (майлар). Некоторые производители шинопроводов делают гибридную изоляцию для более надёжной электрической прочности и увеличения срока службы. Обычно шинопроводы рассчитаны на напряжение до 1000 В, и поставляются в виде готовых секций с соединительными блоками.

Конструкция легко поддается изменениям конфигурации и увеличения длины трассы для максимально оптимальной подачи электроэнергии к электропотребителям. Если необходимо изменить конфигурацию, то всегда допустим демонтаж установленных секций с последующей перестановкой или добавлением новых секций.

Самое распространенное использование шинопровода – это освещение или зонирование больших пространств, типа торговых залов, цехов или складов. В таких местах, где модульные шинопроводы соединяют несколько помещений и на них размещаются светильники.

Монтаж шинопровода достаточно прост, он не требует сложных технологических работ и больших физических усилий. Таким образом, шинопровод выступает отличной альтернативой кабелю в плане удобства монтажа.

Существуют шинопроводы следующих видов:

Магистральные шинопроводы – предназначены для электроснабжения в производственных помещениях, трасса начинается от выводной ячейки подстанции. В производственных помещениях, где оборудование размещено на большой территории рядами, или регулярно изменяется место размещения потребителей. Магистральные шинопроводы рассчитаны на большие токи (от 800 до 6300 А) или на большое количество отбора мощности.

Распределительные шинопроводы – предназначены для распределения электрической энергии от магистрали к электропотребителям. Данный тип шинопроводов исполняется на токи от 160 до 630 А и на еще большее количество потребителей (от 3 до 6 потребителей на 3 м трассы).

Распределительные шинопроводы широко распространены в производственных помещениях. Они поставляются в виде комплекта секций, длина каждой из которых 3-4 м, имеющими стыковочные элементы для соединения секций в последовательные ряды, окна для установки ответвительных коробок и коробок подачи питания, для подключения шинопроводов к электрической сети.

Осветительные шинопроводы – используются для создания осветительных линий со светильниками. Они рассчитаны на ток 25-40 А, длина стандартной секций – 3 м. Секции имеют по шесть штепсельных присоединений на каждые 50 см. В комплекте с шинопроводами поставляются одно- или трёхфазные штепсельные вилки на ток 10-16 А, а также прямые секции нестандартных размеров, угловые, гибкие и вводные секции. С помощью данного набора элементов собирается комплектный шинопровод даже для сложных трасс.

Соединение секций происходит с помощью монтажного набора, который представляет собой крышки с двумя винтами. Затем к шинопроводу на фиксатор подвешивают светильник, и подключают к одному из штепсельных разъемов. Расстояние между точками крепления шинопровода не превышает 2 м. Если светильники устанавливаются не на коробах шинопроводов, то шаг крепления может достигать 3 м.

Троллейные шинопроводы – применяются для питания подвесных дорог, подъемных кранов, монорельсов и прочих передвижных электропотребителей.

Основными плюсами использования шинопроводов по сравнению с кабельными системами являются:

- 1) Магистральные и распределительные шинопроводы имеют меньшее сопротивление, что снижает потери и способствует экономии электроэнергии.
- 2) Алюминиевый корпус шинопровода лучше отводит тепло, а стальной – имеет большую механическую прочность.
- 3) Срок службы шинопроводов составляет не менее 15 лет, при этом не требуется никакого технического обслуживания в течении всего срока эксплуатации.
- 4) Монтаж требует меньше времени, чем монтаж лотковой трассы с последующей прокладкой кабеля.
- 5) Шинопроводы экологически безопасны и не распространяют горение внутри корпуса.
- 6) Высокая степень защиты (не менее IP55).
- 7) Экранирующие свойства оболочки сводят к минимуму уровень электромагнитного излучения.
- 8) Внешний вид шинопровода более эстетичен по сравнению с прокладкой кабеля.
- 9) Можно окрасить шинопровод в любой цвет, вписывающийся в интерьер магазина, офиса и других объектов, для которых имеет значение эстетика.

Для сравнения технических характеристик в таблице 2.1 представлены характеристики кабеля марки АВВГ и шинопровода КВА на номинальный ток 1600 А. Данные получены из современных каталогов производителей соответствующей продукции [22], [23].



Таблица 2.1 – Характеристики шинопровода КВА-1654 и кабеля АВВГ 4х240

|                                     | КВА-1654        | АВВГ 4х240 |
|-------------------------------------|-----------------|------------|
| Номинальный ток, А                  | 1600            | 1600       |
| Сечение проводника, мм <sup>2</sup> | 1050            | 960        |
| Допустимый ток при КЗ, кА           | 100             | 17,5       |
| Активное сопротивление, мОм/м       | 0,028           | 0,033      |
| Реактивное сопротивление, мОм/м     | 0,016           | 0,058      |
| Вес, кг/м                           | 29              | 15,86      |
| Срок эксплуатации                   | Не менее 15 лет | 10 лет     |

Шинопровод КВА имеет чуть большее сечение проводника, чем кабель АВВГ. Допустимый ток при коротком замыкании значительно выше. За счёт прямоугольной формы и большего сечения, активное сопротивление немного меньше. Шинопровод КВА имеет плотноупакованную конструкцию, поэтому индуктивное (реактивное) сопротивление, гораздо ниже, чем у кабелей. Удельный вес шинопровода больше, чем у кабеля, что удорожает стоимость крепления. Производитель гарантирует срок службы шинопровода не менее 15 лет, у кабеля – 10 лет.

На рисунке 2.1 представлен график изменения цены за 1 метр изделия в зависимости от номинального тока. Под цифрой 1 показан график для кабеля марки АВВГ, под цифрой 2 – для шинопровода марки КВА.

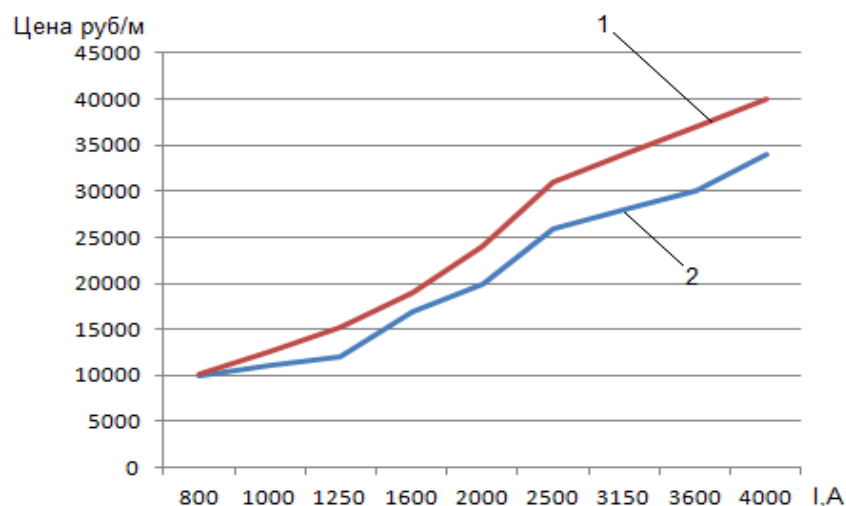


Рисунок 2.1 – График изменения цен в зависимости от номинального тока

## 2.2 Модернизация трансформаторных подстанций

Модернизация подстанций подразумевает замену оборудования: трансформаторы, выключатели, разъединители и изоляторы, ограничители перенапряжения и пр.

В настоящее время на действующих подстанциях преимущественно находятся в эксплуатации масляные выключатели. Выключатели за свой срок эксплуатации вырабатывают свой ресурс, снимаются с производства, запасные части к ним не производятся, а изготовление их по заказу крайне дорогое.

Современные выключатели на напряжение 10кВ производятся в основном вакуумные.

Самый тяжелый режим для всех типов выключателей – коммутация токов короткого замыкания. И хотя такие коммутации достаточно редки в эксплуатации, выключатель должен эффективно с ними справляться. Рост мощностей и классов напряжений энергосистем привел к увеличению значений токов коротких замыканий и скорости восстановления напряжения в них. В связи с этим, производители высоковольтных выключателей снижают время отключения токов короткого замыкания для повышения

устойчивости работы сетей. И если первым моделям масляных выключателей требовалось 10-20 периодов тока частотой 50Гц для отключения короткого замыкания, то сегодня уже существуют модели выключателей, которым требуется в 10 раз меньше времени для отключения короткого замыкания.

Потери электроэнергии всегда приводят к перерасходу материалов и денежных средств. Они являются значительной частью стоимости энергии. Способы их уменьшения основаны на профилактике возможных сбоев и своевременном выявлении неполадок. Основной и самой распространенной проблемой принято считать потери в трансформаторах.

Холостой ход – это один из режимов работы трансформаторов, который основан на питании одной обмотки в то время, как все остальные разомкнуты. При таком типе работы все потери, которые неизбежно возникают при номинальных значениях напряжения и частоты, называют потерями холостого хода.

Потери мощности холостого хода трансформатора включают в себя несколько составляющих:

- 1) Магнитные потери мощности холостого хода в стали.
- 2) Потери в обмотке из-за тока холостого хода.
- 3) Диэлектрические потери в изоляции.

Основная, самая большая доля потерь мощности приходится на магнитные потери. Этот вид потерь можно разделить на два типа: от гистерезиса и от вихревых токов.

Правильно рассчитанный трансформатор имеет отклонение фактических потерь от расчетных всего около 5%. Это значение следует учитывать, контролируя показатели потерь холостого хода в рамках, определенных технической документацией, которые соответствуют ГОСТу [24] с прибавлением половины допуска. Допуск потерь холостого хода в трансформаторных устройствах обозначен на уровне 15%, т.е. нужно контролировать потери холостого хода в диапазоне 7,5%.

Существует 3 основных способа снижения потерь трансформаторов в холостом режиме:

- 1) Применение стали с более хорошими свойствами.
- 2) Совершенствование конструкции магнитной системы, а так же новые принципы раскроя рулонов.
- 3) Модернизация сердечников.

Для уменьшения потерь нагрузки целесообразно понижать коэффициент загрузки, увеличивая мощность трансформатора. Зависимость количество потерь мощности от коэффициента загрузки приведена на графике, на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – График зависимости потерь мощности от коэффициента загрузки трансформатора

### 2.3 Компенсация реактивной мощности

Основную нагрузку в промышленном производстве составляют асинхронные двигатели и трансформаторы. Эта индуктивная нагрузка в ходе работы является источником реактивной мощности, которая циркулирует между источником и нагрузкой. Эта мощность не связана с выполнением полезной работы, а нужна только для создания электромагнитных полей и создает лишнюю нагрузку на линии электроснабжения.

Реактивная мощность характеризуется отставанием между синусоиды фаз тока от напряжения сети. Показателем потребления реактивной мощности является коэффициент мощности, равный косинусу угла  $\varphi$  между током и напряжением. Коэффициент мощности потребителя определяется как отношение активной мощности к полной. Этим коэффициентом принято характеризовать уровень реактивной мощности сети предприятия, генераторов и двигателей. Чем ближе значение  $\cos\varphi$  к единице, тем меньше доля реактивной мощности, взятой из сети.

Оборудование распределения, передачи и питания сети должны быть рассчитаны на большие нагрузки. Кроме того, из-за больших нагрузок срок эксплуатации оборудования может существенно снизиться.

Важнейшим фактором повышения затрат является возникающая из-за повышенного значения общего тока теплоотдача в кабелях и других распределительных устройствах. К примеру, при  $\cos\varphi=1$  мощность потерь составляет 10 Вт. При  $\cos\varphi=0,6$  потери повышаются на 180% и будут составлять уже 28 Вт. Таким образом, наличие реактивной мощности является неблагоприятным фактором.

В результате этого вследствие увеличения тока возникают дополнительные потери в проводниках; отклоняется напряжение сети от номинала и снижается пропускная способность распределительной сети.

Для производства электроэнергии реактивная мощность так же является паразитным фактором. Реактивные токи генераторов электростанций увеличивают расход топлива; увеличивают потери в отходящих линиях и увеличивают падение напряжения.

Реактивный ток нагружает линии электропередачи, из-за чего возникает необходимость увеличения сечения проводов и кабелей и соответственно к увеличению капитальных затрат на внешние и внутриплощадочные сети.

Как и активная мощность, реактивная мощность так учитывается поставщиком электроэнергии, подлежит оплате по действующим тарифам, а поэтому составляет значительную часть счета за электроэнергию.

Наиболее эффективным способом снижения потребляемой реактивной мощности из сети является применение конденсаторных установок. Их использование позволяет:

- 1) сделать распределительные сети более надежными и экономичными;
- 2) снизить расходы электроэнергии;
- 3) снизить несимметрию фаз и подавить сетевые помехи;
- 4) снизить уровень высших гармоник;
- 5) разгрузить распределительные устройства, трансформаторы и питающие линии электропередачи.

Все указанное является основными причинами того, что электроснабжающие организации требуют от своих потребителей снижения доли реактивной мощности в сети. Решением этой проблемы является компенсация реактивной мощности. Данную функцию выполняют конденсаторные установки УКМ-0,4.

## **2.4 Светодиодное освещение**

Энергоэффективность промышленных предприятий сегодня не представляется возможной без использования современных технологий энергосбережения.

Важнейшим направлением в этой сфере является снижение потребления электроэнергии за счет внедрения современных осветительных приборов и светотехнических установок в промышленных, административных и общественных зданиях. Технологическое лидерство в решении этих задач принадлежит светодиодному освещению.

Основными преимуществами светодиодных светильников являются:

1. Срок службы. У светодиодных светильников срок службы значительно превышает существующие аналоги – срок непрерывной работы светильника не менее 50 000 часов, что позволяет проработать светильнику без замены 12,5 годам, при работе 10 часов в день.

С течением времени световой поток и сила света у светодиодных ламп не снижаются. Все комплектующие светодиодного светильника долговечны, в отличие от ламп, где применяются нити накала. В таблице 2.2 представлено сравнение срока службы светоизлучающего элемента.

Таблица 2.2 – Сравнение характеристик светильников

| <b>Функциональность</b>                                  | <b>Светильник с газоразрядной лампой ДНаТ-250</b>          | <b>Уличный светодиодный светильник NLD street 96 (Ш) (96 диодов)</b> | <b>Светильник РКУ (ЖКУ, ГКУ) с лампой ДРЛ-400</b> |
|--|--|--|---|
| Освещённость в Лк  | 30 Лк (желтый свет)  | 36 Лк  | 18 — 20 Лк, через месяц существенно снижается     |
| Энергопотребление  | до 330 Вт, с большим потреблением энергии пуска            | 110 Вт   | до 450 Вт   |
| Использование светового потока (КПД) в уличном освещении | 65%  | более 98%  | 30-50%  |
| Срок службы светоизлучающего элемента                    | До 6.000 часов   | 100.000 часов непрерывной работы                                     | до 1.000 часов                                    |
| Степень защиты   | IP-54  | IP-67  | IP-54   |
| Диапазон рабочих температур при эксплуатации             | -50 ... + 40 С, при температуре ниже - 20 С затруднён пуск | -60 ... + 70   | -50 ... + 40 С, при температуре ниже - 20 С       |

Продолжение таблицы 2.2

| Вес   | 10-12 кг без лампы | до 8,4 кг                      | 10-12 кг без лампы |
|---|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Выход на рабочий режим                        | 15 минут           | менее 1 секунды                | 10-15 минут        |
| Устойчивость к колебаниям сетевого напряжения | не устойчив        | устойчив в диапазоне 100-280 В | не устойчив        |
| Эксплуатационные расходы                      | средние            | отсутствуют                    | высокие            |

2. Экономия энергопотребления. При использовании светодиодных ламп на 60% снижается энергопотребление по сравнению со светильниками с газоразрядными лампами ДНАТ и ДРЛ.

3. Экологическая безопасность. Это преимущество позволяет сохранять окружающую среду, не требуя специальных условий по утилизации светодиодных ламп (светодиодные лампы не содержат ртути и других ядовитых веществ).

Отслужившую ртутную лампу требуется утилизировать, что требует дополнительных затрат. Утечка ртути и других газов из лампы при ее повреждении приведет к негативному влиянию на здоровье людей и загрязнение окружающей среды. Любая ртутная лампа содержит до 100 мг ядовитого вещества – паров ртути. Следует отметить, что эта опасная проблема остается, если лампы разбиваются при транспортировке или эксплуатации.

Ртуть – это самый ядовитый тяжелый металл. При вдыхании ртутные пары адсорбируются в почках и мозге, вызывают разрушение желудочно-кишечного тракта и легких. Даже давнишние ртутные загрязнения опасны, так как ртуть может испаряться несколько, ставя под угрозу здоровье и жизнь человека.

Светодиодные светильники являются экологически безопасными, не требуют специальной утилизации и условий по обслуживанию.



4. Механическая прочность. Конструкция светильника состоит из литого монолитного, алюминиевого корпуса, степень защиты достигается IP67, отсутствие нити накаливания дает высокую виброустойчивость. А поликарбонатное стекло выдерживает значительные ударные нагрузки.

