

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)
Электрооборудование
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Проектирование электрохозяйства Дома Культуры с. Соловьёвка

Студент

С.Р. Мухторова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Шаповалов

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

Консультанты

к.п.н., доцент А.В. Кириллова

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

Тольятти 2020

Аннотация

В представленной выпускной квалификационной работе разработан проект электроснабжения вновь строящегося объекта «Дом культуры села Соловьевка».

Проект включает в себя выбор осветительного оборудования, расчет потребляемой мощности освещения, выбор системы рабочего и аварийного внутреннего освещения, выбор источников света и светотехнический расчет, расчет силовых нагрузок. Так же приведён выбор кабельной продукции и электрощитового оборудования. В заключительной части выполнены расчет питающей сети, а также мероприятия по организации заземления, молниезащиты и уравниванию потенциала.

Выпускная квалификационная работа включает в себя пояснительную записку в объеме 68 страниц, в которой содержится 16 рисунков, 7 таблиц. Графическая часть представлена на 6 чертежах формата А1.

ABSTRACT

In the presented final qualification work, a project was developed for the power supply of the newly built object, «House of Culture of the Solovyovka Village».

The project includes the selection of lighting equipment, the calculation of the consumed power of lighting, the choice of a system of working and emergency indoor lighting, the choice of light sources and lighting design, the calculation of power loads. The selection of cable products and switchboard equipment is also given. In the final part, the calculation of the supply network, as well as measures for the organization of grounding, lightning protection and the equation of potential, were performed.

The final qualification work includes an explanatory note in the amount of 68 pages, which contains 16 figures, 7 tables. The graphic part is presented on 6 drawings of the A1 format.

The aim of the work is to develop a reliable and energy-efficient power supply system in the framework of designing a house of culture in the village of Solovyovka.

Содержание

Аннотация	2
Введение.....	5
1 Описание объекта.....	7
1.1 Дом культуры	7
1.2 Прилегающая территория	12
1.3 Задачи ВКР.....	14
2. Разработка системы наружного освещения	15
2.1 Выбор источников света.....	15
2.2 Светотехнический расчёт	16
2.3 Программа управления и расчёт мощности освещения.....	20
3 Система рабочего и аварийного внутреннего освещения.....	24
3.1 Выбор источников света и светотехнический расчёт	24
3.2 Расчёт мощности освещения.....	30
4. Расчёт силовых нагрузок здания	33
5. Выбор кабельной продукции и электрощитового оборудования	40
5.1. Выбор марки и сечения кабелей.....	40
5.2. Выбор электрощитового оборудования.....	45
6. Проектирование и расчет питающей сети	49
6.1. Выбор исполнения сети и трассы.....	49
6.2. Расчет ВЛИ по ветрогололёдной нагрузке.....	52
6.3. Коммерческий учёт электроэнергии	57
7. Мероприятия по организации заземления, молниезащиты и уравниению потенциала	58
7.1. Заземление и молниезащита	58
7.2. Система уравнивания потенциала.....	61
Заключение	63
Список использованных источников	66

Введение

Сфера свободного времени и досуга всегда являлась объектом научного интереса. Саморазвитие личности, овладение ею достижениями культуры и создание культурных ценностей – всё это связывалось непосредственно со свободным временем. Деятельность учреждений культуры сегодня обретает особую актуальность, ибо выдвигается на ответственные рубежи организации досуга населения. Учреждение культуры может обеспечить широкий диапазон на создание условий развития личности, коллективных форм организации, обуславливающих взаимодействие различных социальных, профессиональных, культурных, возрастных групп населения.

Государственная политика в сфере культуры Сахалинской области направлена на обеспечение конституционных прав граждан по созданию, сохранению и освоению культурных ценностей, реализацию культурного и духовного потенциала каждой личности и общества. Увеличение численности участников культурно – досуговых мероприятий Сахалинской области – 9,8%. По состоянию на начало 2013 года обеспеченность населения государственными и муниципальными учреждениями культуры по Сахалинской области составляет:

- библиотеками – 75%
- культурно – досуговыми учреждениями – 66,4%
- парками – 20%.

Нынешнее состояние учреждений Сахалинской области характеризуется недостаточным единообразием, как следствие, материально – техническая база учреждений культуры в настоящее время не соответствует современным стандартам, культурным запросам населения области.

10% зданий учреждений культуры находятся в аварийном состоянии, 60% зданий учреждений культуры требуют капитального ремонта.

В указанный период развитие сферы культуры области будет направлено на развитие культурного потенциала, обеспечение сохранности историко-культурного наследия, сохранение и развитие традиционной народной культуры, реконструкция зданий и объектов культуры, в том числе строительство новых зданий для учреждений культуры, подготовку условий для проведения международных фестивалей. В рамках решения данной задачи администрацией Корсаковского городского округа принято решение о строительстве нового дома культуры в с. Сольвьёвка.

На основании вышесказанного выбранная тема ВКР является актуальной. Целью работы является разработка надежной и энергоэффективной системы электроснабжения в рамках проектирования дома культуры с. Соловьёвка.

1 Описание объекта

1.1 Дом культуры

Дом культуры – это клубное учреждение, центр культурно - массовой и просветительской работы в (бывших) социалистических странах.

Проектом предусмотрено строительство здания Дома культуры для организации досуга в с. Соловьёвка Корсаковского городского округа. Проектируемое культурно-досуговое учреждение предназначено для осуществления культурно-массовой, просветительной и развлекательной деятельности.

Участок проектирования расположен по адресу: Сахалинская обл., Корсаковский г.о., с. Соловьёвка, ул. Центральная, 26, на земельном участке с кадастровым номером 65:03:0000014:969, площадь участка составляет 3980,00м². На участке проектирования расположено существующее здание дома культуры, которое подлежит сносу. Перепады отметок от 29,79м до 20,80м. система высот – Балтийская. Система координат – местная.



Рисунок 1.1 – Местонахождение объекта проектирования

Проектом предусмотрена специализированная материально-техническая база для организации досуга населения:

- здание Дома культуры,
- инженерно – техническое обеспечение здания,
- технологическое оборудование.

Здание обеспечено санитарно-бытовыми и административно-хозяйственными помещениями, укомплектовано необходимой мебелью, техническими средствами и специальным оборудованием.

Основные показатели пропускной способности:

- Зрительный зал – 150 посадочных мест,
- Кружок хорового пения – 21 чел\смен
- Кружок декоративного и прикладного творчества – 9 чел\смен.
- Библиотека – 22 чел\смен.
- Универсальный зал для хореографии – 17 чел\смен.

Здание Дома культуры относится по классу функциональной пожарной опасности к Ф 2.1. Здание Дома культуры прямоугольное в плане является единым пожарным отсеком.

Архитектурные решения здания Дома культуры разработаны на основании задания на проектирование и эскизного проекта, согласованного заказчиком.

За относительную отметку 0,000 Дома культуры принята отметка чистого пола вестибюля первого этажа здания, что соответствует абсолютной отметке 27.00. Максимальные габариты здания в плане (в осях) 34,2х21,00м, максимальная высота от отм.0,000 – 9,150 м.

Здание 3-х этажное. Высота этажей здания:

- высота основных этажей здания – 4,2 м;
- высота цокольного этажа – 3,9 (от уровня пола до низа плит покрытия);
- высота технического подвального этажа – 2,4 м (от уровня пола до низа плит перекрытия).

Подъезд к зданию Дома культуры осуществляется со стороны улицы Центральная. Главный вход в здание расположен с восточной стороны участка. Входная площадка главного входа приспособлена для доступа МГН колясочников, оборудована пандусом.

На входе в цокольный этаж с западной стороны здания также выполнена широкая входная площадка, приспособленная для доступа МГН колясочников, оборудованная пандусом.

Кровля здания малоуклонная, битуминозная с внутренним водостоком.

Вертикальное сообщение между этажами внутри здания Дома культуры выполняется по внутренней лестничной клетке, с шириной лестничных маршей 1,35 м. Лестничная клетка расположена смежно с лифтом. Размер кабины лифта – 1100х2100 мм. Лифт предназначен для эвакуации всех групп инвалидов, в т.ч. маломобильных-колясочников, приспособлен для транспортировки лежачих больных.

Во внутренней отделке помещений используются материалы, отвечающие санитарно-гигиеническим, эстетическим и противопожарным требованиям:

- зрительный зал:

Потолок – подвесная система “ULTIMA + 19мм” размер ячейки 600х1200мм; стены – улучшенная окраска водно-дисперсионной; полы – покрытие ковролин иглопробивной Forbo Forte.

- вестибюль центрального входа:

Потолок – подвесной потолок типа “Грильято”; стены – улучшенная окраска водно-дисперсионной; полы – керамогранитная плитка матовая с шероховатой поверхностью.

- вестибюль библиотеки, коридоры, фойе;

Потолок – подвесной потолок с подвесной системой “Armstrong” с облицовкой огнестойкими минераловолокнистыми плитами “Thermatex Vulkan 15 мм”, размер ячейки 600х600мм;

- вспомогательные и технические помещения;

Потолок – подвесной потолок с подвесной системой “Cesal” с облицовкой алюминиевыми реечными панелями; стены – облицовка керамической глазурованной плиткой до низа подвесного потолка; полы – покрытие - керамическая плитка ГОСТ 6768-2001 толщиной 8мм с устройством; гидроизоляции – “ВБС-гидроцит” – 2слоя.

Общая площадь здания: 1693,38 м²

Полезная площадь: 1396,42 м²

Строительный объём, в том числе: 8534,00 м³

- надземная часть – 7750,00 м³
- подземная часть – 784,00 м³

Фасадные решения здания являются основной концепцией, разработанной архитектором в эскизном проекте.



Рисунок 1.2 – Вид фасада со стороны главного входа



Рисунок 1.3 – Вид фасада со стороны библиотеки

Наружное оформление здания выполнено в соответствии с основной концепцией. Фасады здания Дома культуры выполнены из композитных панелей разной фактуры. Часть вертикальных полос – панелей навесной фасадной системы расположены под углом к плоскости наружных стен, что придает зданию вытянутость по высоте, а фасаду здания рельефную фактурность. Цвета, примененные в оформлении фасада здания: клен под дерево, светлый дуб, светло – зеленый, темно – серый. Сочетание цветов в отделке фасадов придает зданию отдельную выразительность. Особую выразительность зданию придает вертикальное комбинированное остекление в зоне окон здания с применением стекла.

Дизайн проект предусматривает архитектурное освещение в виде подсветки фасадов для создания эстетичного архитектурного облика в тёмное время суток.



Рисунок 1.4 – Благоустройство прилегающей территории и архитектурное освещение

1.2 Прилегающая территория

При решении схемы планировочной организации земельного участка учитывались санитарные, противопожарные, природоохранные требования, рациональные людские и транспортные потоки с учетом существующей застройки прилегающих территорий, проездов.

Перед главным входом запроектирована площадь с покрытием из брусчатки, площадь связана пешеходными связями со всеми существующими объектами, расположенными в непосредственной близости к проектируемому зданию, такими как спортивная площадка, школа, здание администрации, а также с улицей Зеленая.

В северо-восточной части участка, на месте демонтируемого здания клуба, запроектирована площадка для отдыха, оснащенная лавочками и специальным местом для установки искусственной ели на период новогодних праздников. Площадка для отдыха также имеет пешеходные связи со школой, со спортивной площадкой и с площадью перед центральным входом в проектируемое здание дома культуры.

Запроектированы декоративно-лиственные кустарники, такие как роза морщинистая, лапчатка, данные кустарники имеют отличную зимостойкость. Для обеспечения требований санитарно-гигиенических норм и защиты почвы от ветровой и водной эрозии, на свободной от застройки и твердого покрытия территории предусматривается устройство газона.



Рисунок 1.5 – План озеленения

Для обеспечения доступной среды для МГН (маломобильных групп населения) все тротуары имеют ширину не менее 2,00м с покрытием из брусчатки. На парковке, расположенной на площади перед центральным входом в здание дома культуры расположены 2 маш/мест для МГН. Для беспрепятственного движения МГН от проектируемого здания к зданию администрации и к ул. Зеленая на проектируемой лестнице предусмотрен подъемник.

Основные показатели по генплану:

- общая площадь по градостроительному плану - 3980,00 м² 100%
- общая площадь застройки - 806,35 м² 20%

- площадь поверхности с твердым покрытием - 1718,30 м² 43%
- площадь озеленения - 1455,35 м² 37%
- дополнительная площадь под благоустройство - 1936,00 м² 100%

1.3 Задачи ВКР

В результате анализа имеющейся исходной информации, а также используя чертежи смежных разделов (ПЗУ, АР, КР) сформулированы основные задачи, которые нужно решить для достижений поставленной цели.

