

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Реконструкция системы освещения выставочного зала автосалона «Аксель-Моторс»

Обучающийся

Ю.В. Ярчев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., И. В. Горохов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа представлена на 72 странице и включает 10 рисунков, 18 таблиц, 25 источников.

Ключевые слова: электрическое освещение, источник питания, расчет, плотность светового потока, световой поток, температура освещения, схема, нагрузка, источник питания, электрооборудование, линия электропередачи, кабель, надежность, безопасность.

Объектом исследования является реконструированный автосалон «Аксель-Моторс», расположенный в Санкт-Петербурге.

Предметом исследования является оборудование объектов различного типа и назначения.

Целью исследования является разработка системы освещения и электроснабжения в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов. Содержание дипломной работы включает в себя следующие вопросы: общее описание системы освещения; исходные данные помещений; расчет искусственного освещения в соответствии с техническим заданием; расчет освещения выставочного зала с использованием специального программного обеспечения; определение нагрузок освещения и электроснабжения; расчет линий электропередачи 0,4 кВ; расчет распределительных сетей.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 5  |
| 1 Общее описание автосалона «Аксель-Моторс», исходные данные и техническое задание.....  | 7  |
| 1.1 Общее описание объекта «Аксель-Моторс» .....   | 7  |
| 1.2 Исходные данные, причины проведения реконструкции системы освещения выставочного зала.....                                 | 8  |
| 1.3 Составление подробного технического задания на системы искусственного освещения помещений автосалона и выставочного зала . | 10 |
| 2 Расчет освещения .....   | 15 |
| 2.1 Расчет освещения методом коэффициента использования .....  | 15 |
| 2.2 Расчет освещения в программном обеспечении Dialux EVO .....  | 20 |
| 2.3 Подбор оборудования, экономическое обоснование выбора оборудования .....   | 25 |
| 3. Электротехнические расчеты .....  | 30 |
| 3.1 Расчеты нагрузок сети освещения здания .....   | 30 |
| 3.2 Расчеты нагрузок силовых сетей здания .....  | 31 |
| 3.3 Расчет компенсации реактивной мощности .....   | 35 |
| 3.4 Выбор номинальных значений напряжений, количества и мощности силовых трансформаторов .....                                 | 36 |
| 3.5 Расчет питающей линии 10 кВ до КТПН2.....  | 40 |
| 3.6 Расчет питающих линий 0,4 кВ до ВРУ .....  | 43 |
| 3.7 Расчет распределительной сети автосалона .....   | 44 |
| 3.8 Расчет токов короткого замыкания, проверка выбранного электрооборудования на стороне 0,4 кВ .....                          | 51 |
| 3.9 Выбор кабелей.....   | 56 |
| 3.10 Расчет трехфазного тока короткого замыкания на стороне 10 кВ .....  | 58 |
| 3.11 Молниезащита.....   | 63 |
| 4 Охрана труда.....  | 65 |

|  |    |
|--|----|
| Заключение .....   | 67 |
| Список используемых источников.....  | 68 |
| Приложение А Требование к освещенности помещений .....                                   | 73 |
| Приложение Б Результаты расчетов требуемого количества светильников и освещенности ..... | 86 |
| Приложение В Результаты расчета мощности групп освещения щитов ЩО2, ЩО1, ЩАО.....        | 94 |

## Введение

На сегодняшний день множество предприятий используют несовременное оборудование систем освещения и электроснабжения. Помимо этого, реконструкции данных систем, проводившиеся в начале 90-х годов, зачастую имеют огромное количество нарушений.

В связи с тем, что в России, в частности в городе Санкт – Петербург, огромное количество зданий, находящихся в старом фонде и обладающие статусом объектов культурного наследия, имеют устаревшие системы освещения и электроснабжения, разрабатываемая тема имеет особую актуальность.

В данной работе выполняется определение причин реконструкции сети электроосвещения систем электроосвещения, расчет и разработка систем электроснабжения, заземления, молниезащиты, а также приведен расчет конденсаторной установки с выбором трансформаторной подстанции.

Объектом исследования является система искусственного освещения и электроснабжения выставочного зала здания автосалона «Аксель-Моторс», расположенного в городе Санкт-Петербург.

Предмет исследования – современные системы освещения, способы их проектирования, расчетов и применения.

Целью работы является разработка системы освещения и электроснабжения в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов с использованием современного программного обеспечения.

Для достижения целей данной работы были поставлены следующие задачи:

- составить единое техническое задание для различных типов помещений с учетом требований действующих нормативно-технических документов, а также требований и пожеланий заказчика;

- определить освещенность каждого помещения, подобрать оборудование;
- разработать систему питания и управления освещением;
- определить нагрузки сети электроснабжения;
- разработать систему питания оборудования;
- рассчитать и подобрать компенсационные аппараты;
- рассчитать систему молниезащиты и заземления.
- выбрать силовые трансформаторы для питания автосалона;
- провести расчет питающей линии 10 кВ до БКТПН и 0,4 кВ до ВРУ;
- провести расчет распределительной сети автосалона;
- провести расчет токов короткого замыкания;
- провести проверку выбранного электрооборудования.

# 1 Общее описание автосалона «Аксель-Моторс», исходные данные и техническое задание

## 1.1 Общее описание объекта «Аксель-Моторс»

Компания ООО «Аксель – Моторс» является официальным дилером BMW в городе Санкт – Петербург и располагается на Васильевском острове на берегу Шкиперского протока (рисунок 1).

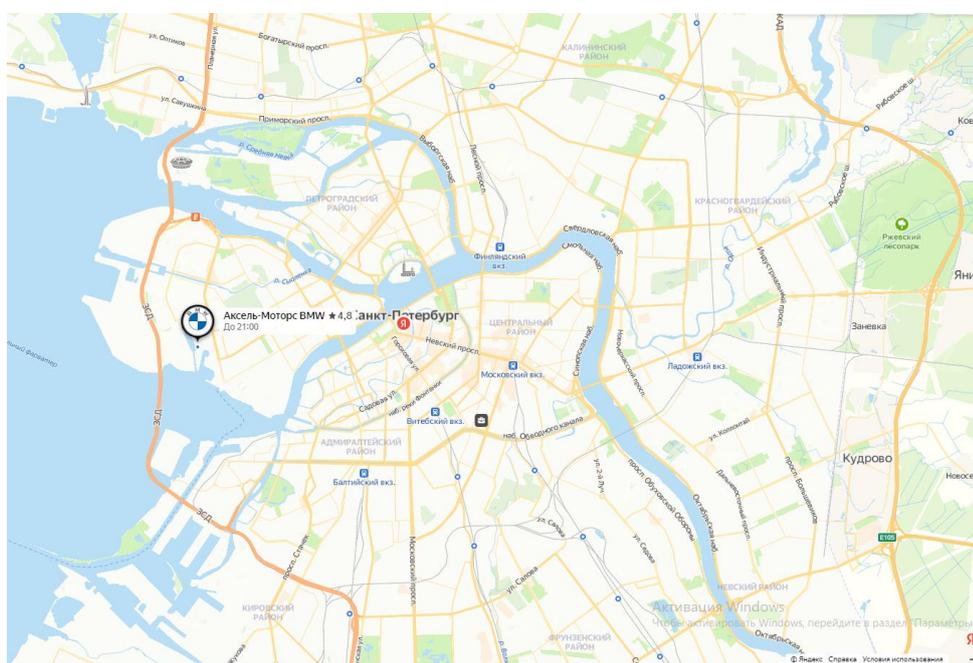


Рисунок 1 – Расположение объекта исследования на карте города

Здание автосалона построено в 1930 году и не имеет статуса объекта культурного наследия. После приобретения здания последним собственником в 1995 году в нем проводилось множество ремонтных работ, в ходе которых помещения были полностью изменены как визуально, так и по назначению.

Объект электроснабжения запитан по III категории.

## 1.2 Исходные данные, причины проведения реконструкции системы освещения выставочного зала

Для анализа систем освещения коммерческих предприятий была выбрана система освещения выставочного зала автосалона Аксель-Моторс до его реконструкции, представленная на рисунке 2.



Рисунок 2 – Вид выставочного зала до проведения реконструкции

Исходя из рисунка 2 можно сделать вывод, что освещение выставочного зала автосалона до реконструкции было выполнено светодиодными светильниками  $V_{arton} V-01-213-054-5000K$ , применение которых дает равномерное освещение всей площади зала.

Мощность светильников составляет 54 Вт, общее количество светильников 110 шт. при высоте их размещения  $h=7150$  мм.

Замеры средней освещенности на уровне 0,75 м, согласно ТЗ от БРТ (БМВ Русланд Трейдинг) прямого представителя концерна BMW Group в России, составили 450Лк., что не соответствует требованиям заказчика. Помимо этого, не соответствует температура освещения в выставочном зале – температура установленных светильников 3000, 4000 и 5000 К при требовании

в 4000 К.

При обследовании здания были выявлены следующие нарушения:

- Регулярный выход из строя светильников, старые кабельные изделия подверженные регулярному воздействию ультрафиолетового излучения и не соответствующие требованиям пожарной безопасности, а также проведение монтажных работ с нарушениями ПУЭ-7 п.2.1.21-2.1.48, СП 76.13330.2016
- Часть кабельных линий систем освещения не проходит проверки при испытании сопротивления изоляции.
- Управление освещением данного объекта выполнено с нарушением СП 256.1325800.2016 11.2, 11.3 «Управление рабочим освещением в торговых залах площадью 800 м<sup>2</sup> и более, в актовом залах, конференц-залах, обеденных залах столовых и ресторанов с числом мест в залах свыше 300, вестибюлях и холлах гостиниц, а также в случаях, когда это требуется по условиям эксплуатации, должно быть, как правило, централизованным дистанционным».

Перечисленные выше нарушения говорят о том, что в выставочном зале автосалона требуется замена системы освещения для выполнения требований БРТ, а также повышение энергоэффективности здания.

Существующая структура электропитания описана далее.

Все здание запитано по III категории электроснабжения. Во ВРУ заведен 1 кабель ВВГнг 4×240 от кабельного киоска КЛ-209, который в свою очередь запитан от БКТП-12. Ввиду расчистки территории для строительства жилого комплекса, состоящего из нескольких многоэтажных зданий, проводится общая реконструкция сетей электроснабжения микрорайона. В том числе для повышения качества и надежности сетей электроснабжения в центральном районе возведена новая ПС 330 кВ и проложена КЛ 2×200 МВА в Василеостровский район, протяжённостью 22,3 км.

В ходе данных реконструкций появилась возможность увеличить выделенную мощность предприятия для бесперебойной работы оборудования

и модернизации сети электроснабжения.

В рамках реконструкции освещения выставочного зала рассматривается также вопрос целесообразности реконструкции сети электроснабжения предприятия. На данный момент, на все здание автосалона Аксель-Моторс выделено 250 кВт, чего не хватает для бесперебойной работы предприятия в периоды высокой загрузки.

### **1.3 Составление подробного технического задания на системы искусственного освещения помещений автосалона и выставочного зала**

Техническое задание прописано для каждого помещения, составленное в виде таблицы с наименованиями помещений и указанием категории зрительной работы согласно требованию [20].

А также отдельно определим помещения, для которых предъявляются отдельные требования заказчика, и выведем их отдельное Приложение Б.

Данные по определению разряда и подразряда зрительной работы с определением плоскости (Г - горизонтальная, В - вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости над полом, было взято из таблицы Л. 1 «СП 52.13330.2016». Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*» [20].

В таблице 1 отражены неблагоприятные факторы согласно ПУЭ 7 [18] по ряду помещений, определены требования по пылевлагозащите к электрооборудованию (IP), а также приведены данные по категории помещения пожароопасности.

Таблица 1 – Неблагоприятные факторы

| Наименование помещения    | № пом. | Категория взрывопожарной и пожарной безопасности | Класс зоны     | Класс влажности помещения согласно ПУЭ | Класс влажности помещения согласно ПУЭ | Подбор требования к светильнику по пыли влаг защищённости. |
|---------------------------|--------|--|----------------|--|--|--|
| 1                         | 2      | 3  | 4              | 5                                      | 6                                      | 7  |
| Щитовая                   | 3      | Г  | Не нормируются | Сухое помещение                        | Не запыленное                          | IP22   |
| Склад                     | 5      | Без категории                                    | Не нормируются | Сухое помещение                        | Пыльное                                | IP44   |
| Склад                     | 7      | Без категории                                    | Не нормируются | Сухое помещение                        | Пыльное                                | IP44   |
| Зона приемки автомобиля   | 10     | В2   | 2-й            | Сухое помещение                        | Не запыленное                          | IP22   |
| Мойка                     | 13     | В2   | 2-й            | Сырое помещение                        | Не запыленное                          | IP54   |
| Зона въезда               | 14     | Без категории                                    | Не нормируются | Влажное помещение                      | Не запыленное                          | IP44   |
| Маслораздача              | 15     | В1   | П-1            | Сухое помещение                        | Не запыленное                          | IP22   |
| ВРУ                       | 17     | Г  | Не нормируются | Сухое помещение                        | Не запыленное                          | IP22   |
| Инструментальный склад    | 19     | Без категории                                    | Не нормируются | Сухое помещение                        | Пыльное                                | IP44   |
| Слесарно-механический цех | 20     | В2   | 2-й            | Сухое помещение                        | Пыльное                                | IP44   |
| Компрессорная             | 21     | В3   | П-1            | Сухое помещение                        | Пыльное                                | IP44   |

Продолжение таблицы 1

| 1                 | 2   | 3             | 4              | 5                 | 6             | 7    |
|-------------------|-----|---------------|----------------|-------------------|---------------|------|
| Склад ЛКЦ         | 22  | В2            | 2-й            | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| ЛКЦ               | 23  | В2            | 2-й            | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Кузовной цех      | 24  | В2            | 2-й            | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Малярный цех      | 25  | В2            | 2-й            | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Склад топлива     | 26  | В1            | 2-й            | Сухое помещение   | Не запыленное | IP22 |
| Гарантийный склад | 32  | Д             | Не нормируются | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| ИТП               | 37  | Д             | Не нормируются | Сухое помещение   | Не запыленное | IP22 |
| С/У               | 38  | Без категории | Не нормируются | Влажное помещение | Не запыленное | IP44 |
| С/У               | 39  | Без категории | Не нормируются | Влажное помещение | Не запыленное | IP44 |
| С/У               | 40  | Без категории | Не нормируются | Влажное помещение | Не запыленное | IP44 |
| С/У               | 41  | Без категории | Не нормируются | Влажное помещение | Не запыленное | IP44 |
| Серверная         | 45  | В2            | 2-й            | Сухое помещение   | Не запыленное | IP22 |
| Кабинет техника   | 205 | В4            | П-Па           | Сухое помещение   | Не запыленное | IP22 |
| Склад шин №1      | 206 | В1            | П-Па           | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Склад шин №2      | 207 | В1            | П-Па           | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Архив             | 211 | Без категории | П-Па           | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Склад шин №3      | 212 | В2            | П-Па           | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Склад             | 242 | Без категории | Не нормируются | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |

Продолжение таблицы 1

| 1            | 2   | 3             | 4              | 5                 | 6             | 7    |
|--------------|-----|---------------|----------------|-------------------|---------------|------|
| С/У          | 243 | Без категории | Не нормируются | Влажное помещение | Не запыленное | IP44 |
| С/У          | 244 | Без категории | Не нормируются | Влажное помещение | Не запыленное | IP44 |
| Архив Брокер | 246 | Без категории | Не нормируются | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Склад        | 247 | Без категории | Не нормируются | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Склад        | 248 | Без категории | Не нормируются | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Склад        | 250 | Без категории | Не нормируются | Влажное помещение | Не запыленное | IP44 |
| Склад        | 255 | В4            | П-IIa          | Сухое помещение   | Пыльное       | IP44 |
| Склад        | 258 | Без категории | Не нормируются | Влажное помещение | Не запыленное | IP44 |
| Склад        | 267 | Без категории | Не нормируются | Влажное помещение | Не запыленное | IP44 |

По итогу мы собрали данные в виде таблицы Приложение А, в котором отражены требования по каждому помещению. А в Приложение Б отражено усложненное техническое задание от заказчика. Согласно требованиям заказчика, расчеты будут вестись в программе Dialux только касаясь помещений из Приложения Б.

#### Вывод по разделу

Все здание запитано по III категории электроснабжения. Во ВРУ заведен 1 кабель ВВГнг 4×240 от кабельного киоска КЛ-209, который в свою очередь запитан от БКТП-12. Ввиду расчистки территории для строительства жилого комплекса, состоящего из нескольких многоэтажных зданий, проводится общая реконструкция сетей электроснабжения микрорайона. В том числе для повышения качества и надежности сетей электроснабжения в центральном районе возведена новая ПС 330 кВ и проложена КЛ 2×200 МВА в Василеостровский район, протяженностью 22,3 км.

## 2 Расчет освещения

### 2.1 Расчет освещения методом коэффициента использования

Для выбора светильников должны учитываться множество параметров и требований, которые перечислены в приложениях (А,Б) и таблице 1.

Сопоставим данные из данных таблиц высоты помещений и требований заказчика при проведении анализа, было выявлено, что выгоднее использовать освещения прямого света во всех помещениях кроме указанных в приложении Б. Освещенность помещений из приложения Б было рассчитано с использованием программного обеспечения Dialux.

Для начала определим количество требуемого светового потока для каждого помещения отдельно, так как для расчета освещения требуется учитывать большое количество факторов. В качестве примера было рассмотрено одно помещение подробно, а далее все расчеты приведены в виде готовых результатов в Приложении В в формате таблицы.

Для примера разберем расчет освещения в помещении №3:

Выберем светильник с КСС Д (Косинусная)

Высота потолка  $H=4$  м.

Для расчета высоты используем формулу:

$$hr = hn - hp \quad (1)$$

где  $hp$  – Высота расчетной поверхности от уровня пола, равна 0,8 м

$hc$  – Высота от потолка до светильника 0,1 м;

$hr = 3,1$  м.

«Осветительные приборы крепят в 2 и более рядов.

При этом  $L_A$  – расстояние между рядами световых приборов,

$L_B$  – расстояние между светильниками.

Равномерность освещения поверхности световое оборудование

размещают по вершинам квадрата или ромбам.

Наиболее выгодное расстояние между световыми приборами определяется по формуле:

$$\lambda_{\bar{N}} \cdot H_p + L = \lambda_{\bar{Y}} \cdot H_p \quad (2)$$

где  $\lambda_{\bar{N}}$ ,  $\lambda_{\bar{Y}}$  – относительные светотехнические и энергетические наиболее оптимальные расстояния между светильниками.» [21]

Численные значения  $\lambda_{\bar{N}}$  и  $\lambda_{\bar{Y}}$  зависят от типа кривой силы света и определяются по таблице 2

Таблица 2 – «Относительные на выгоднейшие расстояния между светильниками

| Относительные на выгоднейшие расстояния между светильниками |                     |                     |
|---|---------------------|---------------------|
| Типовая кривая  | $\lambda_{\bar{N}}$ | $\lambda_{\bar{Y}}$ |
| Концентрированная (К)                                       | 0,4–0,7             | 0,6–0,9             |
| Глубокая (Г)  | 0,8–1,2             | 1,0–1,4             |
| Косинусная (Д)  | 1,2–1,6             | 1,6–2,1             |
| Полуширокая (Л)   | 1,4–2,0             | 1,8–2,3             |
| Равномерная (М)   | 1,8–2,6             | 2,6–3,4             |

$$\lambda_{\bar{N}} = 1,2; \lambda_{\bar{Y}} = 1,6. \text{ (согласно табл. 2)» [13]}$$

$H_p$  – расчетная высота подвеса светильника, м по формуле:

$$H_p = H_0 - h_{св} - h_{раб} \quad (3)$$

где  $H_0$  – высота помещения, м;

$h_{раб}$  – высота освещаемой рабочей поверхности от пола, м.