5. Экономия на обслуживании. В течение всего срока эксплуатации не требуется замена светодиодов и ламп светильника.

6. Высокая контрастность. Светодиодные светильники обеспечивают лучшую четкость освещаемых объектов и цветопередачу.

Даже притом, что одна из основных характеристик света – индекс цветопередачи – несколько ниже, чем у некоторых газоразрядных источников, светодиодный светильник создает освещенность с более высокой контрастностью, что улучшает качество освещения объекта:

- 1) натриевые лампы – 25
- 2) лампы накаливания – 68;
- 3) люминесцентные лампы полного спектра – 60-95;
- 4) светодиодные лампы – 75-85;
- 5) газоразрядные лампы – 80-95;
- 6) естественный дневной свет – 100.

Кроме того, светодиодные светильники обладают спектром излучения близким к солнечному. Они могут иметь цветовую температуру от «тёплого белого» до «холодного белого» цвета.

7. Высокий коэффициент использования светового потока. В светодиодных светильниках он равен 100%, в отличие от стандартных уличных, в которых этот коэффициент составляет 60-75%. Так же имеется возможность направлять световой поток, за счет использования специальной оптики.

8. Отсутствие вредного эффекта низкочастотных пульсаций. Это позволяет исключить усталость глаз при работе в освещении светодиодными лампами, что важно в сферах образования и медицины.

9. Мгновенное включение при подаче напряжения и работоспособность при любой температуре на всей территории России.

10. Высочайшая светоотдача. Современные светодиодные светильники имеют светоотдачу до 200 Лм с 1 Вт.

Все преимущества светодиодных светильников и светодиодных ламп позволяют утверждать, что для промышленного производства эксплуатация светодиодных светильников поможет сэкономить финансовые средства в значительных размерах.

## **2.5 Автоматизированные системы управления освещением**

Основные задачи автоматизированных систем управления освещением призваны решать задачи, связанные с организацией энергоэффективного освещения здания. Они не только включают и выключают освещение согласно установкам по времени, но и нормируют уровень освещенности в помещении и поддерживают его постоянно. Если датчики освещенности фиксируют достаточное количество дневного света, то система управления автоматически снижает яркость светильников, тем самым сберегая электроэнергию.

Помимо управления по времени и освещенности, часто применяются датчики движения. Их применение позволяет использовать освещение только тогда, когда люди находятся в помещении и даже отслеживать движение и включать освещение там, куда человек направляется. При отсутствии людей в помещении система управления освещением автоматически уменьшит яркость светильников до минимума или просто выключит их.

Автоматизированных систем управления освещением представляют собой комплекс программ и аппаратов, включающий в себя программное обеспечение (для обеспечения настройки, мониторинга и диспетчеризации) и модули управления светильниками.

В АСУО Smart LED производства компании ЕАЕ предусмотрены функции для энергосбережения складских помещений. Установленные датчики движения установлены таким образом, чтобы отслеживать перемещение погрузчика или работника между стеллажами и включать освещение только по пути его следования. Это позволяет сэкономить на освещении складских зон до 90%.

В производственных помещениях такая система не целесообразна в связи с необходимостью непрерывного процесса работы оборудования. При необходимости лишние светильники можно отключить до надобности вручную.

## **2.6 Блокировка тепловых завес**

Тепловые воздушные завесы широко применяются в качестве дополнительного источника тепла в различных промышленных и административных зданиях. Данные устройства иногда монтируют даже в жилых домах.

Тепловая завеса представляет собой длинный вентилятор, который создаёт мощный поток тёплого воздуха. Его основная функция заключается в создании теплового препятствия для проникновения масс холодного воздуха в здание. Другими словами, воздушно тепловая завеса как закрытая дверь в тех зданиях, где есть всегда большой поток людей и двери (ворота) постоянно открываются и закрываются. Устройство монтируется непосредственно над дверью или окном. Поток воздуха направлен под углом 40° от плоскости входа с помощью направляющих пластин.

Для снижения расхода электроэнергии на тепловые завесы ставится блокировка, которая автоматически отключает устройство при закрытой двери. Это позволяет экономить на вентиляторах и тенах до 70% (в зависимости от периодичности открытия дверей). Целесообразно не держать двери постоянно открытыми, а загонять грузовую машину для разгрузки или

отгрузки внутрь помещения. В таком случае тепловые завесы будут работать только во время въезда и выезда машины из здания.

Предложены следующие мероприятия по уменьшению затрат электроэнергии: замены люминесцентных светильников светодиодными, использование систем автоматического управления освещением, применение шинпроводных систем, вместо кабельных и повышение мощности трансформаторов.

### 3 Применение мероприятий по энергосбережению

#### 3.1 Расчёт потребления электроэнергии на освещение

Одним из наиболее эффективных способов уменьшения затрат электроэнергии на освещение – является применение светодиодных светильников, вместо люминесцентных. При одинаковом световом потоке мощность светодиодного светильника значительно меньше. Подберём аналоги светильников и сравним их характеристики в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Сравнение люминесцентных светильников с их аналогами

| Запроектированный светильник |       |       |            | Аналог       |       |       |            |
|------------------------------|-------|-------|------------|--------------|-------|-------|------------|
| Наименование                 | Р, Вт | Ф, Лм | Цена, руб. | Наименование | Р, Вт | Ф, Лм | Цена, руб. |
| PTF/R414                     | 56    | 4800  | 13000,00   | BLM 053T     | 53    | 5000  | 15000,00   |
| ALS.OPL 235                  | 70    | 3300  | 8500,00    | LNE 038U     | 38    | 4800  | 10000,00   |
| MN2 6TL580U<br>SP/PM         | 480   | 40000 | 18600,00   | SPR 401U     | 401   | 40000 | 36000,00   |
| MN2 6TL554U<br>SP/PM         | 324   | 26700 | 15000,00   | SRD 137U     | 137   | 29000 | 18000,00   |
| MN2 4TL580U<br>SP/PM         | 320   | 26300 | 14800,00   | SRD 137U     | 137   | 29000 | 18000,00   |
| MN2 2TL554U<br>SP/PM         | 108   | 8900  | 10500,00   | SRD 056U     | 56    | 9100  | 11000,00   |
| MN2 3TL554U<br>SP/PM         | 164   | 13500 | 12800,00   | SRD 079U     | 79    | 14800 | 14000,00   |

По формулам из 1 главы определим количество светильников для каждой зоны цехов. Полученные результаты внесём в таблицы 3.2 – 3.5.

Таблица 3.2 – Ведомость осветительных нагрузок цеха логистики

| Щит          | Светильник | Мощность<br>Р <sub>1</sub> , Вт | cosφ | Кол-во N | Общая<br>мощность<br>Р, Вт | Общая<br>мощность<br>Q, вар |
|--------------|------------|---------------------------------|------|----------|----------------------------|-----------------------------|
| ЩО1          | BLM 053T   | 53                              | 0,96 | 156      | 8268                       | 2480,4                      |
| ЩО1          | LNE 038U   | 38                              | 0,96 | 6        | 228                        | 68,4                        |
| <b>ИТОГО</b> |            |                                 |      |          | <b>8496</b>                | <b>2548,8</b>               |

Продолжение таблицы 3.2

|                            |          |     |      |     |              |               |
|----------------------------|----------|-----|------|-----|--------------|---------------|
| ЩО2                        | BLM 053T | 53  | 0,96 | 170 | 9010         | 2703          |
| ЩО2                        | LNE 038U | 38  | 0,96 | 5   | 190          | 57            |
| <b>ИТОГО</b>               |          |     |      |     | <b>9200</b>  | <b>2760</b>   |
| ЩО3                        | BLM 053T | 53  | 0,96 | 7   | 371          | 111,3         |
| ЩО3                        | LNE 038U | 38  | 0,96 | 3   | 114          | 34,2          |
| ЩО3                        | BLM 053T | 53  | 0,96 | 170 | 9010         | 2703          |
| <b>ИТОГО</b>               |          |     |      |     | <b>9495</b>  | <b>2848,5</b> |
| ЩО4,<br>ЩО5,<br>ЩО6        | SRD 137U | 137 | 0,96 | 242 | 33154        | 9946,2        |
| <b>ИТОГО на каждый щит</b> |          |     |      |     | <b>11051</b> | <b>3315,4</b> |

Таблица 3.3 – Ведомость осветительных нагрузок цеха сварки

| Щит                        | Светильник | Мощность<br>P <sub>1</sub> , Вт | cosφ | Кол-во N | Общая<br>мощность<br>P, Вт | Общая<br>мощность<br>Q, вар |
|----------------------------|------------|---------------------------------|------|----------|----------------------------|-----------------------------|
| ЩО1                        | BLM 053T   | 53                              | 0,96 | 115      | 6095                       | 1828,5                      |
| ЩО1                        | BLM 053T   | 53                              | 0,96 | 37       | 1961                       | 588,3                       |
| ЩО1                        | LNE 038U   | 38                              | 0,96 | 15       | 570                        | 171                         |
| <b>ИТОГО</b>               |            |                                 |      |          | <b>8626</b>                | <b>2587,8</b>               |
| ЩО2                        | BLM 053T   | 53                              | 0,96 | 270      | <b>14310</b>               | <b>4293</b>                 |
| ЩО3                        | LNE 038U   | 38                              | 0,96 | 93       | 3534                       | 1060,2                      |
| ЩО3                        | BLM 053T   | 53                              | 0,96 | 416      | 22048                      | 6614,4                      |
| <b>ИТОГО</b>               |            |                                 |      |          | <b>25582</b>               | <b>7674,6</b>               |
| ЩО4,<br>ЩО5                | SPR 401U   | 401                             | 0,96 | 965      | 386965                     | 116089,5                    |
| <b>ИТОГО на каждый щит</b> |            |                                 |      |          | <b>193482,5</b>            | <b>58044,75</b>             |

Таблица 3.4 – Ведомость осветительных нагрузок цеха окраски

| Щит              | Светильник | Мощность<br>P <sub>1</sub> , Вт | cosφ | Кол-во N | Общая<br>мощность<br>P, Вт | Общая<br>мощность<br>Q, вар |
|------------------|------------|---------------------------------|------|----------|----------------------------|-----------------------------|
| ЩО1,<br>ЩО2      | SRD 137U   | 137                             | 0,96 | 461      | 63157                      | 18947,1                     |
| ЩО1              | SRD 056U   | 56                              | 0,96 | 33       | 1848                       | 554,4                       |
| <b>ИТОГО ЩО1</b> |            |                                 |      |          | <b>33426,5</b>             | <b>10027,95</b>             |
| <b>ИТОГО ЩО2</b> |            |                                 |      |          | <b>31578,5</b>             | <b>9473,55</b>              |
| ЩО3              | BLM 053T   | 53                              | 0,96 | 11       | 583                        | 174,9                       |
| ЩО3              | BLM 053T   | 53                              | 0,96 | 15       | 795                        | 238,5                       |
| ЩО3              | LNE 038U   | 38                              | 0,96 | 55       | 2090                       | 627                         |
| <b>ИТОГО</b>     |            |                                 |      |          | <b>3468</b>                | <b>1040,4</b>               |

Таблица 3.5 – Ведомость осветительных нагрузок энергетического центра

| Щит          | Светильник | Мощность<br>P <sub>1</sub> , Вт | cosφ | Кол-во N | Общая<br>мощность<br>P, Вт | Общая<br>мощность<br>Q, вар |
|--------------|------------|---------------------------------|------|----------|----------------------------|-----------------------------|
| ЩО1          | SRD 079U   | 79                              | 0,96 | 20       | 1580                       | 474                         |
| ЩО1          | SRD 056U   | 56                              | 0,96 | 15       | 840                        | 252                         |
| ЩО1          | SRD 056U   | 56                              | 0,96 | 15       | 840                        | 252                         |
| <b>ИТОГО</b> |            |                                 |      |          | <b>3260</b>                | <b>978</b>                  |

Расчёты показывают, что использование светодиодных светильников с высоким световым потоком приводит к уменьшению количества светильников и снижению потребления мощности. Это особенно заметно на участках с большой площадью и высокими потолками, где требуется большой световой поток светильников. Замена люминесцентных светильников светодиодными является наилучшим решением для уменьшения потребления электроэнергии.

Так же стоит учитывать замену и утилизацию люминесцентных ламп, которые требуют дополнительного обслуживания и средств. Светодиодные светильники имеют больший срок службы и не требуют дополнительного обслуживания.

Для складского помещения цеха логистики применим технологию Smart LED компании EAE. В ACYO Smart LED предусмотрены функции для энергосбережения складских помещений. Установленные датчики движения установлены таким образом, чтобы отслеживать перемещение погрузчика или работника между стеллажами и включать освещение только по пути его следования. Это позволяет сэкономить на освещении складских зон до 90%.

В таком случае будем считать коэффициент использования ЩО4, ЩО5 и ЩО6 равным 0,1. Рассчитаем получившуюся нагрузку на освещение всех цехов и сведём результаты в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Ведомость осветительных нагрузок завода

| Группа                      | Sn,<br>кВА | Pn,<br>кВт | Qn,<br>квар | Kс   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт    | Qp,<br>квар  | Ip, А |
|-----------------------------|------------|------------|-------------|------|------|------------|---------------|--------------|-------|
| <b>Цех логистики</b>        |            |            |             |      |      |            |               |              |       |
| ЩО1                         | 8,87       | 8,5        | 2,55        | 0,94 | 0,96 | 8,34       | 7,99          | 2,4          | 12,05 |
| ЩО2                         | 9,61       | 9,2        | 2,76        | 0,94 | 0,96 | 9,03       | 8,65          | 2,59         | 13,05 |
| ЩО3                         | 9,91       | 9,5        | 2,85        | 0,94 | 0,96 | 9,32       | 8,93          | 2,68         | 13,47 |
| ЩО4                         | 11,54      | 11,05      | 3,32        | 0,1  | 0,96 | 1,15       | 1,11          | 0,33         | 1,67  |
| ЩО5                         | 11,54      | 11,05      | 3,32        | 0,1  | 0,96 | 1,15       | 1,11          | 0,33         | 1,67  |
| ЩО6                         | 11,54      | 11,05      | 3,32        | 0,1  | 0,96 | 1,15       | 1,11          | 0,33         | 1,67  |
| <b>ИТОГО</b>                |            |            |             |      |      |            | <b>28,9</b>   | <b>8,97</b>  |       |
| <b>Цех сварки</b>           |            |            |             |      |      |            |               |              |       |
| ЩО1                         | 9,01       | 8,63       | 2,59        | 0,94 | 0,96 | 8,47       | 8,11          | 2,43         | 12,23 |
| ЩО2                         | 14,94      | 14,31      | 4,29        | 0,94 | 0,96 | 14,04      | 13,45         | 4,04         | 20,29 |
| ЩО3                         | 26,71      | 25,58      | 7,67        | 0,94 | 0,96 | 25,11      | 24,05         | 7,21         | 36,28 |
| ЩО4                         | 202        | 193,48     | 58,04       | 0,94 | 0,96 | 189,88     | 181,87        | 54,56        | 274,4 |
| ЩО5                         | 202        | 193,48     | 58,04       | 0,94 | 0,96 | 189,88     | 181,87        | 54,56        | 274,4 |
| <b>ИТОГО</b>                |            |            |             |      |      |            | <b>409,35</b> | <b>122,8</b> |       |
| <b>Цех окраски</b>          |            |            |             |      |      |            |               |              |       |
| ЩО1                         | 34,90      | 33,43      | 10,03       | 0,94 | 0,96 | 32,80      | 31,42         | 9,43         | 45,41 |
| ЩО2                         | 32,97      | 31,58      | 9,47        | 0,94 | 0,96 | 30,99      | 29,68         | 8,91         | 42,9  |
| ЩО3                         | 3,62       | 3,47       | 1,04        | 0,94 | 0,96 | 3,4        | 3,26          | 0,98         | 4,71  |
| <b>ИТОГО</b>                |            |            |             |      |      |            | <b>64,36</b>  | <b>19,32</b> |       |
| <b>Энергетический центр</b> |            |            |             |      |      |            |               |              |       |
| ЩО                          | 3,40       | 3,26       | 0,98        | 0,94 | 0,96 | 3,20       | 3,06          | 0,92         | 4,62  |
| <b>ИТОГО</b>                |            |            |             |      |      |            | <b>3,06</b>   | <b>0,92</b>  |       |

### 3.2 Расчёт потерь на передачу электроэнергии

Потребители завода запитаны через РП, соединённые с ГРЩ цеха кабельными линиями 0,4кВ. Каждый распределительный пункт запитывается отдельным кабелем, что приводит к большому числу кабельных линий и увеличению потерь мощности. Для рационализации электроснабжения будем использовать шинопроводы для запитки некоторых потребителей. В цехе логистики нет большой нагрузки, поэтому оставляем кабельные линии.