Во-первых, разработать технические решения системы уличного освещения прилегающей территории и архитектурного освещения здания для обеспечения комфорта и безопасности посетителей. Кроме того, наружное освещение является составной частью архитектурного облика города в тёмное время суток.

Во-вторых, разработать технические решения системы внутреннего здания в соответствии с нормами и требованиями СП 52.13330.2016 и иных нормативных документов.

В-третьих, разработать технические решения по силовой сети здания и подключению инженерных систем. Силовая сеть наряду с системами вентиляции и кондиционирования должна обеспечивать удобство и комфорт персонала и посетителей. Кроме того объект оснащается большим объёмом кинотехнологического и сценического оборудования, требующего значительное количество электроэнергии. Электроснабжение инженерных систем противопожарной защиты, кроме того, должно соответствовать I категории надёжности по ПУЭ.

В-четвертых, разработать технические решения внешнего электроснабжения здания от городской электрической сети в соответствии с техническими условиями № 3-10/113-Б (приложение к договору № 21460-20/19) на технологическое присоединение к электрическим сетям от 4.03.2019 г., выданным ПАО «Сахалинэнерго».

2. Разработка системы наружного освещения

2.1 Выбор источников света

Как известно освещение осуществляется светильниками, которые монтируются на опорах. Правильно спланированное, качественное уличное освещение способствует предотвращению преступных действий, акты насилия и преступления в основном происходят в темных уединенных местах.

При выборе светильника и опоры наружного освещения внешний вид подбирался исходя из дизайн-проекта, раздел малых архитектурных форм. Ориентировочный внешний вид указанных элементов наружного освещения можно наблюдать на рисунке 1.3.

При выборе типа источника света выбор производился между наиболее распространенными на сегодняшний день натриевыми и светодиодными. По сравнению с натриевыми светодиодные работают дольше около 100 тыс. часов. Светодиодные светильники обычно имеют диапазон температур от 4000 до 7000 К, обеспечивают снижение до 70% по сравнению с устройствами, где применяются традиционные газоразрядные ДРЛ и ДНаТ, при этом являются экологически чистыми (не содержит ртути) и не требуют специальных условий по обслуживанию и утилизации.

В качестве сравнительных вариантов для наружного освещения территории дома культуры с. Соловьевка рассматривались два светильника:

- GORIZONT LED 105 W 4000K производства компании “Световые Технологии”;
- BGP660 LED20-4S/830 DS50 FG GR-2900 DDF1 производства компании “Philips”;

При аналогичных технических характеристиках светильник GORIZONT превосходит светильник BGP660 по соотношению цена-качество, кроме того “Световые Технологии” является отечественным производителем.

Светильник светодиодный наружного освещения серии GORIZONT LED 105 W 4000K на полупроводниковых источниках света (светодиодах), предназначен для освещения внешних территорий и рассчитан для работы в сети переменного тока 220В ($\pm 10\%$), 50Гц ($\pm 0,4$ Гц). С помощью таких светильников можно создать оптимальные условия для освещения улиц. LED лампы отличаются долговечностью, стойкостью к погодным условиям и механическим повреждениям. Светильник соответствует требованиям безопасности ТР ТС 004/2011 “О безопасности низковольтного оборудования”. Лампы, соответствующие требованиям настоящего стандарта, должны зажигаться и работать при напряжениях от 92% до 106% номинального питающего напряжения при температуре окружающего воздуха от минус 10°C до плюс 40°C в светильнике по МЭК 60598-1, требованиям к электромагнитной совместимости (ЭМС) должны соответствовать требованиям национального стандарта.

Для монтажа выбранных светильников в проекте решено применить опору граненую коническую в фланцевом исполнении марки ОГК-1300-8,0, с опорным фланцем 250 мм. Высота опоры составляет 8 м, что позволяет использовать светильник с полуширокой кривой силы света (КСС). Для установки опоры в грунте применяется закладная деталь ФМ-0,159-2,0.

2.2 Светотехнический расчёт

Расчет наружного освещения ведется с использованием программного комплекса “Dialux”.

На первом этапе в программе моделируется наружная сцена, на которой обозначаются границы территории и располагается здание Дома культуры.

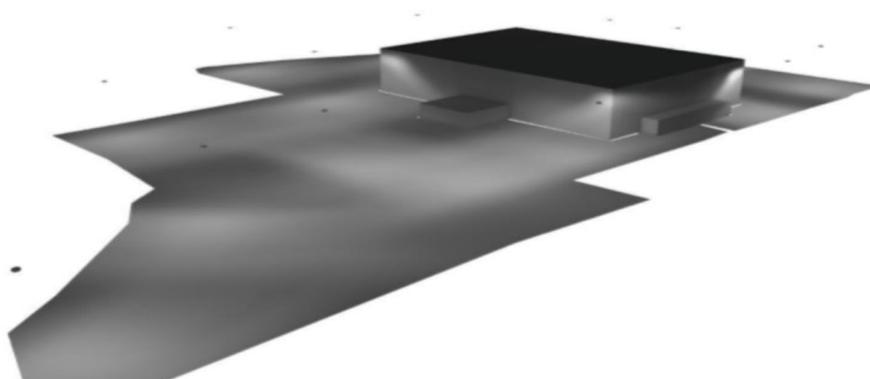


Рисунок 2.1 – Наружная сцена.

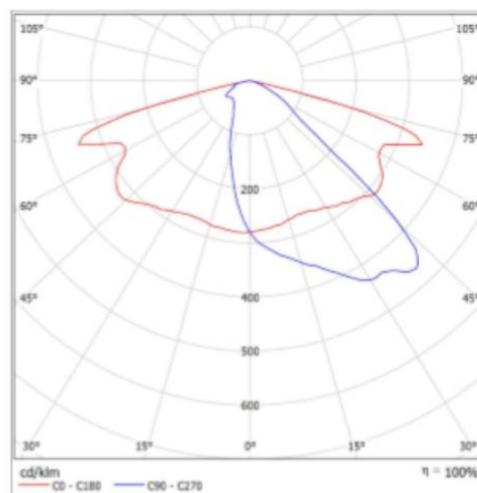
На втором этапе в программу загружается файл светильника взятый на сайте производителя.

Изображение светильников



Классификация светильников по CIE: 100
CIE Flux Code: 38 74 97 100 100

Место выхода света 1:



Из-за отсутствия свойств симметрии для этому светильнику невозможно представление таблицы UGR.

Рисунок 2.2 – Форма светодиодного светильника.

Светильники расставляются на наружной сцене. При этом учитывается расположение зеленых насаждений и малых архитектурных форм. В

результате к установке принято 13 светильников, расположенных по периметру наружной сцены на высоте 8,0 м от рабочей поверхности (уровень тротуара).

На третьем этапе программа производит расчет распределения света. Результат расчета представлен картой изолиний и 3d распределением освещенности.

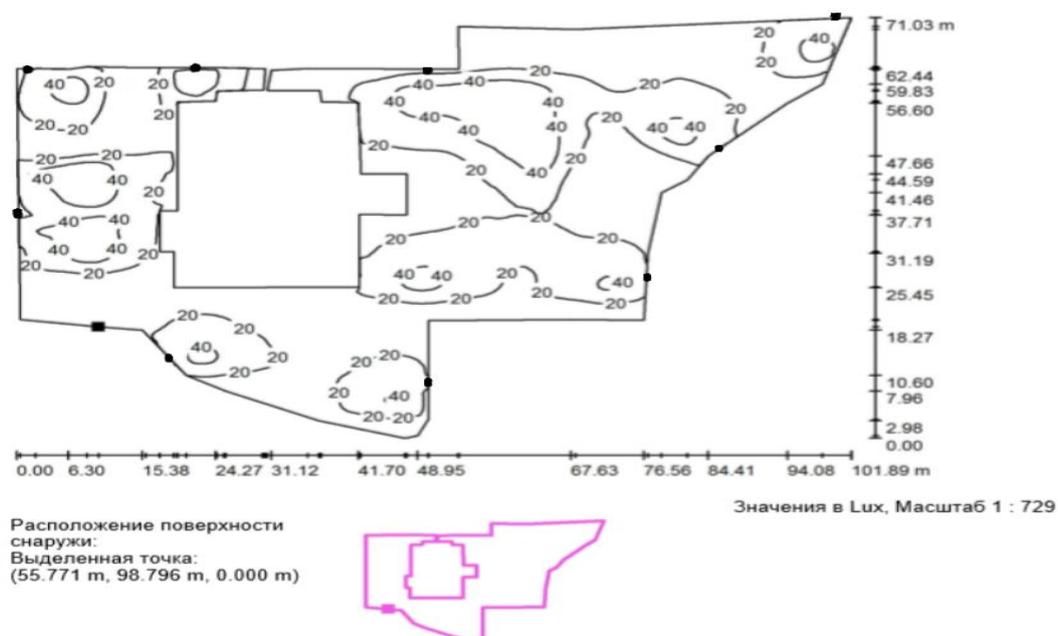


Рисунок 2.3- Наружная сцена изолинии.

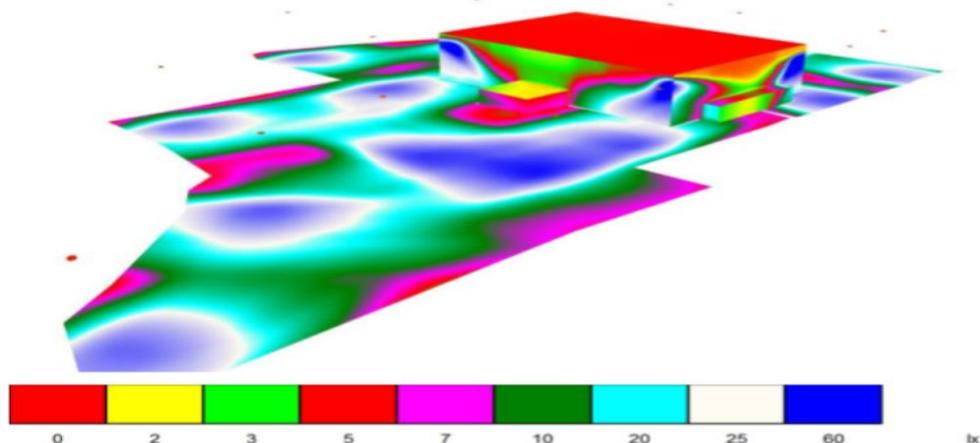


Рисунок 2.4 – Наружная сцена визуализация.

В соответствии с нормами СП 52.13330.2016 Освещение пешеходных пространств следует проектировать исходя из нормы средней горизонтальной освещенности $E_{\text{ср}}$ и равномерности ее распределения U_0 на дорожном покрытии. Основные объекты пешеходных пространств классифицируются и нормируются в соответствии с таблицей 7.21. Площадки перед входами культурно-массовых, спортивных, развлекательных и торговых объектов нормируют: $E_{\text{ср}}$, лк, не менее; E_0 , не менее. Для пешеходных улиц исторической части города среднее значение полуцилиндрической освещенности должно быть не менее 6,0 лк, а минимальное - 2,0 лк. Средняя освещенность $E_{\text{ср}}$ на покрытии тротуара, примыкающего к проезжей части улицы, дороги или площади, должна быть не менее половины средней освещенности на покрытии ближайшей к тротуару полосы движения. Равномерность освещенности на покрытии тротуара U_0 должна быть не менее 0,30. Энергетическую эффективность установки наружного освещения оценивают показателем относительной удельной мощности D_p .

Таблица 2.1 – Показатели освещённости

	$E_{\text{ср}}$ [лк]	E_{min} [лк]	E_{max} [лк]	$E_{\text{min}}/E_{\text{ср}}$	$E_{\text{min}}/E_{\text{max}}$
Расчёт	22	7,51	58	0,34	0,078
Норма по СП 52.13330	20	не норм.	не норм.	0,30	не норм.
Условие выполнения нормы	Выполн.	-	-	Выполн.	-

Светильник для архитектурного освещения (декоративной подсветки фасада) выбирался из каталога того же производителя, что и светильник наружного освещения территории.

Светильник светодиодный архитектурного освещения серии LEADER LED 50 A30 3000K стационарный на полупроводниковых источниках света (производитель «Световые Технологии»), предназначен для общего

освещения фасадов зданий, административно-общественных и производственных помещений и рассчитан для работы в сети переменного тока 230-240 В ($\pm 10\%$), 50/60 Гц ($\pm 0,4\% \text{Гц}$). Светильник соответствует требованиям безопасности ТР ТС 004/2011 “О безопасности низковольтного оборудования”, ТР ТС 020/2011 “Электромагнитная совместимость технических средств”. Светильник устанавливается на опорную поверхность с помощью лиры.