$h_{св} = 0$  – высота свеса светильника, м;

Светильники у стены располагаются на расстоянии  $l_{AB} = (0,3 \dots 0,5) L$ .  
«Если рабочие поверхности расположены у стен, то расстояние между стеной и крайним рядом светильников рекомендуется брать  $0,3 L$ » [13]

«По полученному значению  $L$ , длине  $A$  и ширине  $B$  помещения мы можем определить количество светильников по длине помещения используя формулу:

$$N_A = (A - 2 \cdot l_A) \div L + 1 \quad (4)$$

где  $A$  – длина помещения – 5,1 м.

$B$  – ширина помещения 2,7 м.» [17]

Количество рядов светильников по ширине помещения находим по формуле:

$$N_B = (B - 2 \cdot l_B) \div L + 1 \quad (5)$$

Зная количество световых приборов по длине помещения и количество рядов находим общее количество по формуле:

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot N_B \quad (6)$$

Определение расстояния по осям световых приборов по формулам:

$$L_A = \frac{A}{N_A - a} \quad (7)$$

$$L_B = \frac{B}{N_B - b} \quad (8)$$

где  $a$  – высота подвеса им составляет (0,3)

С учетом проведения всех вышеперечисленных расчетов, получаем следующие значения:

$$1,2 \cdot 3,1 \leq L \leq 1,6 \cdot 3,1$$

$$3,72 \leq 11 \leq 4,96$$

$$L = 4$$

$$LAB = (0,3) \cdot L$$

$$LAB = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ м.}$$

$$NA = (5,1 - 2 \cdot 4,96) \div (4) + 1 = 2$$

$$NB = (2,7 - 2 \cdot 3,72) \div (4) + 1 = 2$$

$$N_{\Sigma} = 7 \cdot 2 = 14 \text{ шт.}$$

$$LA = 5,1 \div (2 - 0,3) = 3 \text{ м.}$$

$$LB = 2,7 \div (2 - 0,3) = 1 \text{ м.}$$

Таким образом получилось 4 светильника, расстояние между которыми 1 м. и 3 м.

«Для определения минимального светового потока используем формулу:

$$\Phi = \frac{E_{н} \cdot K_{\text{зап}} \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (9)$$

где  $K_{\text{зап}}$  - коэффициент запаса;

$S$  - площадь помещения;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности, он равен 1,15;

$E_{\text{ср}}$  – средняя освещенность;

$N$  – число светильников;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока. При вычислении мы определяем световой поток одного светового прибора, требуемый для соблюдения необходимых требований согласно техническому заданию.» [4]

Определим коэффициент использования светового потока согласно формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)}, \quad (10)$$

$$i = \frac{5.1 \cdot 2.7}{3.1 \cdot (5.1 + 2.7)} = 0.56$$

По таблице 3 определяем  $K_{зан}$

С учётом коэффициентов отражения 70/50/20

Таблица 3 – Данные поставщика оборудования для определения коэффициента использования светового потока

| Определения коэффициента использования светового потока |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| P   | 80   | 80   | 70   | 50   | 50   | 30   | 0    |
|   | 80   | 50   | 50   | 50   | 30   | 30   | 0    |
| I   | 30   | 30   | 20   | 10   | 10   | 10   | 0    |
| 0,4   | 0,24 | 0,1  | 0,09 | 0,09 | 0,06 | 0,06 | 0,03 |
| 0,6   | 0,4  | 0,21 | 0,2  | 0,19 | 0,14 | 0,14 | 0,08 |
| 0,8   | 0,53 | 0,31 | 0,3  | 0,28 | 0,23 | 0,22 | 0,17 |
| 1   | 0,6  | 0,38 | 0,37 | 0,34 | 0,28 | 0,27 | 0,21 |
| 1,25  | 0,66 | 0,44 | 0,42 | 0,39 | 0,33 | 0,33 | 0,26 |
| 1,5   | 0,7  | 0,5  | 0,47 | 0,44 | 0,38 | 0,37 | 0,31 |
| 2   | 0,74 | 0,55 | 0,51 | 0,47 | 0,42 | 0,4  | 0,34 |
| 2,5   | 0,79 | 0,63 | 0,57 | 0,53 | 0,48 | 0,47 | 0,41 |
| 3   | 0,82 | 0,66 | 0,61 | 0,56 | 0,51 | 0,5  | 0,44 |
| 4   | 0,84 | 0,7  | 0,63 | 0,58 | 0,53 | 0,53 | 0,47 |
| 5   | 0,87 | 0,75 | 0,68 | 0,62 | 0,58 | 0,56 | 0,51 |

Получаем  $K_{зан}=1,2$

Таким образом  $\Phi_{НОМ} = \frac{75 \cdot 1,1 \cdot 14 \cdot 1,15}{4 \cdot 0,57} = 610 \text{ Лм.}$

Это означает, что световой поток каждого из светильников должен быть равен 610 Лм.

На основании приведенных расчетов делаем вывод, что в помещении №3 требуется установить 4 светильника на расстоянии 3м, световой поток каждого из которых, должен быть не менее 610 Лм.

После внесения полученных данных в таблицу, был произведен расчет светового потока светильников и их количество по каждому помещению. Итоговый расчет представлен в Приложении В. Для простоты эксплуатации и сведению количество моделей запчастей к минимуму, а также для

оптимизации количества моделей светильников с учетом архитектуры помещения, в представленной таблице количество светильников было подкорректировано. Результаты расчета освещенности внесены в Приложение В.

## **2.2 Расчет освещения в программном обеспечении Dialux EVO**

Помещения из таблицы 2 рассчитываем в программе Dialux EVO.

«DIALux — эта программа для планирования и дизайна освещения, разрабатываемая с 1994 года DIAL GmbH — Немецким Институтом Прикладной Светотехники. Она распространяется бесплатно и может использовать данные светильников любых изготовителей. DIALux — одна из самых эффективных программ для расчета освещения на рынке.» [8] Помимо используемого программного обеспечения в настоящий момент имеется ряд других программ, в которых можно произвести необходимые расчеты. Одна из них полностью отечественная «nanoCAD Электро», разработанная компанией «Нанософт». В данной программе возможно выполнять все проекты зданий, включающие в себя весь комплекс расчетов. Программа имеет ряд преимуществ перед другими такими как AutoCad и т.д.

Выбранное программное обеспечение Dialux EVO позволяет проводить весь перечень необходимых расчетов освещения и визуализировать результаты, а также изменять параметры светового оборудования экспериментируя с возможными конфигурациями.

Например, предположим следующую ситуацию. Есть помещение с разноуровневыми потолками, и есть требования заказчиков, которые требуют выбрать один тип светильника и обеспечить разные зоны разной освещенностью. На основании этого можно сделать вывод, что все светильники должны выдавать различный световой поток, но какой именно, можно определить вручную только с использованием точного метода расчета освещенности, при котором определяется каждая точка в помещении. Данный

метод трудозатратен, а также требует большого количества времени. В данном программном обеспечении есть возможность изменения светового потока (регулировка яркости светильников), что значительно сокращает время затрачиваемое на данный процесс.

В связи с усложненным техническим заданием к помещению выставочного зала все расчеты произведем в программном обеспечении Dialux EVO. [14]

Данное решение связано с тем, что помещение делится на 17 зон с разной освещенностью, а, согласно заданию и дизайн проекта, в зоне GKL+ используются светильники, количество которых превышает 150-200 шт на 8 м<sup>2</sup>.

Данное помещение возможно анализировать только точным методом расчета освещенности, что займет неоправданно большое количество времени. Таким образом, понимая избыточную сложность расчета представленного помещения, было использовано программное обеспечение «Dialux EVO», которое позволяет не только рассчитать точным методом освещенность в помещении, ускорить производство работ, но и визуализировать полученные результаты.

Для расчета освещения выполняем следующие шаги:

Проверяем базу данных светильников, которые можно запросить у производителей оборудования. В данном случае была использована база производителей ООО «Инкостарк» г. Санкт-Петербург

Процесс расчета освещения представляет собой следующие циклы:

- создаем файл;
- создаем архитектуру «здания и помещения с учетом высот помещения, выступов, колон, цвета стен, коэффициентов отражения стен, потолков, пола» [16];
- использование объектов мебели и других препятствий;
- выбираем требования, предъявляемые к каждому помещению;

- выбираем световое оборудование и способ расположения оборудования (автоматически или вручную);
- устанавливаем светильники на необходимых высотах согласно ТЗ и требований заказчика;
- производим предварительный расчет освещенности;
- проверяем требования освещенности с полученными результатами.

Для точности расчетов выделяем отдельные зоны. Тогда, каждая зона со своим требованием может быть выделена отдельно, и по ней могут быть получены отдельные результаты.

По окончании расчетов в данном программном обеспечении выводим полученные результаты и создаем необходимые нам виды.

После проведения расчетов полученные данные были сведены в таблицу светильников по помещениям и представлены на рисунках 3, 4 и 5. Подробный результат расчетов изложен в файле «AM Dialux».

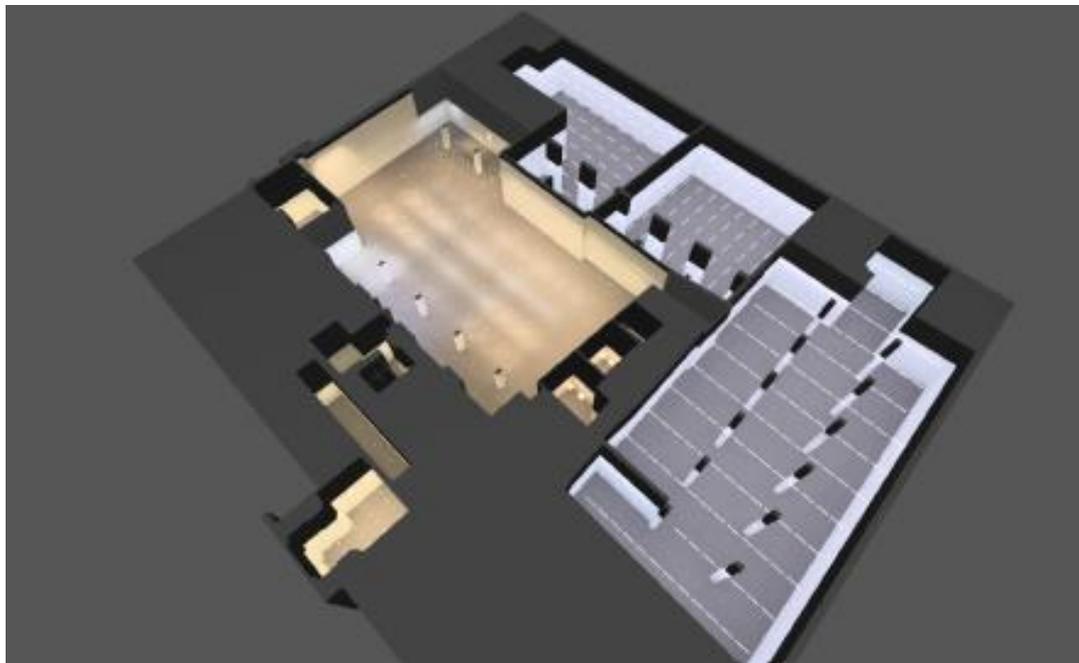


Рисунок 3 – Общий вид рассчитываемых помещений

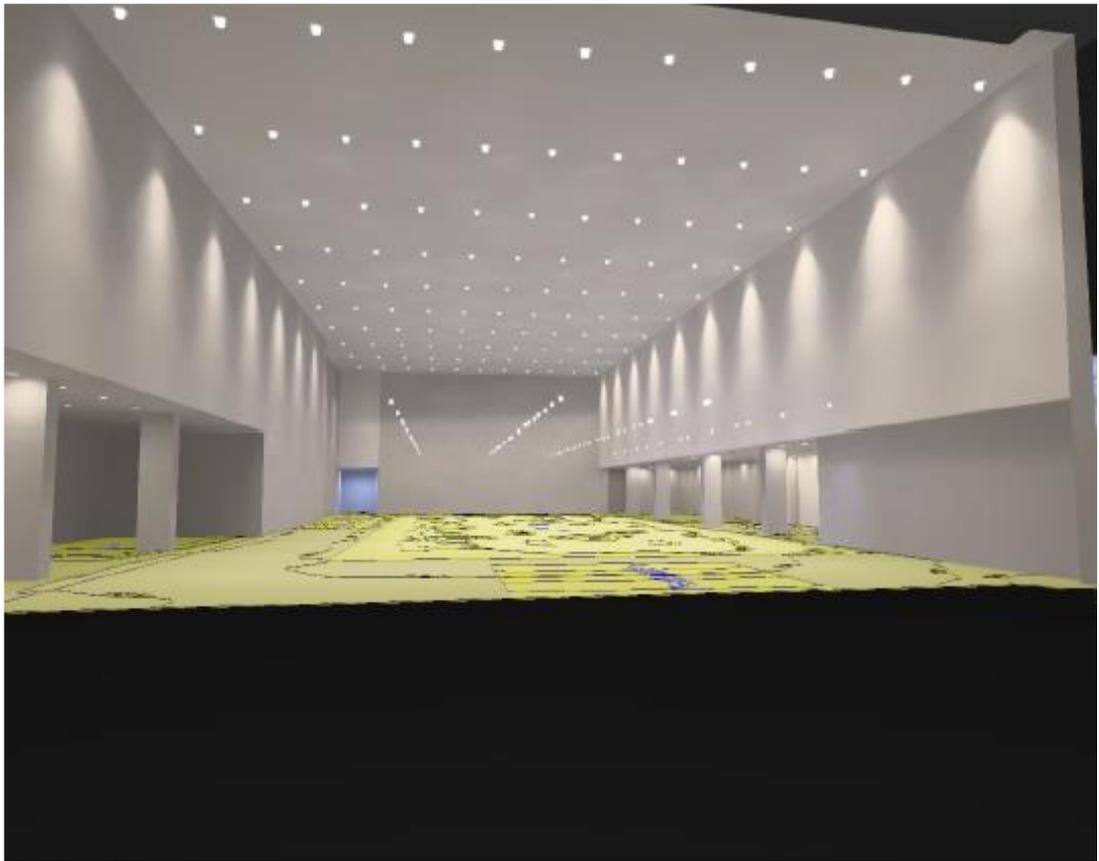


Рисунок 4 – Визуализация помещения №1

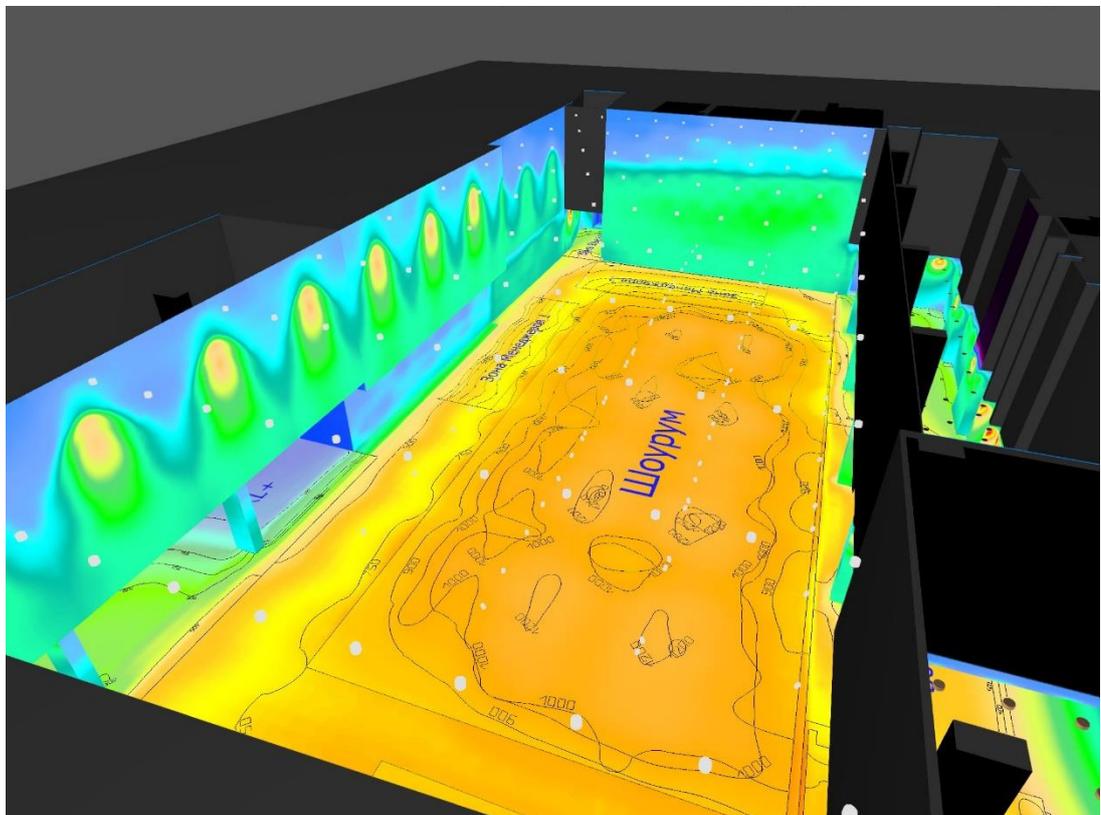


Рисунок 5 – Визуализация с расчетом освещения помещения №1

По завершению реконструкции данных зон освещения проведен аудит, в результате которого установлено, что все требования технического задания БРТ соблюдены. Таким образом можно утверждать, что использование ПО для проведения сложных расчетов позволяет сократить время работ и трудозатрат.

Для управления системой освещения выставочного зала выбрано оборудование компании Schneider Electric, а именно импульсное реле с сигнализацией iTLs 16A 1НО 230В Acti 9. В нашем случае для управления несколькими группами, запитанными по разным фазам, используем реле с арт. А9С15409. Эта модель имеет возможность централизованного управления, то есть не требует управляющего сигнала той же фазой, что запитан потребитель, и количество жил в кабеле управления сокращается.

Выбор данного оборудования обусловлен простотой, надежностью и безопасностью при эксплуатации, а также отсутствием постоянной нагрузки на линии управления. В остальных помещениях используем встраиваемые выключатели для местного управления освещением.

Для линии управления освещением выставочного зала выбран Кабель КВВГнгLS 10×1

Следует отметить, что использование программного обеспечения не всегда бывает точным, так как исходные файлы для использования в расчетах создаются лабораторным методом при участии производителя светового оборудования. Поэтому, не добросовестные производители могут завесить характеристики оборудования, что приведет к неточному результату.

В связи с этим, рекомендуется использовать файлы крупных компаний, производящих световое оборудование.

## **2.3 Подбор оборудования, экономическое обоснование выбора оборудования**

Подбор оборудования производится с учетом следующих «требований»:

- по назначению помещения;
- виду источника;
- условиям среды эксплуатацией;
- характеру светораспределения;
- по ограничению слепящего действия;
- экономической целесообразности;
- эксплуатационной группе (способу монтажа).» [11]

Разберем подбор оборудования на примере помещения №11.

- Назначение помещения «Зона шиномонтажа» - проведение работ по ремонту колес, шин.
- Вид источника света – выбран согласно «ГОСТ Р 54815-2011/IEC/PAS 62612:2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Эксплуатационные требования» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 13.12.2011 N 1199-ст)» [21].
- Условия среды эксплуатации – особых требований по пожарной безопасности и неблагоприятные факторы, согласно ПУЭ 7 [18], в данном помещении отсутствуют.
- Характер светораспределения – требуется равномерное светораспределение. Наиболее подходящим для этого, является оборудование с КСС «Д» при высоте потолков до 5-и метров.
- По ограничению слепящего действия – соблюдены согласно СП 52.13330.2016 7.4.5 [20], так как высота установки светильника с косинусной КСС более 3м. от уровня пола.

- Экономическая целесообразность – расчеты представлены ниже.
- Эксплуатационной группе (способу монтажа) – светильники, встроенные в потолок типа «Армстронг».

