

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 Разработка системы электроснабжения общеобразовательной школы

Обучающийся

В. В. Бахарев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к. п. н., доцент, М. Н. Третьякова

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

Консультант

к. п. н., доцент, А. В. Кириллова

Тольятти 2023

Аннотация

«В результате проведенных исследований в практической работе, была осуществлена разработка новой, современной системы электроснабжения» [6] общеобразовательной школы на примере государственного бюджетного общеобразовательного учреждения (далее – ГБОУ) Краснодарского края «Специальная (коррекционная) школа-интернат 2 г. Абинска».

Согласно указанной цели в работе решены следующие основные задачи:

- приведена характеристика объекта проектирования;
- обоснован выбор схем внешнего и внутреннего электроснабжения общеобразовательной школы и школьной территории;
- разработаны электрические однолинейные схемы внешнего и внутреннего электроснабжения общеобразовательной школы и школьной территории;
- разработана монтажная схема электроснабжения общеобразовательной школы и школьной территории;
- проведён «расчёт электрических нагрузок, включающий расчёт силовой и осветительной нагрузки внешнего и внутреннего освещения, а также расчёт наружного освещения общеобразовательной школы и школьной территории» [6];
- «рассчитаны токи короткого замыкания, осуществлён выбор аппаратов защиты системы внешнего и внутреннего электроснабжения» [6] общеобразовательной школы и школьной территории;
- рассчитаны экономические показатели разработанной системы электроснабжения объекта проектирования.

Abstract

As a result of research in the work, the development of a power supply system for a general education school was carried out using the example of the state budgetary educational institution (hereinafter referred to as GBOU) of the Krasnodar Territory «Special (correctional) boarding school 2 in Abinsk».

According to this goal, the following main tasks were solved in the work:

- the characteristics of the design object are given;
- the choice of schemes of external and internal power supply of a general education school and school territory is substantiated;
- electrical single-line diagrams of external and internal power supply of a general education school and school territory have been developed;
- a wiring diagram for the power supply of the general education school and the school territory was developed;
- the calculation of electrical loads was carried out, including the calculation of the power and lighting load of external and internal lighting, as well as the calculation of external lighting of a general education school and school territory;
- short-circuit currents were calculated, the choice of protection devices for the system of external and internal power supply of a general education school and school territory was made;
- calculated the economic indicators of the developed power supply system of the design object.

Содержание

Введение	5
1 Характеристика общеобразовательной школы	7
1.1 Краткая характеристика школы и школьной территории	7
2 Разработка принципиальной и монтажной схем системы электроснабжения общеобразовательной школы	15
2.1 Выбор схемы электроснабжения общеобразовательной школы	15
2.2 Выбор и обоснование электрической принципиальной схемы школы	17
2.3 Выбор и обоснование электрической монтажной схемы школы	20
3 Расчёт токов короткого замыкания, выбор аппаратов защиты и кабелей ...	23
3.1 Расчёт силовой и компьютерной нагрузки школы	23
3.2 Расчёт осветительной нагрузки школы	29
3.3 Расчёт токов короткого замыкания	35
3.4 Выбор аппаратов защиты и кабелей.....	37
3.5 Расчёт технико-экономических показателей системы электроснабжения школы	46
Заключение	53
Список используемых источников.....	56
Приложение А Спецификация к электрической принципиальной схеме внешнего электроснабжения школы	59
Приложение Б Спецификация к монтажной электрической схеме внешнего электроснабжения школы	60
Приложение В Спецификация объектов к принципиальной и монтажной электрическим схемам внутреннего электроснабжения школы.....	61

Введение

Электроснабжение общественных зданий и промышленных предприятий должно основываться на использовании современного конкурентоспособного электротехнического оборудования и прогрессивных схем питания, а также широком применении автоматизации.

К числу общественных зданий относятся, в частности, и образовательные учреждения [5].

Известно, что государственные образовательные организации и учреждения являются «лакмусовой бумажкой» современной экономики страны.

При этом современная экономика развивается ускоренными темпами.