Рисунок 2.5 - Архитектурное освещение фасадов.

Светильники архитектурного освещения монтируются на консольных кронштейнах длиной 1,0 м по периметру здания. Высота установки +8,000 м. По фасаду А-Е расположено 10 светильников, по фасаду 1-6 расположено 4 светильника. Суммарное количество светильников – 28 шт.

2.3 Программа управления и расчёт мощности освещения

Питание наружного и фасадного освещения осуществляется от общего щита ШУНО (шкаф управления наружным освещением), установленного в помещении электрощитовой. Шкаф выполнен на базе металлического корпуса ЩМП-2-0 36 УХЛЗ размером 500x400x150 навесного исполнения. Аппараты защиты, управления и коммутации размещены внутри шкафа на

монтажной рейке (DIN) L= 150 мм. Шкаф поставляется на место монтажа комплектно и готов к подключению в сеть.

Управление фасадным и наружным освещением совмещенное и осуществляется по двум управляющим воздействиям – по времени и по уровню естественной освещенности. Управление по времени выполнено на базе цифрового таймера TO15-16/230. Управление по уровню естественной освещенности осуществляется по сигналу от фотореле ФР-601, установленного на кровле здания. При необходимости работы в дневное время освещение может быть переведено в ручной режим работы. Так же имеется возможность принудительно отключить освещение независимо от работы автоматической системы. Данные переключения осуществляются переключателем SA1 на дверце шкафа ШУНО.

В соответствии с техническим заданием проектом предусмотрено применение силовых кабелей из ПВХ пластика не распространяющим горение и с пониженным дымовыделением на напряжение 1 кВ. Марка кабеля ВВГнг(А)-LS.

Жила – медная, круглой формы. Изоляция – из поливинилхлорида не распространяющего горение с пониженным дымо- и газовойделением. Данный тип кабеля предназначен для передачи и распределения электрической энергии и электрических сигналов в стационарных установках при переменном и постоянном напряжении до 1 кВ. Кабель предназначен для вертикальных, наклонных и горизонтальных трасс. Технические и эксплуатационные характеристики применяемых кабелей соответствуют ГОСТ 31996-2012. Кабель не является опасным в экологическом отношении и специальных требований по утилизации кабелей при выводе из эксплуатации не предъявляется.

Сечения групповых линий, прокладываемых совместно в общем лотке приняты с учетом коэффициентов совместной прокладки (в коробках, на лотках и т.п.) и количества параллельно прокладываемых кабелей, лотков, коробов, в соответствии с требованием ГОСТ Р 50571.5.52-2011

“Электроустановки низковольтные. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки”. Для питания светильников архитектурного освещения кабель ВВГнг-LS 3x1,5 проложен в гофрированном металлорукаве по кровле и фасаду здания. Для питания светильников наружного освещения кабель ВВГнг-LS 3x1,5 прокладывается в траншее Т-1, в гибкой гофрированной трубе. Вход кабеля в опору осуществляется через смотровое окно, расположенное в закладной детали опоры. Для обслуживания каждого светильника в отдельности применяется соединительная коробка ЕКМ-2072-1D2-4-35.

Расчёт мощности наружного освещения ведётся по методике, приведённой в СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» (Актуализированная редакция СП 31-110-2003):

1) Установленная мощность наружного и фасадного освещения определяется по формуле:

$$P_{уст} = (P_{ном.н} * n_{св.н} + P_{ном.ф} * n_{св.ф}) / 1000 \quad (2.1)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность светильников, Вт

$n_{св.н}$ – количество светильников наружного освещения, шт

$n_{св.ф}$ – количество светильников фасадного освещения, шт

$$P_{уст} = (106,0 * 13 + 56,0 * 28) / 1000 = 1,379 \text{ кВт},$$

2) Расчётная мощность по шкафу ШУНО:

$$P_p = P_{уст} * K_c, \quad (2.2)$$

где K_c – коэффициент спроса

$$P_p = 1,379 * 1,0 = 1,379 \text{ кВт},$$

3) Расчетный ток:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} * U_{ном} * \cos \varphi}, \quad (2.3)$$

где $U_{ном} = 0,4$ кВ – номинальное напряжение

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности светильников (φ)

$$I_p = \frac{1,379}{\sqrt{3} * 0,4 * 0,98} = 2,03 \text{ А.}$$

Получившуюся мощность и ток необходимо учесть при расчёте силовых электрических нагрузок здания.

Таблица 2.2 – Результаты расчёта мощности наружного освещения

№	Наименование	Тип	Кол. групп	Руст, кВт	Рр, кВт	Ip, А
1	ШУНО	ЩМП-2-0 36 УХЛЗ IP31	6	1,38	1,38	2,03

3 Система рабочего и аварийного внутреннего освещения

3.1 Выбор источников света и светотехнический расчёт

По аналогии с расчётом наружного освещения для расчёта внутреннего освещения решено использовать программный комплекс “Dialux”. На первом этапе было выбрано наиболее характерное помещение, на примере которого в данной работе показан расчет. По остальным помещениям расчет будет проводиться аналогично. В качестве характерного помещения выбран зрительный зал (помещение № 102 по экспликации).

На втором этапе было решено создать новый проект интерьера в программном комплексе “Dialux”. В качестве нового проекта был выбран интерьер зрительного зала. В ходе работы в программе диалюкс ввели новое помещение согласно по параметрам помещения (длина, высота, ширина) после чего загружается DWG-файл планировки, затем смоделируем геометрию помещения согласно координатам помещения планировки. После обрабатывания геометрии помещения создаем модель сцены наклонного пандуса (амфитеатр) также вводим двери и окна по длине и ширине и расставляем детали интерьера.

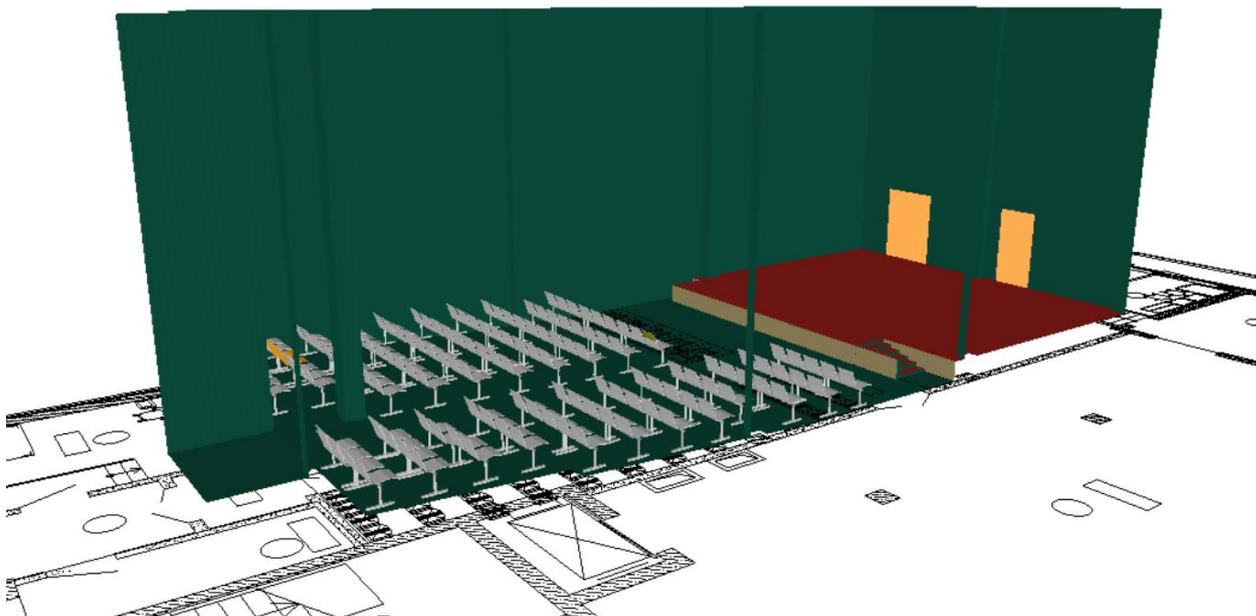


Рисунок 3.1 – 3D модель помещения зрительного зала

На третьем этапе в качестве сравнительных вариантов для внутреннего освещения зрительного зала были выбраны два светильника:

- ОПТИМА.ЕСО LED 595 IP40,54 производство компании “Световые технологии”;
- LED-PANEL 50010 - TLT Panel производство турецкой компании “Turk led Teknolojileri”;

При аналогичных технических характеристиках светильник ОПТИМА.ЕСО превосходит светильник LED-PANEL по соотношению цена качество.

Светильник светодиодный интерьерного освещения серии ОПТИМА.ЕСО LED 595 IP40,54 на полупроводниковых источниках света (светодиодах), предназначен для освещения помещений и рассчитан для работы в сети переменного тока 220В ($\pm 10\%$), 50Гц ($\pm 0,4$ Гц). Светильник не имеет выступающих элементов и винтов, создающих условия для скопления пыли. Поверхность светильника устойчива для обработки дезинфицирующими жидкостями, по периметру рамки рассеивателя закреплен силиконовый уплотнитель, обеспечивающий IP54. Качество электроэнергии должно соответствовать ГОСТ Р 52144-2013. Светильник соответствует требованиям безопасности ТР ТС 004/2011 “О безопасности низковольтного оборудования”, ТР ТС 020/2011. Светильник может быть установлен в нишу из нормально воспламеняемого материала. Светильники могут быть установлены в ячеистые и в подшивные потолки типа Армстронг. Светильник соответствует ГОСТ Р 56231-2014.

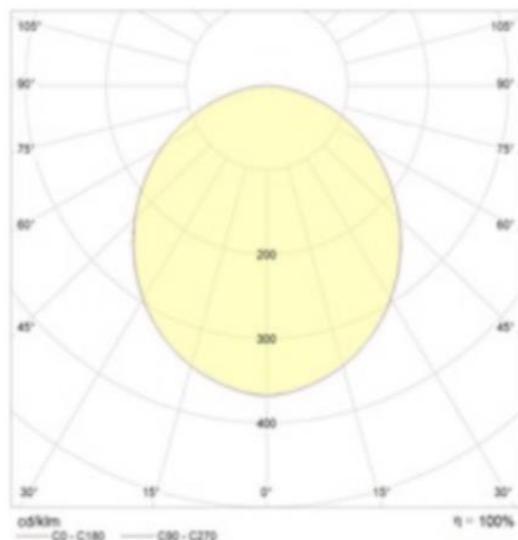


Рисунок 3.2 – Форма светодиодного светильника

На четвертом этапе надо было расставить светильники, запустить в программе расчет и вывести результаты:

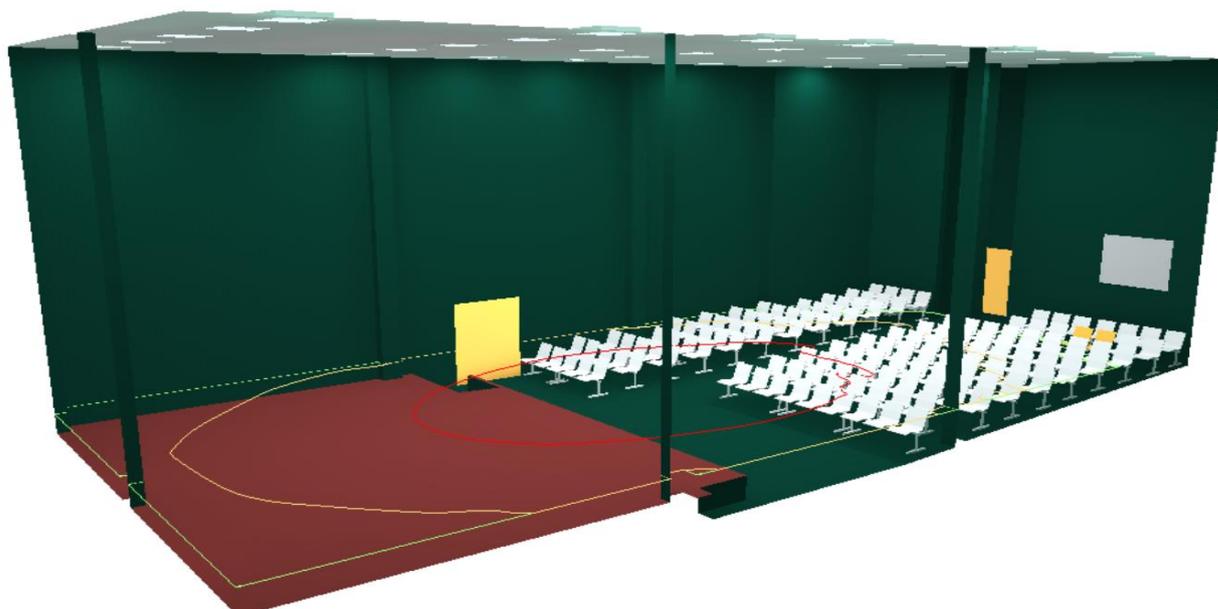


Рисунок 3.3 – Карта изолинии

После того как были расставлены светильники в программе был запущен расчет и выведен результат, на рисунке 3.3 отображается карта изолинии.