Местом расположения шинопроводов выберем скопление больших нагрузок. В цехе сварки помимо распределительных шинопроводов используем магистральные – для запитки распределительных. Трассы шинопроводов отмечены на рисунках 3.1 – 3.3.



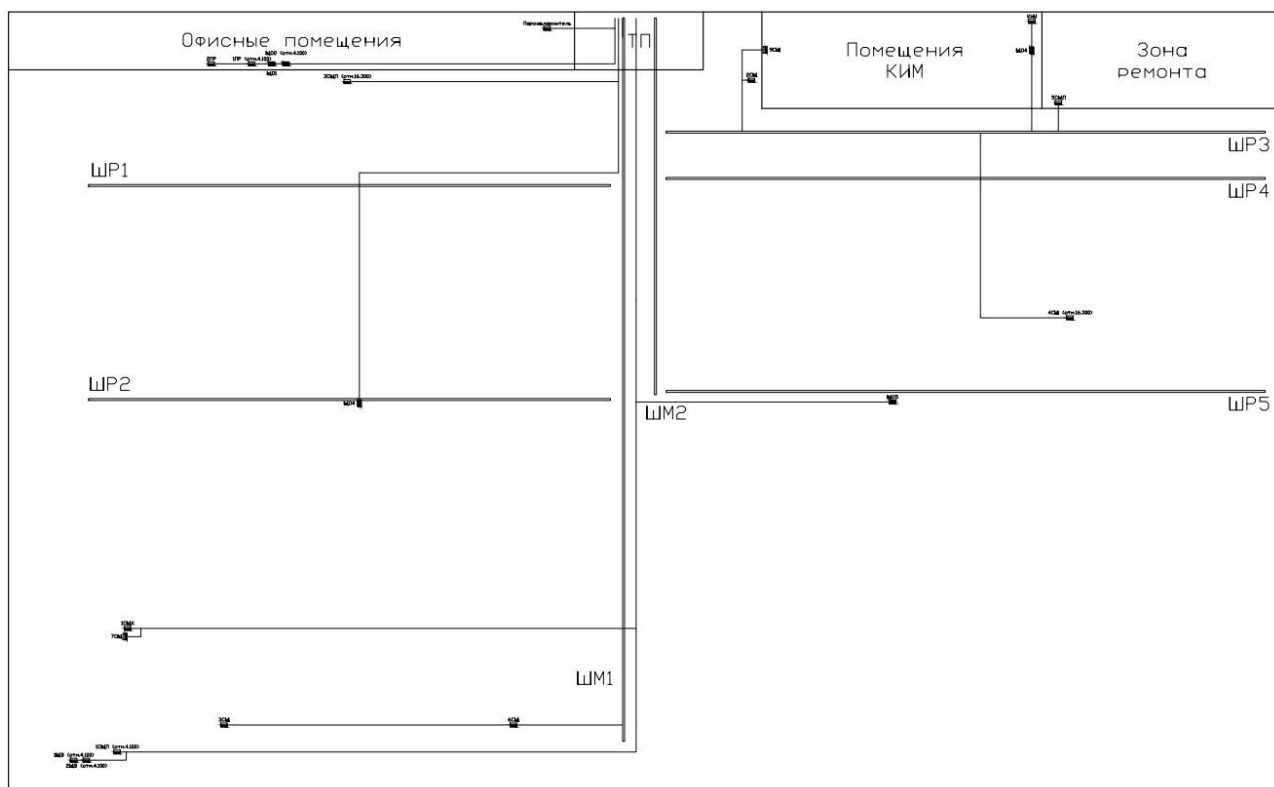


Рисунок 3.1 – Расположение шинопроводов цеха сварки

Для определения номинальных токов шинопроводов воспользуемся расчётами нагрузки из главы 1. Результаты вычислений внесём в таблицы приложения Б.

Для электроснабжения цехов выбираем шинопроводы с медными шинами и алюминиевым корпусом марки КО и КХ производства турецкой компании ЕАЕ. Медные шины обладают меньшим сопротивлением и как следствие меньшими потерями мощности. Алюминиевый корпус лучше отводит тепло, чем стальной.

Определим новые потери электроэнергии с учётом внесённых изменений. Воспользуемся формулами из главы 1 и внесём полученные результаты в таблицы приложения В.



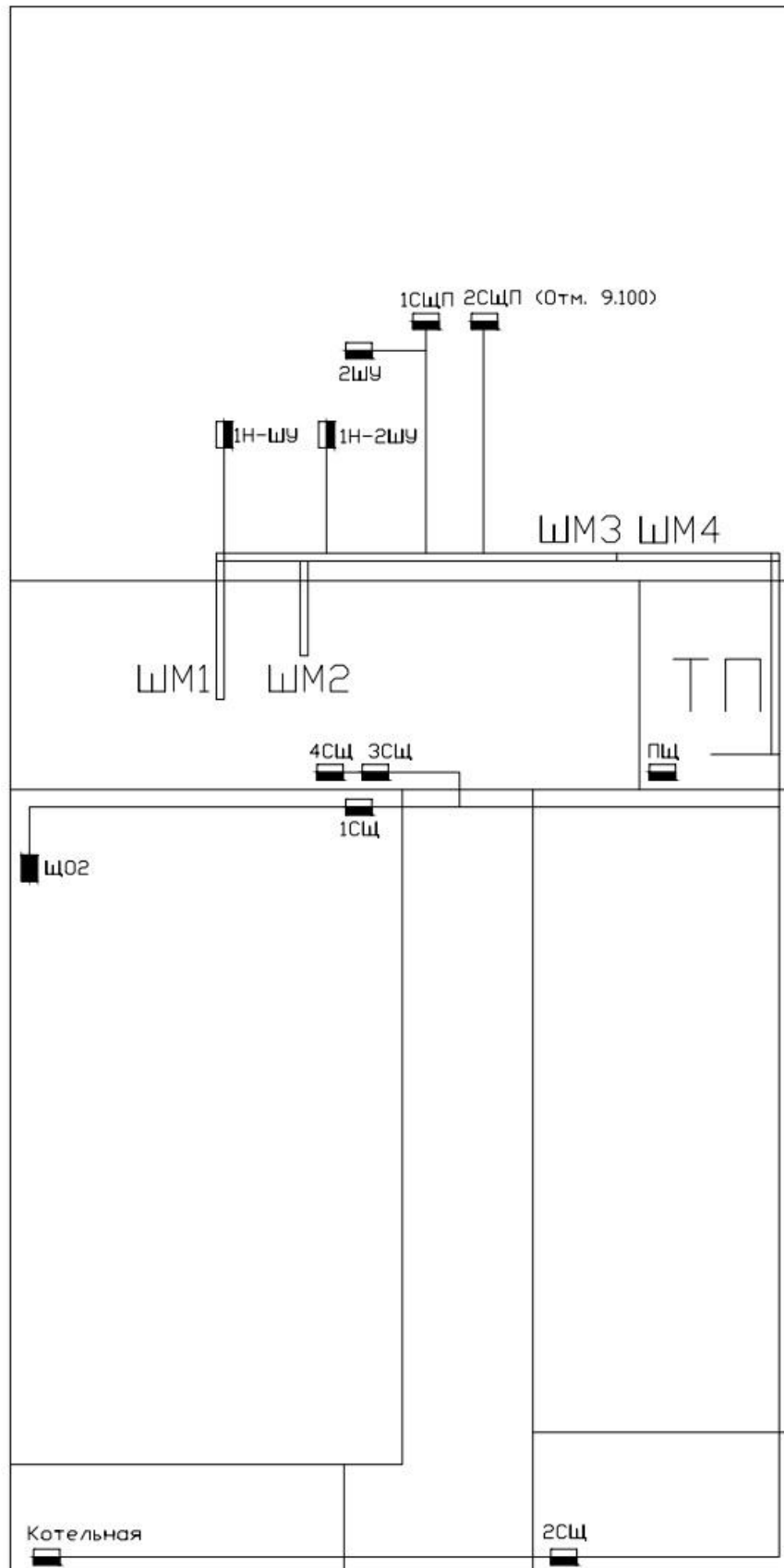


Рисунок 3.3 – Расположение шинопроводов энергетического центра

Для выбора трансформаторов и расчёта в них потерь необходимо распределить нагрузку по секциям шин и скомпенсировать реактивную мощность. Ведомости нагрузок секций шин всех цехов с учётом потерь сведены в таблицах 3.7 – 3.10.

Таблица 3.7 – Ведомость нагрузок цеха логистики

| Группа                  | Sn,<br>кВА | Rn,<br>кВт | Qn,<br>квар | Kc   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт    | Qp,<br>квар   | Ip, А |
|-------------------------|------------|------------|-------------|------|------|------------|---------------|---------------|-------|
| <b>Секция шин 1</b>     |            |            |             |      |      |            |               |               |       |
| ВРУ1                    | 31,81      | 24         | 20,88       | 0,75 | 0,82 | 23,86      | 18            | 15,66         | 34,48 |
| 6СЩ                     | 38,68      | 28,44      | 26,22       | 0,64 | 0,74 | 24,75      | 18,2          | 16,78         | 35,77 |
| 7СЩ                     | 38,68      | 28,44      | 26,22       | 0,64 | 0,74 | 24,75      | 18,2          | 16,78         | 35,77 |
| 10СЩ                    | 25,74      | 20         | 16,20       | 0,75 | 0,78 | 19,3       | 15            | 12,15         | 27,9  |
| 11СЩ                    | 19,98      | 17,5       | 9,63        | 0,6  | 0,87 | 11,99      | 10,5          | 5,78          | 17,32 |
| 4СЩВ                    | 23,26      | 17,81      | 14,96       | 0,7  | 0,76 | 16,28      | 12,47         | 10,47         | 23,53 |
| 1СЩВ                    | 11,34      | 8,94       | 6,97        | 0,66 | 0,79 | 7,48       | 5,9           | 4,6           | 10,81 |
| 2СЩВ                    | 9,46       | 7,25       | 6,09        | 0,69 | 0,76 | 6,53       | 5             | 4,2           | 9,44  |
| 3СЩВ                    | 15,74      | 12,14      | 10,01       | 0,7  | 0,77 | 11,02      | 8,5           | 7,01          | 15,92 |
| 1СЩК                    | 59,63      | 50         | 32,5        | 0,5  | 0,87 | 29,82      | 25            | 16,25         | 43,09 |
| ЩО2                     | 9,61       | 9,2        | 2,76        | 0,94 | 0,96 | 9,03       | 8,65          | 2,59          | 13,05 |
| ЩО3                     | 9,91       | 9,5        | 2,85        | 0,94 | 0,96 | 9,32       | 8,93          | 2,68          | 13,47 |
| ЩО4                     | 11,54      | 11,05      | 3,32        | 0,1  | 0,96 | 1,15       | 1,11          | 0,33          | 1,67  |
| <b>Итого без потерь</b> |            |            |             |      |      |            | <b>155,45</b> | <b>115,28</b> |       |
| <b>Потери</b>           |            |            |             |      |      |            | <b>6,25</b>   | <b>0,16</b>   |       |
| <b>Итого с потерями</b> |            |            |             |      |      |            | <b>161,69</b> | <b>115,44</b> |       |
| <b>Секция шин 2</b>     |            |            |             |      |      |            |               |               |       |
| ВРУ2                    | 31,81      | 24         | 20,88       | 0,75 | 0,82 | 23,86      | 18            | 15,66         | 34,48 |
| 3СЩ                     | 21,11      | 18,6       | 9,99        | 0,7  | 0,88 | 14,76      | 13            | 6,98          | 21,7  |
| 4СЩ                     | 42,49      | 32,05      | 27,89       | 0,55 | 0,75 | 23,37      | 17,63         | 15,34         | 33,77 |
| 5СЩ                     | 28,34      | 19         | 21,03       | 0,65 | 0,67 | 18,5       | 12,4          | 13,72         | 27,2  |
| 8СЩ                     | 38,57      | 28,36      | 26,14       | 0,64 | 0,74 | 24,75      | 18,2          | 16,78         | 36,4  |
| 9СЩ                     | 63,65      | 46,8       | 43,14       | 0,6  | 0,74 | 38,22      | 28,1          | 25,9          | 56,2  |
| 2СЩК                    | 59,63      | 50         | 32,5        | 0,5  | 0,83 | 29,82      | 25            | 16,25         | 43,09 |
| ЩО1                     | 8,87       | 8,5        | 2,55        | 0,94 | 0,96 | 8,34       | 7,99          | 2,4           | 12,05 |
| ЩО5                     | 11,54      | 11,05      | 3,32        | 0,1  | 0,96 | 1,15       | 1,11          | 0,33          | 1,67  |
| ЩО6                     | 11,54      | 11,05      | 3,32        | 0,1  | 0,96 | 1,15       | 1,11          | 0,33          | 1,67  |
| <b>Итого без потерь</b> |            |            |             |      |      |            | <b>142,53</b> | <b>113,69</b> |       |
| <b>Потери</b>           |            |            |             |      |      |            | <b>3,71</b>   | <b>0,13</b>   |       |
| <b>Итого с потерями</b> |            |            |             |      |      |            | <b>146,24</b> | <b>113,82</b> |       |

Таблица 3.8 – Ведомость нагрузок цеха сварки

| Группа              | Sn,<br>кВА | Rn,<br>кВт | Qn,<br>квар | Kc   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт | Qp,<br>квар | Ip, А |
|---------------------|------------|------------|-------------|------|------|------------|------------|-------------|-------|
| <b>Секция шин 1</b> |            |            |             |      |      |            |            |             |       |
| Пар.                | 265,05     | 243,85     | 103,88      | 0,65 | 0,92 | 172,28     | 158,5      | 67,52       | 248,9 |

Продолжение таблицы 3.8

|                                |         |        |        |      |      |        |              |               |       |  |
|--------------------------------|---------|--------|--------|------|------|--------|--------------|---------------|-------|--|
| РП1                            | 800     | 592    | 538,09 | 0,5  | 0,74 | 400    | 296          | 269,04        | 578   |  |
| 3СЦП                           | 291,23  | 224,25 | 185,82 | 0,8  | 0,77 | 232,99 | 179,4        | 148,66        | 336,6 |  |
| РП2                            | 345,95  | 256    | 232,69 | 0,5  | 0,74 | 172,97 | 128          | 116,34        | 249,9 |  |
| 6СЦ                            | 138,95  | 86,15  | 109,02 | 0,54 | 0,62 | 75,03  | 46,52        | 58,87         | 108,4 |  |
| 3СЦ                            | 169,84  | 135,88 | 101,91 | 0,8  | 0,80 | 135,88 | 108,7        | 81,53         | 196,3 |  |
| 1СЦП                           | 6,61    | 5,09   | 4,22   | 0,55 | 0,77 | 3,64   | 2,8          | 2,32          | 5,25  |  |
| 1ЦВ                            | 12,5    | 9,63   | 7,98   | 0,8  | 0,77 | 10     | 7,7          | 6,38          | 14,45 |  |
| 2ЦВ                            | 8,97    | 8,25   | 3,51   | 0,8  | 0,92 | 7,17   | 6,6          | 2,81          | 10,37 |  |
| 1ЦПК                           | 30,08   | 22,86  | 19,55  | 0,7  | 0,76 | 21,05  | 16           | 13,68         | 30,42 |  |
| 7СЦ                            | 20,77   | 16,2   | 13     | 0,79 | 0,78 | 16,41  | 12,8         | 10,27         | 23,71 |  |
| 1ПР                            | 313,37  | 213,09 | 229,77 | 0,55 | 0,68 | 172,35 | 117,2        | 126,37        | 249   |  |
| ЩО1                            | 9,01    | 8,63   | 2,59   | 0,94 | 0,96 | 8,47   | 8,11         | 2,43          | 12,23 |  |
| ЩО2                            | 14,94   | 14,31  | 4,29   | 0,94 | 0,96 | 14,04  | 13,45        | 4,04          | 20,29 |  |
| ЩО4                            | 202     | 193,48 | 58,04  | 0,94 | 0,96 | 189,88 | 181,8        | 54,56         | 274,4 |  |
| <b>Итого без потерь</b>        |         |        |        |      |      |        | <b>1283</b>  | <b>964,82</b> |       |  |
| <b>Потери</b>                  |         |        |        |      |      |        | <b>21,78</b> | <b>4,92</b>   |       |  |
| <b>Итого с потерями</b>        |         |        |        |      |      |        | <b>1305</b>  | <b>969,74</b> |       |  |
| <b>Итого с цехом логистики</b> |         |        |        |      |      |        | <b>1467</b>  | <b>1085,1</b> |       |  |
| <b>Секция шин 2</b>            |         |        |        |      |      |        |              |               |       |  |
| 2ПР                            | 88,7    | 69,19  | 55,51  | 0,74 | 0,78 | 65,64  | 51,2         | 41,08         | 94,86 |  |
| 4СЦП                           | 291,23  | 224,25 | 185,82 | 0,8  | 0,77 | 232,99 | 179,4        | 148,66        | 336,6 |  |
| РП3                            | 345,95  | 256    | 232,69 | 0,5  | 0,74 | 172,97 | 128          | 116,34        | 249,9 |  |
| 2СЦ                            | 17,6    | 7,92   | 15,72  | 0,77 | 0,45 | 13,56  | 6,1          | 12,11         | 19,59 |  |
| 5СЦ                            | 63,68   | 34,39  | 53,6   | 0,57 | 0,54 | 36,3   | 19,6         | 30,55         | 52,45 |  |
| 9СЦ                            | 71,47   | 57,89  | 41,92  | 0,57 | 0,81 | 40,74  | 33           | 23,89         | 58,87 |  |
| 5СЦП                           | 115,8   | 100,75 | 57,1   | 0,8  | 0,87 | 92,64  | 80,6         | 45,68         | 133,8 |  |
| КИУ                            | 392,16  | 200    | 337,32 | 0,7  | 0,51 | 274,51 | 140          | 236,13        | 396,6 |  |
| 4СЦ                            | 124,43  | 97,06  | 77,87  | 0,68 | 0,78 | 84,62  | 66           | 52,95         | 122,2 |  |
| РП4                            | 1394,59 | 1032   | 938,01 | 0,5  | 0,74 | 697,3  | 516          | 469,01        | 1007  |  |
| ЩО3                            | 26,71   | 25,58  | 7,67   | 0,94 | 0,96 | 25,11  | 24,05        | 7,21          | 36,28 |  |
| ЩО5                            | 202     | 193,48 | 58,04  | 0,94 | 0,96 | 189,88 | 181,8        | 54,56         | 274,4 |  |
| <b>Итого без потерь</b>        |         |        |        |      |      |        | <b>1425</b>  | <b>1238,1</b> |       |  |
| <b>Потери</b>                  |         |        |        |      |      |        | <b>14,37</b> | <b>4,35</b>   |       |  |
| <b>Итого с потерями</b>        |         |        |        |      |      |        | <b>1440</b>  | <b>1242,5</b> |       |  |
| <b>Итого с цехом логистики</b> |         |        |        |      |      |        | <b>1586</b>  | <b>1356,3</b> |       |  |