Для определения экономической целесообразности установки данного оборудования сравним потребляемую мощность, затраты на замены ламп и выведем разность экономических показателей в рублях.

«Для этого используем исходные данные:

- Количество рабочих дней автосалона в год -  $T_{\text{год}}$ ;
- Стоимость 1 светильника -  $P_{\text{свет}(1)}$ ;
- Стоимость 1 лампы -  $P_{\text{лампы}(1)}$ ;
- Стоимость срока эксплуатации оборудования -  $P_{(1)}$ » [8]

Зная все необходимые данные, выведем формулу, а затем рассчитаем стоимость эксплуатации оборудования на 5 лет.

Выбранный нами срок эксплуатации является гарантийным сроком службы светодиодного светильника.

$$P_{(1)} = C \cdot L \cdot S \cdot T_{\text{сут.}} \cdot T_{\text{год.}} \div 1000 \cdot P \cdot 5 + T_{\text{сут.}} \cdot T_{\text{год.}} \cdot 5 \div T_{\text{ср.}} \cdot P_{\text{лампы}(1)} \cdot C \cdot L + P_{\text{свет}(1)} \cdot C + P_{\text{лампы}(1)} \cdot C \cdot L \quad (11)$$

где:  $C$  – Количество светильников в помещении;

$L$  – Количество ламп в светильниках;

$S$  – Мощность 1 лампы, Вт;

$T_{\text{ср.}}$  – Срок службы 1 лампы, в ч;

$P$  - Стоимость 1 кВт потребляемой электроэнергии, в 1кВт/Руб.;

$T_{\text{сут.}}$  – Количество часов работы в сутки освещения, в ч;

$T_{\text{год.}}$  – Количество рабочих дней автосалона в год, в днях;

$P_{\text{свет}(1)}$  – Стоимость 1 светильника, в Руб.;

$P_{\text{лампы}(1)}$  - Стоимость срока эксплуатации оборудования, в Руб

Далее найдем себестоимость эксплуатации разных светильников. Для этого 1 возьмем люминесцентный, а 2 светодиодный.

Рассчитаем себестоимость эксплуатации люминесцентных светильников по формуле (11)

$$\square(1) = 10 \cdot 4 \cdot 18 \cdot 13 \cdot 360/1000 \cdot 9,8 + 13 \cdot 360 \cdot 5/90000 \cdot 115 \cdot 10 \cdot 4 + 2100 \cdot 10 + 115 \cdot 10 \cdot 4 = 59818,08 \square$$

Себестоимость эксплуатации люминесцентных светильников в помещении 11 равна 59818,08  $\square$

Рассчитаем себестоимость эксплуатации светодиодных светильников по формуле (11)

$$\square(2) = 10 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 30 \cdot 360/1000 \cdot 9,8 + 13 \cdot 360 \cdot 5/100000 \cdot 2375 \cdot 10 \cdot 1 + 2375 \cdot 10 = 48358,7 \square$$

Сравним стоимость эксплуатации различных светильников в помещении 11.

$$\square(1) = 59818,08 \square > 48358,7 \square = \square(2)$$

Таким образом, разница в цене составляет 11459,38 Р

План расположения светового оборудования приложен на чертежах Лист 1 и Лист 2.

Данные расчеты возможно применять только к помещениям из таблицы 1, где используются типовые рашения, а экономическая целесообразность стоит выше визуального эффекта.

Вывод по разделу:

Проведя расчет освещения помещена выставочного зала автосалона в программе Dialux EVO, была проведена реконструкция что показало следующее:

- Программа точно производит расчет освещения.

- Удобное и логичное меню.
- Точность расчетов освещения напрямую зависит от данных, подаваемых производителем светового оборудования.

Результаты реализации расчета освещения Рисунок 6 и Рисунок 7  
Замер освещения доказал верность расчета в программе Dialux EVO



Рисунок 6 – Реализации реконструкции по расчетам освещения  
выставочного зала пом. 1

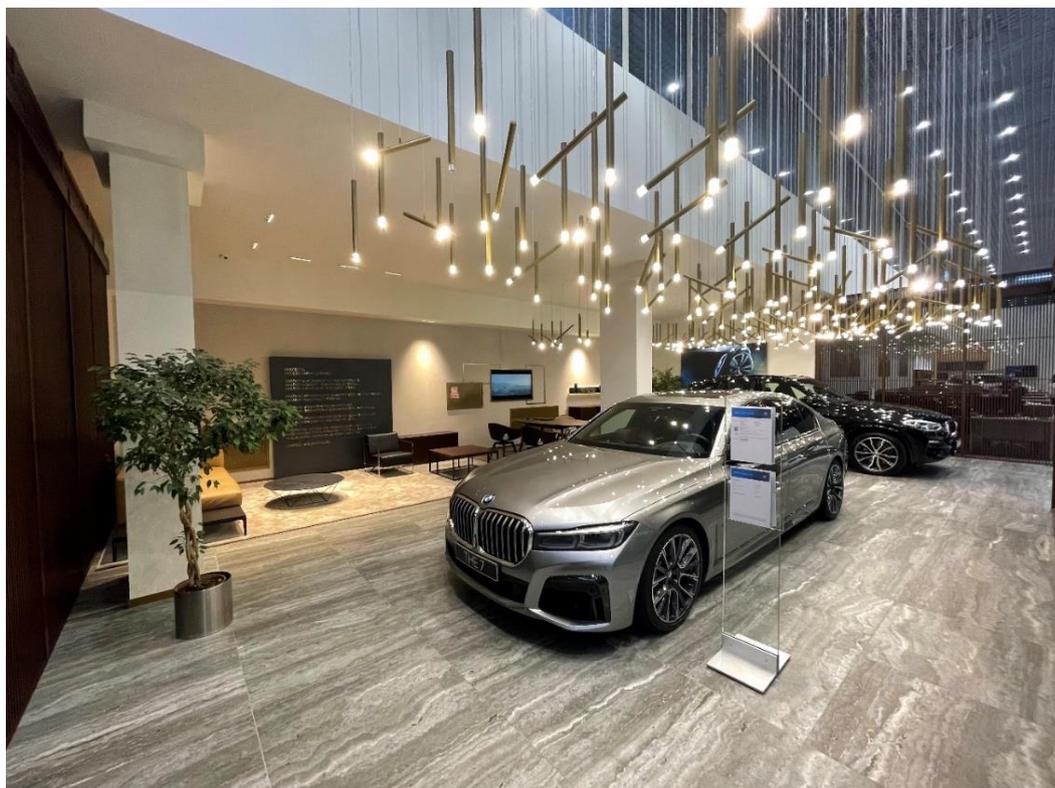


Рисунок 7 – Реализации реконструкции по расчетам освещения GKL+

По итогам проведенных расчетов реализован проект реконструкции. Данные расчетов реконструкции полностью совпали с результатом. Все замеры освещенности полностью совпали.

Вывод по разделу

Определены затраты и выбраны при помощи программы Dialux EVO осветительные приборы для оптимальной работы.

### 3. Электротехнические расчеты

#### 3.1 Расчеты нагрузок сети освещения здания

Для данного расчета требуются данные по всем помещениям, количеству светильников в них, подобранному типу светильников, их потребляемой мощности,  $\cos\varphi$ , коэффициент спроса (в данном случае здание полностью функционально с 9:00 до 21:00, в данный промежуток времени свет не выключается, поэтому КС принимается равный 1).

Для удобства необходимая информация сведена в таблицу Приложение В в которой указаны номера помещений, количество светильников рабочего освещения и аварийного (дежурного освещения), распределена по группам, а также установлена мощность каждой группы.

С учетом того, что все светильники имеют одинаковый  $\cos\varphi$ , это облегчает расчеты и нам проще распределять по группам.

Далее рассчитываем активную, реактивную и полную мощности, определяем расчетный ток и распределяем пофазно для равномерного распределения нагрузки.

Рассмотрим расчет на примере группы О-1

«Расчетные нагрузки определяются с помощью коэффициентов спроса (Кс). Расчетные мощности потребителей рассчитываются по формулам, представленными ниже.» [1]

Расчетную полную мощность определяем по формуле [19]

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (12)$$

где:  $Q_p$  – расчетная реактивная мощность, в кВАр;

$P_p$  – расчетная мощность, в кВт

$$Q_p = 0,99 \cdot 0,2 = 0,198 \text{ (округляем до } 0,2)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (13)$$

$$S_p = \sqrt{0.99^2 + 0.2^2} = 1,01$$

Далее рассчитываем однофазный ток по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{U_{\phi}} \cdot 1000 \quad (14)$$

где:  $S_p$  – расчетная мощность, в кВА;

$I_p$  – расчетный ток; в А;

$U_{\phi}$  – фазное напряжение, в В

И по формуле 13 получаем:

$$I_p = \frac{1,01}{220} \cdot 1000 = 4,59$$

Аналогично производим расчеты по остальным группам, а далее выводим результаты в виде таблицы Приложение Б.

### **3.2 Расчеты нагрузок силовых сетей здания**

Данные по потребителям были взяты из таблицы оборудования предприятия (Таблица 4). Данные предоставлены службой главного инженера по фактическим замерам и с учетом паспортных данных оборудования.

Таблица 4 – Данные по мощности потребителей предоставленные службой главного инженера

| Мощности потребителей       |   |                                     |                |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|----------------|
| Наименование потребителей   | Установленная единичная мощность, Руст.ед., кВт | Коэффициент мощности, $\cos\varphi$ | Количество, шт |
| Автоматическая мойка        | 25,4  | 0,86                                | 1              |
| Компрессор                  | 15,5  | 0,89                                | 1              |
| Компрессор                  | 12,2  | 0,89                                | 1              |
| Сушильная камера ЛКЦ        | 45,2  | 0,87                                | 1              |
| Автоподъемник               | 1,75  | 0,95                                | 8              |
| Зарядная станция            | 4,5   | 0,89                                | 2              |
| Системы вытяжной вентиляции | 4,5   | 0,97                                | 5              |
| Тепловые завесы             | 25  | 0,89                                | 4              |
| Выставочная зона            | 8,5   | 0,98                                | 1              |
| Кухня                       | 35,5  | 0,88                                | 1              |
| Серверная                   | 15  | 0,98                                | 1              |

Расчет потребляемой мощности оборудования офисных помещений произведем по количеству рабочих мест.

Перед тем как производить расчёты потребляемой мощности второго этажа исходя из площади помещений, определим полезную площадь офисов.

Для этого из всей полезной площади вычитаем сумму площадей помещений, не задействованных в офисной деятельности.

Получаем сумму площадей офисных помещений равную 1281 м<sup>2</sup>.

Производим расчет площади 1 рабочего места, полезной площади и оборудования на рабочем месте.

Площадь рабочего стола 2 м<sup>2</sup>, площадь проходов и свободного пространства 5 м<sup>2</sup>. Данные усреднены для упрощения расчетов.

Потребители в офисных помещениях:

- Персональный компьютер 0,45 кВт.
- Принтер лазерный «МФУ» 2,1 кВт.
- Зарядные устройства для телефонов 0,01 кВт

Таким образом выяснено, что на одном рабочем месте 7 м<sup>2</sup> потребляемая мощность составляет 2,561 кВт.

Далее находим потребление на 1 м<sup>2</sup>, для этого производим следующие расчеты:

$$2,561/7 = 0,365$$

Теперь, зная площадь офисных помещений и потребления на 1 м<sup>2</sup>, представляется возможным найти потребляемую мощность во всех офисных помещениях.

Для этого умножим мощность 1 м<sup>2</sup> на общую площадь офисных помещений.

$$\text{Руст.ед.,} = 1281 \cdot 0,365 = 476,565 \text{ кВт.}$$

Коэффициент спроса при этом 0,25 а cosφ 0,88

Производим расчет:

Вводим данные в таблицу 5 и производим расчеты.

В таблице 5 представлены результаты расчетов силовых нагрузок здания.

Таблица 5 – Результаты расчетов силовых нагрузок здания.

| Результаты расчета мощностей |   |                |   |                        |                            |      |  |   |                                       |                 |           |
|------------------------------|---|----------------|---|------------------------|----------------------------|------|--|---|---------------------------------------|-----------------|-----------|
| Наименование потребителей    | Установленная единичная мощность, Руст.ед., кВт | Количество, шт | Установленная мощность группы, Руст.гр.,кВт | Коэффициент спроса, Кс | Коэффициент мощности, cosφ | tgφ  | Расчетная активная мощность, Pрасч,кВт | Расчетная реактивная мощность, Qрасч,кВАр | Расчетная полная мощность, Sрасч, кВА | Расчетный ток,А | Фазировка |
| 1                            | 2   | 3              | 4   | 5                      | 6                          | 7    | 8                                      | 9   | 10                                    | 11              | 12        |
| Автоматическая мойка         | 25,4  | 1              | 25,40                                       | 0,45                   | 0,86                       | 0,59 | 11,43                                  | 6,78                                      | 13,291                                | 34,98           | АВ<br>С   |
| Компрессор                   | 15,5  | 1              | 15,50                                       | 0,3                    | 0,89                       | 0,51 | 4,65                                   | 2,38                                      | 5,225                                 | 13,75           | АВ<br>С   |
| Компрессор                   | 12,2  | 1              | 12,20                                       | 0,3                    | 0,89                       | 0,51 | 3,66                                   | 1,88                                      | 4,112                                 | 10,82           | АВ<br>С   |
| Сушильная камера ЛКЦ         | 45,2  | 1              | 45,20                                       | 0,2                    | 0,87                       | 0,57 | 9,04                                   | 5,12                                      | 10,391                                | 27,34           | АВ<br>С   |

Продолжение таблицы 5

| 1                            | 2      | 3 | 4      | 5    | 6    | 7    | 8      | 9     | 10      | 11     | 12      |
|------------------------------|--------|---|--------|------|------|------|--------|-------|---------|--------|---------|
| Автоподъемник                | 1,75   | 8 | 14,00  | 0,01 | 0,95 | 0,33 | 0,14   | 0,05  | 0,147   | 0,39   | AB<br>C |
| Зарядная станция             | 4,5    | 2 | 9,00   | 0,21 | 0,89 | 0,51 | 1,89   | 0,97  | 2,124   | 5,59   | AB<br>C |
| Системы вытяжной вентиляции  | 4,5    | 5 | 22,50  | 0,45 | 0,97 | 0,25 | 10,13  | 2,54  | 10,438  | 27,47  | AB<br>C |
| Тепловые завесы              | 25     | 4 | 100,00 | 0,35 | 0,89 | 0,51 | 35,00  | 17,93 | 39,326  | 103,49 | AB<br>C |
| Офисные помещения 2-го этажа | 476,5  | 1 | 476,50 | 0,25 | 0,88 | 0,54 | 119,13 | 64,30 | 135,369 | 356,24 | AB<br>C |
| Кабинеты 1-го этажа          | 25,5   | 1 | 25,50  | 0,25 | 0,88 | 0,54 | 6,38   | 3,44  | 7,244   | 19,06  | AB<br>C |
| Выставочная зона             | 8,5    | 1 | 8,50   | 0,35 | 0,98 | 0,20 | 2,98   | 0,60  | 3,036   | 7,99   | AB<br>C |
| Кухня                        | 35,5   | 1 | 35,50  | 0,4  | 0,88 | 0,54 | 14,20  | 7,66  | 16,136  | 42,46  | AB<br>C |
| Серверная                    | 15     | 1 | 15,00  | 0,35 | 0,98 | 0,20 | 5,25   | 1,07  | 5,357   | 14,10  | AB<br>C |
| ЩАО                          | 2,809  | 1 | 2,81   | 1    | 0,98 | 0,20 | 2,81   | 0,57  | 2,87    | 7,54   | AB<br>C |
| ЩО1                          | 9,654  | 1 | 9,65   | 1    | 0,98 | 0,20 | 9,65   | 1,96  | 9,85    | 25,92  | AB<br>C |
| ЩО2                          | 17,546 | 1 | 17,55  | 1    | 0,98 | 0,20 | 17,55  | 3,56  | 17,90   | 47,12  | AB<br>C |

Далее сводим все данные нагрузок. И рассчитываем потребляемую мощность всего здания.

Установленная единичная мощность,  $P_{уст.ед.}$ , кВт - 725,059

Расчетная активная мощность,  $P_{расч}$ , кВт - 253,35

Расчетная реактивная мощность,  $Q_{расч}$ , кВАр - 120,71

Расчетная полная мощность,  $S_{расч}$ , кВА - 282,29

Расчетный ток, А - 705,73

### 3.3 Расчет компенсации реактивной мощности

«Для повышения энергоэффективности и снижения потерь электроэнергии в питающей сети требуется рассмотреть необходимость установки устройств компенсации реактивной мощности (РМ) во ВРУ здания.» [4] Данное требование является обязательным согласно: «Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.06.2023) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

«Требуемая мощность компенсирующих устройств рассчитывается по формуле:

$$Q_{ку} = a \cdot P_p \cdot (tg\varphi - tg\varphi_k) \quad (15)$$

где:  $a = 0,9$  поправочный коэффициент учитывающий повышение  $\cos\varphi$  естественным способом.» [19]

$P_p$  – «активная расчетная мощность нагрузки, кВт» [19];

$tg\varphi$  – «тангенс угла  $\varphi$  нагрузки до компенсации РМ» [19];

$tg\varphi_k = 0,33$  - «нормальный тангенс угла после компенсации» [19].

Рассчитаем компенсационные устройства по формуле (15)

$$Q_{ку} = 0,9 \cdot 358,45 \cdot (0,42 - 0,33) = 29,03 \text{ кВАр}$$

Принимаем к установке во ВРУ 2-е конденсаторных установки АУКРМ 0,4 на 15 кВАр.

Для более плавной работы используем 3-х ступенчатую регулировку АУКРМ 0,4. В данном случае с блоком управления DCRL 5.

### **3.4 Выбор номинальных значений напряжений, количества и мощности силовых трансформаторов**

Для питания оборудования и световых приборов в жилых и коммерческих строениях используется сеть напряжением 380/220 В, а для вновь строящихся подстанций берется напряжение 6-10 кВ.

Выбор линий электропитания выполняется согласно требованиям ПУЭ. [18], которые предусматривают плановые и аварийные отключения отдельных элементов системы.

«Система электроснабжения должна обеспечивать питание всех узлов потребителя с общей нагрузкой выше 1 МВА от двух независимых источников с автоматическим вводом резервных элементов и переключением питания с одного источника на другой» [7, 12]

«При выборе числа и мощности трансформаторов учитываем следующие факторы:

- категорию надежности потребителей;
- необходимость компенсации реактивной мощности низковольтных нагрузок;
- перегрузочную способность трансформаторов в нормальном и аварийном режимах;
- шкалу стандартных мощностей трансформаторов;
- экономичный режим работы трансформаторов в зависимости от графиков нагрузки.» [6]

«Число установленных трансформаторов существенно влияет на затраты распределительных устройств напряжением 10 кВ, а также на внутри объектовые и районные сети. Уменьшая суммарную длину линий, уменьшаются и потери электроэнергии и напряжения в сетях 10 кВ, но увеличивается стоимость сетей напряжением 0,4 кВ. Следовательно, выбор количества и мощности трансформаторов является важным. При правильном

решении данной задачи, возможно достигнуть минимума приведенных затрат при обеспечении заданной степени надежности электроснабжения» [3].

На основе ПУЭ, которое объясняет категорию снабжения объектов, находим количество устанавливаемых трансформаторов.

Ориентировочный выбор числа и мощности трансформаторов производится по удельной плотности нагрузки:

$$\sigma_H = \frac{S_{НАГР}}{F} \quad (16)$$

где  $S_{НАГР}$  – расчетная нагрузка, кВА;

$F$  – Площадь, м<sup>2</sup>.

Для выбора можно использовать таблицу 6.

