

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).

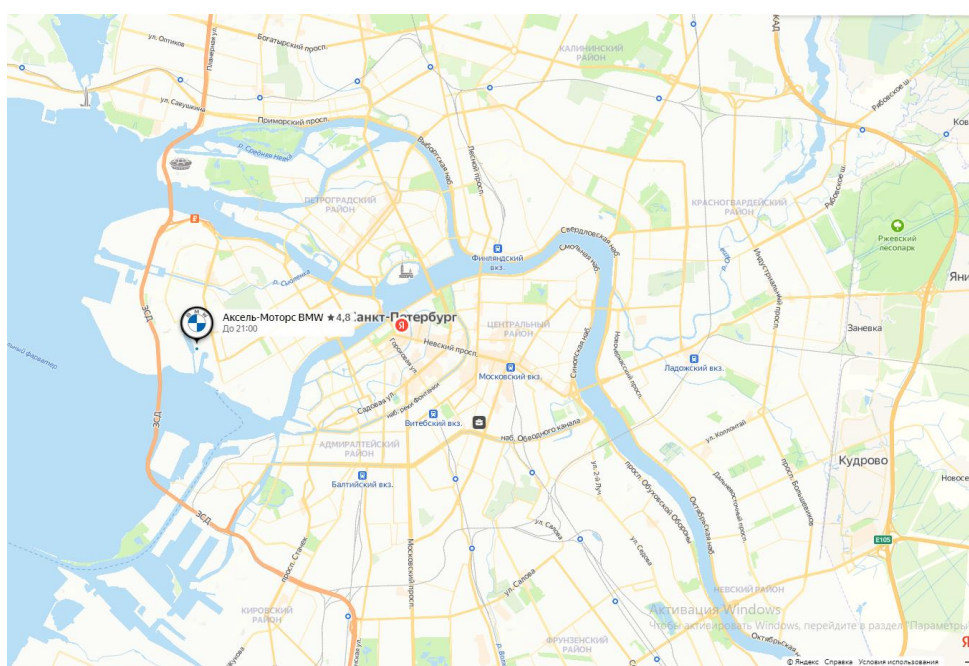


Рисунок 1 – Расположение объекта исследования на карте города

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 м² 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;

η – 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 м².

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».