Таблица 3.9 – Ведомость нагрузок цеха окраски

| Группа                  | Sn,<br>кВА | Rn,<br>кВт | Qn,<br>квар | Kc   | cosφ | Sp,<br>кВА | Pp,<br>кВт   | Qp,<br>квар   | Ip, А |  |
|-------------------------|------------|------------|-------------|------|------|------------|--------------|---------------|-------|--|
| <b>Секция шин 1</b>     |            |            |             |      |      |            |              |               |       |  |
| РП1                     | 689,19     | 510        | 463,55      | 0,5  | 0,74 | 344,59     | 255          | 231,78        | 497,9 |  |
| T5                      | 38,75      | 31         | 23,25       | 0,4  | 0,80 | 15,5       | 12,4         | 9,3           | 22,4  |  |
| РП2                     | 1043,24    | 772        | 701,69      | 0,5  | 0,74 | 521,62     | 386          | 350,85        | 753,7 |  |
| 1ПР                     | 63,84      | 54,26      | 33,63       | 0,61 | 0,85 | 38,94      | 33,1         | 20,51         | 56,27 |  |
| Пар.                    | 398,29     | 254,91     | 306,04      | 0,65 | 0,64 | 258,89     | 165,6        | 198,93        | 374,1 |  |
| ЩО1                     | 34,9       | 33,43      | 10,03       | 0,94 | 0,96 | 32,8       | 31,42        | 9,43          | 45,41 |  |
| <b>Итого без потерь</b> |            |            |             |      |      |            | <b>883,6</b> | <b>820,79</b> |       |  |

Продолжение таблицы 3.9

|                     |         |        |         |      |      |                         |              |               |       |
|---------------------|---------|--------|---------|------|------|-------------------------|--------------|---------------|-------|
|                     |         |        |         |      |      | <b>Потери</b>           | <b>3,85</b>  | <b>1,49</b>   |       |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Итого с потерями</b> | <b>887,4</b> | <b>822,27</b> |       |
| <b>Секция шин 2</b> |         |        |         |      |      |                         |              |               |       |
| 2СЦВ                | 7,97    | 6,3    | 4,89    | 1    | 0,79 | 7,97                    | 6,3          | 4,89          | 11,52 |
| 2ПР                 | 8,65    | 6,75   | 5,42    | 0,8  | 0,78 | 6,92                    | 5,4          | 4,33          | 10    |
| ПЩ                  | 38,42   | 32,27  | 20,85   | 0,33 | 0,84 | 12,68                   | 10,65        | 6,88          | 18,32 |
| РПЗ                 | 1983,78 | 1468   | 1334,31 | 0,5  | 0,74 | 991,89                  | 734          | 667,15        | 1433  |
| ЩО2                 | 32,97   | 31,58  | 9,47    | 0,94 | 0,96 | 30,99                   | 29,68        | 8,91          | 42,9  |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Итого без потерь</b> | <b>786</b>   | <b>692,16</b> |       |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Потери</b>           | <b>4,01</b>  | <b>0,96</b>   |       |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Итого с потерями</b> | <b>790</b>   | <b>693,11</b> |       |
| <b>Секция шин 3</b> |         |        |         |      |      |                         |              |               |       |
| РП4                 | 2248,65 | 1664   | 1512,46 | 0,5  | 0,74 | 1124,3                  | 832          | 756,23        | 1624  |
| 2СЩП                | 15,06   | 11,75  | 9,43    | 0,8  | 0,78 | 12,05                   | 9,4          | 7,54          | 17,42 |
| 3СЦВ                | 22,45   | 17,29  | 14,32   | 0,7  | 0,77 | 15,71                   | 12,1         | 10,03         | 22,71 |
| 6СЩ                 | 91,07   | 70,12  | 58,1    | 0,66 | 0,77 | 60,1                    | 46,28        | 38,35         | 86,86 |
| 1СЩК                | 17,46   | 11     | 13,56   | 0,9  | 0,63 | 15,71                   | 9,9          | 12,2          | 22,71 |
| 3ПР                 | 180,1   | 165,69 | 70,58   | 1    | 0,92 | 180,1                   | 165,6        | 70,58         | 260,2 |
| ЩО3                 | 3,62    | 3,47   | 1,04    | 0,94 | 0,96 | 3,4                     | 3,26         | 0,98          | 4,71  |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Итого без потерь</b> | <b>1078</b>  | <b>895,91</b> |       |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Потери</b>           | <b>10</b>    | <b>2,54</b>   |       |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Итого с потерями</b> | <b>1088</b>  | <b>898,45</b> |       |
| <b>Секция шин 4</b> |         |        |         |      |      |                         |              |               |       |
| 4ПР                 | 59,26   | 46,82  | 36,33   | 0,22 | 0,79 | 13,04                   | 10,3         | 7,99          | 18,84 |
| РП5                 | 1329,73 | 984    | 894,39  | 0,5  | 0,74 | 664,86                  | 492          | 447,19        | 960,7 |
| 2СЩ                 | 20,19   | 15,75  | 12,64   | 0,8  | 0,78 | 16,15                   | 12,6         | 10,11         | 23,34 |
| 3СЩ                 | 38,04   | 33,86  | 17,35   | 0,7  | 0,89 | 26,63                   | 23,7         | 12,14         | 38,48 |
| СЩК                 | 58,73   | 37     | 45,61   | 0,8  | 0,63 | 46,98                   | 29,6         | 36,49         | 67,9  |
| 4СЩ                 | 55,1    | 42,43  | 35,16   | 0,7  | 0,77 | 38,57                   | 29,7         | 24,61         | 55,74 |
| 5СЩ                 | 108,11  | 80     | 72,71   | 0,7  | 0,74 | 75,68                   | 56           | 50,9          | 109,3 |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Итого без потерь</b> | <b>653,9</b> | <b>589,43</b> |       |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Потери</b>           | <b>15,89</b> | <b>1,29</b>   |       |
|                     |         |        |         |      |      | <b>Итого с потерями</b> | <b>669,7</b> | <b>590,72</b> |       |

Таблица 3.10 – Ведомость нагрузок энергетического центра

| Группа              | Sn,<br>кВА | Rn,<br>кВт | Qn,<br>квар | Kс   | cosφ | Sp,<br>кВА              | Pp,<br>кВт  | Qp,<br>квар   | Ip, А |
|---------------------|------------|------------|-------------|------|------|-------------------------|-------------|---------------|-------|
| <b>Секция шин 1</b> |            |            |             |      |      |                         |             |               |       |
| Ч. N1               | 625,37     | 419        | 464,25      | 0,75 | 0,67 | 469,03                  | 314,2       | 348,19        | 677,7 |
| 5СЩ                 | 171,43     | 132        | 109,38      | 0,7  | 0,77 | 120                     | 92,4        | 76,57         | 173,4 |
| 1СЩП                | 150,79     | 116,11     | 96,21       | 0,9  | 0,77 | 135,71                  | 104,5       | 86,59         | 196,1 |
| 1Н-ШУ               | 263,35     | 202,78     | 168,03      | 0,72 | 0,77 | 189,61                  | 146         | 120,98        | 274   |
| 2ШУ                 | 103,9      | 80         | 66,29       | 1    | 0,77 | 103,9                   | 80          | 66,29         | 150,1 |
| K1.1                | 131,87     | 120        | 54,67       | 1    | 0,91 | 131,87                  | 120         | 54,67         | 190,5 |
| K1.3                | 131,87     | 120        | 54,67       | 1    | 0,91 | 131,87                  | 120         | 54,67         | 190,5 |
| K2.2                | 91,46      | 75         | 52,35       | 1    | 0,82 | 91,46                   | 75          | 52,35         | 132,1 |
|                     |            |            |             |      |      | <b>Итого без потерь</b> | <b>1052</b> | <b>860,31</b> |       |

Продолжение таблицы 3.10

|                     |        |        |        |      |      |        |                         |              |               |  |
|---------------------|--------|--------|--------|------|------|--------|-------------------------|--------------|---------------|--|
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Потери</b>           | <b>1,22</b>  | <b>0,51</b>   |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Итого с потерями</b> | <b>1053</b>  | <b>860,82</b> |  |
| <b>Секция шин 2</b> |        |        |        |      |      |        |                         |              |               |  |
| Ч. N2               | 625,37 | 419    | 464,25 | 0,75 | 0,67 | 469,03 | 314,2                   | 348,19       | 677,7         |  |
| 1СЩ                 | 37,23  | 35     | 12,7   | 0,8  | 0,94 | 29,79  | 28                      | 10,16        | 43,05         |  |
| 2СЩ                 | 28,79  | 22,17  | 18,37  | 0,83 | 0,77 | 23,90  | 18,4                    | 15,25        | 34,53         |  |
| 3СЩ                 | 14,24  | 10,96  | 9,08   | 0,83 | 0,77 | 11,82  | 9,1                     | 7,54         | 17,08         |  |
| 4СЩ                 | 5,9    | 4,25   | 4,09   | 0,73 | 0,72 | 4,31   | 3,1                     | 2,99         | 6,22          |  |
| 2СЩП                | 253,97 | 195,56 | 162,04 | 0,9  | 0,77 | 228,57 | 176                     | 145,84       | 330,3         |  |
| К2.1                | 91,46  | 75     | 52,35  | 1    | 0,82 | 91,46  | 75                      | 52,35        | 132,1         |  |
| К1.2                | 241,76 | 220    | 100,23 | 1    | 0,91 | 241,76 | 220                     | 100,23       | 349,3         |  |
| 1Н.2-ШУ             | 128,9  | 99,3   | 82,28  | 1    | 0,77 | 128,96 | 99,3                    | 82,28        | 186,3         |  |
| 1СЩВ                | 52,16  | 40,17  | 33,28  | 0,6  | 0,77 | 31,30  | 24,1                    | 19,97        | 45,23         |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Итого без потерь</b> | <b>967,2</b> | <b>784,8</b>  |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Потери</b>           | <b>2,31</b>  | <b>0,51</b>   |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Итого с потерями</b> | <b>969,5</b> | <b>785,31</b> |  |
| <b>Секция шин 3</b> |        |        |        |      |      |        |                         |              |               |  |
| Ч. N3               | 625,3  | 419    | 464,25 | 0,75 | 0,67 | 469,03 | 314,2                   | 348,19       | 677,7<br>9    |  |
| Ч. N4               | 625,3  | 419    | 464,25 | 0,75 | 0,67 | 469,03 | 314,2                   | 348,19       | 677,7<br>9    |  |
| Котел.              | 309,9  | 272,73 | 147,2  | 0,88 | 0,88 | 272,73 | 240                     | 129,54       | 394,1<br>1    |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Итого без потерь</b> | <b>868,5</b> | <b>825,92</b> |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Потери</b>           | <b>29,9</b>  | <b>9,16</b>   |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Итого с потерями</b> | <b>898,4</b> | <b>835,08</b> |  |
| <b>Секция шин 4</b> |        |        |        |      |      |        |                         |              |               |  |
| Ч. N5               | 380,1  | 254,71 | 282,22 | 0,75 | 0,67 | 285,12 | 191                     | 211,66       | 412,0<br>2    |  |
| Ч. N6               | 380,1  | 254,71 | 282,22 | 0,75 | 0,67 | 285,12 | 191                     | 211,66       | 412,0<br>2    |  |
| Котел.              | 419,5  | 272,73 | 318,85 | 0,88 | 0,65 | 369,23 | 240                     | 280,59       | 533,5<br>7    |  |
| 1ПЩН1               | 23,03  | 17,27  | 15,23  | 0,11 | 0,75 | 2,53   | 1,9                     | 1,68         | 3,66          |  |
| ЩО                  | 3,4    | 3,26   | 0,98   | 0,94 | 0,96 | 3,2    | 3,06                    | 0,92         | 4,62          |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Итого без потерь</b> | <b>627</b>   | <b>706,51</b> |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Потери</b>           | <b>29,85</b> | <b>9,11</b>   |  |
|                     |        |        |        |      |      |        | <b>Итого с потерями</b> | <b>656,8</b> | <b>715,62</b> |  |

Определим для каждой секции шин устройство компенсации реактивной мощности. Найдём  $\cos\varphi$  и  $\operatorname{tg}\varphi$  на шинах низкого напряжения. Выберем наиболее экономически выгодный коэффициент мощности  $\operatorname{tg}\varphi_K=0,43$ . Полученные результаты вычислений и выбранные устройства компенсации внесём в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Компенсация реактивной мощности

| № с.ш.                           | $P_p$ , кВт | $Q_p$ , квар | $\cos\phi$ | $\operatorname{tg}\phi$ | $Q_{кр}$ , квар | Выбранное КУ     | Мощность КУ, квар | $Q_p$ после компенсации, квар |
|----------------------------------|-------------|--------------|------------|-------------------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------------------|
| <b>ТП цеха сварки</b>            |             |              |            |                         |                 |                  |                   |                               |
| 1                                | 1467,13     | 1085,18      | 0,8        | 0,74                    | 408,89          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 685,18                        |
| 2                                | 1586,43     | 1356,33      | 0,76       | 0,85                    | 606,75          | УКМ58-0,4-600-50 | 600               | 756,33                        |
| <b>ТП цеха окраски</b>           |             |              |            |                         |                 |                  |                   |                               |
| 1                                | 887,47      | 822,27       | 0,73       | 0,93                    | 396,6           | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 422,27                        |
| 2                                | 790,04      | 693,11       | 0,75       | 0,88                    | 318,06          | УКМ-0,4-300-50   | 300               | 393,11                        |
| 3                                | 1088,63     | 898,45       | 0,77       | 0,83                    | 387,3           | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 498,45                        |
| 4                                | 669,79      | 590,72       | 0,75       | 0,88                    | 272,44          | УКМ-0,4-300-50   | 300               | 290,72                        |
| <b>ТП энергетического центра</b> |             |              |            |                         |                 |                  |                   |                               |
| 1                                | 1053,37     | 860,82       | 0,77       | 0,82                    | 367,08          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 460,82                        |
| 2                                | 969,56      | 785,31       | 0,78       | 0,81                    | 331,56          | УКМ-0,4-300-50   | 300               | 485,31                        |
| 3                                | 898,4       | 835,08       | 0,73       | 0,93                    | 403,89          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 435,08                        |
| 4                                | 656,87      | 715,62       | 0,68       | 1,09                    | 389,85          | УКМ-0,4-400-50   | 400               | 315,62                        |

Таким образом, все выбранные ранее устройства компенсации подходят для использования.

По схеме электроснабжения на рисунке 1.1 определим нагрузку на трансформаторы. В расчёте, что каждый трансформатор будет загружен не на 70% (как это рассчитывалось в 1 главе), а на 50%, чтобы уменьшить потери в обмотках. Определим минимальную требуемую мощность каждого трансформатора. Результаты вычислений сведены в таблице 3.12.