Таблица 6 – Ориентировочный выбор мощности трансформаторов

| Ориентировочный выбор мощности трансформаторов |                        |   |
|--|------------------------|---|
| U <sub>н</sub> , В                             | σ, кВ А/м <sup>2</sup> | S <sub>НОМ</sub> , кВА                  |
| 380  | < 0,2                  | < 1000                                  |
| 380  | 0,2...0,3              | 1000...1600                             |
| 380  | > 0,3                  | 1600...2500 При выборе последнего → ТЭР |

«Питание трансформаторных подстанций осуществляется по двухлучевой схеме сечения токоведущих проводников по длительно допустимому току следует выполнять с учетом требований гл. 1.3.» [18, 8, 24]

«При двухлучевой схеме предусматривается питание одной трансформаторной подстанции двумя линиями. Любая из них запутывает свой трансформатор, на котором со стороны низшего напряжения установлены контакторы, автоматически переключающие нагрузку с одного трансформатора на другой при исчезновении напряжения на каком-либо из них.» [15]

Почти все электроприемники микрорайона относятся к III категории снабжения, тогда для ТП возьмем 2 трансформатора,  $n = 2$ . Коэффициент

загрузки трансформаторов  $k_3 = 0,7$ . На основании плана объединяем все нагрузки, которые относятся к одному ТП.

По удельной плотности нагрузки выполним ориентировочный выбор числа и мощности трансформаторов:

$$\sigma_H = \frac{S_{\text{нагр}}}{F} = \frac{282,29}{2506} = 0,113.$$

По таблице 6 мощность устанавливаемых трансформаторов не будет превышать 1000 кВА.

Оптимальная мощность силовых трансформаторов рассчитываем по формуле:

$$S_0 = \frac{S_p}{\beta \cdot N} \quad (17)$$

где  $\beta$  – нормативный коэффициент загрузки трансформатора

$N$  – количество трансформаторов, шт

$S_p$  – расчетная нагрузка потребителей, кВА

Рассчитаем мощность силовых трансформаторов по формуле (17)

$$S_0 = \frac{282,29}{0,7 \cdot 2} = 201,63 \text{ кВА}$$

Ближайшая по мощности ТП является 200 кВА

Таким образом, устанавливаем 2КТПН – 200 кВА с кабельным вводом.

Рассчитаем коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме для этого используем следующую формулу:

$$K_3 = \frac{S_p}{S_{H. T.} \cdot N} \quad (18)$$

где:  $K_3$  - коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме

$$K_3 = 0,7.$$

Рассчитаем коэффициент аварийной перегрузки трансформатора по формуле:

$$K_n = \frac{S_p}{S_H} \cdot T \quad (19)$$

где:  $K_n$  – коэффициент аварийной перегрузки трансформатора  $K_n = \frac{282,29}{200} = 1,41 > 1,4$ .

Что означает, что послеаварийная перегрузка выше допустимой и требуется заново подобрать трансформаторы.

Используем следующие по своей мощности трансформаторы 400 кВт

$$K_3 = \frac{282,29}{400 \cdot 2} = 0,352$$

Рассчитаем коэффициент аварийной перегрузки трансформатора по формуле: (19)

$$K_n = \frac{282,29}{400} = 0,7 < 1,4$$

Данная КТПН2 соответствует заявленным условиям согласно схеме б. Таким образом, был выбран КТПН2 400 кВт

### 3.5 Расчет питающей линии 10 кВ до КТПН2

«Все города имеют большую плотность застройки, в связи с чем, они растут в высоту, то есть увеличивается этажность домов, а в связи с этим увеличивается их потребляемая мощность. Большая плотность застройки не позволяет использовать воздушные линии (ВЛ), поэтому в городах используется кабельные линии (КЛ), которые прокладываются под землей, на определенной глубине.» [25]

Для прокладки кабеля требуется учитывать ряд факторов в том числе температуру при укладке кабеля. Кабели проложенные в кабельной канализации достаточно дорогостоящее предприятие и следовательно требует резервирования для бесперебойного питания а как следствие надежности сети электроснабжения.

Для КЛ характерна полная защищенность от воздействий ветра и человеческого фактора, которым подвергаются ВЛ.

Одним из основных аргументов в пользу использования кабельной линии является отсутствие обширной охранной зоны. Воздушные линии же подвержены различным атмосферным явлениям, человеческому фактору и имеют обширные охранные зоны. В городских условиях использование подземных кабельных линий очень часто является единственно возможным и правильным решением прокладки электрических сетей за исключением магистральных линий от ТЭЦ.

Для линий ЭСН объектов микрорайона используются современные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена - АПвБП.

«В качестве 10 кВ кабелей применяются трехжильные кабели марки ПвБП (Рисунок 8). Это кабель с алюминиевыми жилами, изолированными пероксидносшиваемым полиэтиленом, с внутренней оболочкой из ПВХ-пластиката, с броней из двух стальных оцинкованных лент и оболочкой из полиэтилена.» [2, 6]



Рисунок 8– Внешний вид кабеля ПвБП

Питание КТПН 10/0,4 кВ будет осуществляться от РУ 10. Расстояние до КТПН2 составит 4,5 км

Рассчитаем рабочий ток питающей линии, 3 фазы по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot n} \quad (20)$$

где n- число цепей.

Рассчитаем сечение кабеля по экономическому сечению. [23] Для этого используем формулу:

$$F_{ЭК} = \frac{I_p}{j_{ЭК}} \quad (21)$$

где  $j_{ЭК}$ - экономическая плотность тока А/мм<sup>2</sup>. Взято из ПУЭ [18].

Экономическая плотность тока, кабеля с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами из алюминия более 3000 часов использования в год.

$$F_{ЭК} = \frac{8,164}{1,7} = 4,8$$

Так как ближайшее сечение равно 35 мм<sup>2</sup>, выбирается кабель АПвБП-3×35

Ток послеаварийного режима:

$$I_{ав} = \frac{Sp}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{282,29}{\sqrt{3} \cdot 10} = 19,05 \text{ A} < I_{доп}$$

где:  $I_{доп}$  - берется из таблиц «Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами» согласно ПУЭ [18]. В нашем случае ток равен 150 А

Далее проверим кабель на потерю напряжения в линии. Данные по кабелю берем из таблицы характеристик завода изготовителя.

Расчеты производим по следующей формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot 100}{U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi) \quad (22)$$

где  $I_p$  – расчетный ток линии, А;

$L$  – длина линии, км;

$r_0$  и  $x_0$  – удельное активное и индуктивное сопротивления кабелей, Ом/км;

$\cos\varphi$  – усредненный коэффициент мощности нагрузки.

При этом потери не должны превышать допустимые 5 %

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 19,05 \cdot 4,5 \cdot 100}{10000} \cdot (0,868 \cdot 0,92 + 0,2828 \cdot 0,39) = 1,349\% < 5\%$$

Таким образом можно сделать вывод, что так как кабель прошёл проверку, линия питания 10 кВ выбрана верно.

### 3.6 Расчет питающих линий 0,4 кВ до ВРУ

«Для сети 0,4 кВ (при разводке по микрорайону), учитывая большую протяженность и криволинейность траектории прокладки, применяем четырехжильный кабель с алюминиевыми жилами и защитным покровом в виде ПВХ шланга типа АПвзБбШп. В кабеле применяются изоляции между жилами из силанольношпигитого полиэтилена и поясная изоляция из ПВХ-пластиката, броня выполнена из двух стальных оцинкованных лент (рисунок 9).» [12]



Рисунок 9 – Внешний вид кабеля АПвзБбШп

Предварительный выбор сечений жил кабелей в соответствии с ПУЭ осуществляется по допустимому нагреву. Для чего определены следующие параметры:

«Рассчитаем питающую линию 0,4 кВ от КТПН до ВРУ, для чего используем следующие данные:

- L-0,3 км
- Для КЛ 0,4 кВ от 2КТПН до ВРУ автосалона Аксель-Моторс выбираем современные кабели марки АПвзБбШп.

Расчетный рабочий ток питающей линии находим по формуле (18)» [23]

$$I_p = \frac{744,25}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = \frac{744,25}{1,3856} = 537,11 \text{ А}$$

Рассчитаем ток послеаварийного режима по формуле (19)

$$I_{ав} = \frac{744,25}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = \frac{744,25}{0,69282} = 1074,23 \text{ А}$$

Выбираем кабели АПвзБбШп-4×185,  $I_{доп}=317 \text{ А}$

Для обеспечения питания здания при аварийном режиме работы прокладываем несколько кабельных линий:  $\frac{1074,23}{317} = 3,3$

Таким образом, прокладываем 2 ввода от 2КТПН до ВРУ здания Автосалона Аксель-Моторс по 4 кабеля АПвзБбШп-4×185 в линии.

Проверка по потерям напряжения КЛ 0,4 кВ производится по формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot 100 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_n} \quad (23)$$

$$\Delta U = ((\sqrt{3} \cdot 738,467 \cdot 0,3 \cdot 100) / 400 \cdot (0,169 \cdot 0,92 + 0,078 \cdot 0,3919)) / 4 = 4,46 < 5 \%$$

Что значит, что кабельная линия 4×АПвзБбШп-4×185 прошла проверку и выбрана верно.

### 3.7 Расчет распределительной сети автосалона

В помещении ВРУ предусмотрен АВР для питания части потребителей по 1-категории.

Линии питания участков 1-ой категории надежности выполняются двухцепными; 3-ей категории – одно цепными, за исключением части потребителей по требованию заказчика. Принимаем современные кабели, подобранные согласно «ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности» [22]. Здание не является зданием с массовым пребыванием людей, выбираем кабели марки ВВГнгLS и ВВГнгFRLS для

кабелей 1-категории. Также необходимо учесть требование «Требования к питанию электроприемников СПЗСП6.13130.2021» [20] в виду требования по сертификации кабельных линий, питающих оборудование СПЗ [15].

Кабели в здании прокладываются следующим образом: кабеля 3-й категории разрешено прокладывать групповым способом, а кабеля СПЗ прокладываются отдельно.

Рассмотрим линию питания до ЩО2 и потребителя Гр. О-1

Расчетный рабочий ток питающей линии, от ГРЩ до Щита ЩО2:

$$I_p = \frac{S_p}{U_H} \cdot 1000 \quad (24)$$

Расчетный рабочий ток питающей линии, 1 фаза

$$I_p = \frac{S_p}{U_H} \cdot 1000 \quad (25)$$

Выбираем кабеля для 2-х линий питания.

От ГРЩ до ЩО2 выбираем кабель ВВГнгLS 5×10 с  $I_{доп}=50$  А.

От ЩО2 до оборудования Гр. О-1 ВВГнгLS 3×1,5 с  $I_{доп}=18$  А.

Далее проверяем по потерям напряжения. Общая потеря до конечного потребителя не должна превышать 5%.

Длинна кабеля от ГРЩ до ЩО2 75 м.

Длинна кабеля от ЩО2 до Гр.О1 115 м.

Рассчитаем по формуле (20):

$$\Delta U = \frac{I_p \cdot L \cdot 100}{U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi) \quad (26)$$

Аналогично считаем все остальные проводники и вносим данные в таблицу 7 и 8.

Таблица 7 – Результаты расчета и проверки кабелей по  $I_p$  и потерям от ВРУ до распределительных щитов и оборудования

| Наименование потребителей    | Расчетный ток, А | Марка кабеля | Количество жил и сечение | Максимально доп ток для каб. ПУЭ | Подходит по $I_p$ | L- кабель в км. | Uн-напряжение | Xо- удельное активное сопротивление | cosφ | Уо- удельное индуктивное сопротивление | $\text{Sin}\varphi=\sqrt{(1-\text{cos}2\varphi)}$ | $\Delta U$ | Потеря менее 5 % |
|------------------------------|------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|------|--|---|------------|------------------|
| 1                            | 2                | 3            | 4                        | 5                                | 6                 | 7               | 8             | 9                                   | 10   | 11                                     | 12  | 13         | 14               |
| Автоматическая мойка         | 34,98            | ВВГнгLS      | 5×10                     | 50                               | Верно             | 0,085           | 380           | 1,84                                | 0,86 | 0,073                                  | 0,5103  | 2,195      | Верно            |
| Компрессор                   | 13,75            | ВВГнгLS      | 5×1,5                    | 15                               | Верно             | 0,065           | 380           | 12,3                                | 0,89 | 0,126                                  | 0,4560  | 4,483      | Верно            |
| Компрессор                   | 10,82            | ВВГнгLS      | 5×1,5                    | 15                               | Верно             | 0,065           | 380           | 12,3                                | 0,89 | 0,126                                  | 0,4560  | 3,528      | Верно            |
| Сушильная камера ЛКЦ         | 27,34            | ВВГнгLS      | 5×6                      | 31                               | Верно             | 0,095           | 380           | 3,09                                | 0,87 | 0,09                                   | 0,4931  | 3,236      | Верно            |
| Автоподъемник                | 0,39             | ВВГнгLS      | 5×1,5                    | 15                               | Верно             | 0,045           | 380           | 12,3                                | 0,95 | 0,126                                  | 0,3122  | 0,093      | Верно            |
| Зарядная станция             | 5,59             | ВВГнгLS      | 5×1,5                    | 15                               | Верно             | 0,078           | 380           | 12,3                                | 0,89 | 0,126                                  | 0,4560  | 2,186      | Верно            |
| Системы вытяжной вентиляции  | 27,47            | ВВГнгLS      | 5×6                      | 31                               | Верно             | 0,11            | 380           | 3,09                                | 0,97 | 0,09                                   | 0,2431  | 4,158      | Верно            |
| Тепловые завесы              | 103,49           | ВВГнгLS      | 5×50                     | 135                              | Верно             | 0,105           | 380           | 0,37                                | 0,89 | 0,063                                  | 0,4560  | 1,772      | Верно            |
| Офисные помещения 2-го этажа | 356,24           | ВВГнгLS      | 2×<br>(5×95)             | 2×215                            | Верно             | 0,075           | 380           | 0,195                               | 0,88 | 0,06                                   | 0,4750  | 1,219      | Верно            |
| Кабинеты 1-го этажа          | 19,06            | ВВГнгLS      | 5×2,5                    | 21                               | Верно             | 0,065           | 380           | 7,4                                 | 0,88 | 0,116                                  | 0,4750  | 3,709      | Верно            |
| Выставочная зона             | 7,99             | ВВГнгLS      | 5×1,5                    | 15                               | Верно             | 0,058           | 380           | 12,3                                | 0,98 | 0,126                                  | 0,1990  | 2,551      | Верно            |

Продолжение таблицы 7

| 1   | 2     | 3         | 4     | 5  | 6     | 7     | 8   | 9    | 10   | 11    | 12     | 13    | 14          |
|---|-------|-----------|-------|----|-------|-------|-----|------|------|-------|--------|-------|-------------|
| Кухня   | 42,46 | ВВГнгLS   | 5×10  | 50 | Верно | 0,08  | 380 | 1,84 | 0,88 | 0,073 | 0,4750 | 2,561 | Верно       |
| Серверная   | 14,10 | ВВГнгLS   | 5×1,5 | 15 | Верно | 0,075 | 380 | 12,3 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 5,821 | Не<br>верно |
| ЩАО   | 7,54  | ВВГнгFRLS | 5×1,5 | 15 | Верно | 0,075 | 380 | 12,3 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 3,115 | Верно       |
| ЩО1   | 25,92 | ВВГнгLS   | 5×4   | 27 | Верно | 0,035 | 380 | 4,63 | 0,98 | 0,095 | 0,1990 | 1,884 | Верно       |
| ЩО2   | 47,12 | ВВГнгLS   | 5×10  | 50 | Верно | 0,075 | 380 | 1,84 | 0,98 | 0,073 | 0,1990 | 2,928 | Верно       |
| Кабель на помещение серверной не прошёл проверку меняем его на кабель большего сечения. |       |           |       |    |       |       |     |      |      |       |        |       |             |
| Серверная   | 14,10 | ВВГнгLS   | 5×2,5 | 21 | Верно | 0,075 | 380 | 7,4  | 0,98 | 0,116 | 0,1990 | 3,506 | Верно       |

Таблица 8 – Результаты расчета и проверки кабелей по  $I_p$  и потерям от ЩО1 до оборудования

| Наименование потребителей | Расчетный ток, А | Марка кабеля | Количество жил и сечение | Максимально доп ток для каб. ПУЭ | Подходит по $I_p$ | L- кабели в км. | Un-напряжение | Xo- удельное активное сопротивление | cosφ | Yo- удельное индуктивное сопротивление | $\text{Sin}\varphi = \sqrt{1 - \text{cos}^2\varphi}$ | $\Delta U$ | Потеря менее 5 % |
|---------------------------|------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|------|--|--|------------|------------------|
| 1                         | 2                | 3            | 4                        | 5                                | 6                 | 7               | 8             | 9                                   | 10   | 11                                     | 12   | 13         | 14               |
| Гр. О1                    | 4,59             | ВВГнгLS      | 3×1,5                    | 18                               | Верно             | 0,135           | 380           | 12,6                                | 0,98 | 0,126                                  | 0,1990   | 3,496      | Верно            |
| Гр. О2                    | 4,17             | ВВГнгLS      | 3×1,5                    | 18                               | Верно             | 0,145           | 380           | 12,6                                | 0,98 | 0,126                                  | 0,1990   | 3,414      | Верно            |
| Гр. О3                    | 4,85             | ВВГнгLS      | 3×1,5                    | 18                               | Верно             | 0,125           | 380           | 12,6                                | 0,98 | 0,126                                  | 0,1990   | 3,417      | Верно            |
| Гр. О4                    | 5,29             | ВВГнгLS      | 3×1,5                    | 18                               | Верно             | 0,15            | 380           | 12,6                                | 0,98 | 0,126                                  | 0,1990   | 4,473      | Верно            |
| Гр. О5                    | 5,03             | ВВГнгLS      | 3×1,5                    | 18                               | Верно             | 0,135           | 380           | 12,6                                | 0,98 | 0,126                                  | 0,1990   | 3,832      | Верно            |
| Гр. О6                    | 5,43             | ВВГнгLS      | 3×1,5                    | 18                               | Верно             | 0,11            | 380           | 12,6                                | 0,98 | 0,126                                  | 0,1990   | 3,367      | Верно            |

Продолжение таблицы 8

| 1       | 2    | 3       | 4     | 5  | 6     | 7     | 8   | 9    | 10   | 11    | 12     | 13    | 14    |
|---------|------|---------|-------|----|-------|-------|-----|------|------|-------|--------|-------|-------|
| Гр. О7  | 2,92 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,115 | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 1,895 | Верно |
| Гр. О8  | 4,24 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,125 | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 2,992 | Верно |
| Гр. О9  | 3,90 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,13  | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 2,856 | Верно |
| Гр. О10 | 5,98 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,145 | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 4,893 | Верно |
| Гр. О11 | 6,99 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,11  | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 4,333 | Верно |
| Гр. О12 | 5,01 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,115 | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 3,249 | Верно |
| Гр. О13 | 5,11 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,105 | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 3,027 | Верно |
| Гр. О14 | 5,11 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,105 | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 3,027 | Верно |
| Гр. О15 | 5,11 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,115 | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 3,315 | Верно |
| Гр. О16 | 5,26 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,125 | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 3,708 | Верно |
| Гр. О17 | 2,39 | ВВГнгLS | 3×1,5 | 18 | Верно | 0,135 | 380 | 12,6 | 0,98 | 0,126 | 0,1990 | 1,819 | Верно |

Выбранные кабели проходят проверку, кроме кабеля на питание серверной. Поэтому, данный кабель меняем на кабель большего сечения и проверяем снова.

Замененный нами кабель проходит проверку.

Для защиты линий распределительной сети 0,4 кВ выбираем автоматические выключатели. Условия выбора автоматических выключателей, следующие: «номинальное напряжение аппарата должно соответствовать напряжению сети, либо превышать его» [4, 5] То есть:

$$U_{\text{ном}} \geq U_c \quad (27)$$

где:  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение автоматического выкл., в В;

$U_c$  – напряжение в сети электроснабжения, в В.