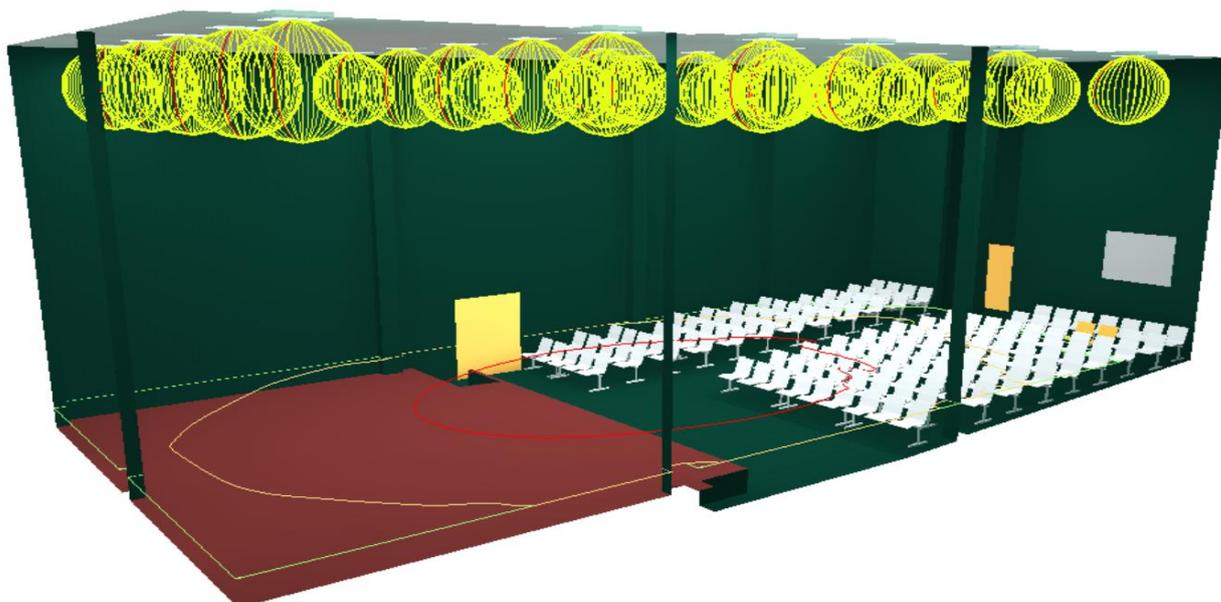


Рисунок 3.4 – 3D распределение света

После того как отображается карта изолинии выводится кривая сила света светильника, на рисунке видно что кривая сила света светодиодных светильников косинусная.

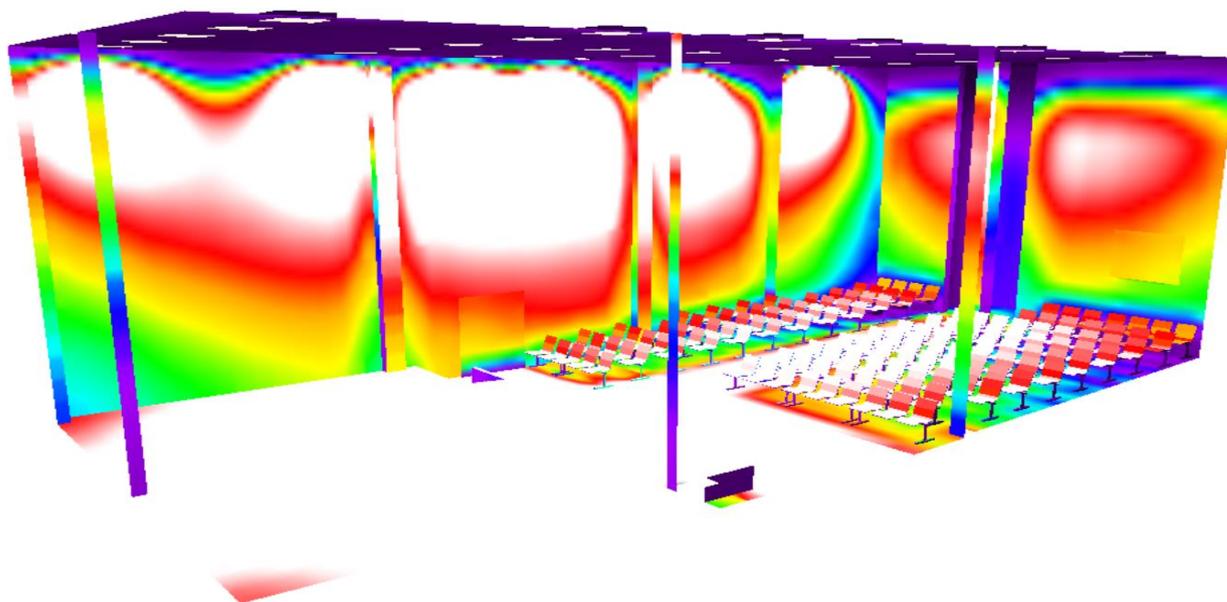


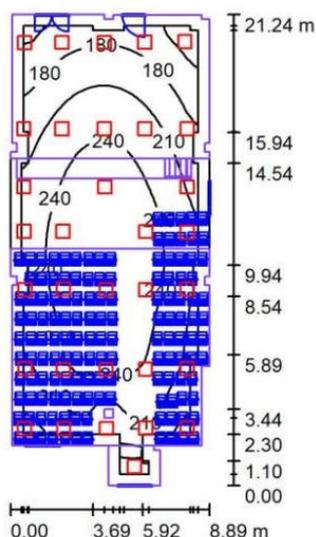
Рисунок 3.5 – Отображение фиктивных цветов

На рисунке отображается визуализация фиктивных цветов у которых номинальная мощность: белого цвета 120 lx , красного 100 lx, оранжевого 90

lx, желтого 80 lx, зеленого 70 lx, голубого 60 lx, синего 50 lx, фиолетового 40 lx и черного 0 lx.

Резюме расчёта представлено на рисунке 3.6. Для достижения нормируемой освещённости в 200 лк потребовалось установить 33 светильника.

Помещение 1 / Вывод результатов в один лист



Высота помещения: 7.700 m, Монтажная высота: 7.780 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:273

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	220	119	266	0.541
Полы (2)	15	174	46	214	/
Потолок	70	24	17	59	0.709
Стенки (34)	15	124	13	1433	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.500 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краевая зона: 0.500 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	33	LIGHTINGTECHNOLOGIES 1166000010 OPTIMA.OPL ECO LED 595 4000K (1.000)	2939	2939	28.0
			Всего: 96987	Всего: 96987	924.0

Удельная подсоединенная мощность: $5.31 \text{ W/m}^2 = 2.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 173.93 m^2)

Рисунок 3.6 – Резюме

По остальным помещениям расчет произведен аналогично, а результаты занесены в ведомость.

Таблица 3.1 – Ведомость светотехнического расчёта

№ по эксп.	Наименование помещения	Площадь, S, м ²	Светильник		Енорм. лк	Еср. лк
			Тип	Кол.		
1	2	3	4	5	6	7
001	Библиотека	182,43	ECO LED 595	28	300	317
002	Закрытый фонд хранения	13,95	ECO LED 595	1	75	81
003	Вестибюль	65,54	ECO LED 595	8	150	176
004	Тамбур	7,26	ECO LED 595	1	75	82
005	Кабинет	14,69	ECO LED 595	4	300	337
006	Зона гардероба	8,48	ECO LED 595	1	75	80
007	Коридор	12,8	ECO LED 595	2	75	91
008	КУИ	4,07	DROP LED 9	1	75	79
009	С.у. МГН	6,82	DROP LED 9	2	75	102
010	С.у.	10,40	DROP LED 9	3	75	112
011	Электрощитовая	6,61	ECO LED 595	1	75	97
012	ИТП	17,68	ECO LED 595	3	200	209
013	Резерв	37,13	ECO LED 595	4	75	150
014	Венткамера	69,8	ECO LED 595	6	75	200
015	Технический подвальный	76,84	ECO LED 595	4	200	280
016	Насосная пожаротушения,	16,71	ECO LED 595	3	200	240
017	Насосная	13,4	ECO LED 595	2	200	220
018	Тамбур	4,74	ECO LED 595	1		
019	Инвентарная	3,71	ECO LED 595	1	75	85
101	Вестибюль	182,69	ECO LED 595	15	115	250
102	Зрительный зал	173,84	ECO LED 595	33	200	220
103	Склад бутафории и вата	19,59	ECO LED 595	2	75	95
104	Артистическая уборная	10,1	ECO LED 595	2	150	180
105	Артистическая уборная	9,98	ECO LED 595	2	150	160
106	Коридор	6,55	ECO LED 595	1	75	100
107	Коридор	17,98	ECO LED 595	2	75	95
109	С.у. женский	9,62	DROP LED 9	4	75	85
110	С.у. мужской	6,50	DROP LED 9	3	75	80
111	С.У. МГН	5,06	DROP LED 9	2	75	80
112	КУИ	3,28	ECO LED 595	1		
113	Гардеробная	23,6	ECO LED 595	2	75	80
114	Аппаратная	17,05	ECO LED 595	2	150	180
115	Тамбур	5,64	ECO LED 595	2	75	80
116	Комната хранения	7,03	ECO LED 595	1	75	85

	осного оборудования					
117	Лестничная клетка	17,98	BAT LED UNI 1500	4	75	80
118	Коридор	12,50	ECO LED 595	2	75	85
119	Подсобное помещение	14,21	ECO LED 595	2	75	90
120	Кабинет заведующего	17,81	ECO LED 595	4	300	320
121	Тамбур	9,9	ECO LED 595	1		
122	Тамбур	9,9	ECO LED 595	1		
123	Кабинет завхоза	17,00	ECO LED 595	4	300	320
201	Фойе	61,39	ECO LED 595	7	150	180
202	Кружок	49,32	ECO LED 595	9	300	320
203	Коридор	17,98	ECO LED 595	2	75	85
204	Венткамера	35,46	ECO LED 595	4	200	230
205	С.У.	3,68	DROP LED 9	2	75	85
206	С.У. МГН	5,06	DROP LED 9	2	75	80
207	Гардеробная МГН	4,00	ECO LED 595	1	75	90
208	Гардеробная м.	9,30	ECO LED 595	2	75	85
209	Гардеробная ж.	15,7	ECO LED 595	2	75	85
210	Универсальный зал для в и хореографии	77,25	ECO LED 595	9	200	230
211	Зона безопасности МГН	10,54	ECO LED 595	1	75	90
212	Коридор	13,02	ECO LED 595	2	75	85
213	Методический кабинет	18,8	ECO LED 595	3	300	320
214	Коридор	19,17	ECO LED 595	1		
215	Кружок	35,46	ECO LED 595	6	300	330
216	Лестничная клетка	5,28	BAT LED UNI 1500	4	75	80
217	Коридор	25,89	ECO LED 595	1		
218	КУИ	4,41	ECO LED 595	1	75	90

3.2 Расчёт мощности освещения

Светильники смонтированы в ячейках подвесного потолка «Грильято» и «Армстронг», закреплены к потолку на дюбелях. Так же в системе рабочего освещения предусмотрены светильники установленные на фасаде здания над выходами.

Система аварийного освещения объекта «Дом культуры в с. Соловьевка Корсаковского городского округа» выполнена совместно с

системой рабочего освещения на тех же типах светильников. Согласно классификации в соответствии с п.4.1 ГОСТ Р 55842-2013 система аварийного освещения включает в себя эвакуационное освещение, включающее освещение путей эвакуации из здания (коридоры и лестничные клетки) и антипаническое освещение (в помещениях в площадью более 60 м.кв). Нормы освещённости при работе системы аварийного освещения приняты не менее указанных в таблице 1 ГОСТ Р 55842-2013. Светильники системы аварийного освещения получают питание по I категории электроснабжения от собственного шкафа - ЩАО.