Таблица 3.12 – Минимальные мощности трансформаторов

| Трансформаторы                   | Активная нагрузка P, кВт | Реактивная нагрузка Q, квар | Полная нагрузка S, кВА | Требуемая мощность, кВА |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>ТП цеха сварки</b>            |                          |                             |                        |                         |
| T1, T2                           | 3053,56                  | 1441,51                     | 3376,71                | 3376,71                 |
| <b>ТП цеха окраски</b>           |                          |                             |                        |                         |
| T1, T2                           | 1677,51                  | 815,39                      | 1865,18                | 1865,18                 |
| T3, T4                           | 1758,42                  | 789,17                      | 1927,39                | 1927,39                 |
| <b>ТП энергетического центра</b> |                          |                             |                        |                         |
| T1, T2                           | 2022,94                  | 946,13                      | 2233,26                | 2233,26                 |
| T3, T4                           | 1555,27                  | 750,7                       | 1726,97                | 1726,97                 |

По расчётам требуемой мощности трансформаторов выбираем двухобмоточные трансформаторы производства Siemens: GEAFOL-3150 ( $P_{K3}=18,4\text{кВт}$ ,  $P_{XX}=4,8\text{кВт}$ ,  $I_0=0,4\%$ ,  $U_K=6\%$ ) GEAFOL-2500 ( $P_{K3}=15,7\text{кВт}$ ,  $P_{XX}=4,3\text{кВт}$ ,  $I_0=0,4\%$ ,  $U_K=6\%$ ); GEAFOL-2000 ( $P_{K3}=14,7\text{кВт}$ ,  $P_{XX}=3\text{кВт}$ ,  $I_0=0,5\%$ ,  $U_K=6\%$ ). Определим потери в трансформаторах, полученные результаты внесём в таблицу 3.13.

Таблица 3.13 – Потери в трансформаторах

| Трансформатор                    | Мощность $S_N$ , кВА | Нагрузка S, кВА | Коэф. Загрузки $K_3$ | Потери активной мощности $P_m$ , кВт | Потери реактивной мощности $Q_m$ , квар |
|----------------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|--------------------------------------|---|
| <b>ТП цеха сварки</b>            |                      |                 |                      |                                      |   |
| T1                               | 3150                 | 1619,24         | 0,51                 | 9,66                                 | 109,75                                  |
| T2                               | 3150                 | 1757,5          | 0,56                 | 10,53                                | 118,05                                  |
| <b>ТП цеха окраски</b>           |                      |                 |                      |                                      |   |
| T1                               | 2000                 | 982,81          | 0,49                 | 6,55                                 | 68,97                                   |
| T2                               | 2000                 | 882,44          | 0,44                 | 5,86                                 | 62,95                                   |
| T3                               | 2000                 | 1197,32         | 0,6                  | 8,27                                 | 81,84                                   |
| T4                               | 2000                 | 730,17          | 0,37                 | 4,96                                 | 53,81                                   |
| <b>ТП энергетического центра</b> |                      |                 |                      |                                      |   |
| T1                               | 2500                 | 1149,76         | 0,46                 | 7,62                                 | 78,99                                   |
| T2                               | 2500                 | 1084,24         | 0,43                 | 7,25                                 | 75,05                                   |
| T3                               | 2000                 | 998,2           | 0,5                  | 6,66                                 | 69,89                                   |
| T4                               | 2000                 | 728,76          | 0,36                 | 4,95                                 | 53,73                                   |

### 3.3 Учёт и сравнение затрат на электроэнергию с учётом применения мероприятий по энергосбережению

Сведём результаты расчётов нагрузки и потерь мощности, а так же результаты, полученные в 1 главе в таблицу 3.14. Результаты расчётов 3 главы учитывают принятые меры по увеличению энергоэффективности, в 1 главе результаты были рассчитаны до применения этих мер.

Таблица 3.14 – Ведомость нагрузок по цехам

| Цех           | Нагрузка на технические нужды, кВт |                | Нагрузка на освещение кВт |               | Потери мощности при передаче кВт |               | Потери мощности в трансформаторах кВт |              |
|---------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|---------------------------------------|--------------|
|               | До                                 | После          | До                        | После         | До                               | После         | До                                    | После        |
| Цех логистики | 269,1                              | 269,1          | 109,1                     | 28,87         | 11,84                            | 9,96          | -                                     | -            |
| Цех сварки    | 2300,12                            | 2300,12        | 491,69                    | 409,35        | 86,44                            | 36,15         | 24,9                                  | 20,19        |
| Цех окраски   | 3337,81                            | 3337,81        | 163,19                    | 64,36         | 67,53                            | 33,76         | 32,95                                 | 25,64        |
| Энергоцентр   | 3511,86                            | 3511,86        | 6,44                      | 3,06          | 71,59                            | 63,28         | 34,95                                 | 26,49        |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>9418,89</b>                     | <b>9418,89</b> | <b>770,43</b>             | <b>505,66</b> | <b>237,39</b>                    | <b>143,15</b> | <b>92,8</b>                           | <b>72,32</b> |

Сравнение суммарных нагрузок и потерь представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Суммарная ведомость нагрузок

| Цех           | Суммарная нагрузка и суммарные потери, кВт |                 |
|---------------|--|-----------------|
|               | До   | После           |
| Цех логистики | 390,05                                     | 307,93          |
| Цех сварки    | 2903,15                                    | 2765,82         |
| Цех окраски   | 3601,48                                    | 3461,57         |
| Энергоцентр   | 3624,83                                    | 3604,69         |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>10519,51</b>                            | <b>10140,02</b> |

По суточным графикам нагрузки в рабочие и выходные дни на рисунках 1.2 и 1.3 рассчитаем потребление электроэнергии заводом и составим графики (рисунки 3.4 и 3.5).

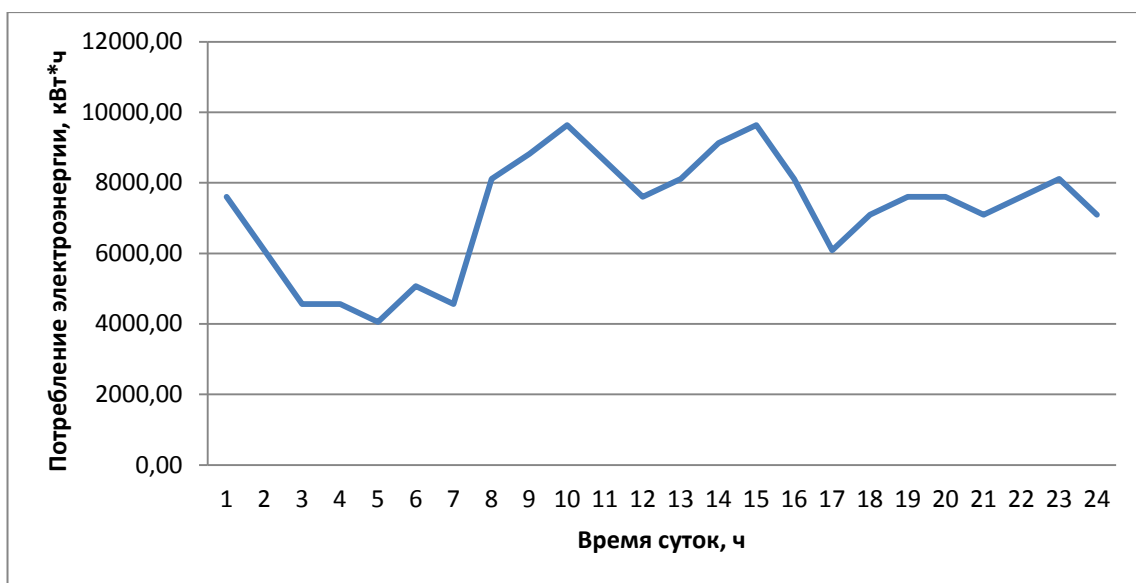


Рисунок 3.4 – Суточный график потребления электроэнергии в рабочий день

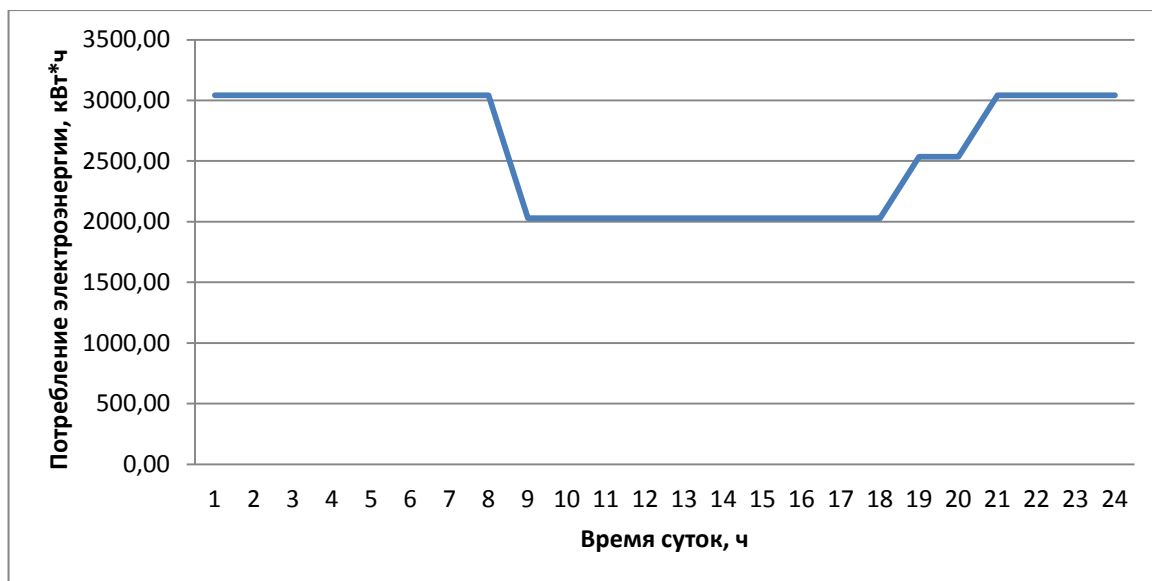


Рисунок 3.5 – Суточный график потребления электроэнергии в выходной день

Определим годовое потребление электроэнергии заводом при цене за кВт\*ч 6 рублей, результаты вычислений запишем в таблицу 3.16. Сравним полученные результаты с результатами вычислений 1 главы.

Таблица 3.16 – Годовые затраты электроэнергии

|  | Потребление за 24 часа, кВт*ч |            | Дней в году | Потребление за год, кВт*ч |                    |
|--|-------------------------------|------------|-------------|---------------------------|--------------------|
|  | До                            | После      |             | До                        | После              |
| Рабочий день   | 179 042,05                    | 172 583,08 | 250         | 44 760 513,71             | 43 145 770         |
| Выходной день  | 64 169,01                     | 61 854,1   | 115         | 7 379 436,04              | 7 113 221          |
| ИТОГО в год  |                               |            |             | 52 139 949,75             | 50 258 992         |
| Стоимость электроэнергии при цене бруб. за кВт*ч, руб. |                               |            |             | <b>312 839 698,52</b>     | <b>301 553 954</b> |

Определим стоимость оборудования, которое было использовано (таблица 3.17).

Таблица 3.17 – Стоимость оборудования

| Оборудование                                     | Кол-во | Ед.   | Цена за ед., руб | Стоимость, руб. |
|--|--------|-------|------------------|-----------------|
| Светильники                                      |        |       |                  |                 |
| BLM 053T   | 1190   | шт    | 15 000           | 17 850 000,00   |
| LNE 038U   | 228    | шт    | 10 000           | 2 280 000,00    |
| SPR 401U   | 965    | шт    | 36 000           | 34 740 000,00   |
| SRD 137U   | 703    | шт    | 18 000           | 12 654 000,00   |
| SRD 056U   | 63     | шт    | 11 000           | 693 000,00      |
| SRD 079U   | 20     | шт    | 14 000           | 280 000,00      |
| Автоматизированные системы управления освещением |        |       |                  |                 |
| Smart LED  | 1      | компл | 1000000          | 1 000 000,00    |
| Лотки  |        |       |                  |                 |
| Лестничный лоток 100x600                         | 1556   | м     | 2 500            | 3 890 000,00    |
| Лестничный лоток 100x200                         | 312    | м     | 1 500            | 468 000,00      |
| Шинопроводы                                      |        |       |                  |                 |
| КОС 0254 250А                                    | 174    | п.м   | 10 000           | 1 740 000,00    |
| КХС 06504<br>650А                                | 81     | п.м   | 12 000           | 972 000,00      |
| КХС 10504<br>1000А                               | 172    | п.м   | 14 500           | 2 494 000,00    |

Продолжение таблицы 3.17

|                       |       |     |           |               |
|-----------------------|-------|-----|-----------|---------------|
| КХС 12504<br>1250А    | 298   | п.м | 21 000    | 6 258 000,00  |
| КХС 17504<br>1600А    | 158   | п.м | 26 000    | 4 108 000,00  |
| КХС 23504<br>2000А    | 416   | п.м | 34 500    | 14 352 000,00 |
| КХС 25504<br>2500А    | 58    | п.м | 46 500    | 2 697 000,00  |
| Кабель                |       |     |           |               |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х1,5 | 1,739 | км  | 80 000    | 139 120,00    |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х2,5 | 1,053 | км  | 120 000   | 126 360,00    |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х4   | 0,427 | км  | 170 000   | 72 590,00     |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х6   | 0,653 | км  | 250 000   | 163 250,00    |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х10  | 0,141 | км  | 380 000   | 53 580,00     |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х16  | 0,53  | км  | 600 000   | 318 000,00    |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х35  | 0,248 | км  | 1 540 000 | 381 920,00    |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х50  | 0,119 | км  | 2 040 000 | 242 760,00    |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х70  | 0,387 | км  | 2 740 000 | 1 060 380,00  |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х95  | 0,385 | км  | 3 910 000 | 1 505 350,00  |
| ВВГнг(А)-LS-<br>5х120 | 0,075 | км  | 4 800 000 | 360 000,00    |
| ККУ                   |       |     |           |               |
| УКМ-0,4-300-50        | 3     | шт  | 150 000   | 450 000,00    |

Продолжение таблицы 3.17

|   |   |    |           |                       |
|---|---|----|-----------|-----------------------|
| УКМ-0,4-400-50  | 6 | шт | 155 000   | 930 000,00            |
| УКМ58-0,4-600-50  | 1 | шт | 195 000   | 195 000,00            |
| Трансформаторы  |   |    |           |                       |
| GEAFOL-2000/10/0,4  | 6 | шт | 2 470 000 | 14 820 000,00         |
| GEAFOL-2500/10/0,4  | 2 | шт | 2 990 000 | 5 980 000,00          |
| GEAFOL-3150/10/0,4  | 2 | шт | 3 200 000 | 6 400 000,00          |
| ИТОГО до применения мер по увеличению энергоэффективности |   |    |           | <b>124 914 990,00</b> |

Стоимость рассматриваемого оборудования увеличилась на 14 759 320 рублей, но стоимость электроэнергии в год уменьшилась на 11 285 744,41 рублей. Таким образом, оборудование для обеспечения лучшей энергоэффективности полностью окупится через 1 год 4 месяца.

Отдельно посчитаем выгоду каждой из принятых мер по увеличению энергоэффективности. Замена люминесцентных светильников на светодиодные уменьшило потребляемую мощность на освещение с 770,43 кВт до 533,51 кВт. Потребление электроэнергии в год снизилось на 1 174 293,98кВт\*ч, что уменьшило расходы на электроэнергию на 7 045 763,88 рублей в год. При этом стоимость светодиодных светильников больше стоимости люминесцентных на 17 406 700 рублей. В таком случае, отдельно применение светодиодного освещения будет окупаться 2 года 6 месяцев. Результаты расчётов приведены в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Определение эффективности замены светильников

|         | Мощность<br>Р, кВт | Потребление<br>ЭЭ в год, кВт*ч | Стоимость ЭЭ в<br>год, руб. | Стоимость<br>оборудования, руб. |
|---------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| До      | 770,43             | 3 818 636,295                  | 22 911 817,77               | 51 090 300,00                   |
| После   | 533,51             | 2 644 342,315                  | 15 866 053,89               | 68 497 000,00                   |
| Разница | 236,92             | 1 174 293,98                   | 7 045 763,88                | -17 406 700,00                  |

Использование системы автоматизации освещения уменьшило потребляемую мощность в складском помещении с 31,16 кВт до 3,32 кВт (при использовании светодиодных светильников). Потребление электроэнергии в год снизилось на 137 988,96 кВт\*ч, что уменьшило расходы на электроэнергию на 827 933,76 рублей в год. Стоимость системы с пуско-наладочными работами составляет 1 000 000 рублей. В таком случае, отдельное применение системы автоматизации освещения будет окупаться 1 год 3 месяца. Результаты расчётов приведены в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Определение эффективности системы автоматизации освещения

|         | <b>Мощность<br/>P, кВт</b> | <b>Потребление<br/>ЭЭ в год, кВт*ч</b> | <b>Стоимость ЭЭ в<br/>год, руб.</b> | <b>Стоимость<br/>оборудования, руб.</b> |
|---------|----------------------------|--|-------------------------------------|---|
| До      | 31,16                      | 154 444,54                             | 926 667,24                          | 0,00                                    |
| После   | 3,32                       | 16 455,58                              | 98 733,48                           | 1 000 000,00                            |
| Разница | 27,84                      | 137 988,96                             | 827 933,76                          | -1 000 000,00                           |

Применение шинопроводов для электроснабжения потребителей уменьшило потери мощности с 237,39 кВт до 143,15 кВт. Потери электроэнергии в год снизились на 467 100,56 кВт\*ч, что уменьшило расходы на электроэнергию на 2 802 603,36 рублей в год. Стоимость шинопроводов оказалась ниже стоимости кабелей и лотков на 7 827 380 рублей. Результаты расчётов приведены в таблице 3.20.