Ток уставки теплового расцепителя должен превышать ток нагрузки, что выражается формулой:

$$I_{\text{т.р.}} > I_p \quad (28)$$

где:  $I_{\text{т.р.}}$  – сила тока теплового расцепителя, в А;

$I_p$  – сила тока в линии питания, в А

Отстройка уставки теплового расцепителя от номинального тока нагрузки выражается:

$$I_{\text{т.р.}} > 1.1 \cdot I_p \quad (29)$$

Например, для защиты линии питания автоматической мойки выберем автоматический выключатель ИЕК ВА47-29 40 А,  $U_{\text{ном}} = 400 \geq 380$  В;  $I_{\text{т.р.}} = 40 > 1.1 \cdot 34,98 = 38,478$  А; В данном случае все 3 условия верны.

Для остальных линий распределительной сети выбор автоматов аналогичен, результаты сведены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты выбора автоматических выключателей

| Результаты выбора автоматических выключателей |                  |          |              |            |                |
|---|------------------|----------|--------------|------------|----------------|
| Наименование потребителей                     | Расчетный ток, А | Марка ВА | Модель ВА    | Номинал ВА | Выбор ВА верен |
| Автоматическая мойка                          | 34,98            | IEK      | ВА47-29 3P   | 40         | Верно          |
| Компрессор                                    | 13,75            | IEK      | ВА47-29 3P   | 16         | Верно          |
| Компрессор                                    | 10,82            | IEK      | ВА47-29 3P   | 16         | Верно          |
| Сушильная камера ЛКЦ                          | 27,34            | IEK      | ВА47-29 3P   | 32         | Верно          |
| Автоподъемник                                 | 0,39             | IEK      | ВА47-29 3P   | 10         | Верно          |
| Зарядная станция                              | 5,59             | IEK      | ВА47-29 3P   | 10         | Верно          |
| Системы вытяжной вентиляции                   | 27,47            | IEK      | ВА47-29 3P   | 32         | Верно          |
| Тепловые завесы                               | 103,49           | IEK      | ВА88-32 125А | 125        | Верно          |
| Офисные помещения 2-го этажа                  | 356,24           | IEK      | ВА88-39 400А | 400        | Верно          |
| Кабинеты 1-го этажа                           | 19,06            | IEK      | ВА47-29 3P   | 20         | Верно          |
| Выставочная зона                              | 7,99             | IEK      | ВА47-29 3P   | 10         | Верно          |
| Кухня   | 42,46            | IEK      | ВА47-29 3P   | 50         | Верно          |
| Серверная                                     | 14,10            | IEK      | ВА47-29 3P   | 16         | Верно          |
| ЩАО   | 7,54             | IEK      | ВА47-29 3P   | 10         | Верно          |
| ЩО1   | 25,92            | IEK      | ВА47-29 3P   | 32         | Верно          |
| ЩО2   | 47,12            | IEK      | ВА47-29 3P   | 50         | Верно          |
| Гр. О1  | 4,59             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О2  | 4,17             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О3  | 4,85             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О4  | 5,29             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О5  | 5,03             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О6  | 5,43             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О7  | 2,92             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О8  | 4,24             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О9  | 3,90             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О10                                       | 5,98             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О11                                       | 6,99             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О12                                       | 5,01             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О13                                       | 5,11             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О14                                       | 5,11             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О15                                       | 5,11             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О16                                       | 5,26             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |
| Гр. О17                                       | 2,39             | IEK      | ВА47-29 1P   | 10         | Верно          |

Таким образом, можно сделать вывод, что все кабели питания и автоматы защиты выбраны верно.

### 3.8 Расчет токов короткого замыкания, проверка выбранного электрооборудования на стороне 0,4 кВ

Исходным для расчета является принятый вариант схемы электроснабжения и выбранные к установке кабели. На основании этого составляется эквивалентная схема замещения, куда вносятся только элементы сети, значимо влияющие на величину токов короткого замыкания и наносятся точки КЗ. «Для рассчитываемой сети до 1 кВ индуктивные сопротивления проводов не учитываются». [1, 4]

Полное сопротивление трансформатора питающей ТП рассчитывается по формуле:

$$Z_T = \frac{\Delta U_k}{100} \cdot \frac{U_{2ВН}}{S_H} \quad (30)$$

где  $\Delta U_k$  – потери напряжения КЗ трансформатора ТП, %.

Данные берем из паспорта понизительной подстанции.

$$Z_T = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{0,42}{0,4} = 8,582 \text{ мОм}$$

Далее рассчитаем токи КЗ для линий питания групп освещения О1. На рисунке 10 представлена схема замещения сети для вычисляемых токов КЗ различных участков сети электроосвещения.

Для расчетов токов КЗ на линии питания групп освещения необходимо учесть сопротивление линии от ГРЩ до осветительных приборов а также автоматов защиты установленных на всем участки цепи.

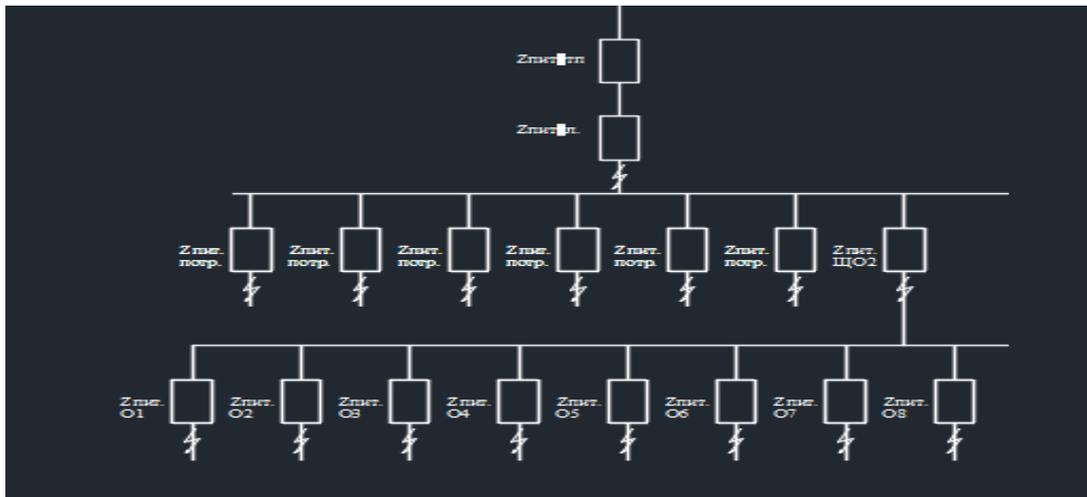


Рисунок 10 – Схема замещения сети для вычисляемых токов КЗ различных участков сети

Параметры КЛ расчётов сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Параметры КЛ для расчетов токов КЗ гр. О1

| Параметры КЛ для расчетов токов КЗ |      |              |       |
|------------------------------------|------|--------------|-------|
| Участок                            | L, м | R0'(0,4), Ом | X0    |
| 1 от ТП до ГРЩ                     | 300  | 0,169        | 0,078 |
| 2 от ГРЩ до ЩО2                    | 75   | 0,184        | 0,073 |
| 3 от ЩО2 до светильника Гр. О1     | 135  | 12,3         | 0,126 |

Далее приведен расчет участка от КТП до ВРУ.

Для начала находим полное сопротивление каждого участка кабельных линий:

$$Z_{\text{каб}} = \sqrt{(x^2 + r^2)} \quad (31)$$

где:  $Z_{\text{каб}}$  – полное сопротивление кабеля, в Ом;

$x$  – индуктивное сопротивление, в Ом;

$r$  – активное сопротивление, в Ом.

Полученные данные заносим в таблицу 11

Таблица 11 – Данные полного сопротивления участков кабельных линий

| Данные полного сопротивления участков кабельных линий |                                     |                  |                       |       |        |
|---|-------------------------------------|------------------|-----------------------|-------|--------|
| 1 от ТП до ГРЩ  | $Z_{\text{каб}} = \sqrt{x^2 + r^2}$ | $Z_{\text{каб}}$ | $\Gamma_{\text{каб}}$ | L км  | МОм/км |
|   | МОм                                 | 55,8395          | 50,7                  | 0,3   | 169    |
|   |                                     |                  | $X_{\text{каб}}$      | L км  | МОм/км |
|   |                                     |                  | 23,4                  | 0,3   | 78     |
| 2 от ГРЩ до ЩО2                                       | $Z_{\text{каб}} = \sqrt{x^2 + r^2}$ | $Z_{\text{каб}}$ | $\Gamma_{\text{каб}}$ | L км  | МОм/км |
|   | МОм                                 | 14,8464          | 13,8                  | 0,075 | 184    |
|   |                                     |                  | $X_{\text{каб}}$      | L км  | МОм/км |
|   |                                     |                  | 5,475                 | 0,075 | 73     |
| 3 от ЩО2 до светильника Гр. О1                        | $Z_{\text{каб}} = \sqrt{x^2 + r^2}$ | $Z_{\text{каб}}$ | $\Gamma_{\text{каб}}$ | L км  | МОм/км |
|   | МОм                                 | 166,0501         | 166,05                | 0,135 | 1230   |
|   |                                     |                  | $X_{\text{каб}}$      | L км  | МОм/км |
|   |                                     |                  | 0,1701                | 0,135 | 1,26   |

Находим полное сопротивление автоматических выключателей. Полученные данные расчетов приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты нахождения полного сопротивления автоматических выключателей

| Результаты нахождения полного сопротивления автоматических выключателей |       |       |                                     |
|---|-------|-------|-------------------------------------|
| ВА  | r     | x     | $Z_{\text{каб}} = \sqrt{x^2 + r^2}$ |
| 630А  | 0,082 | 0,107 | 0,018173                            |
| 50А   | 3,55  | 0,68  | 13,0649                             |
| 25А   | 7,45  | 3,6   | 68,4625                             |
| 10А   | 34,35 | 8,2   | 1247,1625                           |

Расчет токов КЗ участка 1

Для этого складываем все сопротивления до точки КЗ:

$$Z_{\Pi} = Z_a + Z_{\text{тр}} \quad (32)$$

$$Z_{\Pi} = 0,269258 + 0,018173 = 0,287431$$

Затем находим токи КЗ при использовании следующих формул:

$$I(3)_{\text{к. НН}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Pi}} - \text{ток 3-х фазного КЗ (кА)} \quad (33)$$

$$I(2)_{\text{к. НН}} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \cdot I(3)_{\text{к. НН}} - \text{ток 2-х фазного КЗ (кА)} \quad (34)$$

$$I(1)_{\text{к. НН}} = \frac{U_{\phi}}{\left(\frac{Z_{\text{тр}}}{3}\right) + Z_a} - \text{ток 1-а фазного КЗ (кА)} \quad (35)$$

Результаты заносим в таблицу 13

Таблица 13 – Результаты расчетов тока КЗ

| Результаты расчетов тока КЗ   |                          |                          |                 |            |
|---|--------------------------|--------------------------|-----------------|------------|
| $I(3)_{\text{к. НН}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Pi}}$               | $I^{(3)}_{\text{к. НН}}$ | $U_{\text{НОМ В}}$       | $Z_{\Pi}$       | $\sqrt{3}$ |
| А   | 5,22808294               | 0,4                      | 0,044173        | 1,732051   |
| $I(2)_{\text{к. НН}} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \cdot I(3)_{\text{к. НН}}$   | $I^{(2)}_{\text{к. НН}}$ | $I^{(3)}_{\text{к. НН}}$ | 2-ф             | $\sqrt{3}$ |
| А   | 4,52765264               | 5,228083                 | 2               | 1,732051   |
| $I(1)_{\text{к. НН}} = \frac{U_{\phi}}{\left(\frac{Z_{\text{тр}}}{3}\right) + Z_a}$ | $I^{(1)}_{\text{к. НН}}$ | $U_{\phi}$               | $Z_{\text{тр}}$ | $Z_a$      |
| А   | 8,56940598               | 0,23                     | 0,026           | 0,018173   |

Аналогично производим расчет остальных точек КЗ и заносим их в таблицу 14.

Таблица 14 – Результаты расчетов токов КЗ по точкам согласно схеме замещения сети

| Результаты расчетов токов КЗ по точкам согласно схеме замещения сети |             |             |                  |
|--|-------------|-------------|------------------|
| Точка КЗ   | $I^{(3)}$ А | $I^{(2)}$ А | $I^{(1)}_{кз}$ А |
| Точка 1  | 5,2281      | 4,5277      | 8,5694           |
| Точка 2  | 4,1325      | 3,5789      | 4,117            |
| Точка 3  | 3,2643      | 2,8269      | 3,2518           |
| Точка 4  | -           | -           | 0,155            |

Далее проводим проверку автоматических выключателей по токам КЗ [4]

Автоматические выключатели подвергаем проверки по ряду факторов:

- на надежность срабатывания, согласно условию:

$$I_{кз} (min) \geq 3 \cdot I_{т.р.} \quad (36)$$

где  $I_{кз}^{(min)}$  - номинальный ток КЗ, кА;

$I_{т.р.}$  – номинальный ток теплового расцепителя, кА.

- на отключающую способность согласно условию:

$$I_{от} \geq \sqrt{2} \cdot I^{(3)}_{к.з.} \quad (37)$$

где  $I_{от}$  – ток отключения автомата;

$I^{(3)}_{к.з.}$  - трехфазный ток КЗ в установившемся режиме, кА

Проверка автоматов 2КТПН по формуле 36.

ТО есть, условие выполняется.

По формуле 37 Условие выполняется, автоматический выключатель для установки в 2КТПН подходит.

Аналогично проверяем остальные автоматические выключатели и заносим полученные результаты в таблицу 15.

Таблица 15 – Результаты проверки выбора автоматических выключателей

| Результаты проверки выбора автоматических выключателей           |      |      |       |  |     |     |       |  |     |      |       |
|--|------|------|-------|--|-----|-----|-------|--|-----|------|-------|
| 3-х фазн Условия 1 $I_{кз} \geq 3 \cdot I^{(3)}$<br>t,рел        |      |      |       | 2-х фазн Условия 1<br>$I_{кз} \geq 3 \cdot I^{(2)}$ t,рел        |     |     |       | 1-а фазн Условия 1 $I_{кз} \geq 3 \cdot I^{(1)}$<br>t,рел        |     |      |       |
| Точка 1  | 26,1 | 1,89 | Верно | Точка 1  | 4,5 | 1,9 | Верно | Точка 1  | 8,6 | 1,9  | Верно |
| Точка 2  | 4,1  | 1,9  | Верно | Точка 2  | 3,6 | 1,9 | Верно | Точка 2  | 4,1 | 1,9  | Верно |
| Точка 3  | 2,8  | 0,2  | Верно | Точка 3  | 2,4 | 0,2 | Верно | Точка 3  | 2,7 | 0,2  | Верно |
| Не считается   |      |      |       | Не считается   |     |     |       | Точка 4  | 0,2 | 0,03 | Верно |
| 3-х фазн Условия 1<br>$I_{отк} \geq \sqrt{2} \cdot I^{(3)}$ к.з. |      |      |       | 2-х фазн Условия 1<br>$I_{отк} \geq \sqrt{2} \cdot I^{(2)}$ к.з. |     |     |       | 1-а фазн Условия 1<br>$I_{отк} \geq \sqrt{2} \cdot I^{(1)}$ к.з. |     |      |       |
| Точка 1  | 20   | 3,2  | Верно | Точка 1  | 36  | 3,0 | Верно | Точка 1  | 70  | 4,1  | Верно |
| Точка 2  | 20   | 2,9  | Верно | Точка 2  | 36  | 2,7 | Верно | Точка 2  | 70  | 2,9  | Верно |
| Точка 3  | 4,5  | 2,3  | Верно | Точка 3  | 4,5 | 2,2 | Верно | Точка 3  | 4,5 | 2,3  | Верно |
| Не считается   |      |      |       | Не считается   |     |     |       | Точка 4  | 4,5 | 0,6  | Верно |

Таким образом, можно сделать вывод, что все автоматические выключатели подобраны верно.

### 3.9 Выбор кабелей

Минимальное термически стойкое к току КЗ сечение жил кабеля определяется исходя из соотношения:

$$S \geq \frac{I^{(3)}_{кз}}{c} \cdot \sqrt{t} \quad (38)$$

где  $c$  – термический коэффициент материала жил;

$I^{(3)}_{кз}$  – трехфазный ток КЗ в установившемся режиме, А;

$t$  – приведенное время действия тока КЗ, принимается равным 0,03;

$c$  – Медных проводников 141  $Ac^2 / мм^2$ ;

$c$  – Алюминиевых проводников 85  $Ac^2 / мм^2$

Рассмотрим пример проверки кабелей от 2КТП до ВРУ

$$925 \geq \frac{4,1325}{85} \cdot \sqrt{0,03} = 7,2$$

Выражение верно.

Аналогично проверяем термической стойкости других линий и заносим в таблицу 16.

Таблица 16 – Результаты проверки термической стойкости выбранных кабелей.

| Результаты проверки термической стойкости выбранных кабелей |           |     |                                 |            |
|---|-----------|-----|---------------------------------|------------|
| Выражение $S \geq I_{кз}^{(3)}/c \cdot \sqrt{t}$            |           | S   | $I_{кз}^{(3)}/c \cdot \sqrt{t}$ | Заключение |
| АПвзБбШп  | 5×(4×185) | 925 | 8,418115874                     | Верно      |
| ВВГнгLS   | 5×10      | 10  | 5,614730381                     | Верно      |
| ВВГнгLS   | 3×1,5     | 1,5 | 0,313072773                     | Верно      |

Также кабеля проверяются по: «ПУЭ-7 п.1.3.10-1.3.11 допустимые длительные токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией – Допустимые длительные токи для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией, шнуров с резиновой изоляцией и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках приведены в табл. 1.3.4-1.3.11. Они приняты для температур: жил +65, окружающего воздуха +25 и земли +15°С.» [18]

По результатам проверки линии оставляем без изменений.

### 3.10 Расчет трехфазного тока короткого замыкания на стороне 10 кВ

Ток трехфазного КЗ на стороне 10,5 кВ рассчитываем по формуле (36):

$$I(3)_{\text{к. ВН}} = I(3)_{\text{к. НН}} \cdot \left( \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \right) = 73,484 \cdot \left( \frac{0,4}{10,5} \right) = 2,79938844$$

Ток двух фазного КЗ на стороне 10,5 кВ рассчитываем по формуле (36):

$$I(2)_{\text{к. ВН}} = \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot I(3)_{\text{к. ВН}} = 9,697366015$$

Ток однофазного КЗ на стороне 10,5 кВ рассчитываем по формуле (36):

$$I(1)_{\text{к. ВН}} = \left( \frac{2 \cdot I(1)_{\text{к. НН}}}{3} \right) \cdot \left( \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \right) = \left( \frac{2 \cdot 53,2323975}{3} \right) \cdot \left( \frac{0,4}{10,5} \right) = 1,3519$$

«Для защиты людей от удара электрическим током необходимо произвести расчет и выбор заземляющих устройств (ЗУ). Электроснабжение проектируемого объекта осуществляется по типу TN – С системы заземления, объединены и реализовано на подстанции, электроснабжение производится по четырем проводам для трёхфазного напряжения, для однофазного – по двум.» [14]

На объекте реконструкции автосалон «Аксель-Моторс» система (ЗУ) выбрана TN-C-S пяти проводная схема, где во ВРУ объединены PN и PE проводники.

«Расчет защитного заземления подразумевает определение типа и сечения заземляющих проводников, количества вертикальных заземлителей и места размещения» [10].

В соответствии с требованиями ПУЭ [18] расчёт проводится для необходимого сопротивления заземляющего устройства.