Мощность системы аварийного освещения по щитам (ЩАО-1) составляет 1,13 кВт; коэффициент спроса согласно СП принят $K_c=1$.

Светильники рабочего освещения разбиты на группы, которые получают питание от щитов ЩО. Всего щитов рабочего освещения 3 шт на здание (ЩО-1.1; ЩО-1.2; ЩО-2). Расчёт по щитам ведётся по следующей методике:

1) Установленная мощность по щиту

$$P_{уст1} = \sum P_{ном} \quad (3.1)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность светильников, Вт

2) Расчётная мощность по щиту

$$P_{p1} = K_c * P_{уст1} \quad (3.2)$$

где K_c – коэффициент спроса

3) Расчетный ток по щиту

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} * U_{ном} * \cos \varphi}, \quad (3.3)$$

где $U_{\text{ном}} = 0,4$ кВ – номинальное напряжение

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности светильников (φ)

4) Расчетная мощность рабочего освещения здания

$$P_{\text{осв.}} = P_{\text{ав.}} + K_c * (P_{\text{р.1}} + P_{\text{р.2}} + P_{\text{р.3}}) \quad (3.4)$$

где $P_{\text{ав.}}$ – мощность аварийного освещения, кВт

K_c – коэффициент спроса для освещения на шинах ВРУ – 0,4

$P_{\text{р}}$ – расчётная мощность по щитам ЩО, кВт

Результаты расчётов занесены в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Результаты расчёта мощности внутреннего освещения

№	Наименование	Тип	Кол. групп	Р _{уст} , кВт	Р _р , кВт	І _р , А
1	ЩАО	ЩРВ-12з-3 36 УХЛЗ ІР31	5	1,13	1,13	1,86
2	ЩО – 1.1	ЩРВ-12з-3 36 УХЛЗ ІР31	9	1,85	1,85	3,05
3	ЩО – 1.2	ЩРВ-12з-3 36 УХЛЗ ІР31	9	1,89	1,89	3,12
4	ЩО – 2	ЩРВ-12з-3 36 УХЛЗ ІР31	7	1,89	1,89	3,12

Результаты расчёта необходимо учесть при расчёте силовых электрических нагрузок здания.

4. Расчёт силовых нагрузок здания

Расчёт нагрузок силового оборудования ведётся в соответствии с методикой, приведённой в п.7.2 «Нагрузки общественных зданий» СП 256.1325800.2016.

1) Расчёт нагрузок линий, питающих розетки (п.7.2.4) $P_{р.р}$ кВт, следует определять по формуле

$$P_{р.р} = K_{с.р} * P_{у.р} * n, \quad (4.1)$$

где $K_{с.р}$ – расчетный коэффициент спроса, принимаемый по таблице 7.7;

$P_{у.р}$ - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт

n – число розеток

2) Расчёт нагрузок линий, питающих постановочное освещение и кинотехнологическое оборудование (п.7.2.3 и п.7.2.14)

Коэффициент спроса для расчета электрических нагрузок линий, питающих постановочное освещение в залах, клубах и домах культуры, следует принимать равным 0,35 для регулируемого освещения эстрады и 0,2- для нерегулируемого. В расчетную электрическую нагрузку кинотехнологического оборудования конференц-залов и актовых залов следует включать мощность одного наибольшего кинопроекторного аппарата с его выпрямительной установкой и мощность работающей звукоусилительной аппаратуры с коэффициентом спроса, равным 1. Если в кинопроекторной установлена аппаратура для экрана нескольких форматов, то в расчетную электрическую нагрузку должна включаться аппаратура наибольшей мощности.

$$P_{р.с} = K_c * P_{пост} + K_c * P_{кто}. \quad (4.2)$$

где $P_{пост}$ – мощность постановочного освещения

$P_{\text{кто.}}$ – мощность кинотехнологического оборудования;

K_c – расчетный коэффициент спроса;

3) Расчёт нагрузок линий, питающих инженерные системы здания.

К основным потребителям электроэнергии относятся общеобменная вентиляция и кондиционеры. Расчётная мощность систем:

$$P_{\text{р.ис}} = \sum_1^n P_{\text{уст}} * K_c \quad (4.3)$$

где $P_{\text{уст}}$ – установленная мощность систем вентиляции

K_c – коэффициент спроса, определяется по прим.3 к табл.7.11

При расчёте установленной мощности суммируются мощности отопительных систем и кондиционеров отдельно, так как эти системы не работают одновременно. В расчёт принимается большее по величине значение.

4) Расчёт нагрузок противопожарного оборудования в режиме «Пожар»

Согласно п. 7.1.9 мощность насосной станции пожаротушения и системы противодымной вентиляции при расчете общей мощности не учитываются. Для СПЗ мощность рассчитана в режиме «Пожар», K_c принят равным 1,0.

$$P_{\text{р.пт}} = \sum_1^n P_{\text{уст}} \quad (4.4)$$

где $P_{\text{уст}}$ – установленная мощность систем пожаротушения

5) Расчёт реактивной нагрузки, коэффициента активной и реактивной мощности.

Реактивная мощность определяется по коэффициенту $\text{tg } \varphi$

$$Q_p = P_p * \text{tg } \varphi \quad (4.5)$$

где P_p – расчетная мощность нагрузки

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, определяется по формуле (4.6)

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} (\arccos \varphi) \quad (4.6)$$

б) Расчёт нагрузок ввода

Активная мощность на вводе в ВРУ:

$$P_{p.вв} = \sum_1^n P_p * K = (P_{p.p.} + P_{p.c.} + P_{p.ис.}) * K \quad (4.7)$$

где $P_{p.p.}$ – расчетная активная мощность розеточной сети;

$P_{p.c.}$ – расчетная активная мощность сценического освещения и оборудования;

$P_{p.ис.}$ – расчетная активная мощность инженерных систем;

K – коэффициент одновременности участия в максимуме нагрузки, определяется по табл.7.11

Реактивная мощность на вводе в ВРУ:

$$Q_{p.вв} = \sum_1^n Q_p * K = (Q_{p.p.} + Q_{p.c.} + Q_{p.ис.}) * K \quad (4.8)$$

где $Q_{p.p.}$ – расчетная реактивная мощность розеточной сети;

$Q_{p.c.}$ – расчетная реактивная мощность сценического освещения и оборудования;

$Q_{p.ис.}$ – расчетная реактивная мощность инженерных систем;

K – коэффициент одновременности участия в максимуме нагрузки, определяется по табл.7.11

Средний коэффициент реактивной мощности:

$$\operatorname{tg} \varphi_{p.вв} = \frac{Q_{p.вв}}{P_{p.вв}} \quad (4.9)$$

Полная мощность:

$$S_{p.вв} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (4.10)$$

Ток расчетный:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} * U_{ном} * \cos \varphi_p} \quad (4.11)$$

Результаты расчётов сведены в таблицу силовых нагрузок.

Таблица 4.1 – Силовые нагрузки

№	Потребитель	Кол. N, шт	Rном кВт	Руст кВт	Кс/Ки	cos	tg	Рр кВт	Qр кВАр	Sp кВА	Ip А
1	Группа розеток пом. 009, 010	-	0,06	4,94							
2	Группа розеток пом. 008	-	0,06	2,47							
3	Группа розеток пом.003	-	0,06	1,87							
4	Группа розеток пом.005	-	0,06	1,41							
5	Уст.повыш.дав.пом.017	1	1,20	1,20							
6	Насос погруж. ГНОМ16 пом.012, 016	2	0,72	1,44							
7	Группа розеток пом.001,002,019	-	0,06	4,31							
8	Группа розеток пом.001	-	0,06	1,41							
	Итого ЩС-1.1		0,06-1,20	19,05	0,4	0,94	0,36	7,62	2,74	8,10	11,7
1	Группа розеток пом.114,120	-	0,06	2,83							
2	Группа розеток пом.123	-	0,06	1,41							
3	Группа розеток пом.119	-	0,06	0,33							
4	Группа розеток пом.111,112	-	0,06	3,53							
5	Группа розеток пом.110,109	2	2,47	4,94							
6	Группа розеток пом.105,104	2	2,12	4,24							
	Итого ЩС-1.2		0,06-2,47	19,4	0,4	0,94	0,36	7,76	2,79	8,25	11,9
1	Группа розеток пом.213,215,210	3	2,85	8,55							

2	Группа розеток пом.209	-	0,06	2,45							
3	Группа розеток пом.208,207,218	3	1,79	5,37							
4	Группа розеток пом.205,206	-	0,06	2,28							
5	Группа розеток пом.202	-	0,06	0,11							
6	Питание водост.воронки	1	0,07	0,07							
	Итого ЩС-2		0,06-2,85	14,19	0,4	0,94	0,36	5,67	2,04	6,03	8,7
1	Кинопроекторное оборудование	1	9,6	9,6							
2	Сценическое освещение	4	5	20							
3	Подъемник для МГН	1	0,37	0,37							
	Итого ЩСО		0,37-9,6	29,97	0,35	0,95	0,33	10,49	3,46	11,05	15,9
1	Приточный вентилятор пом. 014,204	2	2,58	5,16							
3	Конденсаторный блок (кровля)	1	0,52	0,52							
3	Вытяжной вентилятор пом.201	1	0,19	0,19							
	Итого ЩВП		0,19-2,58	5,87	0,8	0,88	0,54	4,69	2,54	5,34	7,7
1	Приточно-вытяжн. установка пом. 014	1	8,47	8,47							
2	Вытяжной вентилятор пом. 203, 205	2	0,82	1,64							
3	Вытяжной вентилятор пом. 204	1	0,14	0,14							
4	Вытяжной вентилятор пом. 119	1	0,1	0,1							
5	Вытяжной вентилятор пом. 205	1	0,2	0,2							
6	Вытяжной вентилятор пом. 207	1	0,1	0,1							
	Итого ЩВВ		0,1-8,47	10,65	0,8	0,91	0,46	8,52	3,92	9,38	13,5

1	Щит дымоудаления	1	14,3	14,3							
2	Прибор пожарной сигнализации	1	0,05	0,05							
3	Щкаф управления насосной станцией автоматического пожаротушения	1	2,2	2,2							
	Итого ППУ		0,05-14,3	16,55	1,0	0,95	0,33	16,55	5,46	17,43	25,2
	Щит ЩАО	1	-	1,13	1,0	0,95	-	1,13	-	-	1,86
	Щит ЩО – 1.1	1	-	1,85	1,0	0,95	-	1,85	-	-	3,05
	Щит ЩО – 1.2	1	-	1,89	1,0	0,95	-	1,89	-	-	3,12
	Щит ЩО - 2	1	-	1,89	1,0	0,95	-	1,89	-	-	3,12
	Щит ЩУНО	1	-	1,38	1,0	0,95	-	1,38	-	-	2,03
	ИТОГО по ВРУ		-	123,82	0,42	0,95	0,33	52,89	17,49	55,70	85,30

5. Выбор кабельной продукции и электрощитового оборудования

5.1. Выбор марки и сечения кабелей

Для наружных сетей применяется кабель ВВГнг(А)-LS, его описание и характеристики приводятся в разделе наружного освещения территории.

Для внутренних сетей общего назначения применяется кабель ППГнг(А)-HF, токопроводящая жила – медная однопроволочная и многопроволочная, класса 1 или 2 по ГОСТ 22483, а для систем противопожарной защиты и аварийного освещения кабель ППГнг(А)-FRHF, он отличается огнестойким исполнением, время работы в условиях пожара составляет не менее 1 часа, также аналогично бывает однопроволочной и многопроволочной. Изоляция – из термопластичной полимерной композиции, не содержащей галогенов, изоляция нулевых жил голубого (светло-синего цвета). Изоляция жил заземления имеет двухцветную (зелено-желтую) расцветку, Изолированные жилы одножильных кабелей могут быть любого цвета. Скрутка – изолированные жилы скручены в сердечник, внутренняя оболочка – из полимерной композиции, не содержащей галогенов, термический барьер (с токопроводящими жилами сечением от 50 мм²), наружная оболочка – из полимерной композиции, не содержащий галогенов.

Расшифровка кабеля ППГнг(А)-HF:

П - изоляция из полимерной композиции

П - оболочка из полимерной композиции

Г - без защитного покрова

нг(А) - не распространяет горение при групповой прокладке по категории А

HF - не выделяет коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении.

Расшифровка кабеля ППГнг(А)-FRHF:

П - изоляция из полимерной композиции

П - оболочка из полимерной композиции

Г - без защитного покрова

нг(А) - не распространяет горение при групповой прокладке по категории А

FR - огнестойкий

HF - не выделяет коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении.