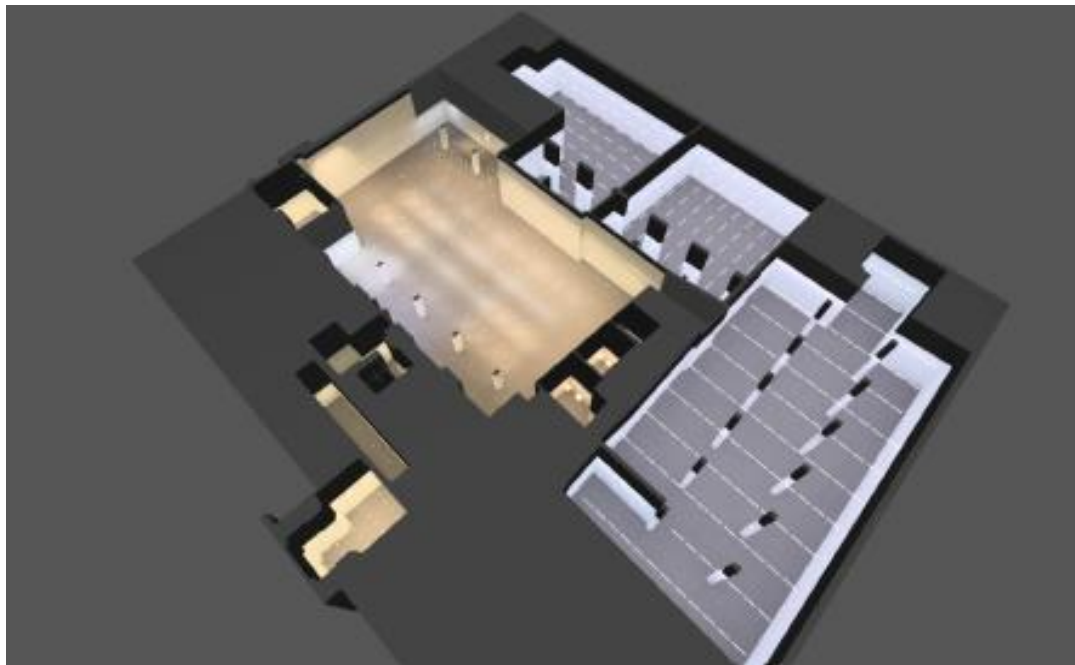


Рисунок 3 – Общий вид рассчитываемых помещений

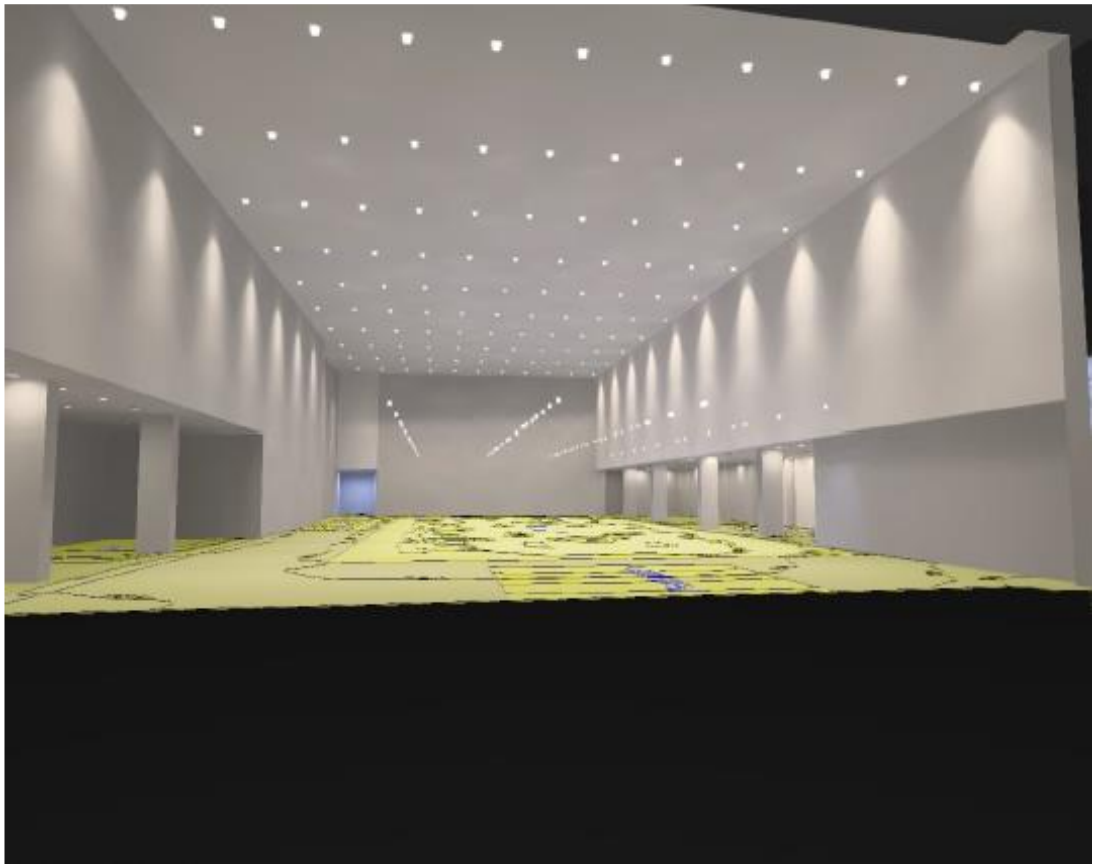


Рисунок 4 – Визуализация помещения №1

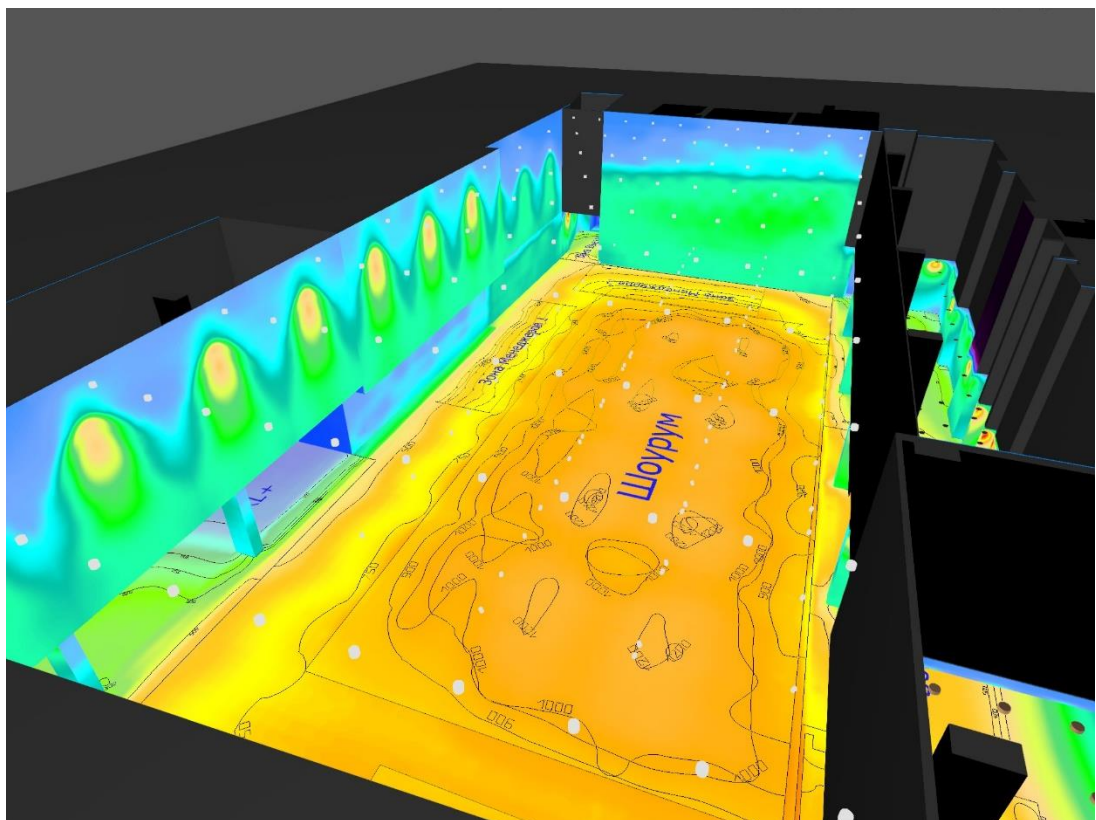


Рисунок 5 – Визуализация с расчетом освещения помещения №1

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 эксплуатации;
- 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