Таблица 3.20 – Определение эффективности шинопроводных систем электроснабжения

|         | <b>Потери P,<br/>кВт</b> | <b>Потери ЭЭ в<br/>год, кВт*ч</b> | <b>Стоимость<br/>потерь ЭЭ в год,<br/>руб.</b> | <b>Стоимость<br/>оборудования, руб.</b> |
|---------|--------------------------|-----------------------------------|--|---|
| До      | 237,39                   | 1176623,535                       | 7 059 741,21                                   | 49 229 690,00                           |
| После   | 143,15                   | 709522,975                        | 4 257 137,85                                   | 41 402 310,00                           |
| Разница | 94,24                    | 467 100,56                        | 2 802 603,36                                   | 7 827 380,00                            |

Замена трансформаторов на более мощные, с целью уменьшения коэффициента загрузки уменьшила потери мощности с 92,8 кВт до 72,32 кВт. Потери электроэнергии в год снизились на 101 509,12 кВт\*ч, что уменьшило расходы на электроэнергию на 609 054,72 рублей в год. Стоимость более мощных трансформаторов больше на 4 180 000 рублей. Таким образом, срок окупаемости будет составлять 6 лет 11 месяцев. Результаты расчётов приведены в таблице 3.21.

Таблица 3.21 – Определение эффективности замены трансформаторов

|         | <b>Потери P, кВт</b> | <b>Потери ЭЭ в год, кВт*ч</b> | <b>Стоимость потерь ЭЭ в год, руб.</b> | <b>Стоимость оборудования, руб.</b> |
|---------|----------------------|-------------------------------|--|-------------------------------------|
| До      | 92,8                 | 459 963,2                     | 2 759 779,20                           | 23 020 000,00                       |
| После   | 72,32                | 358 454,08                    | 2 150 724,48                           | 27 200 000,00                       |
| Разница | 20,48                | 101 509,12                    | 609 054,72                             | -4 180 000,00                       |

Для сравнения мер по увеличению энергоэффективности внесём полученные результаты в таблицу 3.22 и определим разницу в процентах от эффективности совокупного принятия мер. Отношение разницы мощности и стоимости электроэнергии в год берём от значений, при совокупном применении всех мер. Отношение разницу стоимости оборудования берём по сравнению с предлагаемым оборудованием в 1 главе.

Таблица 3.22 – Сравнение мер по увеличению энергоэффективности

| <b>Меры</b>                    | <b>Разница мощности</b> | <b>Разница стоимости ЭЭ в год</b> | <b>Разница стоимости оборудования</b> | <b>Срок окупаемости</b> |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Совокупное применение всех мер | 379,49 кВт              | 11 285 744,41 руб.                | -14 759 320 руб.<br>(-11,8%)          | 1г. 4мес.               |



Продолжение таблицы 3.22

|  |                      |                              |                              |            |
|--|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| Применение светодиодного освещения           | 236,92 кВт<br>(62%)  | 7 045 763,88 руб.<br>(62%)   | -17 406 700 руб.<br>(-34%)   | 2г. 6мес.  |
| Использование автоматизации систем освещения | 27,84 кВт<br>(7,3%)  | 827 933,76 руб.<br>(7,3%)    | -1 000 000 руб.<br>(-100%)   | 1г. 3мес.  |
| Применение шинопроводов                      | 94,24 кВт<br>(24,8%) | 2 802 603,36 руб.<br>(24,8%) | 7 827 380 руб.<br>(18,9%)    | -          |
| Замена трансформаторов                       | 20,48 кВт<br>(5%)    | 609 054,72 руб.<br>(5%)      | -4 180 000 руб.<br>(-18,16%) | 6г. 11мес. |

Таким образом, наиболее эффективными мерами по увеличению энергоэффективности являются применение светодиодного освещения (более 60% экономии на электроэнергию) и применение шинопроводов (при снижении потерь оборудование дешевле, чем кабельные системы). Наихудшей мерой оказалась замена трансформаторов – более 6 лет окупаемости. Использование автоматизации систем освещения не показало хороших результатов в сокращении нагрузки, но обладает хорошим сроком окупаемости – 2,5 года.

В результате проведения мероприятий по уменьшению потребления электроэнергии заводом стоимость рассматриваемого оборудования увеличилась на 14 759 320 рублей, но стоимость электроэнергии в год уменьшилась на 11 285 744,41 рублей. Таким образом, оборудование для обеспечения лучшей энергоэффективности полностью окупится через 1 год 4 месяца.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы были определены затраты электроэнергии завода и их стоимость – 52 139 949,75 кВт\*ч в год стоимостью 312 839 698,52 рублей. Стоимость рассматриваемого оборудования для электроснабжения (светильники, лотки, кабель, устройства компенсации реактивной мощности, трансформаторы) составила 124 914 990 рублей.

Были предложены следующие мероприятия по уменьшению затрат электроэнергии: замены люминесцентных светильников светодиодными, использование систем автоматического управления освещением, применение шинопроводных систем, вместо кабельных и повышение мощности трансформаторов.

В результате проведения мероприятий по уменьшению потребления электроэнергии заводом стоимость рассматриваемого оборудования увеличилась на 14 759 320 рублей, но стоимость электроэнергии в год уменьшилась на 11 285 744,41 рублей. Таким образом, оборудование для обеспечения лучшей энергоэффективности полностью окупится через 1 год 4 месяца.

Замена люминесцентных светильников на светодиодные уменьшило потребляемую мощность на освещение с 770,43 кВт до 533,51 кВт. Потребление электроэнергии в год снизилось на 1 174 293,98кВт\*ч, что уменьшило расходы на электроэнергию на 7 045 763,88 рублей в год. При этом стоимость светодиодных светильников больше стоимости люминесцентных на 17 406 700 рублей. В таком случае, отдельное применение светодиодного освещения будет окупаться 2 года 6 месяцев.

Использование системы автоматизации освещения уменьшило потребляемую мощность в складском помещении с 31,16 кВт до 3,32 кВт (при использовании светодиодных светильников). Потребление электроэнергии в год снизилось на 137 988,96 кВт\*ч, что уменьшило расходы на электроэнергию на 827 933,76 рублей в год. Стоимость системы с пуско-

наладочными работами составляет 1 000 000 рублей. В таком случае, отдельное применение системы автоматизации освещения будет окупаться 1 год 3 месяца.

Применение шинопроводов для электроснабжения потребителей уменьшило потери мощности с 237,39 кВт до 143,15 кВт. Потери электроэнергии в год снизились на 467 100,56 кВт\*ч, что уменьшило расходы на электроэнергию на 2 802 603,36 рублей в год. Стоимость шинопроводов оказалась ниже стоимости кабелей и лотков на 7 827 380 рублей.

Замена трансформаторов на более мощные, с целью уменьшения коэффициента загрузки уменьшило потери мощности с 92,8 кВт до 72,32 кВт. Потери электроэнергии в год снизились на 101 509,12 кВт\*ч, что уменьшило расходы на электроэнергию на 609 054,72 рублей в год. Стоимость более мощных трансформаторов больше на 4 180 000 рублей. Таким образом, срок окупаемости будет составлять 6 лет 11 месяцев.

Таким образом, наиболее эффективными мерами по увеличению энергоэффективности являются применение светодиодного освещения (более 60% экономии на электроэнергию) и применение шинопроводов (при снижении потерь оборудование дешевле, чем кабельные системы). Наихудшей мерой оказалась замена трансформаторов – более 6 лет окупаемости. Использование автоматизации систем освещения не показало хороших результатов в сокращении нагрузки, но обладает хорошим сроком окупаемости – 2,5 года.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартиформ, 2018. 32 с.
2. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. М.: ИНФРА-М, 2015. 213 с.
3. Рожин А.Н., Бакашева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение. Учебное пособие. Киров: ВятГУ, 2016. 345 с.
4. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. М.: ФОРУМ, 2011. 431 с.
5. Пароева Н.Л., Соколова М.П. Электротехнический справочник т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. М.: МЭИ, 2013. 320 с.
6. Степкина Ю.В., Салтыков В.М. Проектирование электрической части понизительной подстанции: учебно-методическое пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования. Тольятти: ТГУ, 2017. 480 с.
7. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов. М. : Интермет Инжиниринг, 2015. 269 с.
8. Правила устройств электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. с изм. и доп. М.: Госэнергонадзор, 2018. 605 с.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 2018. 634 с.
10. Вахнина В.В., Степкина Ю.В. Высоковольтное оборудование станций и подстанций: учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2008. 82 с.
11. Герасимова В.Г. Электротехнический справочник. В 4 т. Том 2 Электротехнические изделия и устройства. М.: МЭИ; 2017. 518 с.

12. Рожкова Л.Д., Чиркова Т.В., Карнеева Л.К. Электрооборудование электрических станций и подстанций. М. : Академия, 2014. 498 с.
13. Алиев И.И. Электротехнический справочник. М.: РадиоСофт, 2019. 384 с.
14. Овчаренко Н.И., Дьякова А.Ф. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учебник для вузов. М.: НЦ ЭНАС, 2014. 504 с.
15. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2017. 541 с.
16. Микропроцессорное устройство защиты «Сириус-Т». Руководство по эксплуатации. М.: ЗАО «РАДИУС Автоматика», 2016. 89 с.
17. Min-Ren Y. Evaluating the Economic Performance of High-Technology Industry and Energy Efficiency: A Case Study of Science Parks in Taiwan // Energies. Basel, 2013. PP. 973-987. (<http://www.mdpi.com/1996-1073/6/2/973/htm>).
18. Zhao Z., Wang Q. Effects of pressure and temperature on thermal contact resistance between different materials // Thermal Science. VINCA, 2015. PP. 1369-1372. (<https://doaj.org/article/064cf8d9ae074831ba19da82c612b201>).
19. Amer A., Yousif M., Tarek A. Study of energy recovery and power generation from alternative energy source // Case Studies in Thermal Engineering. Elsevier, 2014. PP. 92-98. (<https://doaj.org/article/076c7735024a4c63a4589a2d7eb5e6de>).
20. Mitsui R., Sato J., Takahashi S. Electrical Reliability of a Film-Type Connection during Bending // Electronics. MDPI AG, 2015. PP. 827-846. (<https://doaj.org/article/3bab24f84a9e44368971dee086905176>).
21. Aggarwal R., Kumar S. Voltage Stability Improvement of Grid Connected Wind Driven Induction Generator Using Svc // Journal of Engineering Research and Applications. Ambala, 2014. PP. 102-105. ([http://www.ijera.com/papers/Vol4\\_issue5/Version%202/Q4502102105.pdf](http://www.ijera.com/papers/Vol4_issue5/Version%202/Q4502102105.pdf)).

22. Электросам : Шинопроводы. Виды и устройство. Применение и особенности [Электронный ресурс]. URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/jelektroprovodka/shinoprovody> (дата обращения 01.03.19).

23. Кабельно-проводниковая и электротехническая продукция : «КабельТехСнаб». [Электронный ресурс]. URL: <http://kabeltehsnab.ru/> (дата обращения 01.03.19).

24. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2007. 46 с.

25. Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: учебник. М.: Форум, 2019. 182 с.

26. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие. М.: КноРус, 2014. 358 с.

27. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: учебное пособие для среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2014. 310 с.

28. Коробов Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование. СПб.: Лань, 2012. 182 с.

29. Назарычев А.Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Централизованное и автономное электроснабжение объектов, цехов, промыслов, предприятий и промышленных комплексов. Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. 918 с.

30. Рождествина А.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий (для бакалавров). М.: КноРус, 2014. 358 с.

30. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение. М.: Радио и связь, 2013. 318 с.

32. Янукович Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности "Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства". М.: ИВЦ Минфина, 2014. 438 с.

33. Яхонтова О.Л., Валенкевич Л.Н., Рутгайзер Я.Г. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: учебное пособие. СПб.: Лань, 2013. 502 с.

34. Адонин А.А. Преимущества шинопроводных систем над кабельными на промышленных предприятиях // Международный журнал «Символ науки». 2019. № 3. С. 6-7.

35. Адонин А.А., Федосеев И.В. Применение осветительных шинопроводов с дополнительной линией для аварийного освещения // Международный журнал «Символ науки». 2018. № 11. С. 6-7.

36. Федосеев И.В., Адонин А.А., Оприщенко А.С. Применение датчиков движения для повышения энергоэффективности системы освещения // Международный журнал «Символ науки». 2019. № 1. С. 125-127.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Потери мощности кабельных линий цеха логистики

| РП   | Марка кабеля          | Ток I <sub>p</sub> , А | Длина, км | r, Ом/км | x, Ом/км | Потери P, Вт | Потери Q, вар |
|------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|--------------|---------------|
| ВРУ1 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 34,48                  | 0,002     | 3,09     | 0,09     | 22,04        | 0,64          |
| 6СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 35,77                  | 0,028     | 3,09     | 0,09     | 332,16       | 9,67          |
| 7СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 35,77                  | 0,079     | 3,09     | 0,09     | 937,17       | 27,3          |
| 10СЦ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4   | 27,9                   | 0,11      | 4,13     | 0,095    | 1060,52      | 24,39         |
| 11СЦ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5 | 17,32                  | 0,034     | 7,4      | 0,26     | 226,44       | 7,96          |
| 4СЦВ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4   | 23,53                  | 0,106     | 4,13     | 0,095    | 727,13       | 16,73         |
| 1СЦВ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 10,81                  | 0,33      | 12,3     | 0,28     | 1423,26      | 32,4          |
| 2СЦВ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 9,44                   | 0,042     | 12,3     | 0,28     | 138          | 3,14          |
| 3СЦВ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 15,92                  | 0,082     | 12,3     | 0,28     | 767,03       | 17,46         |
| 1СЦК | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10  | 43,09                  | 0,02      | 1,84     | 0,073    | 204,97       | 8,13          |
| ЩО2  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 14,73                  | 0,022     | 12,3     | 0,28     | 176,19       | 4,01          |
| ЩО3  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 15,19                  | 0,039     | 12,3     | 0,28     | 332          | 7,56          |
| ЩО4  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10  | 40,28                  | 0,084     | 1,84     | 0,073    | 752,4        | 29,85         |
| ВРУ2 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4   | 34,48                  | 0,001     | 4,13     | 0,095    | 14,73        | 0,34          |
| 3СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5 | 21,7                   | 0,054     | 7,4      | 0,26     | 564,5        | 19,83         |
| 4СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 33,77                  | 0,061     | 3,09     | 0,09     | 644,9        | 18,78         |
| 5СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4   | 27,2                   | 0,097     | 4,13     | 0,095    | 889,16       | 20,45         |
| 8СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 36,4                   | 0,06      | 3,09     | 0,09     | 736,94       | 21,46         |
| 9СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16  | 56,2                   | 0,062     | 1,16     | 0,068    | 681,47       | 39,95         |
| 2СЦК | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10  | 43,09                  | 0,016     | 1,84     | 0,073    | 163,98       | 6,51          |
| ЩО1  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 13,84                  | 0,001     | 12,3     | 0,28     | 7,07         | 0,16          |
| ЩО5  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10  | 40,28                  | 0,039     | 1,84     | 0,073    | 349,33       | 13,86         |
| ЩО6  | ВВГнг(А)              | 40,28                  | 0,077     | 1,84     | 0,073    | 689,7        | 27,36         |