«Для расчета заземляющего устройства используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- размеры КТП =4900×4680 мм;
- тип ЗУ – контурное, вдоль корпуса КТП на расстоянии 1 м от стены здания
- климатическая зона – III;
- грунт – Суглинок,  $\rho = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .
- вертикальный заземлитель — стержень заземления, омедненный, с сечением 16 мм и длиной 3000мм, горизонтальный заземлитель — стальная оцинкованная полоса шириной 40 мм и толщиной 4 мм;
- глубина заложения ЗУ в грунт 0,5 м.» [24]

Необходимое по ПУЭ [18] допустимое сопротивление заземляющего устройства составляет 4 Ом.

Определим сопротивление одного вертикального заземлителя по формуле:

$$r_{\text{в}} = 0,3 \cdot K_{\text{сез.в.}} \cdot \rho \quad (39)$$

$$r_{\text{в}} = 0,3 \cdot 1,5 \cdot 60 = 27 \text{ Ом}$$

где  $r_{\text{в}}$  - сопротивление вертикального заземлителя;

$K_{\text{сез.в.}}$  – коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта;

$\rho$  – удельное сопротивление грунта;

Далее определяем необходимое количество вертикальных электродов без учета экранирования по формуле:

$$N_{\text{в}}(1) = \frac{r_{\text{в}}}{R_{\text{д}}} \quad (40)$$

где  $N_B$  - число вертикальных заземлителей без учета экранирования, шт.

$$N_B^{(1)} = 27/4 = 6,75 \text{ шт. (округляем до 7 шт.)};$$

$R_d$  - допустимое сопротивление заземляющего устройства, Ом;

Находим длину горизонтального заземлителя  $L_\Gamma$ :

$$L_\Gamma = (A + 2) \cdot 2 + (B + 2) \cdot 2 \quad (41)$$

$$L_\Gamma = (4,9 + 2) \cdot 2 + (4,68 + 2) \cdot 2 = 27,16$$

Определяем необходимое количество вертикальных заземлителей с учетом экранирования и соотношением расстояния между вертикальными заземлителями к их длине равным единице ( $a/L = 1$ ) по формуле:

$$N_B = \frac{N_B 1}{\eta_B} \quad (42)$$

где  $N_B$  - число вертикальных заземлителей с учетом экранирования, шт;

$\eta_B$  - коэффициент использования вертикального заземлителя.

Коэффициент использования вертикального заземлителя определяемый по таблице 17 с учетом того, что длина вертикального заземлителя 3 м, а расстояние между заземлителями 3880 мм. (то есть, отношение расстояния равное 1,29 берем за 1)

Таблица 17 – Определение коэффициента использования вертикального заземлителя [9]

| Определение коэффициента использования вертикального заземлителя |  |      |      |            |      |      |
|--|--|------|------|------------|------|------|
| Число стержней   | Способ заложения заземлителей                        |      |      |            |      |      |
|  | в ряд  |      |      | по контуру |      |      |
|  | Отношение расстояний между заземлителями к их длине. |      |      |            |      |      |
|  | 1  | 2    | 3    | 1          | 2    | 3    |
| 2  | 0,85   | 0,91 | 0,94 | -          | -    | -    |
| 4  | 0,73   | 0,83 | 0,89 | 0,69       | 0,78 | 0,8  |
| 6  | 0,65   | 0,77 | 0,85 | 0,61       | 0,73 | 0,8  |
| 10   | 0,59   | 0,74 | 0,81 | 0,55       | 0,68 | 0,76 |
| 20   | 0,48   | 0,67 | 0,76 | 0,47       | 0,63 | 0,71 |

$$N_B = \frac{7}{0,61} = 11,47 \approx 12$$

Для нахождения уточненных значений сопротивления ЗУ по таблице 18 определяем коэффициент использования вертикального заземлителя  $\eta_B=0,55$  и коэффициент использования горизонтального заземлителя  $\eta_G=0,55$  и рассчитаем по формулам:

$$R_B = \frac{r_B}{N_B} \cdot \eta_B \quad (43)$$

$$R_G = \left( \frac{0,4}{L_{\Pi} \cdot \eta_B} \right) \cdot \rho \cdot \text{Log} \cdot \left( \frac{2 \cdot L_{\Pi}^2}{b \cdot t} \right) \quad (44)$$

где  $R_B$  – сопротивление вертикальных заземлителей, Ом;

$r_B$  – сопротивление вертикального заземлителя с учётом коэффициента использования, Ом;

$N_B$  – число вертикальных заземлителей с учетом экранирования, шт;

$\eta_B$  – коэффициент использования вертикального заземлителя;

$R_G$  – сопротивление горизонтального заземлителя, Ом;

$L_{\Pi}$  – длина полосы, м;

$b$  – ширина полосы, м;

$t$  – глубина заложения заземляющего устройства, м

$$R_B = \frac{27}{12 \cdot 0,55} = 4,09$$

$$R_\Gamma = \left( \frac{0,4}{27,16 \cdot 0,4} \right) \cdot 60 \cdot \text{Log} \left( \frac{2 \cdot 27,162}{0,004 \cdot 0,5} \right) = 2,25$$

Коэффициент использования стержневого заземлителя определяется по таблице определения коэффициента использования стержневого заземлителя заимствованной из «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003» [9] коэффициент определяем по таблице 19.

Таблица 18 – Определение «коэффициента использования стержневого заземлителя» [9]

| Определение коэффициента использования стержневого заземлителя      |                               |      |      |      |      |      |      |      |
|---|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Отношение расстояния между стержневыми заземлителями к их длине, а/ | Число стержневых заземлителей |      |      |      |      |      |      |      |
|   | 2                             | 4    | 6    | 10   | 20   | 40   | 60   | 100  |
| Стержневые заземлители расположены в ряд                            |                               |      |      |      |      |      |      |      |
| 1   | 0,85                          | 0,77 | 0,72 | 0,62 | 0,42 | -    | -    | -    |
| 2   | 0,94                          | 0,89 | 0,84 | 0,75 | 0,56 | -    | -    | -    |
| 3   | 0,96                          | 0,92 | 0,88 | 0,82 | 0,68 | -    | -    | -    |
| Стержневые заземлители расположены по контуру                       |                               |      |      |      |      |      |      |      |
| 1   | -                             | 0,45 | 0,4  | 0,34 | 0,27 | 0,22 | 0,2  | 0,19 |
| 2   | -                             | 0,55 | 0,48 | 0,4  | 0,32 | 0,29 | 0,27 | 0,23 |
| 3   | -                             | 0,7  | 0,64 | 0,56 | 0,45 | 0,39 | 0,36 | 0,33 |

Фактическое значение сопротивления заземляющего контура определяем по формуле:

$$R_{\text{зу. } \phi} = \frac{R_\Gamma \cdot R_B}{R_\Gamma + R_B} \quad (45)$$

$$R_{\text{зу. } \phi} = \frac{4,09 \cdot 2,25}{4,09 + 2,25} = 1,45 \text{ Ом}$$

Проверяем достаточность нашего заземления.

$$R_{з\text{у.}\phi} \leq R_{д} 1,45 \leq 4$$

Выражение верное. Заземление эффективно.

### **3.11 Молниезащита**

«Молниезащита здания предназначена для обеспечения безопасности людей, защиты сооружений и зданий, а также оборудования от грозовых ударов и позволяет снизить последствия прямого удара молнии в защищаемый объект.

При прямом ударе молнии происходит непосредственный контакт молнии с конструкциями здания, через которые протекает ток молнии. В результате чего проявляется электрическое, тепловое и динамическое действие тока, а также происходит наведение потенциалов на металлических элементах оборудования и конструкциях здания. Объекты, подлежащие защите от атмосферного электричества, подразделяются на обычные и специальные. Объект исследования является обычным.» [13]

Согласно «Приказа Минэнерго России от 30.06.2003 № 280 ИНСТРУКЦИЯ ПО УСТРОЙСТВУ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ПРОМЫШЛЕННЫХ КОММУНИКАЦИЙ СО 153-34.21.122-2003 таблица 2.1» [16] уровень защиты проектируемого объекта от прямых ударов молнии – I, при этом надёжность защиты от прямых ударов молнии примем – 0,98. Молниезащита здания выполнена по I классу защиты молниеприемной сеткой. Молниеприемная сетка выполнена из круглой горячеоцинкованной стальной проволоки Ø 8 мм, уложенной сверху на кровлю на пластиковые держатели. Шаг ячеек сетки - 5×5 м, узлы сетки соединены сваркой или болтовым соединением при помощи жимов ДКС. Все металлические элементы, выступающие над крышей, присоединяются к

молниеприемной сетке и оборудованы дополнительными молниеприемниками. Токоотводы от молниеприемной сетки проложены к заземлителю. Прокладываемые по наружным стенам здания токоотводы, располагаются как можно дальше от входов. Горизонтальный заземлитель выполнен из стальной оцинкованной полосы шириной 40 мм и толщиной 4 мм, прокладывается в траншее на глубине 0,5 м. Контуры заземления являются общими для молниезащиты, электроустановки здания и системы уравнивания потенциалов. Сопротивление наружного контура заземления не должно превышать 4 Ом. (данное условие выполняется).

В результате выполнения данного раздела определено число, сечение и общее сопротивление устройств заземления, определены параметры молниезащиты здания.

Вывод по разделу.

Определены расчетные нагрузки автосалона. Выбраны и проверены по допустимой загрузке силовые трансформаторы 2КТПН. Составлены планы прокладки кабелей освещения; рассчитаны питающие линии до 2КТПН и автосалона, выбраны кабели, проведена проверка линий по допустимым потерям напряжения. Проведены расчет токов КЗ, проверка выбранного электрооборудования по допустимым параметрам. Подобраны защитные аппараты, выбрано и рассчитана система заземления, выбрана система молниезащиты.

## 4 Охрана труда

Важным моментом в организации электромонтажных работ и эксплуатации является подготовка и обеспечение безопасных условий труда. «Все подготовительные мероприятия должны быть закончены до начала производства работ и приняты по акту о выполнении требований охраны труда». [11, 17]

Но основным документом, регламентирующим работы в электроустановках, является: «Приказ Минтруда России от 15.12.2020 N 903н (ред. от 29.04.2022) «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 N 61957)» и «Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. N 903н»

Обеспечение охраны труда при проведении электромонтажных работ осуществляется организационными и техническими мероприятиями. Чаще всего за организацию и обеспечение охраны труда отвечает специальная служба охраны труда (СОТ), являющаяся самостоятельным структурным подразделением предприятия. Персонал СОТ включает штат специалистов по охране труда во главе с руководителем службы. Для обеспечения безопасности технологического процесса в первую очередь необходимо проводить инструктажи и проверки по работе с оборудованием и использованию средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Эксплуатация электроустановки (ЭУ) должна осуществляться согласно раздела 1 ПТЭЭП [11]. Перед началом эксплуатации все электроустановки объекта должны быть подвергнуты приемо-сдаточным испытаниям. Ввод в эксплуатацию осуществить только после приемки их приемочными комиссиями согласно действующим положениям, получения акта допуска электроустановки в эксплуатацию, выданного органами Государственного энергетического надзора и выдачи разрешения на её подключение, выданного энергоснабжающей организацией.

Электроустановка вводится в эксплуатацию при наличии всей необходимой эксплуатационно-технической документации. На элементах ЭУ должны быть нанесены соответствующие маркировки и надписи (знаки безопасности, назначение групп на щитах, маркировка, указатели исходного положения приводов коммутационных аппаратов и т.д.).

Эксплуатация электроустановок объекта должна осуществляться в соответствии с требованиями ПТЭЭП [11] и требованиями предприятий-изготовителей ЭУ.

Владелец ЭУ должен обеспечить:

- содержание электроустановок в работоспособном состоянии и их эксплуатацию в соответствии с требованиями ПТЭЭП, ПОТ РМ и другой НТД.
- своевременное и качественное проведение технического обслуживания и ремонта электрооборудования.
- надежность работы электроустановок и безопасность их обслуживания.
- выполнение предписаний органов Государственного энергетического надзора.

## Заключение

В представленной выпускной квалификационной работе рассмотрена тема реконструкции системы электроосвещения выставочного зала автосалона Аксель-Моторс.

Необходимость проведения реконструкции системы освещения считаю полностью оправданной.

В ходе рассмотрения составлено подробное ТЗ с учетом требований СП 52.13330.2016 ; СанПин 3678; а также требований заказчика. Произведены расчеты искусственного освещения всех помещений. Произведен расчет освещения выставочного зала в программном обеспечении «Dialux EVO». По результатам расчетов произведена реконструкция что подтвердило правильность проведенных расчетов. Произведены расчеты нагрузок здания с учетом специфики оборудования и назначения помещений. Подобраны конденсаторные установки во ВРУ для выполнения требований ПТЭЭП Раздела 2 Главы 2.9.

Выбор марки и сечения проводов 10 кВ и 0,4 кВ, а также кабельной продукции внутри самого здания. Разобраны примеры расчета токов КЗ результаты. Выбраны аппараты защиты и проведена их проверка.

Подобрана трансформаторная подстанция, проверена на перегрузки. Трансформаторная подстанция выбрана типовая для простоты работы.

Рассчитан контур заземления и выбрано одно из типовых решения молинязащиты. Удовлетворяющее требования ПЭУ.

Рассмотрены вопросы по электробезопасности предприятия.

Таким образом, задачи, поставленные в данной выпускной квалификационной работе, выполнены. Работу можно считать законченной. Тема выпускной квалификационной работы раскрыта.

## Список используемых источников

1. Абрамова Е.Я. Курсовое проектирование по электроснабжению промышленных предприятий (Абрамова, Е. Я. Курсовое проектирование по электроснабжению промышленных предприятий : учебное пособие / Е. Я. Абрамова. — 2-е изд. перераб. и доп. — Оренбург : ОГУ, 2017. — ISBN 978-5-7410-1847-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110620> (дата обращения: 16.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Бовтрикова Е. В. Электроснабжение потребителей (Бовтрикова, Е. В. Электроснабжение потребителей : учебно-методическое пособие / Е. В. Бовтрикова. — Москва : РосНОУ, 2020. — ISBN 978-5-89789-166-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162127> (дата обращения: 25.09.2023).
3. Бондаренко С. И. Электроснабжение городов (Бондаренко, С. И. Электроснабжение городов : учебное пособие / С. И. Бондаренко. — Иркутск : ИРНТУ, 2020. — 138 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/325046> (дата обращения: 12.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Васюра Ю. Ф. Методы расчетов токов коротких замыканий в электроэнергетических системах и сетях различного назначения. Часть 1. учебное пособие / Ю. Ф. Васюра. — Киров : ВятГУ, 2014 — Часть 1 : Симметричное короткое замыкание — 2014. — 212 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/174073> (дата обращения: 18.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Васюра Ю. Ф. Методы расчетов токов коротких замыканий в электроэнергетических системах и сетях различного назначения. Часть 2. Несимметричные короткие замыкания (Васюра, Ю. Ф. Методы расчетов токов коротких замыканий в электроэнергетических системах и сетях различного

назначения : учебное пособие / Ю. Ф. Васюра. — Киров : ВятГУ, 2014 — Часть 2 : Несимметричные короткие замыкания — 2014. — 146 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/174074> (дата обращения: 20.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Грачева, Е. И. Компенсация реактивной мощности : учебное пособие / Е. И. Грачева. — Москва : НИУ МЭИ, 2018. — 160 с. — ISBN 978-5-7046-1944-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/276869> (дата обращения: 16.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Дудин, А. В. Проектирование электрических подстанций : учебное пособие / А. В. Дудин, К. А. Душутин, В. А. Агеев. — Саранск : МГУ им. Н.П. Огарева, 2021. — 56 с. — ISBN 978-5-7103-4248-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311594> (дата обращения: 16.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Инженерное обустройство, инженерные сети и энергообеспечение территорий. Курс лекций (Инженерное обустройство, инженерные сети и энергообеспечение территорий. Курс лекций : учебное пособие / составители О. Г. Долговых, А. С. Корепанов. — Ижевск : УдГАУ, 2020. — 144 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/178017> (дата обращения: 14.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003 составители: д.т.н. Э.М.Базелян - ЭНИН им. Г.М.Кржижановского, В.И.Поливанов, В.В.Шатров, А.В.Цапенко URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения: 16.10.2023)

10. Литвинов В. И. , Кружкова И. Н.Безопасность жизнедеятельности на производстве (Литвинов, В. И. Безопасность жизнедеятельности на

производстве : учебное пособие / В. И. Литвинов, И. Н. Кружкова. — Вологда : ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 2016. — ISBN 978-5-98076-220-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130749> (дата обращения: 16.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 195.). (21)

11. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок Дата введения 2001-07-01 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007226> (дата обращения: 16.10.2023)

12. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учеб. пособие / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. – 4-е изд., доп. – Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2020. – URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=361762> (дата обращения: 16.09.2023). – ISBN 978-5-9729-0404-4.

13. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение сельского хозяйства. Дипломное проектирование (Никитенко, Г. В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение сельского хозяйства. Дипломное проектирование : учебное пособие / Г. В. Никитенко, Е. В. Коноплев. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-3077-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213101> (дата обращения: 22.08.2023)

14. Официальный сайт разработчиков программного обеспечения Dialux EVO [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.dialux.com/en-GB/> (дата обращения: 28.08.2023)

15. Пожарная безопасность электроустановок : учебное пособие / А. Н. Минкин, Д. А. Едимичев, И. Н. Пожаркова [и др.]. — 2-е изд., испр. и доп. — Железногорск : СПСА, 2023. — 230 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/331436> (дата обращения: 1.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. (12)

16. Правила по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте от 11 декабря 2020 года N 883н URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191722?marker=6540IN> (дата обращения: 16.10.2023)

17. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии от 12 августа 2022 года N 811 URL: <https://docs.cntd.ru/document/351621634> (дата обращения: 16.10.2023)

18. Правила устройства электроустановки (ПУЭ-7) URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_98464/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98464/) (дата обращения: 22.08.2023)

19. Реконструкция и техническое перевооружение распределительных электрических сетей : учебное пособие для вузов / В. Я. Хорольский, А. В. Ефанов, В. Н. Шемякин, А. М. Исупова. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 296 с. — ISBN 978-5-8114-7743-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176852> (дата обращения: 15.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

20. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*(утв. Приказом Минстроя России от 07.11.2016 N 777/пр) (ред. от 28.12.2021)

21. Справочная книга по светотехнике: Учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования уровня бакалавриат и магистратура по направлению подготовки «Электроника и нанoeлектроника». Справочная книга по светотехнике. Издательство. Светотехника. ISBN. 978-5-6043163-0-6. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/144146> (дата обращения: 10.09.2023).

22. Фролов Ю. М., Шемякин В. П. Основы электроснабжения (Фролов, Ю. М. Основы электроснабжения : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шемякин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-1385-0. —

Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211061> (дата обращения: 7.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

23. Фурсанов М. И., Золотой А. А., Макаревич В. В. Расчеты технологического расхода (потерь) электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях энергосистем (Фурсанов, М. И. Расчеты технологического расхода (потерь) электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях энергосистем : учебно-методическое пособие / М. И. Фурсанов, А. А. Золотой, В. В. Макаревич. — Минск : БНТУ, 2018. — ISBN 978-985-550-728-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/248477> (дата обращения: 16.09.2023).