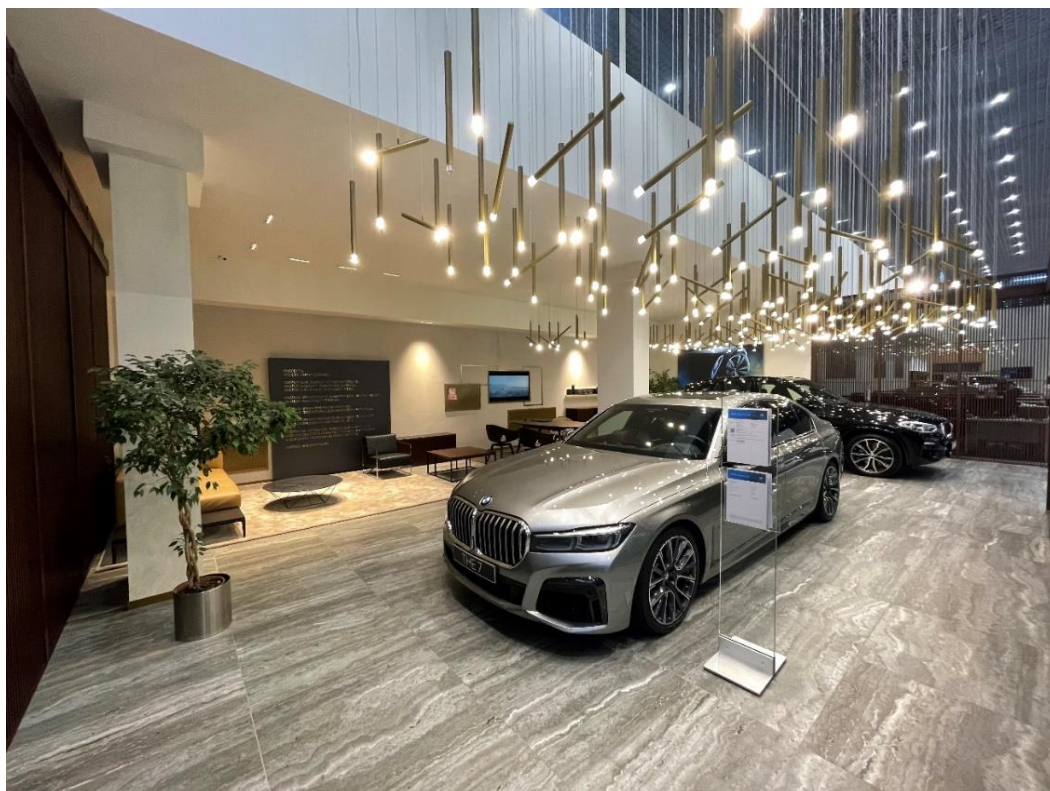


Рисунок 7 – Реализации реконструкции по расчетам освещения GKL+

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, выбранному 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_{ϕ} – 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 м².

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

Площадь рабочего стола 2 м², площадь проходов и свободного пространства 5 м². 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 м² потребляемая мощность составляет 2,561 кВт.

Далее находим потребление на 1 м², для этого производим следующие расчеты:

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

Теперь, зная площадь офисных помещений и потребления на 1 м², представляется возможным найти потребляемую мощность во всех офисных помещениях.

Для этого умножим мощность 1 м² 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 С
Компрессор	15,5	1	15,50	0,3	0,89	0,51	4,65	2,38	5,225	13,75	АВ С
Компрессор	12,2	1	12,20	0,3	0,89	0,51	3,66	1,88	4,112	10,82	АВ С
Сушильная камера ЛКЦ	45,2	1	45,20	0,2	0,87	0,57	9,04	5,12	10,391	27,34	АВ 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 C
Зарядная станция	4,5	2	9,00	0,21	0,89	0,51	1,89	0,97	2,124	5,59	AB C
Системы вытяжной вентиляции	4,5	5	22,50	0,45	0,97	0,25	10,13	2,54	10,438	27,47	AB C
Тепловые завесы	25	4	100,00	0,35	0,89	0,51	35,00	17,93	39,326	103,49	AB 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 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 C
Выставочная зона	8,5	1	8,50	0,35	0,98	0,20	2,98	0,60	3,036	7,99	AB C
Кухня	35,5	1	35,50	0,4	0,88	0,54	14,20	7,66	16,136	42,46	AB C
Серверная	15	1	15,00	0,35	0,98	0,20	5,25	1,07	5,357	14,10	AB C
ЩАО	2,809	1	2,81	1	0,98	0,20	2,81	0,57	2,87	7,54	AB C
ЩО1	9,654	1	9,65	1	0,98	0,20	9,65	1,96	9,85	25,92	AB C
ЩО2	17,546	1	17,55	1	0,98	0,20	17,55	3,56	17,90	47,12	AB 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 φ 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, м².

Для выбора можно использовать таблицу 6.

Таблица 6 – Ориентировочный выбор мощности трансформаторов

Ориентировочный выбор мощности трансформаторов		
U _н , В	σ, кВ А/м ²	S _{НОМ} , 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 β – 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:

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

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/мм². 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 мм², 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 силанольноспшитого 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	$\text{Sin}\varphi=\sqrt{(1-\text{cos}2\varphi)}$	ΔU	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× (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 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-кабеля в км.	Un-напряжение	Xo-удельное активное сопротивление	cosφ	Yo-удельное индуктивное сопротивление	$\text{Sin}\phi = \sqrt{1 - \text{cos}^2\phi}$	ΔU	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 ΔU_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.