Область применения кабелей:

Кабели предназначены для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках при номинальном переменном напряжении 0,66 и 1 кВ частотой до 50 Гц. Кабели предназначены для эксплуатации в электрических сетях переменного напряжения с заземленной или изолированной нейтралью, в которых продолжительность их работы в режиме однофазного короткого замыкания на землю не превышает 8 ч, а общая продолжительность работы в режиме однофазного короткого замыкания на землю не превышает 125 ч за год, они предназначены для прокладки без ограничения в помещениях и кабельных сооружениях при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации.

Для групповой сети сечения приняты:

- для сети освещения – не менее 1,5 мм²
- для розеточной сети – не менее 2,5 мм²

Для распределительной сети сечения приняты согласно ПУЭ по длительно допустимому току. Значение длительно допустимого тока приняты по ГОСТ 31996-2013 в соответствии с таблицей 19 для многожильных кабелей при переменном токе.

Условие проверки по длительно допустимому току

$$I_p \leq I_{д.д.} \quad (5.1)$$

где I_p – расчётный ток линии, А

$I_{д.д.}$ – длительно допустимый ток кабеля, А

Условие проверки по потере напряжения в конце линии

$$\Delta U \% \leq 5 \% \quad (5.2)$$

где $\Delta U \%$ - расчетное значение потерь напряжения, определяется по формуле (5.3)

$$\Delta U \% = \left(\frac{P_p (r_0 + \operatorname{tg} \varphi * X_0) * l}{n_{\text{каб.}} * U_{\text{ном.}}^2} \right) * 100 \% \quad (5.3)$$

где r_0 – активное погонное сопротивление кабеля, Ом/км

X_0 – реактивное погонное сопротивление кабеля, Ом/км

L – длина линий, км

$n_{\text{каб.}}$ – количество параллельных кабелей

В соответствии с гл.5.2 пункт 5.2.4 РД 34.20.185-95 потери напряжения в нормальном режиме в сетях 0,4 кВ не должны превышать 5%.

Данные по кабелям приведены в кабельном журнале.

Таблица 5.1 – Кабельный журнал распределительной сети

Маркировка кабеля	Трасса		Кабель					
	Начало	Конец	по проекту			проложен		
			Марка	Кол-во кабелей и сечение жил	Длина, м	Марка	Кол-во кабелей и сечение жил	Длина, м
<u>Вводно-распределительный щит ВРУ</u>								
М1-ф.1	ВРУ авт.1	ЩО-1.1	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x6	30,3			
М1-ф.1/1		ЩО-1.1	ЩО-1.2	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x4	5,0		
М1-ф.2	ВРУ авт.2	ЩО-2	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x4	34,4			
М1-ф.3	ВРУ авт.3	ЩС-1.1	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x10	32,6			
М1-ф.4	ВРУ авт.4	ЩС-1.2	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x10	35,6			
М1-ф.5	ВРУ авт.5	ЩС-2	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x10	38,7			
М1-ф.6	ВРУ авт.6	ЩВП	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x10	18,8			
М1-ф.6/1		ЩВП	ЩВВ	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x6	5,0		
М1-ф.8	ВРУ авт.8	ЩУНО	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x4	5,0			
М1-ф.9	ВРУ авт.9	ЩСО	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x25	51,6			

М1-ф.12	ВРУ авт.12	ИБП	ППГнг(А)-HF	1 каб. 5x10	5,0			
<u>Панель противопожарных устройств ППУ</u>								
П1-Гр.1	ППУ авт.1	ЩАО	ППГнг(А)-FRHF	1 каб. 5x2,5	5,0			
П1-Гр.2	ППУ авт.2	ЩДУ	ППГнг(А)-FRHF	1 каб. 5x6	44,0			
П1-Гр.3	ППУ авт.3	ППС	ППГнг(А)-FRHF	1 каб. 3x2,5	41,1			
П1-Гр.4	ППУ авт.4	ШУ-НСПТ	ППГнг(А)-FRHF	1 каб. 5x2,5	10,0			
П1-Гр.5	ППУ авт.5	ШУ-Л	ППГнг(А)-FRHF	1 каб. 3x2,5	42,1			

5.2. Выбор электрощитового оборудования

Питание групповой сети осуществляется от групповых щитов производства «ИЭК» ЩРВ-12з-3 36 УХЛЗ IP31, корпуса встраиваемых щитов распределения ЩРВ и ЩРН – распределительные щиты для установки распределительного модульного оборудования, способ установки щитов встраиваемые или навесные, предназначенные для сборки распределительных электрощитов с использованием модульной аппаратуры, для ввода и распределения электроэнергии, а также для защиты сетей напряжения 230/400 В от токов перегрузки и короткого замыкания. Повышенная антикоррозийная стойкость, высококачественное наружное покрытие, высокий уровень электробезопасности, защитная оперативная панель, исключающая поражение током в ходе эксплуатации готового изделия, оцинкованная рейка для крепления шин N и PE. Для защиты групповых линий от КЗ и перегрузок в проекте применяются автоматические выключатели марки ВА 47-29, тип характеристики срабатывания которых «С» (5-10Inom) предназначены для защиты цепей с активной и индуктивной нагрузкой с низким импульсным током (используется в 90% случаев при установке в квартиры и жилые помещения). Автоматические выключатели предназначены для использования в одно или трехфазной электрической сети 230 и 400 В в системе электроснабжения с заземленной нейтралью частотой 50 Гц. Выключатели выполняют функции автоматического отключения электроустановки при появлении сверхтоков перегрузки или короткого замыкания. Основная область применения выключателей:

- распределительные щиты (РЩ)
- групповые щитки (квартирные и этажные)
- отдельные потребители электроэнергии.

Применение выключателей в распределительных устройствах жилых и общественных зданий, в электроустановках с системами заземления TN-S, TN-C-S, TN-C регламентируется ГОСТ Р 51628-2000. Для розеточной сети так же выполнена защита от токов утечки на землю при помощи дифференциальных автоматов марки АД12, конструкция дифференциального автомата АД12 представляет собой соединение двух функциональных узлов: электронный модуль дифференциальной защиты и автоматический выключатель. Электронный модуль состоит из дифференциального трансформатора тока, электронного усилителя с пороговым устройством, исполнительного электромагнита сброса и источника питания. Монтаж дифференциального автомата производят на 35 мм монтажную DIN-рейку. Быстродействующие защитные выключатели АД12 обеспечивают исполнение с уставками срабатывания 10 и 30 мА - защиту людей от поражения электрическим током при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования, в исполнении с уставкой срабатывания 100 и 300 мА – защиту от пожара из-за возгорания изоляции токоведущих частей. Обеспечивает защиту от перегрузки и короткого замыкания, защиту от недопустимого повышения напряжения сети. АД12 сохраняет работоспособность при снижении напряжения электрической сети до 50 В.

Электроснабжение групповых щитов осуществляется от проектируемого вводно-распределительного щита ВРУ1-24-50А УХЛ4 производства «СтандартЭнерго», вводно-распределительные устройства ВРУ устанавливаются в жилых и общественных зданиях, предназначены для приема, распределения и учета электроэнергии в сетях 380/220В трехфазного переменного тока частоты 50 Гц в сетях с глухозаземлённой нейтралью, а также для защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях. Вводно-распределительные устройства комплектуются из панелей одностороннего обслуживания и могут быть однопанельными и многопанельными. В проекте применяется однопанельное устройство на базе щита 1700x800x450 мм. Вид

климатического исполнения УХЛ4 по ГОСТ 15150-69. Установленный срок службы ВРУ до замены – не менее 25 лет, с возможной заменой отдельных комплектующих. Вводно-распределительные устройства ВРУ-1 соответствуют ГОСТ Р 51321. 1-2000, ТУ 3434-001-95246270-2006, расположенного в помещении электрощитовой. В проекте панель Вводно-распределительного устройства комплектуется:

- на вводе рубильником ВР-32 на 250 А и предохранителями типа ПН-2 160/100 А;
- на отходящих линиях автоматическими выключателями ВА 47-29 и ВА 47-100 с характеристикой расцепителя типа «С».

Питание электроприёмников систем противопожарной защиты (СПЗ) и иных потребителей I категории осуществляется при помощи отдельно стоящей панели противопожарных устройств. Панель ППУ производства «НИКОМ» выполнена в виде металлического щита имеющего противопожарные стенки, щит окрашен в красный цвет. Панель выбранного производителя сертифицирована в соответствии с требованиями СП 6.13130-2013. Электроснабжение панели ППУ осуществляется в нормальном режиме от ВРУ здания (М1-ф.12). Электроприёмниками СПЗ, получающих питание от ППУ являются система противодымной вентиляции, насосная станция пожаротушения, система управления огнезадерживающими клапанами общеобменной вентиляции, система пожарной сигнализации и оповещения людей о пожаре, а так же пассажирский лифт для МГН и пожарных подразделений. Кроме того от ППУ получает питание система аварийного освещения здания, кабельные линии от ППУ до электроприёмников систем противопожарной защиты прокладываются в отдельном металлическом лотке.

Все щиты выбраны из условия поставки на места монтажа в комплекте с предоставлением сертификата производителя на выпускаемую продукцию.

Ввиду отсутствия второго ввода в системе внешнего электроснабжения здания для питания особо ответственных потребителей (I категория надёжности электроснабжения) при отключении основного источника электроснабжения в качестве резервного предусмотрен источник бесперебойного питания (ИБП) мощностью 20 кВА. ИБП марки Hinet предназначен для обеспечения нагрузки стабилизированным питанием во всём диапазоне мощности независимо от состояния питания на входе ИБП. Благодаря наличию аккумуляторной батареи ИБП способен обеспечить питание потребителей даже при полном отключении внешнего питания на время не менее 1 часа.

Проектом предусмотрен ИБП марки HNLCD-33-2-4-2-1-0-0-0, ИБП серии L900Pro 3/3 – это высокотехнологичные трехфазные источники бесперебойного питания с двойным преобразованием напряжения, построенные по полностью цифровой технологии. ИБП рассчитаны на режим работы три фазы на входе / три фазы на выходе и обеспечивают безопасную и надежную защиту по энергоснабжению различных типов критичных нагрузок. Номинальная мощность моделей серии 10 кВА, 15 кВА, 20 кВА и 30 кВА. Выходное напряжение ИБП составляет 380 В, три фазы, мощность 20 кВА, встроенная АКБ, встроенные фильтры снижения гармоник, без преобразователя частоты и без дополнительных опций. ИБП размещается в электрощитовой, включен в сеть постоянно, имеет встроенный байпас для питания нагрузки потребителей I категории в нормальном режиме, а так же на время проведения регламентных работ по обслуживанию ИБП. Переключение байпаса возможно как в ручном (для проведения регламентных работ), так и в автоматическом (при исчезновении напряжения на входе) режимах.

6. Проектирование и расчет питающей сети

6.1. Выбор исполнения сети и трассы

Питающей сетью является сеть от источника электроснабжения до ВРУ проектируемого здания. В соответствии с техническими условиями № 3-10/113-Б (приложение к договору № 21460-20/19) на технологическое присоединение к электрическим сетям от 4.03.2019 г., выданным ПАО «Сахалинэнерго» источником электроснабжения для объекта "Дом культуры в с. Соловьевка Корсаковского городского округа", является РУ-0,4 кВ КТП 271. Уровень напряжения в точке присоединения составляет 0,4 кВ.

Согласно пункта 11.1 Технических условий № 3-10/113-Б питающая сеть должна быть выполнена воздушной линией вдоль улицы Лесная. В связи с расположением электрощитовой с противоположной от улицы стороны здания, а так же чтобы не нарушать архитектурный облик, принято решение проложить воздушную линию ВЛИ-0,4 кВ до границы земельного участка с выполнением кабельной вставки 0,4 кВ от последней опоры ВЛИ до ввода в здание.

Для воздушной линии применяется самонесущий провод марки СИП-2А сечением 50 мм.кв для фазной жилы и 70 мм.кв. для несущей нулевой жилы. Сечение провода выбрано по длительно допустимому току (формула 5.1) и проверено по потерям напряжения в конце линии (формула 5.2).

$$I_p \leq I_{д.д}$$

$$85,3A \leq 130A$$

$$\Delta U\% \leq 5 \%$$

$$1,62 \% \leq 5 \%$$

СИП-2А 3x50+1x70 - провод самонесущий с тремя фазными изолированными алюминиевыми жилами сечением 50 мм², и одной нулевой изолированной несущей жилой из алюминиевого сплава, сечением 70 мм².

Климатическое исполнение провода самонесущего СИП-2А 3х50+1х70 происходит в первой, второй и третьей категории размещения по ГОСТ 15150-69, допускается возможность использования в условиях холодного и умеренного климата, минимальная температура эксплуатации, которой составляет -60° , а максимальная температура эксплуатации $+50^{\circ}$.