24. Черненко Ю.В. Проектирование электрической части понизительной подстанции. Выполнение курсового проекта (Черненко, Ю. В. Проектирование электрической части понизительной подстанции. Выполнение курсового проекта : учебно-методическое пособие / Ю. В. Черненко. — Тольятти : ТГУ, 2020. — ISBN 978-5-8259-1503-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157025> (дата обращения: 13.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

25. Юндин М.А. Токовая защита электроустановок (Юндин, М. А. Токовая защита электроустановок : учебное пособие / М. А. Юндин. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-1158-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210668> (дата обращения: 15.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение А

**Требование к освещенности помещений**

Таблица А.1 – Требование к освещенности помещений

| Требование к освещенности помещений |                        |   |                                      |                                       |                     |                                 |   |   |  |   |                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------------|---|---|--|---|-------------------------------------|------------------------|
| № пом.                              | Наименование помещения | Плоскость (Г - горизонтальная, В - вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости над полом, м | Разряд и подразряд зрительной работы | Искусственное освещение               |                     |                                 |   |   |  | Категоричность помещения по пожарной безопасности | Опасный или не благоприятный фактор | Примечание             |
|                                     |                        |   |                                      | Освещенность рабочих поверхностей, Лк |                     | Цилиндрическая освещенность, лк | Объединенный показатель дискомфорта UGR, не более | Коэффициент пульсации освещенности, %, не более | Индекс цветопередачи источников света Ra |   |                                     |                        |
|                                     |                        |   |                                      | При комбинированном освещении         | При общем освещении |                                 |   |   |  |   |                                     |                        |
| 1                                   | 2                      | 3   | 4                                    | 5                                     | 6                   | 7                               | 8   | 9   | 10                                       | 11  | 12                                  | 13                     |
| 1                                   | Шоу-Рум                | -   | -                                    | -                                     | -                   | -                               | -   | -   | -  | -   | -                                   | Требования согласно ТЗ |
| 2                                   | Зона выдачи автомобиля | -   | -                                    | -                                     | -                   | -                               | -   | -   | -  | -   | -                                   | Требования согласно ТЗ |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1  | 2                       | 3                       | 4         | 5       | 6   | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12           | 13                     |
|----|-------------------------|-------------------------|-----------|---------|-----|----|----|----|----|----|--------------|------------------------|
| 3  | Щитовая                 | Г-0,8; В-1,5 - на щитах | VII<br>Iб | -       | 75  | 28 | -  | -  | -  | -  | -            | -                      |
| 4  | Подсобное помещение     | Г-0,0                   | Ж-1       | -       | 75  | -  | -  | -  | 80 | -  | -            | -                      |
| 5  | Склад                   | Г-0,0 на полу           | VII<br>Iб | -       | 75  | -  | -  | -  | -  | -  | Запыленность | -                      |
| 6  | Офис                    | Г-0,8                   | Б-1       | 400/200 | 300 | -  | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -                      |
| 7  | Склад                   | Г-0,0 на полу           | VII<br>Iб | -       | 75  | -  | -  | -  | -  | -  | Запыленность | -                      |
| 8  | Коридор                 | -                       | -         | -       | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -            | Требования согласно ТЗ |
| 9  | Коридор                 | -                       | -         | -       | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -            | Требования согласно ТЗ |
| 10 | Зона приемки автомобиля | -                       | -         | -       | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -            | Требования согласно ТЗ |
| 11 | Зона шиномонтажа        | Г-0,8                   | Va        | -       | 300 | -  | -  | 25 | 20 | -  | -            | -                      |
| 12 | Коридор                 | Г-0,8                   | Ж         | -       | 100 | -  | -  | -  | -  | -  | -            | -                      |
| 13 | Мойка                   | Г-0,0 - на полу         | VI        | -       | 200 | -  | -  | 25 | 20 | -  | Сырое        | -                      |
| 14 | Зона въезда             | Г-0,8                   | Ж         | -       | 100 | -  | -  | -  | -  | -  | -            | -                      |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1  | 2                         | 3  | 4         | 5       | 6   | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12                                    | 13                     |
|----|---------------------------|--|-----------|---------|-----|----|----|----|----|----|---------------------------------------|------------------------|
| 15 | Маслораздача              | Г-0,0 - на полу                                  | VII<br>Iв | -       | 75  | -  | -  | -  | -  | -  | Помещения с химически активной средой | -                      |
| 16 | Инвентарная               | Г-0,8  | Ж-<br>2   | -       | 50  | -  | -  | -  | -  | -  | -                                     | -                      |
| 17 | ВРУ                       | Г-0,8; В-1,5 - на щитах                          | VII<br>Iб | -       | 75  | 28 | -  | -  | -  | -  | -                                     | -                      |
| 18 | Инфо. центр               | Г-0,8  | Б-1       | 400/200 | 300 | -  | 21 | 15 | 80 | -  | -                                     | -                      |
| 19 | Инструментальный склад    | Г-0,0 на полу                                    | VII<br>Iб | -       | 75  | -  | -  | -  | -  | -  | -                                     | -                      |
| 20 | Слесарно-механический цех | -  | -         | -       | -   | -  | -  | -  | -  | -  | Запыленность                          | Требования согласно ТЗ |
| 21 | Компрессорная             | Г-0,8<br>В - на шкалах приборов, щите управления | Iвг       | -       | 200 | -  | -  | 20 | -  | -  | Запыленность                          | -                      |
| 22 | Склад ЛКЦ                 | Г-0,0 на полу                                    | VII<br>Iб | -       | 75  | -  | -  | -  | -  | -  | Запыленность                          | -                      |
| 23 | ЛКЦ                       | Г-0,8  | Б-1       | 400/200 | 300 | -  | 21 | 15 | 80 | -  | -                                     | -                      |
| 24 | Кузовной цех              | -  | -         | -       | -   | -  | -  | -  | -  | -  | Запыленность                          | Требования согласно ТЗ |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1  | 2                       | 3             | 4         | 5 | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12                                    | 13                     |
|----|-------------------------|---------------|-----------|---|-----|---|----|----|----|----|---------------------------------------|------------------------|
| 25 | Малярный цех            | -             | -         | - | -   | - | -  | -  | -  | -  | Запыленность                          | Требования согласно ТЗ |
| 26 | Склад топлива           | Г-0,8         | VI        | - | 200 | - | 25 | 20 | -  | -  | Помещения с химически активной средой | -                      |
| 27 | Помещение охраны        | Г-0,8         | Б-1       | - | 300 | - | 24 | 20 | 80 | -  | -                                     | -                      |
| 28 | Коридор                 | Г-0,8         | Ж         | - | 100 | - | -  | -  | -  | -  | -                                     | -                      |
| 29 | Подсобное помещение     | Г-0,0         | Ж-1       | - | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | -                                     | -                      |
| 30 | Подсобное помещение ОПА | Г-0,0         | Ж-1       | - | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | -                                     | -                      |
| 31 | ОПА с пробегом          | -             | -         | - | -   | - | -  | -  | -  | -  | -                                     | Требования согласно ТЗ |
| 32 | Гарантийный склад       | Г-0,0 на полу | VII<br>Iб | - | 75  | - | -  | -  | -  | -  | Запыленность                          | -                      |
| 33 | Руководитель ОПА        | -             | -         | - | -   | - | -  | -  | -  | -  | -                                     | Требования согласно ТЗ |
| 34 | Подсобное помещение     | Г-0,0         | Ж-1       | - | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | -                                     | -                      |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1  | 2                    | 3                         | 4   | 5 | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12           | 13                     |
|----|----------------------|---------------------------|-----|---|-----|---|----|----|----|----|--------------|------------------------|
| 35 | Корпоративный отдел  | -                         | -   | - | -   | - | -  | -  | -  | -  | -            | Требования согласно ТЗ |
| 36 | Кухня (доготовочная) | Г-0,8                     | Б-2 | - | 200 | - | 24 | 20 | 80 | -  | -            | -                      |
| 37 | ИТП                  | Г-0,8                     | VI  | - | 200 | - | 25 | 20 | -  | -  | Влажное      | -                      |
| 38 | С/У                  | Г-0,0                     | Ж-1 | - | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | Влажное      | -                      |
| 39 | С/У                  | Г-0,0                     | Ж-1 | - | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | Влажное      | -                      |
| 40 | С/У                  | -                         | -   | - | -   | - | -  | -  | -  | -  | Влажное      | Требования согласно ТЗ |
| 41 | С/У                  | -                         | -   | - | -   | - | -  | -  | -  | -  | Влажное      | Требования согласно ТЗ |
| 42 | Коридор              | -                         | -   | - | -   | - | -  | -  | -  | -  | -            | Требования согласно ТЗ |
| 43 | Коридор              | -                         | -   | - | -   | - | -  | -  | -  | -  | -            | Требования согласно ТЗ |
| 44 | Касса                | Г-0,8 - на рабочих столах | Б-1 | - | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -                      |
| 45 | Серверная            | Г-0,8                     | А-2 | - | 400 | - | 21 | 10 | 80 | -  | Запыленность | -                      |
| 46 | Коридор              | Г-0,8                     | Ж   | - | 100 | - | -  | -  | -  | -  | -            | -                      |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1          | 2                              | 3  | 4         | 5       | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12           | 13 |
|------------|--------------------------------|--|-----------|---------|-----|---|----|----|----|----|--------------|----|
| 200        | Служебный вход                 | Г-0,0 -<br>пол, площадки,<br>ступени           | З-2       | -       | 20  | - | -  | -  | 80 | -  | -            | -  |
| 201        | Кабинет логистики              | Г-0,8  | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 202        | Кабинет<br>руководителя СТО    | Г-0,8  | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 203        | Кабинет<br>руководителя ОЗЧ    | Г-0,8  | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 204        | Кабинет бухгалтерии<br>Моторс  | Г-0,8  | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 204<br>/ 1 | Кабинет главного<br>бухгалтера | Г-0,8  | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 205        | Кабинет техника                | Г-0,8 - на<br>верстаках и<br>рабочих<br>столах | III<br>в  | 750/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 206        | Склад шин №1                   | Г-0,0 на полу                                  | VII<br>Iб | -       | 75  | - | -  | -  | -  | -  | Запыленность | -  |
| 207        | Склад шин №2                   | Г-0,0 на полу                                  | VII<br>Iб | -       | 75  | - | -  | -  | -  | -  | Запыленность | -  |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1       | 2                         | 3                                  | 4         | 5       | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12           | 13 |
|---------|---------------------------|------------------------------------|-----------|---------|-----|---|----|----|----|----|--------------|----|
| 208     | Курилка                   | Г-0,0                              | Ж-1       | -       | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | -            | -  |
| 209     | Раздевалка М              | Г-0,0                              | Ж-1       | -       | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | -            | -  |
| 209 / 1 | Душевая М                 | Г-0,0                              | Ж-1       | -       | 100 | - | -  | -  | 80 | -  | Сырое        | -  |
| 210     | Лифт                      | Г-0,0 - на полу                    | Ж-1       | -       | 100 | - | -  | -  | 80 | -  | -            | -  |
| 211     | Архив                     | В-1,0 - на стеллажах               | В-2       | -       | 100 | - | -  | -  | 80 | -  | Запыленность | -  |
| 212     | Склад шин №3              | Г-0,0 на полу                      | VII<br>Iб | -       | 75  | - | -  | -  | -  | -  | Запыленность | -  |
| 213     | IT отдел                  | Г-0,8                              | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 213 / 1 | Кабинет руководителя IT   | Г-0,8                              | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 213 / 2 | Кабинет                   | Г-0,8                              | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 214     | Учебный класс колл-центра | Г-0,8 - на рабочих столах и партах | А-2       | -       | 400 | - | 21 | 10 | 80 | -  | -            | -  |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1       | 2   | 3                                  | 4   | 5       | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---------|---|------------------------------------|-----|---------|-----|---|----|----|----|----|----|----|
| 215     | Учебный класс менеджеров                          | Г-0,8 - на рабочих столах и партах | А-2 | -       | 400 | - | 21 | 10 | 80 | -  | -  | -  |
|         |   |                                    |     |         |     | - |    |    |    | -  | -  | -  |
| 216     | Учебный класс отдела персонала                    | Г-0,8 - на рабочих столах и партах | А-2 | -       | 400 | - | 21 | 10 | 80 | -  | -  | -  |
| 217     | Аксель-Брокер                                     | Г-0,8                              | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 217 / 1 | Кабинет руководителя Аксель-Брокер                | Г-0,8                              | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 218     | Кабинет контроля качества                         | Г-0,8                              | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 219     | Кабинет «MOLTU»                                   | Г-0,8                              | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 220     | Кабинет руководителя инф. безопасности ООО «Лайн» | Г-0,8                              | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 221     | Кабинет директора службы безопасности             | Г-0,8                              | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1       | 2  | 3     | 4   | 5       | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---------|--|-------|-----|---------|-----|---|----|----|----|----|----|----|
| 222     | Кабинет службы безопасности                  | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 223     | Кабинет АО «ДЕЛ-КОМ»                         | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 224     | Кабинет транспортного отдела                 | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 225     | Кабинет главного бухгалтера                  | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 226     | Кабинет отдела обучения и развития персонала | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 227     | Кабинет отдела персонала                     | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 228     | Юридический отдел                            | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 228 / 1 | Юристы                                       | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 228 / 2 | Кабинет руководителя юридического отдела     | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 228 / 3 | Юристы                                       | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1   | 2   | 3     | 4   | 5       | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|-----|---|-------|-----|---------|-----|---|----|----|----|----|----|----|
| 229 | Кабинет администратора директора                  | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 230 | Кабинет Директора по развитию                     | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 231 | Кабинет Исполнительного Директора                 | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 232 | Кабинет Директора по послепродажному обслуживанию | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 233 | Колл-центр  | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 234 | Кабинет Генерального Директора                    | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 235 | Холл  | Г-0,8 | Ж   | -       | 100 | - | -  | -  | -  | -  | -  | -  |
| 236 | Секретариат                                       | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |
| 237 | Кабинет финансового менеджера                     | Г-0,8 | Б-1 | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -  | -  |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1   | 2                           | 3                                  | 4         | 5       | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12           | 13 |
|-----|-----------------------------|------------------------------------|-----------|---------|-----|---|----|----|----|----|--------------|----|
| 238 | Касса                       | Г-0,8 - на рабочих столах          | Б-1       | -       | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 239 | Кабинет главного бухгалтера | Г-0,8                              | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |
| 240 | Учебный класс               | Г-0,8 - на рабочих столах и партах | А-2       | -       | 400 | - | 21 | 10 | 80 | -  | -            | -  |
| 241 | Коридор                     | Г-0,8                              | Ж         | -       | 100 | - | -  | -  | -  | -  | -            | -  |
| 242 | Склад                       | Г-0,0 на полу                      | VII<br>I6 | -       | 75  | - | -  | -  | -  | -  | Запыленность | -  |
| 243 | С/У                         | Г-0,0                              | Ж-1       | -       | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | Влажное      | -  |
| 244 | С/У                         | Г-0,0                              | Ж-1       | -       | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | Влажное      | -  |
| 245 | Раздевалка Ж                | Г-0,0                              | Ж-1       | -       | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | -            | -  |
| 246 | Архив Брокер                | В-1,0 - на стеллажах               | В-2       | -       | 100 | - | -  | -  | 80 | -  | Запыленность | -  |
| 247 | Склад                       | Г-0,0 на полу                      | VII<br>I6 | -       | 75  | - | -  | -  | -  | -  | Запыленность | -  |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1   | 2                        | 3                                       | 4         | 5       | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12           | 13 |
|-----|--------------------------|---|-----------|---------|-----|---|----|----|----|----|--------------|----|
| 248 | Склад                    | Г-0,0 на полу                           | VII<br>Iб | -       | 75  | - | -  | -  | -  | -  | Запыленность | -  |
| 249 | Клининг                  | Г-0,8                                   | Б-1       | -       | 300 | - | 24 | 20 | 80 | -  | -            | -  |
| 250 | Кухня                    | Г-0,8                                   | Б-1       | -       | 300 | - | 21 | 18 | 85 | -  | -            | -  |
| 251 | Лестница                 | Г-0,0 -<br>пол,<br>площадки,<br>ступени | З-2       | -       | 20  | - | -  | -  | 80 | -  | -            | -  |
| 252 | Столовая                 | Г-0,0 - на<br>полу                      | А-<br>2   | -       | 400 | - | 14 | 10 | 80 | -  | -            | -  |
| 253 | Архив Моторс             | В-1,0 - на<br>стеллажах                 | В-<br>2   | -       | 100 | - | -  | -  | 80 | -  | Запыленность | -  |
| 254 | Архив                    | В-1,0 - на<br>стеллажах                 | В-<br>2   | -       | 100 | - | -  | -  | 80 | -  | Запыленность | -  |
| 255 | Склад шин №4             | Г-0,0 на полу                           | VII<br>Iб | -       | 75  | - | -  | -  | -  | -  | Запыленность | -  |
| 256 | Коридор                  | Г-0,8                                   | Ж         | -       | 100 | - | -  | -  | -  | -  | -            | -  |
| 257 | Раздевалка<br>менеджеров | Г-0,0                                   | Ж-<br>1   | -       | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | -            | -  |
| 258 | Столовая                 | Г-0,0 - на<br>полу                      | А-<br>2   | -       | 400 | - | 14 | 10 | 80 | -  | -            | -  |
| 259 | Массажная                | Г-0,8                                   | Б-2       | -       | 200 | - | 24 | 20 | 80 | -  | -            | -  |
| 260 | Аудит                    | Г-0,8                                   | Б-1       | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -            | -  |

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

| 1   | 2  | 3     | 4       | 5       | 6   | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12      | 13 |
|-----|--|-------|---------|---------|-----|---|----|----|----|----|---------|----|
| 261 | Кабинет<br>Председателя совета<br>директоров | Г-0,8 | Б-1     | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -       | -  |
| 262 | Реклама                                      | Г-0,8 | Б-1     | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -       | -  |
| 263 | Кабинет Главного<br>Инженера                 | Г-0,8 | Б-1     | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -       | -  |
| 264 | Кабинет Советника                            | Г-0,8 | Б-1     | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -       | -  |
| 265 | Переговорная                                 | Г-0,8 | Б-1     | 400/200 | 300 | - | 21 | 15 | 80 | -  | -       | -  |
| 266 | IT серверная                                 | Г-0,8 | А-<br>2 | -       | 400 | - | 21 | 10 | 80 | -  | -       | -  |
| 267 | С/У  | Г-0,0 | Ж-<br>1 | -       | 75  | - | -  | -  | 80 | -  | Влажное | -  |
| 268 | Коридор                                      | Г-0,8 | Ж       | -       | 100 | - | -  | -  | -  | -  | -       | -  |

## Приложение Б

### Результаты расчетов требуемого количества светильников и освещенности

Таблица Б.1 – Результаты расчетов требуемого количества светильников и освещенности

| Результаты расчетов требуемого количества светильников и освещенности |                        |    |                         |     |                                       |               |  |      |  |                                       |
|---|------------------------|----|-------------------------|-----|---------------------------------------|---------------|--|------|--|---------------------------------------|
| № пом.  | Наименование помещения | S  | Количество светильников | Nd  | $i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)}$ | Z<br>Z = 1,15 | η<br>Подобрано по таблице производителя светильников | К.З. | Требуемая освещенность согласно СП 52.13330 2016 - Табл. 4.1 | Требуемый световой поток каждой точки |
| 1   | 2                      | 3  | 4                       | 5   | 6                                     | 7             | 8  | 9    | 10   | 11                                    |
| 3   | Щитовая                | 14 | 4                       | 3,1 | 2,2                                   | 1,15          | 0,57   | 1,1  | 75   | 570                                   |
| 4   | Подсобное помещение    | 10 | 4                       | 3,6 | 1,9                                   | 1,15          | 0,51   | 1,1  | 75   | 451                                   |
| 5   | Склад                  | 97 | 8                       | 3,6 | 6,0                                   | 1,15          | 0,68   | 1,1  | 75   | 1692                                  |
| 6   | Офис                   | 37 | 8                       | 2,7 | 3,6                                   | 1,15          | 0,63   | 1,1  | 300  | 2786                                  |
| 7   | Склад                  | 48 | 8                       | 3,6 | 3,3                                   | 1,15          | 0,61   | 1,1  | 75   | 933                                   |
| 11  | Зона шиномонтажа       | 60 | 10                      | 3,6 | 4,8                                   | 1,15          | 0,68   | 1,1  | 300  | 3349                                  |
| 12  | Коридор                | 24 | 8                       | 2,7 | 2,5                                   | 1,15          | 0,57   | 1,1  | 100  | 666                                   |
| 13  | Мойка                  | 86 | 10                      | 3,7 | 5,2                                   | 1,15          | 0,68   | 1,1  | 200  | 3200                                  |
| 14  | Зона въезда            | 57 | 8                       | 3,7 | 4,2                                   | 1,15          | 0,63   | 1,1  | 100  | 1431                                  |
| 15  | Маслораздача           | 26 | 6                       | 3,6 | 3,1                                   | 1,15          | 0,61   | 1,1  | 75   | 674                                   |
| 16  | Инвентарная            | 11 | 4                       | 3,3 | 2,0                                   | 1,15          | 0,51   | 1,1  | 50   | 341                                   |