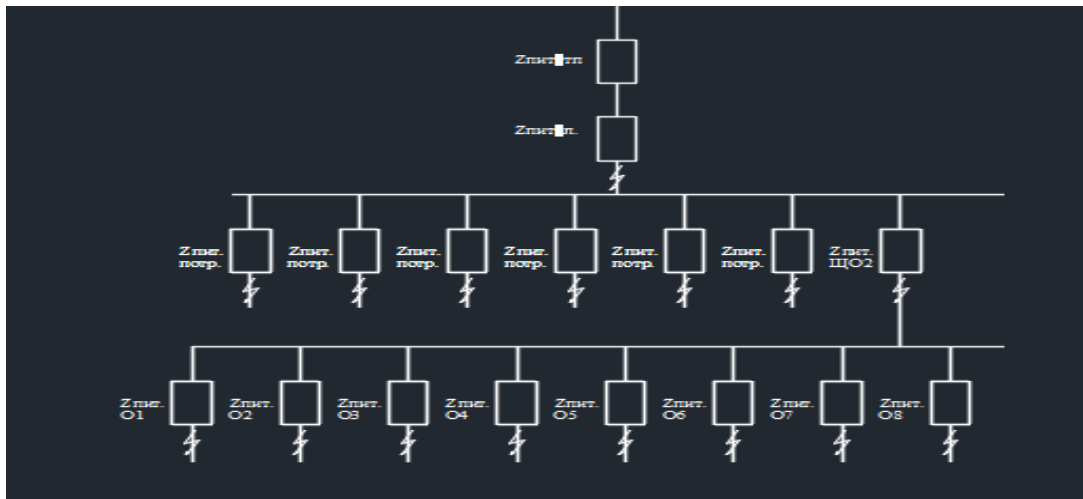


Рисунок 10 – Схема замещения сети для вычисляемых токов КЗ различных участков сети

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_{Π}	$\sqrt{3}$
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_{ϕ}	$Z_{\text{тр}}$	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 $I_{кз} \geq 3 \cdot I^{(3)}$ t,рел				2-х фазн Условия 1 $I_{кз} \geq 3 \cdot I^{(2)}$ t,рел				1-а фазн Условия 1 $I_{кз} \geq 3 \cdot I^{(1)}$ 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 $I_{отк} \geq \sqrt{2} \cdot I^{(3)}$ к.з.				2-х фазн Условия 1 $I_{отк} \geq \sqrt{2} \cdot I^{(2)}$ к.з.				1-а фазн Условия 1 $I_{отк} \geq \sqrt{2} \cdot I^{(1)}$ 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 $Ас^2 / мм^2$;

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

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	$5 \times (4 \times 185)$	925	8,418115874	Верно
ВВГнгLS	5×10	10	5,614730381	Верно
ВВГнгLS	$3 \times 1,5$	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 РN и РЕ 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;

ρ – 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_G :

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

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

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

$$N_B = \frac{N_B1}{\eta_B} \quad (42)$$

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

η_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;

η_B – коэффициент использования вертикального заземлителя;

R_G – сопротивление горизонтального заземлителя, Ом;

L_{Π} – 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.