Монтаж самонесущего провода СИП-2А 3х50+1х70 производится при температуре не ниже -20° , расчетная масса провода СИП-2А 3х50+1х70 составляет 0,8 кг/м. Срок службы провода не менее 40 лет с даты изготовления, наружный диаметр самонесущего, изолированного провода СИП-2А 3х50+1х70 составляет 35 мм. Допустимая токовая нагрузка провода СИП-2А 3х50+1х70 130 А, а допустимый ток короткого замыкания не более одной секунды, составляет 2,3 кА.

Активное сопротивление жил провода СИП-2А 3х50+1х70 1,54 Ом/км, и номинальное напряжение которого 1 кВ.

Конструкция провода СИП-2А 3х50+1х70:

- Фазная жила - алюминиевая многопроволочная, круглая уплотненная.
- Несущая жила - из алюминиевого сплава, многопроволочная круглая уплотненная.
- Изоляция - из светостабилизированного сшитого полиэтилена.
- Скрутка - фазные жилы скручены вокруг несущей нулевой жилы в правом направлении.

Самонесущий изолированный провод СИП-2А 3х50+1х70 предназначен для воздушных магистральных линий электропередачи номинальным напряжением до 1000 В частотой 50 Гц. Марка рекомендована для эксплуатации в промышленных зонах, на побережье соленых водоемов и морей.

Для кабельной вставки решено использовать кабель марки АПвБШвнг(А)-1 4х70(мс) – силовой, бронированный кабель с четырьмя алюминиевыми жилами сечением 70 мм² в многопроволочном сегментном

(секторном) исполнении по ГОСТ 22483-2012, с изоляцией из сшитого полиэтилена не распространяющего горение, в броне из двух стальных оцинкованных лент, в оболочке из ПВХ пластиката не распространяющего горение с низким выделением дыма. Кабель АПвБШвнг(А)-1 4х70(мс) изготавливается в соответствии с требованиями ГОСТ 31996-2012.

Расшифровка маркировки АПвБШвнг(А)-1 4х70(мс):

А- алюминиевая жила.

Пв - изоляция из сшитого полиэтилена

Б- Броня из двух стальных оцинкованных лент.

Шв - защитный шланг из ПВХ.

нг – не распространяет горение.

(А) - класс пожарной опасности.

1 – номинальное напряжение 1000 Вольт.

4 - количество токонесущих жил.

70 -сечение жил в мм².

(мс) – многопроволочная секторная жила.

Технические характеристики кабеля АПвБШвнг(А)-1 4х70(мс):

Вид климатического исполнения В, категория размещения 1-5 по ГОСТ 15150, температура эксплуатации которого составляет от -60 до +50°С. Монтаж кабеля АПвБШвнг(А)-1 4х70 без предварительного подогрева производится при температуре от -15 градусов, не распространяющее горение при групповой прокладке по категории (А).

Температура нагрева жил при эксплуатации не должна превышать 90 градусов, температура жил при токах короткого замыкания не должна превышать 250 градусов, продолжительность короткого замыкания не должна превышать 5 секунд. Предельная температура нагрева жил по условиям невозгорания составляет 400 градусов Цельсия.

Класс пожарной опасности негорючего кабеля АПвБШвнг(А)-1 4х70(мс) происходит по ГОСТ 31565-2012:П16.8.2.2.2. Срок службы бронированного кабеля АПвБШвнг(А)-1 4х70(мс) не менее 30 лет.

Допустимый ток при прокладке АПвБШвнг(А)-1 4х70(мс) на воздухе - 166 А, при прокладке в земле - 189 А, допустимый ток односекундного короткого замыкания – 3,7 кА, сопротивление километра жилы – 0,13 Ом, сечения применяемых в проекте кабелей выбраны с учётом длительно допустимых токов и допустимых ГОСТ 32144-2013 отклонений напряжения в конце кабельной линии. Кабельные линии принятых в проекте сечений проверены на термическую стойкость к токам короткого замыкания и на невозгорание. Применяются для стационарной прокладки во внутренних электроустановках, а так же в зданиях, сооружениях и закрытых кабельных сооружениях. Допускается прокладка в земле (в траншеях) независимо от степени коррозионной активности грунта и вод. Кабель допускает прокладку на трассах без ограничения разности уровней.

6.2. Расчет ВЛИ по ветрогололёдной нагрузке

Поскольку объект расположен в сложной климатической зоне по ветрогололёдным нагрузкам на провода ВЛИ, типовые серии проектных решений не приводят сведений о допустимой величине монтажных пролётов. В связи с этим принято решение произвести расчёт удельной ветрогололёдной нагрузки при различной величине пролёта и сравнить полученные данные с допустимой нагрузкой на выбранную опору ВЛИ.

Согласно пункта 2.4.11 Правил устройства электроустановок «Климатические условия для расчета ВЛИ до 1 кВ в нормальном режиме должны приниматься как для ВЛИ до 20 кВ в соответствии с 2.5.38 - 2.5.74. При этом для ВЛИ до 1 кВ следует принимать при расчете по 2.5.52 $C_x = 1,1$ - для СИП, свободных или покрытых гололедом.»[1]

Расчёт удельных нагрузок провода СИП-2А для питающей воздушной одноцепной линии 0,4 кВ ведётся по следующей методике.

1) Расчётная нагрузка от массы провода определяется:

$$\gamma_1 = \frac{gM_0 \cdot 10^{-3}}{F} \quad (6.1)$$

где M_0 - погонная масса провода в кг/км;

F - сечение провода в мм²;

2) Расчётная нагрузка от массы выпавшего на проводе гололёда определяется:

Из пункта 2.5.40 ПУЭ выбираем значения ветрового давления и толщины стенки гололёда по приведённым картам для района Корсаковского г.о. – VI ветрогололёдный район.

$$b_r = b_{г.н} \left(\frac{0,83}{\sqrt[3]{0,1d_n}} + 0,17 \right) * \left(\lg \sqrt{7h_{ц.т.п}^n} \right)^2 \quad (6.2)$$

где $b_{г.н}$ - нормативное значение толщины стенки гололеда.

$$\gamma_2 = \frac{gg_0 \pi b_r (d + b_r) \cdot 10^{-6}}{F} \quad (6.3)$$

3) Расчётная нагрузка от суммы собственной массы провода и массы гололедных образований определяется:

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2 \quad (6.4)$$

4) Расчётная нагрузка от давления ветра на провод при условии отсутствия гололёдных образований. Расчетные значения скоростного напора ветра определяются:

$$q_v = q_{v.H} * \left(\lg \sqrt{10h_{Ц.Т.П}^{\Pi}} \right)^2 \quad (6.5)$$

где $q_{v.H} = 500$ Па – нормативное значение скоростного напора ветра;

$$\gamma_4 = \frac{\alpha k_l C_x k_q^h (q_v d) \cdot 10^{-3}}{F} \quad (6.6)$$

где α - коэффициент неравномерности распределения скоростного напора по пролету воздушной линии;

$C_x = 1,1$ – аэродинамический коэффициент или коэффициент лобового сопротивления, для проводов и тросов.

5) Расчётная нагрузка от давления ветра на провод с учётом гололёдных образований:

$$\gamma_5 = \frac{\alpha k_l C_x k_q^h \left(\frac{q_v}{4} \right) (d + 2b_r) \cdot 10^{-3}}{F} \quad (6.7)$$

6) Удельная суммарная нагрузка от массы провода и давления ветра без учёта гололедных образований определяется геометрическим сложением векторов указанных нагрузок (по правилу Пифагора):

$$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2} \quad (6.8)$$

7) Удельная суммарная нагрузка от массы провода, давления ветра и массы гололедных образований определяется аналогично предыдущему пункту:

$$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_3^2 + \gamma_5^2} \quad (6.9)$$

Расчёт произведён для пяти различных значений длины монтажного пролёта. Для силовой сети решено применить опору граненую коническую силовую в фланцевом исполнении для подвески провода СИП. Марка опоры ОГКСф-1,3-8,0, с опорным фланцем 540 мм. Для установки опоры применить закладную деталь ФБ-0,325-3,0 (для концевых и анкерных типов) и ФБ-0,325-2,5 (для промежуточного типа исполнения). Выбор производился на основании типовой серии 21.0112 «Стальные многогранные одноцепные опоры ВЛИ-0,38 кВ». Расчёт допустимого пролёта приведён в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Расчет опор и проводов

№ п/п	Наименование	Тип, значение				
		ОГКСф-1300-8,0	ОГКСф-1300-8,0	ОГКСф-1300-8,0	ОГКСф-1300-8,0	ОГКСф-1300-8,0
1	Тип опоры	ОГКСф-1300-8,0	ОГКСф-1300-8,0	ОГКСф-1300-8,0	ОГКСф-1300-8,0	ОГКСф-1300-8,0
2	Максимально допустимая нагрузка в верхней точке опоры, кг	1300	1300	1300	1300	1300
3	Тип и сечение провода	СИП-2А 3x50+1x70	СИП-2А 3x50+1x70	СИП-2А 3x50+1x70	СИП-2А 3x50+1x70	СИП-2А 3x50+1x70
4	Расчетный наружный диаметр провода, мм	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
5	Расчетная масса 1км провода, кг	800	800	800	800	800
9	Длина пролета, м	20	25	30	35	40
10	2.5.53.Нормативная линейная гололедная нагрузка на 1м провода и трос	63,43	62,07	61,1	62,07	62,07
11	2.5.55.Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1м провода и трос (троса)	65,96	64,55	63,54	64,55	64,55
12	Расчетная линейная нагрузка от собственного веса провода	292,43	243,82	172,48	213,35	182,87
13	Нагрузка от веса провода с гололедом	2930,93	2825,85	2714,16	2472,61	2119,38
14	Нормативная ветровая нагрузка на провода и тросы, Н, действующая перпендикулярно проводу	995,9	950,04	917,28	831,29	712,53
16	2.5.54.Расчетная ветровая нагрузка на провода (тросы)	1314,59	1254,05	1210,81	1097,3	940,54
17	2.5.54.Расчетная ветровая нагрузка на провода (тросы) с учетом гололеда	4341,62	4281,08	4237,83	3745,94	3210,81
23	2.5.62.Расчетная ветровая нагрузка на провода (тросы), воспринимаемая опорами с учетом гололеда	4341,62	4281,08	4237,83	3745,94	3210,81
30	Полная расчетная нагрузка на конструкции опор учитывающая п.2.5.62, 2.5.63, 2.5.66 и 2.5.67	9275,01	9166,31	9069,17	8525,11	7883,91

6.3. Коммерческий учёт электроэнергии

Коммерческий учёт в соответствии с ТУ № 3-10/113-Б от 4.03.2019 г. предусматривается счетчиком, установленным на границе земельного участка проектируемого объекта. Счётчик коммерческого учёта типа РИМ 489.13 трансформаторного включения (трансформаторы тока Т-0,66 100/5 кл.0,5S) установлены на границе земельного участка на концевой опоре 0,4 кВ в металлическом шкафу ЩУ 1/1-0 У1 IP54 ИЕК на высоте 1,8 м от уровня земли.

В соответствии с п.12.4 ТУ № 3-10/113-Б от 4.03.2019 г. прибор коммерческого учёта установлен в металлическом корпусе антивандального исполнения с запирающейся дверцей. Установка исключает доступ случайных лиц как к прибору так и к измерительным трансформаторам тока и клеммам измерительных цепей.

7. Мероприятия по организации заземления, молниезащиты и уравниванию потенциала

7.1. Заземление и молниезащита

В соответствии с требованиями гл.1.7 ПУЭ все не токоведущие части электроустановок нормально не находящиеся под напряжением, должны быть заземлены. Настоящим разделом предусмотрен общий наружный контур заземления для здания Дома культуры в с. Соловьёвка, расчет заземляющего устройства и его конструктивное исполнение приведены на листах графической части комплекса.

В качестве вертикального заземлителя используется стальной круг диаметром $D=18$ мм из стали марки Ст3пс5 длиной 3 м. В качестве горизонтального заземлителя используется стальная полоса 5x40 мм из стали марки Ст3пс5 общей длиной 145 м. Горизонтальный заземлитель укладывается на глубине 0,5 от планировочной отметки земли.

Исходные данные о составе и состоянии грунта в районе строительства приняты по результатам инженерно-геологических изысканий:

- вид грунта – чернозём;
- степень водонасыщения – низкая;
- коррозионная агрессивность к конструкциям из стали – низкая;

Удельное сопротивление грунта в районе строительства принято 250 Ом*м; сезонный коэффициент колебания значения удельного сопротивления принят равным 1.