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

| 1  | 2                          | 3  | 4  | 5   | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  | 11   |
|----|----------------------------|----|----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| 17 | ВРУ                        | 4  | 2  | 3,6 | 1,1 | 1,15 | 0,37 | 1,1 | 75  | 449  |
| 18 | Инфо. центр                | 16 | 4  | 3,6 | 2,4 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 2730 |
| 19 | Инструментальн<br>ый склад | 20 | 4  | 4,1 | 2,7 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 75  | 820  |
| 21 | Компрессорная              | 28 | 4  | 3,6 | 3,3 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 200 | 2934 |
| 22 | Склад ЛКЦ                  | 18 | 4  | 3,6 | 2,5 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 75  | 749  |
| 23 | ЛКЦ                        | 28 | 6  | 3,6 | 3,3 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 300 | 2893 |
| 26 | Склад топлива              | 8  | 2  | 3,6 | 1,7 | 1,15 | 0,47 | 1,1 | 200 | 2261 |
| 27 | Помещение<br>охраны        | 17 | 4  | 3,6 | 2,6 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 2863 |
| 28 | Коридор                    | 36 | 8  | 2,7 | 3,4 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 100 | 933  |
| 29 | Подсобное<br>помещение     | 8  | 2  | 3,6 | 1,6 | 1,15 | 0,47 | 1,1 | 75  | 848  |
| 30 | Подсобное<br>помещение ОПА | 15 | 6  | 2,7 | 2,2 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 75  | 465  |
| 32 | Гарантийный<br>склад       | 19 | 3  | 4,1 | 2,4 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 75  | 1076 |
| 34 | Подсобное<br>помещение     | 3  | 2  | 2,7 | 1,0 | 1,15 | 0,42 | 1,1 | 75  | 361  |
| 36 | Кухня<br>(доготовочная)    | 7  | 3  | 2,7 | 1,2 | 1,15 | 0,42 | 1,1 | 200 | 1426 |
| 37 | ИТП                        | 58 | 12 | 2,7 | 4,6 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 200 | 1941 |
| 38 | С/У                        | 17 | 6  | 2,7 | 2,4 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 75  | 469  |
| 44 | Касса                      | 7  | 2  | 2,7 | 1,5 | 1,15 | 0,47 | 1,1 | 300 | 2907 |

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

| 1       | 2                           | 3  | 4  | 5   | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  | 11   |
|---------|-----------------------------|----|----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| 45      | Серверная                   | 19 | 6  | 2,7 | 2,6 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 400 | 2870 |
| 46      | Коридор                     | 15 | 6  | 2,7 | 2,1 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 100 | 608  |
| 1       | 2                           | 3  | 4  | 5   | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  | 11   |
| 201     | Кабинет логистики           | 25 | 4  | 3,8 | 3,0 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 300 | 3919 |
| 202     | Кабинет руководителя СТО    | 14 | 4  | 3,8 | 2,3 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 2264 |
| 203     | Кабинет руководителя ОЗЧ    | 11 | 4  | 3,8 | 2,0 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 1991 |
| 204     | Кабинет бухгалтерии Моторс  | 55 | 12 | 3,8 | 3,8 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 300 | 2771 |
| 204 / 1 | Кабинет главного бухгалтера | 15 | 4  | 3,8 | 1,5 | 1,15 | 0,47 | 1,1 | 300 | 2967 |
| 205     | Кабинет техника             | 47 | 10 | 3,8 | 3,9 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 300 | 2813 |
| 206     | Склад шин №1                | 53 | 6  | 3,8 | 4,3 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 75  | 1325 |
| 207     | Склад шин №2                | 79 | 9  | 3,8 | 5,5 | 1,15 | 0,68 | 1,1 | 75  | 1222 |
| 208     | Курилка                     | 35 | 6  | 3,8 | 3,2 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 75  | 918  |

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

| 1       | 2  | 3   | 4  | 5   | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  | 11   |
|---------|--|-----|----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| 209     | Раздевалка М                             | 46  | 8  | 3,8 | 3,7 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 75  | 894  |
| 210     | Лифт                                     | 7   | 2  | 3,8 | 0,5 | 1,15 | 0,09 | 1,1 | 100 | 4568 |
| 211     | Архив                                    | 7   | 4  | 3,8 | 0,7 | 1,15 | 0,2  | 1,1 | 100 | 1044 |
| 212     | Склад шин №3                             | 170 | 16 | 3,8 | 8,1 | 1,15 | 0,68 | 1,1 | 75  | 1481 |
| 213     | IT отдел                                 | 105 | 17 | 3,8 | 3,9 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 300 | 3735 |
| 213 / 1 | Кабинет<br>руководителя IT               | 9   | 2  | 3,8 | 1,7 | 1,15 | 0,47 | 1,1 | 300 | 3714 |
| 213 / 2 | Кабинет                                  | 12  | 2  | 3,8 | 1,1 | 1,15 | 0,37 | 1,1 | 300 | 5898 |
| 214     | Учебный класс<br>колл-центра             | 43  | 10 | 3,8 | 3,4 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 400 | 3525 |
| 215     | Учебный класс<br>менеджеров              | 60  | 15 | 3,8 | 4,4 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 400 | 3213 |
| 216     | Учебный класс<br>отдела персонала        | 56  | 12 | 3,8 | 4,2 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 400 | 3768 |
| 217     | Аксель-Брокер                            | 56  | 12 | 3,8 | 4,6 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 300 | 2796 |
| 217 / 1 | Кабинет<br>руководителя<br>Аксель-Брокер | 20  | 3  | 3,8 | 2,5 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 4837 |
| 218     | Кабинет<br>контроля<br>качества          | 21  | 4  | 3,8 | 2,8 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 3412 |
| 219     | Кабинет<br>«MOLTU»                       | 20  | 4  | 3,8 | 2,8 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 3329 |

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

| 1   | 2   | 3  | 4  | 5   | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  | 11   |
|-----|---|----|----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| 220 | Кабинет<br>руководителя<br>инф.<br>безопасности<br>ООО «Лайн» | 14 | 4  | 3,8 | 2,2 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 2549 |
| 221 | Кабинет<br>директора<br>службы<br>безопасности                | 22 | 3  | 3,8 | 2,9 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 300 | 4521 |
| 222 | Кабинет службы<br>безопасности                                | 15 | 3  | 3,8 | 2,3 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 3671 |
| 223 | Кабинет АО<br>«ДЕЛ-КОМ»                                       | 13 | 3  | 3,8 | 1,9 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 3274 |
| 224 | Кабинет<br>транспортного<br>отдела                            | 45 | 12 | 3,8 | 4,2 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 300 | 2234 |
| 225 | Кабинет<br>главного<br>бухгалтера                             | 20 | 4  | 3,8 | 2,5 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 3296 |
| 226 | Кабинет отдела<br>обучения и<br>развития<br>персонала         | 44 | 8  | 3,8 | 4,1 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 300 | 3306 |

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

| 1       | 2   | 3  | 4 | 5   | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  | 11   |
|---------|---|----|---|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| 227     | Кабинет отдела персонала                          | 24 | 4 | 3,8 | 3,0 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 300 | 3702 |
| 228     | Юридический отдел                                 | 11 | 3 | 3,8 | 1,6 | 1,15 | 0,47 | 1,1 | 300 | 2934 |
| 228 / 1 | Юристы  | 14 | 3 | 3   | 2,0 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 3373 |
| 229     | Кабинет администратора директора                  | 18 | 4 | 3   | 2,0 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 3386 |
| 230     | Кабинет Директора по развитию                     | 21 | 4 | 3   | 2,3 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 3814 |
| 231     | Кабинет Исполнительного Директора                 | 24 | 6 | 3   | 1,8 | 1,15 | 0,47 | 1,1 | 300 | 3257 |
| 232     | Кабинет Директора по послепродажному обслуживанию | 9  | 2 | 3   | 0,7 | 1,15 | 0,3  | 1,1 | 300 | 5819 |
| 233     | Колл-центр  | 32 | 6 | 3   | 3,4 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 300 | 3349 |
| 234     | Кабинет Генерального Директора                    | 43 | 8 | 3   | 3,7 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 300 | 3344 |

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

| 1   | 2                                   | 3   | 4  | 5   | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  | 11    |
|-----|-------------------------------------|-----|----|-----|-----|------|------|-----|-----|-------|
| 235 | Холл                                | 74  | 16 | 3   | 4,9 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 100 | 925   |
| 236 | Секретариат                         | 64  | 9  | 3,8 | 5,0 | 1,15 | 0,68 | 1,1 | 300 | 3981  |
| 237 | Кабинет<br>финансового<br>менеджера | 17  | 4  | 3,8 | 0,3 | 1,15 | 0,09 | 1,1 | 300 | 17605 |
| 238 | Касса                               | 17  | 4  | 3,8 | 2,5 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 2780  |
| 239 | Кабинет<br>главного<br>бухгалтера   | 16  | 4  | 3,8 | 2,5 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 2613  |
| 240 | Учебный класс                       | 32  | 9  | 3,8 | 3,2 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 400 | 2986  |
| 241 | Коридор                             | 184 | 30 | 3,8 | 4,6 | 1,15 | 0,63 | 1,1 | 100 | 1229  |
| 242 | Склад                               | 11  | 2  | 3,8 | 2,0 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 75  | 1014  |
| 243 | С/У                                 | 13  | 4  | 3,8 | 2,1 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 75  | 609   |
| 244 | С/У                                 | 11  | 4  | 3   | 2,0 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 75  | 498   |
| 245 | Раздевалка Ж                        | 14  | 4  | 3   | 2,2 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 75  | 633   |
| 246 | Архив Брокер                        | 17  | 6  | 3   | 2,3 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 100 | 711   |
| 247 | Склад                               | 13  | 2  | 3,8 | 2,2 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 75  | 1228  |
| 248 | Склад                               | 6   | 1  | 3,8 | 1,6 | 1,15 | 0,47 | 1,1 | 75  | 1252  |
| 249 | Клининг                             | 4   | 2  | 3,8 | 1,1 | 1,15 | 0,37 | 1,1 | 300 | 1846  |
| 250 | Кухня                               | 30  | 6  | 3,8 | 3,3 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 300 | 3080  |
| 251 | Лестница                            | 11  | 4  | 3   | 2,0 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 20  | 136   |

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

| 1   | 2                                      | 3   | 4  | 5   | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  | 11   |
|-----|--|-----|----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| 252 | Столовая                               | 113 | 22 | 3   | 5,2 | 1,15 | 0,68 | 1,1 | 400 | 3829 |
| 253 | Архив Моторс                           | 15  | 4  | 3   | 2,4 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 100 | 827  |
| 254 | Архив                                  | 16  | 4  | 3   | 2,5 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 100 | 871  |
| 255 | Склад шин №4                           | 24  | 2  | 3   | 3,1 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 75  | 1898 |
| 256 | Коридор                                | 96  | 19 | 3   | 3,5 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 100 | 1051 |
| 257 | Раздевалка менеджеров                  | 12  | 2  | 3   | 2,0 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 75  | 1135 |
| 258 | Столовая                               | 8   | 2  | 3   | 1,7 | 1,15 | 0,47 | 1,1 | 400 | 4037 |
| 259 | Массажная                              | 14  | 4  | 3,8 | 2,3 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 200 | 1699 |
| 260 | Аудит                                  | 19  | 4  | 3,8 | 2,7 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 3146 |
| 261 | Кабинет Председателя совета директоров | 14  | 4  | 3,8 | 2,3 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 2623 |
| 262 | Реклама                                | 13  | 4  | 3,8 | 2,2 | 1,15 | 0,51 | 1,1 | 300 | 2400 |
| 263 | Кабинет Главного Инженера              | 19  | 6  | 3   | 2,6 | 1,15 | 0,57 | 1,1 | 300 | 2108 |
| 264 | Кабинет Советника                      | 39  | 9  | 3   | 3,9 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 300 | 2689 |
| 265 | Переговорная                           | 31  | 6  | 3   | 3,5 | 1,15 | 0,61 | 1,1 | 300 | 3204 |
| 266 | IT серверная                           | 2   | 1  | 3   | 0,8 | 1,15 | 0,3  | 1,1 | 400 | 3036 |

Приложение В

Результаты расчета мощности групп освещения щитов ЩО2, ЩО1, ЩАО

Таблица В.1 – Результаты расчета мощности групп освещения щитов ЩО2, ЩО1, ЩАО

| Результаты расчета мощности групп освещения щитов ЩО2, ЩО1, ЩАО |   |                |   |                        |                            |      |  |   |                                       |                 |           |                          |           |
|---|---|----------------|---|------------------------|----------------------------|------|--|---|---------------------------------------|-----------------|-----------|--------------------------|-----------|
| N группы  | Установленная единичная мощность, Руст.ед., кВт | Количество, шт | Установленная мощность группы, Руст.гр.,кВт | Коэффициент спроса, Кс | Коэффициент мощности, cosφ | tgφ  | Расчетная активная мощность, Pрасч,кВт | Расчетная реактивная мощность, Qрасч,кВАр | Расчетная полная мощность, Sрасч, кВА | Расчетный ток,А | Фазировка | Расчётный ток А по фазно | Фазировка |
| ЩО2   |   |                |   |                        |                            |      |  |   |                                       |                 |           |                          |           |
| 1   | 2   | 3              | 4   | 5                      | 6                          | 7    | 8                                      | 9   | 10                                    | 11              | 12        | 13                       | 14        |
| Гр. О1  | 0,990   | 1              | 0,99  | 1,00                   | 0,98                       | 0,20 | 0,99                                   | 0,20                                      | 1,010                                 | 4,59            | В         | 26,7                     | А         |
| Гр. О2  | 0,900   | 1              | 0,90  | 1,00                   | 0,98                       | 0,20 | 0,90                                   | 0,18                                      | 0,92                                  | 4,17            | В         | 28,4                     | В         |
| Гр. О3  | 1,045   | 1              | 1,05  | 1,00                   | 0,98                       | 0,20 | 1,05                                   | 0,21                                      | 1,07                                  | 4,85            | С         | 26,2                     | С         |
| Гр. О4  | 1,140   | 1              | 1,14  | 1,00                   | 0,98                       | 0,20 | 1,14                                   | 0,23                                      | 1,16                                  | 5,29            | А         | -                        | -         |
| Гр. О5  | 1,085   | 1              | 1,09  | 1,00                   | 0,98                       | 0,20 | 1,09                                   | 0,22                                      | 1,11                                  | 5,03            | С         | -                        | -         |

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

| 1       | 2     | 3 | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12 | 13   | 14 |
|---------|-------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|----|------|----|
| Гр. О6  | 1,170 | 1 | 1,17 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,17 | 0,24 | 1,19 | 5,43 | A  | -    | -  |
| Гр. О7  | 0,630 | 1 | 0,63 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,63 | 0,13 | 0,64 | 2,92 | B  | -    | -  |
| Гр. О8  | 0,915 | 1 | 0,92 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,92 | 0,19 | 0,93 | 4,24 | B  | -    | -  |
| Гр. О9  | 0,840 | 1 | 0,84 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,84 | 0,17 | 0,86 | 3,90 | A  | -    | -  |
| Гр. О10 | 1,290 | 1 | 1,29 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,29 | 0,26 | 1,32 | 5,98 | C  | -    | -  |
| Гр. О11 | 1,506 | 1 | 1,51 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,51 | 0,31 | 1,54 | 6,99 | A  | -    | -  |
| Гр. О12 | 1,080 | 1 | 1,08 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,08 | 0,22 | 1,10 | 5,01 | B  | -    | -  |
| Гр. О13 | 1,102 | 1 | 1,10 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,10 | 0,22 | 1,12 | 5,11 | C  | -    | -  |
| Гр. О14 | 1,102 | 1 | 1,10 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,10 | 0,22 | 1,12 | 5,11 | A  | -    | -  |
| Гр. О15 | 1,102 | 1 | 1,10 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,10 | 0,22 | 1,12 | 5,11 | B  | -    | -  |
| Гр. О16 | 1,134 | 1 | 1,13 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,13 | 0,23 | 1,16 | 5,26 | C  | -    | -  |
| Гр. О17 | 0,515 | 1 | 0,52 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,52 | 0,10 | 0,53 | 2,39 | B  | -    | -  |
| ЩО1     |       |   |      |      |      |      |      |      |      |      |    |      |    |
| Гр.О1-4 | 0,490 | 1 | 0,49 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,49 | 0,10 | 0,50 | 2,27 | B  | 15,5 | A  |
| Гр.О1-1 | 0,992 | 1 | 0,99 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,99 | 0,20 | 1,01 | 4,60 | A  | 14,2 | B  |
| Гр.О2-1 | 0,665 | 1 | 0,67 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,67 | 0,14 | 0,68 | 3,08 | C  | 15,1 | C  |
| Гр.О3-1 | 0,867 | 1 | 0,87 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,87 | 0,18 | 0,88 | 4,02 | B  | -    | -  |
| Гр.О4-1 | 0,860 | 1 | 0,86 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,86 | 0,17 | 0,88 | 3,99 | B  | -    | -  |
| Гр.О5-1 | 1,000 | 1 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,00 | 0,20 | 1,02 | 4,64 | C  | -    | -  |
| Гр.О6-1 | 0,920 | 1 | 0,92 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,92 | 0,19 | 0,94 | 4,27 | A  | -    | -  |
| Гр.О7-1 | 0,205 | 1 | 0,21 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,21 | 0,04 | 0,21 | 0,95 | B  | -    | -  |

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

| 1        | 2     | 3 | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12 | 13  | 14 |
|----------|-------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|
| Гр.О8-1  | 1,320 | 1 | 1,32 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,32 | 0,27 | 1,35 | 6,12 | С  | -   | -  |
| Гр.О9-1  | 1,440 | 1 | 1,44 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 1,44 | 0,29 | 1,47 | 6,68 | А  | -   | -  |
| Гр.О10-1 | 0,265 | 1 | 0,27 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,27 | 0,05 | 0,27 | 1,23 | С  | -   | -  |
| Гр.О11-1 | 0,630 | 1 | 0,63 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,63 | 0,13 | 0,64 | 2,92 | В  | -   | -  |
| ЩАО      |       |   |      |      |      |      |      |      |      |      |    |     |    |
| Гр.А1    | 0,585 | 1 | 0,59 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,59 | 0,12 | 0,60 | 2,71 | А  | 4,3 | А  |
| Гр.А2    | 0,445 | 1 | 0,45 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,45 | 0,09 | 0,45 | 2,06 | В  | 3,5 | В  |
| Гр.А3    | 0,300 | 1 | 0,30 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,30 | 0,06 | 0,31 | 1,39 | С  | 5,2 | С  |
| Гр.А4    | 0,345 | 1 | 0,35 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,35 | 0,07 | 0,35 | 1,60 | А  | -   | -  |
| Гр.А5    | 0,318 | 1 | 0,32 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,32 | 0,06 | 0,32 | 1,47 | В  | -   | -  |
| Гр.А6    | 0,426 | 1 | 0,43 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,43 | 0,09 | 0,43 | 1,98 | С  | -   | -  |
| Гр.А7    | 0,390 | 1 | 0,39 | 1,00 | 0,98 | 0,20 | 0,39 | 0,08 | 0,40 | 1,81 | С  | -   | -  |