$$R_{\text{зу. ф}} \leq R_{\text{д}} 1,45 \leq 4$$

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 0,5м. 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 молниезащиты. 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/ (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 наноэлектроника». 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 Iб	-	75	28	-	-	-	-	-	-
4	Подсобное помещение	Г-0,0	Ж-1	-	75	-	-	-	80	-	-	-
5	Склад	Г-0,0 на полу	VII Iб	-	75	-	-	-	-	-	Запыленность	-
6	Офис	Г-0,8	Б-1	400/200	300	-	21	15	80	-	-	-
7	Склад	Г-0,0 на полу	VII 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 Iв	-	75	-	-	-	-	-	Помещения с химически активной средой	-
16	Инвентарная	Г-0,8	Ж- 2	-	50	-	-	-	-	-	-	-
17	ВРУ	Г-0,8; В-1,5 - на щитах	VII 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 Iб	-	75	-	-	-	-	-	-	-
20	Слесарно-механический цех	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Запыленность	Требования согласно ТЗ
21	Компрессорная	Г-0,8 В - на шкалах приборов, щите управления	Iвг	-	200	-	-	20	-	-	Запыленность	-
22	Склад ЛКЦ	Г-0,0 на полу	VII 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 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 - пол, площадки, ступени	З-2	-	20	-	-	-	80	-	-	-
201	Кабинет логистики	Г-0,8	Б-1	400/200	300	-	21	15	80	-	-	-
202	Кабинет руководителя СТО	Г-0,8	Б-1	400/200	300	-	21	15	80	-	-	-
203	Кабинет руководителя ОЗЧ	Г-0,8	Б-1	400/200	300	-	21	15	80	-	-	-
204	Кабинет бухгалтерии Моторс	Г-0,8	Б-1	400/200	300	-	21	15	80	-	-	-
204 / 1	Кабинет главного бухгалтера	Г-0,8	Б-1	400/200	300	-	21	15	80	-	-	-
205	Кабинет техника	Г-0,8 - на верстаках и рабочих столах	III в	750/200	300	-	21	15	80	-	-	-
206	Склад шин №1	Г-0,0 на полу	VII Iб	-	75	-	-	-	-	-	Запыленность	-
207	Склад шин №2	Г-0,0 на полу	VII 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 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 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 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 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 - пол, площадки, ступени	З-2	-	20	-	-	-	80	-	-	-
252	Столовая	Г-0,0 - на полу	А- 2	-	400	-	14	10	80	-	-	-
253	Архив Моторс	В-1,0 - на стеллажах	В- 2	-	100	-	-	-	80	-	Запыленность	-
254	Архив	В-1,0 - на стеллажах	В- 2	-	100	-	-	-	80	-	Запыленность	-
255	Склад шин №4	Г-0,0 на полу	VII Iб	-	75	-	-	-	-	-	Запыленность	-
256	Коридор	Г-0,8	Ж	-	100	-	-	-	-	-	-	-
257	Раздевалка менеджеров	Г-0,0	Ж- 1	-	75	-	-	-	80	-	-	-
258	Столовая	Г-0,0 - на полу	А- 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 Председателя совета 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 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- 2	-	400	-	21	10	80	-	-	-
267	С/У	Г-0,0	Ж- 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 Z = 1,15	η 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 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 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 помещение	8	2	3,6	1,6	1,15	0,47	1,1	75	848
30	Подсобное помещение ОПА	15	6	2,7	2,2	1,15	0,51	1,1	75	465
32	Гарантийный склад	19	3	4,1	2,4	1,15	0,57	1,1	75	1076
34	Подсобное помещение	3	2	2,7	1,0	1,15	0,42	1,1	75	361
36	Кухня (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 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 колл-центра	43	10	3,8	3,4	1,15	0,61	1,1	400	3525
215	Учебный класс менеджеров	60	15	3,8	4,4	1,15	0,63	1,1	400	3213
216	Учебный класс 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 руководителя Аксель-Брокер	20	3	3,8	2,5	1,15	0,51	1,1	300	4837
218	Кабинет контроля качества	21	4	3,8	2,8	1,15	0,57	1,1	300	3412
219	Кабинет «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 руководителя инф. безопасности ООО «Лайн»	14	4	3,8	2,2	1,15	0,51	1,1	300	2549
221	Кабинет директора службы безопасности	22	3	3,8	2,9	1,15	0,61	1,1	300	4521
222	Кабинет службы безопасности	15	3	3,8	2,3	1,15	0,51	1,1	300	3671
223	Кабинет АО «ДЕЛ-КОМ»	13	3	3,8	1,9	1,15	0,51	1,1	300	3274
224	Кабинет транспортного отдела	45	12	3,8	4,2	1,15	0,63	1,1	300	2234
225	Кабинет главного бухгалтера	20	4	3,8	2,5	1,15	0,57	1,1	300	3296
226	Кабинет отдела обучения и развития 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 финансового 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 главного 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	-	-