Расчет сопротивления заземляющего устройства выполнен в соответствии с нормами технического проектирования по методике, приведённой ниже:

- 1) Уточнённое удельное сопротивление грунта

$$P = P_{уд.} * \Psi \quad (8.1)$$

где $P_{уд.}$ – удельное сопротивление грунта, Ом/м

Ψ - коэффициент сезонного изменения удельного сопротивления

$$P = 250 * 1 = 250 \text{ Ом/м}$$

2) Сопротивление вертикального электрода

$$R_B = \frac{0,366P}{1} * \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+1}{4t-1} \right) \quad (8.2)$$

где - L – длина электрода

d – внешний диаметр электрода, м

t – расстояние от поверхности земли до середины электрода, м

$$R_B = \frac{0,366*250}{3} * \left(\lg \frac{2*3}{0,018} + \frac{1}{2} \lg \frac{4*2+3}{4*2-3} \right) = 82,17 \text{ Ом}$$

3) Сопротивление горизонтального электрода

$$R_r = \frac{0,366P}{l_n} \lg \frac{2l_n^2}{bt} \quad (8.3)$$

где L – длина горизонтального электрода

b – ширина полосы, м

t – глубина закладки горизонтального электрода, м

$$R_r = \frac{0,366*250}{145} \lg \frac{2*145^2}{0,04*0,5} = 3,99 \text{ Ом}$$

4) Коэффициенты использования

- вертикальных электродов $K_{ив} = 0,72$
- горизонтальной полосы $K_{ип} = 0,49$

5) Суммарное сопротивление вертикальных электродов

$$R_{в.сум} = \frac{R_B}{(n * K_{иВ})} \quad (8.4)$$

$$R_{в.сум} = \frac{82,17}{(16 * 0,72)} = 7,13 \text{ Ом}$$

6) Суммарное сопротивление полосы

$$R_{г.сум} = \frac{R_n}{K_{ип}} \quad (8.5)$$

$$R_{г.сум} = \frac{3,99}{0,49} = 8,14 \text{ Ом}$$

7) Полное сопротивление заземляющего устройства

$$R_3 = \frac{R_{в.сум} * R_{г.сум}}{(R_{в.сум} + R_{г.сум})} \quad (8.6)$$

$$R_3 = \frac{7,13 * 8,14}{(7,13 + 8,14)} = 3,8 \text{ Ом}$$

8) Проверка сопротивления заземляющего устройства на соответствие требованиям ПУЭ

$$R_3 \leq R_{норм.}$$

$$3,8 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом}$$

В технических помещениях здания Дома культуры в с. Соловьевка (электрощитовая, венткамера, тепловой узел, водомерный узел) выполнены внутренние контуры заземления, соединённые между собой и с наружным

контуром. Соединение с наружным контуром выполнено методом сварки в двух точках для каждого внутреннего контура. Внутренний контур выполнен стальной полосой 5x40 мм, закреплённой по периметру помещения на высоте +0,4 м от уровня чистового пола. Контур окрашивается в жёлто-зелёный цвет и имеет соответствующую маркировку.

Шины защитного заземления силовых групповых щитков соединены с шиной защитного заземления ППУ и ВРУ при помощи проводника "РЕ" силовых кабелей распределительной сети (система TN-S). Шины защитного заземления щитков, ППУ и ВРУ так же присоединены к ГЗШ отдельным проводником.

Согласно РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» для местности с числом часов грозовой деятельности 10 часов и менее молниезащита не требуется.

7.2. Система уравнивания потенциала

В здании выполнена система уравнивания потенциала – это электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов, путем объединения следующих проводящих частей – основной защитный проводник, основной заземляющий проводник, стальные трубы коммуникаций здания, молниезащиты, системы центрального отопления, вентиляции и кондиционирования, все металлические части оборудования, трубопроводы, металлические конструкции, корпуса электрооборудования и т.д. Присоединение осуществляется к главной заземляющей шине (ГЗШ) выполненной в виде щитка заземления, соединённых отдельным проводником ПуГВ сечением 10 мм. кв. Групповая сеть рабочего и аварийного освещения выполнена трёхпроводной с разделением рабочего и защитного проводников (TN-S). Присоединение корпусов светильников к шине "РЕ" щита рабочего и аварийного освещения осуществляется при помощи отдельной жилы кабеля. Питающая сеть рабочего и аварийного

освещения выполнена пятипроводной с разделением рабочего и защитного проводников (TN-S). Присоединение корпусов щитов рабочего и аварийного освещения к контуру заземления электрощитовой осуществляется при помощи отдельной жилы питающего кабеля. Шины защитного заземления «РЕ» щитов ЩО и ЩАО также соединены с системой уравнивания потенциала здания.

Заключение

В представленной бакалаврской работе разработаны технические решения надежной и энергоэффективной системы электроснабжения и электроосвещения в рамках проектирования дома культуры с. Соловьевка.

Был представлен выбор светильников и расчет потребляемой мощности освещения, в котором все помещения были распределены по группам.

Система наружного освещения дома культуры с. Соловьевка выполняется по заказу, энергосберегающими светодиодными светильниками марки GORIZONT LED 105 W 4000K на полупроводниковых источниках света (светодиодах). Светильник для архитектурного освещения (декоративной подсветки фасада) выбирался из каталога того же производителя, что и светильник наружного освещения территории, светильник светодиодный архитектурного освещения серии LEADER LED 50 A30 3000K стационарный на полупроводниковых источниках света, устанавливается на опорную поверхность с помощью лиры согласно дизайн-проекта.

Для питания наружного и фасадного освещения проектом предусмотрен щит ШУНО (шкаф управления наружным освещением), установленный в помещении электрощитовой. Шкаф выполнен на базе металлического корпуса ЩМП-2-0 36 УХЛ3 размером 500x400x150 навесного исполнения. Произведен расчет мощности наружного освещения по методике, приведенной в СП 256.1325800.2016.

Для системы внутреннего освещения проекта дома культуры с.Соловьевка по заказу заказчика был выбран светильник светодиодный интерьерного освещения серии ОПТИМА.ЕСО LED 595 IP40,54. Светильники могут быть установлены в ячеистые и в подшивные потолки типа Армстронг. Светильник соответствует ГОСТ Р 56231-2014.

Система аварийного освещения проекта дома культуры с.Соловьевка выполнена совместно с системой рабочего. Светильники системы аварийного освещения получают питание по I категории электроснабжения от собственного шкафа – ЩАО.

Светильники рабочего освещения разбиты на группы, которые получают питание от щитов ЩО. Всего щитов рабочего освещения 3 шт на здание (ЩО-1.1; ЩО-1.2; ЩО-2).

Расчёт нагрузок силового оборудования ведётся в соответствии с методикой, приведённой в п.7.2 «Нагрузки общественных зданий» СП 256.1325800.2016. Результаты расчётов сведены в таблицу 4.1, расчёт учитывает нагрузку систем освещения.

В соответствии с техническим заданием проектом предусмотрено применение силовых кабелей из ПВХ пластика не распространяющим горение и с пониженным дымовыделением на напряжение 1 кВ. Марки кабелей, применяемых в проекте:

- для питания светильников архитектурного и наружного освещения кабель ВВГнг(А)-LS;
- для внутренних сетей общего назначения кабель ППГнг(А)-HF;
- для систем противопожарной защиты и аварийного освещения кабель ППГнг(А)-FRHF.

Сечения групповых линий, прокладываемых совместно в общем лотке приняты с учетом коэффициентов совместной прокладки (в коробках, на лотках и т.п.) и количества параллельно прокладываемых кабелей, лотков, коробов, в соответствии с требованием ГОСТ Р 50571.5.52-2011. Для питания светильников архитектурного освещения кабель проложен в гофрированном металлорукаве по кровле и фасаду здания. Для питания светильников наружного освещения кабель прокладывается в траншее Т-1, в гибкой гофрированной двухстенной ПНД трубе. Внутри здания кабели проложены в гофрированной ПВХ трубе и в металлических лотках.

Питание групповой сети осуществляется от групповых щитов производства «ИЭК» ЩРВ-12з-3 36 УХЛЗ IP31, корпуса встраиваемых щитов распределения ЩРВ и ЩРН. Электроснабжение групповых щитов осуществляется от проектируемого вводно-распределительного щита ВРУ1-24-50А УХЛ4 производства «СтандартЭнерго». Все щиты выбраны из условия поставки на места монтажа в комплекте с предоставлением сертификата производителя на выпускаемую продукцию.

Внешняя питающая сеть выполнена проводом марки СИП-2А 3х50+1х70 на металлических силовых опорах марки ОГК-8,0, подвод питания в электрощитовую осуществляется кабелем марки АПвБШвнг(А)-1 4х70, проложенным в траншее.

В результате получен объект, удовлетворяющий требованиям технического задания, а так же требованиям действующей нормативно-технической документации (ПУЭ, СНиП, СП, РД). Цель ВКР достигнута.

Список использованных источников

1. ПУЭ, издание 7. Правила устройства электроустановок М.: Стандартинформ, 2006. 330 с.
2. ГОСТ 12.1.030-2001 Электробезопасность. Защитное заземление.
Зануление: введ. 2001-01-08. М.: Стандартинформ, 2001
3. ГОСТ Р 52736-2007 Методы расчёта электродинамического и термического действия тока короткого замыкания. М.: Стандартинформ, 2007. 44 с
4. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]: введ. 01.01.2014. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 10.02.20)
5. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.
6. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М.: НЦ ЭНАС, 2004
7. Санитарные правила и нормы Сан-ПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». – СПб.: ЦОТПБСП. 2003.
8. Свод правил СП 256.1325800.2016 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Текст]. Москва : Издательство стандартов, 2016. 52 с.
9. Свод правил СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. М., 2016.
10. Технический циркуляр Ц-02-98(Э) Расчет кабелей на возгорание. 1998. 14 с.

11. Технический циркуляр Ц-16.2007 Прокладка взаиморезервируемых кабелей в траншеях. 2007. 80 с.
12. Номенклатурный каталог. Камский кабель, 2019. 130 с.
13. Васильева Т.Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения : учеб. пособие. М. : Горячая линия-Телеком, 2015. 152 с.
14. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2015. – 234 с.
15. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Герасимов Д.Ю. Основы электроснабжения: учеб. пособие для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2017. 173 с. (Университеты России).
16. Сибикин Ю. Д. Технология энергосбережения: учебник : учеб. пособие. М. : Форум, 2017. 450 с.
17. Славинский А.К, Электротехника с основами электроники: учеб. пособие. М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2015. 448 с.
18. Шеховцев В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учеб. пособие. М. : ИНФРА-М, 2016. 136 с.
19. Вахнина В.В., Самолина О.В., Черненко А.Н. Требования к выпускной квалификационной работе бакалавров: учебно-методическое пособие для студентов направления 13.03.02. Тольятти: ТГУ, 2018. 34 с.
20. Короткие замыкания и выбор электрооборудования : учебное пособие для вузов / И.П. Крючков [и др.]. М. : Издательский дом МЭИ, 2012. 568 с.
21. Молния и молниезащита Г. Н. Александров; Ин-т электрофизики и электроэнергетики РАН. М. : Наука, 2018. 274 с.
22. Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических сетей: 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2012. 376 с.

23. Ерошенко Г.П., Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2014. 336 с. (Высшее образование: Бакалавриат).
24. Киреева Э.А., Шерстнев С.Н. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчётов): справочное издание. М.: КНОРУС, 2013. 864 с.
25. Силовые кабели АВБШвнг(А)-LS. ЭлектроКомплект-Сервис. [Электронный ресурс] URL: [https://e-кc.ru/price/avbshvnga-ls](https://e-кс.ru/price/avbshvnga-ls) (дата обращения: 18.10.2019).
26. Автоматические выключатели. Schneider Electric. [Электронный ресурс] URL: <https://www.se.com/ru/ru/product-range/7556-acti-9-ic60/?parent-category-id=1600&parent-subcategory-id=1605> (дата обращения: 21.11.2019).
27. Hermina N.P., Golovanov N.K., Luminita E.L. Propagation of disturbances as voltage fluctuations in transmission networks. // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2016 Vol. 16, №4.
28. Stephan Maier. Smart energy systems for smart city districts: case study Reininghaus District, 2016. – 84 с.
29. Survey about Classical and Innovative Definitions of the Power Quantities Under Nonsinusoidal Conditions / G. Bucci [at al.] // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2017. Vol. 15, № 4.
30. Billings, K. Switchmode power supply handbook; K. Billings, T. Morey // Holon McGraw-Hill book company, 2014. 858 p.