Таблица А.2 – Потери мощности кабельных линий цеха сварки

| РП                  | Марка кабеля                 | Ток I <sub>p</sub> , А | Длина, км | r, Ом/км | x, Ом/км | Потери P, Вт | Потери Q, вар |
|---------------------|------------------------------|------------------------|-----------|----------|----------|--------------|---------------|
| Пар.                | ВВГнг(А)<br>-LS-5x120        | 248,96                 | 0,012     | 0,154    | 0,061    | 343,63       | 136,11        |
| РП1                 | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>3(5x120) | 578,03                 | 0,094     | 0,008    | 0,001    | 753,78       | 94,22         |
| ЭП<br>РП1<br>(6шт)  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50         | 96,34                  | 0,03      | 0,37     | 0,063    | 1854,42      | 315,75        |
| 3СЦП                | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x70)  | 336,69                 | 0,067     | 0,133    | 0,035    | 3030,39      | 797,47        |
| РП2                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x120        | 249,96                 | 0,044     | 0,154    | 0,061    | 1270,1       | 503,09        |
| ЭП<br>РП2<br>(15шт) | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5        | 16,66                  | 0,03      | 7,4      | 0,26     | 2772,78      | 97,42         |
| 6СЦ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50         | 108,43                 | 0,129     | 0,37     | 0,063    | 1683,44      | 286,64        |
| 3СЦ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x95         | 196,35                 | 0,174     | 0,195    | 0,061    | 3924,39      | 1227,63       |
| 1СЦП                | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 5,25                   | 0,198     | 12,3     | 0,28     | 201,75       | 4,59          |
| 1ЩВ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 14,45                  | 0,206     | 12,3     | 0,28     | 1587,38      | 36,14         |
| 2ЩВ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 10,37                  | 0,207     | 12,3     | 0,28     | 820,91       | 18,69         |
| 1ЩПК                | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6          | 30,42                  | 0,174     | 3,09     | 0,09     | 1492,90      | 43,48         |
| 7СЦ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4          | 23,71                  | 0,178     | 4,13     | 0,095    | 1240,25      | 28,53         |
| 1ПР                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x120        | 249,06                 | 0,063     | 0,154    | 0,061    | 1805,54      | 715,18        |
| ЩО1                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 14,63                  | 0,06      | 12,3     | 0,28     | 474,07       | 10,79         |
| ЩО2                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5        | 22,4                   | 0,062     | 7,4      | 0,26     | 690,38       | 24,26         |
| ЩО4                 | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x70)  | 332,21                 | 0,1       | 0,133    | 0,035    | 4403,62      | 1158,85       |
| 2ПР                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x35         | 94,86                  | 0,069     | 0,53     | 0,064    | 987,15       | 119,2         |
| 4СЦП                | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x70)  | 336,69                 | 0,076     | 0,133    | 0,035    | 3437,46      | 904,59        |
| РП3                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x120        | 249,96                 | 0,071     | 0,154    | 0,061    | 2049,48      | 811,81        |

Продолжение таблицы А.2

|                     |                             |        |       |       |       |          |         |
|---------------------|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|----------|---------|
| ЭП<br>РПЗ<br>(4шт)  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x25        | 62,49  | 0,03  | 0,74  | 0,067 | 1040,29  | 94,19   |
| 2СЦ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5       | 19,59  | 0,018 | 7,4   | 0,26  | 153,34   | 5,39    |
| 5СЦ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16        | 52,45  | 0,115 | 1,16  | 0,068 | 1101,01  | 64,54   |
| 9СЦ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16        | 58,87  | 0,026 | 1,16  | 0,068 | 313,62   | 18,38   |
| 5СЦП                | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50        | 133,88 | 0,076 | 0,37  | 0,063 | 1512,01  | 257,45  |
| КИУ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x95) | 396,69 | 0,085 | 0,098 | 0,03  | 3932,51  | 1203,83 |
| 4СЦ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50        | 122,28 | 0,119 | 0,37  | 0,063 | 1974,95  | 336,28  |
| РП4                 | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x95) | 1007,6 | 0,107 | 0,098 | 0,03  | 31941,47 | 9778    |
| ЭП<br>РПЗ<br>(16шт) | ВВГнг(А)<br>-LS-5x25        | 62,98  | 0,03  | 0,74  | 0,067 | 4226,68  | 382,69  |
| ЩОЗ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10        | 47,89  | 0,08  | 1,84  | 0,073 | 1012,77  | 40,18   |

Таблица А.3 – Потери мощности кабельных линий цеха окраски

| РП                 | Марка<br>кабеля              | Ток I <sub>p</sub> ,<br>А | Длин<br>а, км | г, Ом/км | х, Ом/км | Потери Р, Вт | Потери<br>Q, вар |
|--------------------|------------------------------|---------------------------|---------------|----------|----------|--------------|------------------|
| РП1                | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x120) | 497,97                    | 0,17          | 0,077    | 0,03     | 9737,91      | 3793,99          |
| ЭП<br>РП1<br>(8шт) | ВВГнг(А)<br>-LS-5x25         | 62,25                     | 0,03          | 0,74     | 0,067    | 2064,63      | 186,93           |
| Т5                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4          | 22,4                      | 0,034         | 4,13     | 0,095    | 211,35       | 4,86             |
| РП2                | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>3(5x95)  | 753,79                    | 0,15          | 0,013    | 0,001    | 3323,95      | 255,69           |
| ЭП<br>РП2<br>(8шт) | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50         | 94,22                     | 0,03          | 0,37     | 0,063    | 2364,94      | 402,68           |
| 1ПР                | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16         | 56,27                     | 0,043         | 1,16     | 0,068    | 473,86       | 27,78            |
| Пар.               | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x95)  | 374,12                    | 0,03          | 0,098    | 0,03     | 1234,49      | 377,91           |

Продолжение таблицы А.3

|                     |                              |        |       |       |       |         |         |
|---------------------|------------------------------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|
| ЩО1                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50         | 115,61 | 0,135 | 0,37  | 0,063 | 2003,00 | 341,05  |
| 2СЩВ                | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 11,52  | 0,041 | 12,3  | 0,28  | 200,92  | 4,57    |
| 2ПР                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 10,00  | 0,041 | 12,3  | 0,28  | 151,42  | 3,45    |
| ПЩ                  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5        | 18,32  | 0,02  | 7,4   | 0,26  | 149,04  | 5,24    |
| РПЗ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>6(5x120) | 1433,3 | 0,146 | 0,001 | 0,001 | 899,89  | 899,89  |
| ЭП<br>РПЗ<br>(23шт) | ВВГнг(А)<br>-LS-5x25         | 62,32  | 0,03  | 0,37  | 0,063 | 2974,59 | 506,48  |
| ЩО2                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50         | 110,63 | 0,129 | 0,37  | 0,063 | 1752,39 | 298,38  |
| РП4                 | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>7(5x120) | 1624,7 | 0,173 | 0,001 | 0,001 | 1370,06 | 1370,06 |
| ЭП<br>РП4<br>(15шт) | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50         | 108,32 | 0,03  | 0,37  | 0,063 | 5860,74 | 997,91  |
| 2СЩП                | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5        | 17,42  | 0,187 | 7,4   | 0,26  | 1259,07 | 44,24   |
| 3СЩВ                | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5        | 22,71  | 0,187 | 7,4   | 0,26  | 2140,78 | 75,22   |
| 6СЩ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x25         | 86,86  | 0,197 | 0,74  | 0,067 | 3299,23 | 298,71  |
| 1СЩК                | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5        | 22,71  | 0,104 | 7,4   | 0,26  | 1190,59 | 41,83   |
| 3ПР                 | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x50)  | 260,26 | 0,097 | 0,185 | 0,031 | 3646,44 | 611,03  |
| ЩО3                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 9,58   | 0,203 | 12,3  | 0,28  | 688,15  | 15,67   |
| 4ПР                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5        | 18,84  | 0,194 | 7,4   | 0,26  | 1528,84 | 53,72   |
| РП5                 | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>4(5x120) | 960,79 | 0,151 | 0,001 | 0,001 | 418,17  | 418,17  |
| ЭП<br>РП5<br>(15шт) | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16         | 64,05  | 0,03  | 1,16  | 0,068 | 6424,36 | 376,60  |
| 2СЩ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5        | 23,34  | 0,177 | 7,4   | 0,26  | 2141,24 | 75,23   |
| 3СЩ                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6          | 38,48  | 0,203 | 3,09  | 0,09  | 2786,64 | 81,16   |
| СЩК                 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16         | 67,90  | 0,193 | 1,16  | 0,068 | 3096,18 | 181,50  |

Продолжение таблицы А.3

|     |                      |        |       |      |       |         |        |
|-----|----------------------|--------|-------|------|-------|---------|--------|
| 4СЦ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16 | 55,74  | 0,068 | 1,16 | 0,068 | 735,20  | 43,10  |
| 5СЦ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x35 | 109,36 | 0,179 | 0,53 | 0,064 | 3403,69 | 411,01 |

Таблица А.4 – Потери мощности кабельных линий энергетического центра

| РП          | Марка<br>кабеля              | Ток I <sub>p</sub> ,<br>А | Длин<br>а, км | г, Ом/км | х, Ом/км | Потери Р, Вт | Потери<br>Q, вар |
|-------------|------------------------------|---------------------------|---------------|----------|----------|--------------|------------------|
| Ч. N1       | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>3(5x120) | 677,79                    | 0,015         | 0,008    | 0,001    | 165,38       | 20,67            |
| 5СЦ         | ВВГнг(А)<br>-LS-5x70         | 173,41                    | 0,005         | 0,265    | 0,061    | 119,53       | 27,52            |
| 1СЦП        | ВВГнг(А)<br>-LS-5x95         | 196,12                    | 0,027         | 0,195    | 0,061    | 607,52       | 190,04           |
| 1Н-<br>ШУ   | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x70)  | 274                       | 0,03          | 0,133    | 0,035    | 898,68       | 236,5            |
| 2ШУ         | ВВГнг(А)<br>-LS-5x70         | 150,14                    | 0,029         | 0,265    | 0,061    | 519,70       | 119,63           |
| К1.1        | ВВГнг(А)<br>-LS-5x95         | 190,56                    | 0,032         | 0,195    | 0,061    | 679,79       | 212,65           |
| К1.3        | ВВГнг(А)<br>-LS-5x95         | 190,56                    | 0,032         | 0,195    | 0,061    | 679,79       | 212,65           |
| К2.2        | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50         | 132,17                    | 0,038         | 0,37     | 0,063    | 736,87       | 125,47           |
| Ч. N2       | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>3(5x120) | 677,79                    | 0,015         | 0,008    | 0,001    | 165,38       | 20,67            |
| 1СЦ         | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10         | 43,05                     | 0,025         | 1,84     | 0,073    | 255,70       | 10,14            |
| 2СЦ         | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6          | 34,53                     | 0,046         | 3,09     | 0,09     | 508,49       | 14,81            |
| 3СЦ         | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5        | 17,08                     | 0,025         | 7,4      | 0,26     | 161,88       | 5,69             |
| 4СЦ         | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 6,22                      | 0,025         | 12,3     | 0,28     | 35,71        | 0,81             |
| 2СЦП        | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x70)  | 330,31                    | 0,04          | 0,133    | 0,035    | 1741,26      | 458,23           |
| К2.1        | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50         | 132,17                    | 0,038         | 0,37     | 0,063    | 736,87       | 125,47           |
| К1.2        | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x70)  | 349,36                    | 0,032         | 0,133    | 0,035    | 1558,38      | 410,1            |
| 1Н.2-<br>ШУ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x95         | 186,36                    | 0,032         | 0,195    | 0,061    | 650,15       | 203,38           |

Продолжение таблицы А.4

|           |                              |        |       |       |       |          |         |
|-----------|------------------------------|--------|-------|-------|-------|----------|---------|
| 1СЦВ      | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10         | 45,23  | 0,003 | 1,84  | 0,073 | 33,88    | 1,34    |
| Ч. N3     | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>3(5x120) | 677,79 | 0,015 | 0,008 | 0,001 | 165,38   | 20,67   |
| Ч. N4     | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>3(5x120) | 677,79 | 0,015 | 0,008 | 0,001 | 165,38   | 20,67   |
| Котел.    | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x95)  | 394,11 | 0,65  | 0,098 | 0,03  | 29682,85 | 9086,59 |
| Ч. N5     | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x95)  | 412,02 | 0,015 | 0,098 | 0,03  | 748,65   | 229,18  |
| Ч. N6     | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x95)  | 412,02 | 0,015 | 0,098 | 0,03  | 748,65   | 229,18  |
| Котел.    | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x95)  | 394,11 | 0,65  | 0,098 | 0,03  | 29682,85 | 9086,59 |
| 1ПЩН<br>1 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 3,57   | 0,003 | 12,3  | 0,28  | 1,41     | 0,03    |
| ЩО        | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5        | 9,71   | 0,039 | 12,3  | 0,28  | 135,73   | 3,09    |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Номинальные токи шинопроводов цеха сварки

| Наименование<br>потребителя | S <sub>p</sub> , кВА | P <sub>p</sub> , кВт | Q <sub>p</sub> , квар | I <sub>p</sub> , А |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>ШМ1</b>                  |                      |                      |                       |                    |
| РП1                         | 400                  | 296                  | 269,04                | 578,03             |
| РП2                         | 172,97               | 128                  | 116,34                | 249,96             |
| 6СЦ                         | 75,03                | 46,52                | 58,87                 | 108,43             |
| 3СЦ                         | 135,88               | 108,7                | 81,53                 | 196,35             |
| ИТОГО                       | 782,27               | 579,22               | 525,78                | <b>1130,44</b>     |
| <b>ШР1</b>                  |                      |                      |                       |                    |
| РП1                         | 400                  | 296                  | 269,04                | <b>578,03</b>      |
| <b>ШР2</b>                  |                      |                      |                       |                    |
| РП2                         | 172,97               | 128                  | 116,34                | <b>249,96</b>      |
| <b>ШМ2</b>                  |                      |                      |                       |                    |
| 4СЦП                        | 232,99               | 179,4                | 148,66                | 336,69             |
| РП3                         | 172,97               | 128                  | 116,34                | 249,96             |
| 2СЦ                         | 13,56                | 6,1                  | 12,11                 | 19,59              |
| 5СЦ                         | 36,3                 | 19,6                 | 30,55                 | 52,45              |
| 9СЦ                         | 40,74                | 33                   | 23,89                 | 58,87              |
| 5СЦП                        | 92,64                | 80,6                 | 45,68                 | 133,88             |
| КИУ                         | 274,51               | 140                  | 236,13                | 396,69             |
| 4СЦ                         | 84,62                | 66                   | 52,95                 | 122,28             |
| РП4                         | 697,3                | 516                  | 469,01                | 1007,66            |
| ИТОГО                       | 1629,35              | 1168,7               | 1135,31               | <b>2354,55</b>     |
| <b>ШР3</b>                  |                      |                      |                       |                    |
| 4СЦП                        | 232,99               | 179,4                | 148,66                | 336,69             |
| 2СЦ                         | 13,56                | 6,1                  | 12,11                 | 19,59              |
| 5СЦ                         | 36,3                 | 19,6                 | 30,55                 | 52,45              |
| 9СЦ                         | 40,74                | 33                   | 23,89                 | 58,87              |
| 5СЦП                        | 92,64                | 80,6                 | 45,68                 | 133,88             |
| КИУ                         | 274,51               | 140                  | 236,13                | 396,69             |
| 4СЦ                         | 84,62                | 66                   | 52,95                 | 122,28             |

Продолжение таблицы Б.1

|            |        |       |        |                |
|------------|--------|-------|--------|----------------|
| ИТОГО      | 760,11 | 524,7 | 549,96 | <b>1098,42</b> |
| <b>ШП4</b> |        |       |        |                |
| РПЗ        | 172,97 | 128   | 116,34 | <b>249,96</b>  |
| <b>ШП5</b> |        |       |        |                |
| РП4        | 697,3  | 516   | 469,01 | <b>1007,66</b> |

Таблица Б.2 – Номинальные токи шинопроводов цеха окраски

| Наименование потребителя | S <sub>p</sub> , кВА | P <sub>p</sub> , кВт | Q <sub>p</sub> , квар | I <sub>p</sub> , А |
|--------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>ШМ1</b>               |                      |                      |                       |                    |
| РП1                      | 344,59               | 255                  | 231,78                | 497,97             |
| РП2                      | 521,62               | 386                  | 350,85                | 753,79             |
| Пароувлажнитель          | 258,89               | 165,69               | 198,93                | 374,12             |
| ЩО1                      | 32,8                 | 31,42                | 9,43                  | 45,41              |
| ИТОГО                    | 1152,42              | 838,11               | 790,97                | <b>1665,35</b>     |
| <b>ШМ2</b>               |                      |                      |                       |                    |
| РПЗ                      | 991,89               | 734                  | 667,15                | <b>1433,37</b>     |
| <b>ШМ3</b>               |                      |                      |                       |                    |
| РП4                      | 1124,32              | 832                  | 756,23                | 1624,75            |
| ЗПР                      | 180,1                | 165,69               | 70,58                 | 260,26             |
| 6СЩ                      | 60,1                 | 46,28                | 38,35                 | 86,86              |
| ИТОГО                    | 1355,87              | 1043,97              | 865,16                | <b>1959,35</b>     |
| <b>ШМ4</b>               |                      |                      |                       |                    |
| РП5                      | 664,86               | 492                  | 447,19                | <b>960,79</b>      |

Таблица Б.3 – Номинальные токи шинопроводов энергетического центра

| Наименование потребителя | S <sub>p</sub> , кВА | P <sub>p</sub> , кВт | Q <sub>p</sub> , квар | I <sub>p</sub> , А |
|--------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>ШМ1</b>               |                      |                      |                       |                    |
| Чиллер N1                | 469,03               | 314,25               | 348,19                | 677,79             |
| 5СЩ                      | 120                  | 92,4                 | 76,57                 | 173,41             |
| 1СЩП                     | 135,71               | 104,5                | 86,59                 | 196,12             |

Продолжение таблицы Б.3

|            |         |         |        |                |
|------------|---------|---------|--------|----------------|
| 1Н-ШУ      | 189,61  | 146     | 120,98 | 274            |
| 2ШУ        | 103,9   | 80      | 66,29  | 150,14         |
| К1.1       | 131,87  | 120     | 54,67  | 190,56         |
| К1.3       | 131,87  | 120     | 54,67  | 190,56         |
| К2.2       | 91,46   | 75      | 52,35  | 132,17         |
| ИТОГО      | 1359,1  | 1052,15 | 860,31 | <b>1964,02</b> |
| <b>ШМ2</b> |         |         |        |                |
| 1СЦВ       | 31,3    | 24,1    | 19,97  | 45,23          |
| Чиллер N2  | 469,03  | 314,25  | 348,19 | 677,79         |
| 2СЦП       | 228,57  | 176     | 145,84 | 330,31         |
| К2.1       | 91,46   | 75      | 52,35  | 132,17         |
| К1.2       | 241,76  | 220     | 100,23 | 349,36         |
| 1Н.2-ШУ    | 128,96  | 99,3    | 82,28  | 186,36         |
| ИТОГО      | 1177,47 | 908,65  | 748,87 | <b>1701,55</b> |
| <b>ШМ3</b> |         |         |        |                |
| Чиллер N3  | 469,03  | 314,25  | 348,19 | 677,79         |
| Чиллер N4  | 469,03  | 314,25  | 348,19 | 677,79         |
| ИТОГО      | 938,06  | 628,5   | 696,38 | <b>1355,58</b> |
| <b>ШМ4</b> |         |         |        |                |
| Чиллер N5  | 285,12  | 191,03  | 211,66 | 412,02         |
| Чиллер N6  | 285,12  | 191,03  | 211,66 | 412,02         |
| ИТОГО      | 570,24  | 382,06  | 423,32 | <b>824,04</b>  |



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Потери мощности в цехе логистики

| Потр-ль | Марка кабеля          | Ток I <sub>p</sub> , А | Длина линии, км | Актив. сопр-ние r, Ом/км | Реактив. сопр-ние x, Ом/км | Потери P, Вт | Потери Q, вар |
|---------|-----------------------|------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|--------------|---------------|
| ВРУ1    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 34,48                  | 0,002           | 3,09                     | 0,09                       | 22,04        | 0,64          |
| 6СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 35,77                  | 0,028           | 3,09                     | 0,09                       | 332,16       | 9,67          |
| 7СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 35,77                  | 0,079           | 3,09                     | 0,09                       | 937,17       | 27,3          |
| 10СЦ    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4   | 27,9                   | 0,11            | 4,13                     | 0,095                      | 1060,52      | 24,39         |
| 11СЦ    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5 | 17,32                  | 0,034           | 7,4                      | 0,26                       | 226,44       | 7,96          |
| 4СЦВ    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4   | 23,53                  | 0,106           | 4,13                     | 0,095                      | 727,13       | 16,73         |
| 1СЦВ    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 10,81                  | 0,33            | 12,3                     | 0,28                       | 1423,26      | 32,4          |
| 2СЦВ    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 9,44                   | 0,042           | 12,3                     | 0,28                       | 138          | 3,14          |
| 3СЦВ    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 15,92                  | 0,082           | 12,3                     | 0,28                       | 767,03       | 17,46         |
| 1СЦК    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10  | 43,09                  | 0,02            | 1,84                     | 0,073                      | 204,97       | 8,13          |
| ЩО2     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 13,05                  | 0,022           | 12,3                     | 0,28                       | 138,20       | 3,15          |
| ЩО3     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 13,47                  | 0,039           | 12,3                     | 0,28                       | 260,95       | 5,94          |
| ЩО4     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 1,67                   | 0,084           | 12,3                     | 0,28                       | 8,62         | 0,2           |
| ВРУ2    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4   | 34,48                  | 0,001           | 4,13                     | 0,095                      | 14,73        | 0,34          |
| 3СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5 | 21,7                   | 0,054           | 7,4                      | 0,26                       | 564,5        | 19,83         |
| 4СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 33,77                  | 0,061           | 3,09                     | 0,09                       | 644,9        | 18,78         |
| 5СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4   | 27,2                   | 0,097           | 4,13                     | 0,095                      | 889,16       | 20,45         |
| 8СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6   | 36,4                   | 0,06            | 3,09                     | 0,09                       | 736,94       | 21,46         |
| 9СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16  | 56,2                   | 0,062           | 1,16                     | 0,068                      | 681,47       | 39,95         |
| 2СЦК    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10  | 43,09                  | 0,016           | 1,84                     | 0,073                      | 163,98       | 6,51          |
| ЩО1     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 12,05                  | 0,001           | 12,3                     | 0,28                       | 5,36         | 0,12          |
| ЩО5     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 1,67                   | 0,039           | 12,3                     | 0,28                       | 4            | 0,09          |

Продолжение таблицы В.1

|     |                       |      |       |      |      |     |      |
|-----|-----------------------|------|-------|------|------|-----|------|
| ЩО6 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5 | 1,67 | 0,077 | 12,3 | 0,28 | 7,9 | 0,18 |
|-----|-----------------------|------|-------|------|------|-----|------|

Таблица В.2 – Потери мощности шинопроводов и кабельных линий цеха сварки

| Потр-ль | Марка кабеля / шп           | Ток I <sub>p</sub> , А | Дл. лин., км | Актив. сопр-ние r, Ом/км | Реактив. сопр-ние x, Ом/км | Потери P, Вт | Потери Q, вар |
|---------|-----------------------------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|--------------|---------------|
| ШМ1     | КХС<br>12504<br>1250А       | 1130,4                 | 0,112        | 0,004                    | 0,002                      | 1717,5       | 858,75        |
| ШР1     | КХС<br>06504<br>650А        | 578,03                 | 0,081        | 0,01                     | 0,003                      | 811,92       | 243,58        |
| ШР2     | КОС 0254<br>250А            | 249,96                 | 0,081        | 0,017                    | 0,011                      | 258,11       | 167,01        |
| Пар.    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x120       | 248,96                 | 0,012        | 0,154                    | 0,061                      | 343,63       | 136,11        |
| 3СЦП    | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x70) | 336,69                 | 0,067        | 0,133                    | 0,035                      | 3030,39      | 797,47        |
| 6СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50        | 108,43                 | 0,016        | 0,37                     | 0,063                      | 208,80       | 35,55         |
| 3СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x95        | 196,35                 | 0,061        | 0,195                    | 0,061                      | 1375,79      | 430,38        |
| 1СЦП    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5       | 5,25                   | 0,198        | 12,3                     | 0,28                       | 201,75       | 4,59          |
| 1ЩВ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5       | 14,45                  | 0,206        | 12,3                     | 0,28                       | 1587,38      | 36,14         |
| 2ЩВ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5       | 10,37                  | 0,207        | 12,3                     | 0,28                       | 820,91       | 18,69         |
| 1ЩПК    | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6         | 30,42                  | 0,174        | 3,09                     | 0,09                       | 1492,90      | 43,48         |
| 7СЦ     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4         | 23,71                  | 0,178        | 4,13                     | 0,095                      | 1240,25      | 28,53         |
| 1ПР     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x120       | 249,06                 | 0,063        | 0,154                    | 0,061                      | 1805,54      | 715,18        |
| ЩО1     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5       | 12,23                  | 0,06         | 12,3                     | 0,28                       | 331,33       | 7,54          |
| ЩО2     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5       | 20,29                  | 0,062        | 7,4                      | 0,26                       | 566,88       | 19,92         |
| ЩО4     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x70        | 274,4                  | 0,1          | 0,265                    | 0,061                      | 5985,78      | 1377,86       |
| ШМ2     | КХС<br>25504<br>2500А       | 2354,5                 | 0,058        | 0,002                    | 0,001                      | 1929,28      | 964,64        |

Продолжение таблицы В.2

|      |                             |        |       |       |       |         |         |
|------|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|
| ШР3  | КХС<br>12504<br>1250А       | 1098,4 | 0,093 | 0,004 | 0,002 | 1346,49 | 673,24  |
| ШР4  | КОС 0254<br>250А            | 249,96 | 0,093 | 0,017 | 0,011 | 296,34  | 191,75  |
| ШР5  | КХС<br>12504<br>1250А       | 1007,6 | 0,093 | 0,004 | 0,002 | 1133,15 | 566,58  |
| 2ПР  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x35        | 94,86  | 0,069 | 0,53  | 0,064 | 987,15  | 119,2   |
| 2СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5       | 19,59  | 0,009 | 7,4   | 0,26  | 76,67   | 2,69    |
| 9СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16        | 58,87  | 0,016 | 1,16  | 0,068 | 192,99  | 11,31   |
| 5СЦП | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50        | 133,88 | 0,004 | 0,37  | 0,063 | 79,58   | 13,55   |
| КИУ  | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x95) | 396,69 | 0,017 | 0,098 | 0,03  | 786,5   | 240,77  |
| 4СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x50        | 122,28 | 0,059 | 0,37  | 0,063 | 979,18  | 166,72  |
| ЩО3  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10        | 36,28  | 0,08  | 1,84  | 0,073 | 581,26  | 23,06   |
| ЩО5  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x70        | 274,4  | 0,1   | 0,265 | 0,061 | 5985,78 | 1377,86 |
| ЩО3  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10        | 47,89  | 0,08  | 1,84  | 0,073 | 1012,77 | 40,18   |

Таблица В.3 – Потери мощности шинопроводов и кабельных линий цеха окраски

| Потр-ль | Марка кабеля                | Ток I <sub>p</sub> , А | Дл. лин., км | Актив. сопр-ние r, Ом/км | Реактив. сопр-ние x, Ом/км | Потери P, Вт | Потери Q, вар |
|---------|-----------------------------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|--------------|---------------|
| ШМ1     | КХС<br>23504<br>2000А       | 1665,3                 | 0,16         | 0,002                    | 0,001                      | 2662,44      | 1331,22       |
| Т5      | ВВГнг(А)<br>-LS-5x4         | 22,4                   | 0,034        | 4,13                     | 0,095                      | 211,35       | 4,86          |
| 1ПР     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16        | 56,27                  | 0,043        | 1,16                     | 0,068                      | 473,86       | 27,78         |
| Пар.    | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x95) | 374,12                 | 0,009        | 0,098                    | 0,03                       | 370,35       | 113,37        |
| ЩО1     | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16        | 45,41                  | 0,019        | 1,16                     | 0,068                      | 136,32       | 7,99          |
| ШМ2     | КХС<br>17504<br>1600А       | 1433,3                 | 0,145        | 0,003                    | 0,001                      | 2681,19      | 893,73        |

Продолжение таблицы В.3

|      |                             |        |       |       |       |         |         |
|------|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|
| 2СЦВ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5       | 11,52  | 0,041 | 12,3  | 0,28  | 200,92  | 4,57    |
| 2ПР  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5       | 10     | 0,041 | 12,3  | 0,28  | 151,42  | 3,45    |
| ПЩ   | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5       | 18,32  | 0,02  | 7,4   | 0,26  | 149,04  | 5,24    |
| ЩО2  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16        | 42,9   | 0,129 | 1,16  | 0,068 | 826,03  | 48,42   |
| ШМ3  | КХС<br>23504<br>2000А       | 1959,3 | 0,195 | 0,002 | 0,001 | 4491,67 | 2245,84 |
| 2СЦП | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5       | 17,42  | 0,187 | 7,4   | 0,26  | 1259,07 | 44,24   |
| 3СЦВ | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5       | 22,71  | 0,187 | 7,4   | 0,26  | 2140,78 | 75,22   |
| 1СЦК | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5       | 22,71  | 0,104 | 7,4   | 0,26  | 1190,59 | 41,83   |
| 3ПР  | ВВГнг(А)<br>-LS-<br>2(5x50) | 260,26 | 0,02  | 0,185 | 0,031 | 751,84  | 125,98  |
| ЩО3  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5       | 4,71   | 0,203 | 12,3  | 0,28  | 166,17  | 3,78    |
| ШМ4  | КХС<br>10504<br>1000А       | 960,79 | 0,159 | 0,005 | 0,001 | 2201,62 | 440,32  |
| 4ПР  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5       | 18,84  | 0,194 | 7,4   | 0,26  | 1528,84 | 53,72   |
| 2СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5       | 23,34  | 0,177 | 7,4   | 0,26  | 2141,24 | 75,23   |
| 3СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6         | 38,48  | 0,203 | 3,09  | 0,09  | 2786,64 | 81,16   |
| СЦК  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16        | 67,90  | 0,193 | 1,16  | 0,068 | 3096,18 | 181,50  |
| 4СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x16        | 55,74  | 0,068 | 1,16  | 0,068 | 735,20  | 43,1    |
| 5СЦ  | ВВГнг(А)<br>-LS-5x35        | 109,36 | 0,179 | 0,53  | 0,064 | 3403,69 | 411,01  |

Таблица В.4 – Потери мощности шинопроводов и кабельных линий энергетического центра

| Потр-ль | Марка кабеля          | Ток I <sub>p</sub> , А | Дл. лин., км | Актив. сопр-ние r, Ом/км | Реактив. сопр-ние x, Ом/км | Потери P, Вт | Потери Q, вар |
|---------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|--------------|---------------|
| ШМ1     | КХС<br>23504<br>2000А | 1964                   | 0,033        | 0,002                    | 0,001                      | 763,76       | 381,88        |

Продолжение таблицы В.4

|           |                         |        |       |       |       |          |         |
|-----------|-------------------------|--------|-------|-------|-------|----------|---------|
| 1СЦП      | ВВГнг(А)<br>-LS-5x95    | 196,12 | 0,008 | 0,195 | 0,061 | 180,01   | 56,31   |
| 1Н-ШУ     | ВВГнг(А)<br>-LS-2(5x70) | 274    | 0,004 | 0,133 | 0,035 | 119,82   | 31,53   |
| 2ШУ       | ВВГнг(А)<br>-LS-5x70    | 150,14 | 0,009 | 0,265 | 0,061 | 161,29   | 37,13   |
| ШМ2       | КХС<br>23504<br>2000А   | 1701,5 | 0,028 | 0,002 | 0,001 | 486,41   | 243,2   |
| 1СЦ       | ВВГнг(А)<br>-LS-5x10    | 43,05  | 0,025 | 1,84  | 0,073 | 255,7    | 10,14   |
| 2СЦ       | ВВГнг(А)<br>-LS-5x6     | 34,53  | 0,046 | 3,09  | 0,09  | 508,49   | 14,81   |
| 3СЦ       | ВВГнг(А)<br>-LS-5x2,5   | 17,08  | 0,025 | 7,4   | 0,26  | 161,88   | 5,69    |
| 4СЦ       | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5   | 6,22   | 0,025 | 12,3  | 0,28  | 35,71    | 0,81    |
| 2СЦП      | ВВГнг(А)<br>-LS-2(5x70) | 330,31 | 0,018 | 0,133 | 0,035 | 783,57   | 206,2   |
| 1Н.2-ШУ   | ВВГнг(А)<br>-LS-5x95    | 186,36 | 0,004 | 0,195 | 0,061 | 81,27    | 25,42   |
| ШМ3       | КХС<br>17504<br>1600А   | 1355,5 | 0,013 | 0,003 | 0,001 | 215      | 71,67   |
| Котельная | ВВГнг(А)<br>-LS-2(5x95) | 394,11 | 0,65  | 0,098 | 0,03  | 29682,85 | 9086,59 |
| ШМ4       | КХС<br>10504<br>1000А   | 824,04 | 0,013 | 0,005 | 0,001 | 132,41   | 26,48   |
| Котельная | ВВГнг(А)<br>-LS-2(5x95) | 394,11 | 0,65  | 0,098 | 0,03  | 29682,85 | 9086,59 |
| 1ПЩН<br>1 | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5   | 3,57   | 0,003 | 12,3  | 0,28  | 1,41     | 0,03    |
| ЩО        | ВВГнг(А)<br>-LS-5x1,5   | 4,62   | 0,039 | 12,3  | 0,28  | 30,72    | 0,7     |