Таким образом, можно сказать, что государственные образовательные организации и учреждения являются «двигателями» современной науки и прогресса, потому что от их жизнедеятельности напрямую зависит пополнение экономической отрасли квалифицированными кадрами, которые наполняют бюджет регионов и страны в целом, следовательно, повышая таким образом благосостояние граждан.

Данный аспект обуславливает актуальность работы.

Кроме того, тема также актуальна в связи с тем, что создание безопасной и надёжной схемы стоит в «одном ряду» с пожарной безопасностью в местах массового скопления людей, следовательно, требует тщательного качественного и надёжного проектирования.

Целью работы является разработка системы внешнего и внутреннего электроснабжения общеобразовательной школы и прилегающей школьной территории на примере организации ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска [17], а также непосредственное изучение опыта внедрения нового энергоэффективного оборудования на примере данного учреждения образования.

Согласно указанной цели, в работе необходимо решить следующие

основные задачи:

- дать характеристику объекту проектирования;
- провести «расчёт электрических нагрузок» [7];
- обосновать выбор схемы внешнего и внутреннего электроснабжения общеобразовательной школы и школьной территории;
- разработать схему электрическую однолинейную внешнего и внутреннего электроснабжения общеобразовательной школы и школьной территории;
- разработать монтажную схему электроснабжения общеобразовательной школы и школьной территории;
- «рассчитать значения токов короткого замыкания, осуществить выбор аппаратов защиты системы внешнего и внутреннего электроснабжения» [7] общеобразовательной школы и школьной территории;
- рассчитать экономические показатели разработанной системы электроснабжения.

Объектом исследования в работе является система внешнего и внутреннего электроснабжения общеобразовательной школы и прилегающей школьной территории на примере организации ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Предметом исследования являются схема электрических соединений нормального режима на объекте исследования, а также принципиальные и монтажные схемы нормального режима школы и школьной территории, с учётом питающих распределительных сетей и электрических аппаратов объекта исследования.

Результатом «работы является разработка технических решений, позволяющих» [20] внедрить качественные мероприятия по проектированию системы электроснабжения общеобразовательной школы и прилегающей школьной территории на примере организации ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

1 Характеристика общеобразовательной школы

1.1 Краткая характеристика школы и школьной территории

Рассматриваемое в работе ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска территориально расположено в РФ, городе Абинске, Краснодарском крае, на ул. Советов, 188 [1].

Это – «специальное (коррекционное) образовательное учреждение, реализующее образовательные программы, адаптированные для обучения лиц с нарушением интеллекта» [1].

Объектом практики является данная школа-интернат №2-интернат и прилегающая территория.

Здание учебного заведения – двухэтажное.

Школа-интернат №2 является образовательной, некоммерческой организацией и не ставит извлечение прибыли основной целью своей деятельности.

На территории рассматриваемой в работе ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска находится двухэтажный корпус для обучения (учебное здание), в котором проводится основной учебный процесс.

Внутреннее пространство за школой между пристройками забетонировано.

Оно используется для хозяйственных нужд.

Перед школой расположена площадка для проведения различных мероприятий.

На территории ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска находится стадион.

Он представляет собой футбольное поле (в центре) и две беговые дорожки (по периметру).

Рядом со стадионом находятся две трибуны для зрителей общим размером 15 м × 4 м каждая.

Вместимость каждой трибуны – 124 человека.

Для зрителей предусмотрена дорожка, которая ведет от трибун к выходу за трибунами.

Также на территории ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска расположена спортивная площадка.

К ней и к стадиону ведет дорожка от площадки перед школой.

Территория ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска обнесена забором.

Также на территории ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска имеются зелёные насаждения (кустарники и деревья).

Время работы рассматриваемой в работе ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска с использованием максимальной нагрузки T_{max} составляет 3500 часов, в течение года объект работает 365 дней.

подавляющее большинство помещений объектов ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска не относятся к пожароопасным и взрывоопасным.

К помещениям с повышенной опасностью поражения людей электрическим током относятся душевые и санузлы, расположенные в учебном здании ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

«План размещения указанных объектов на территории ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска показан на рисунке 1» [21].

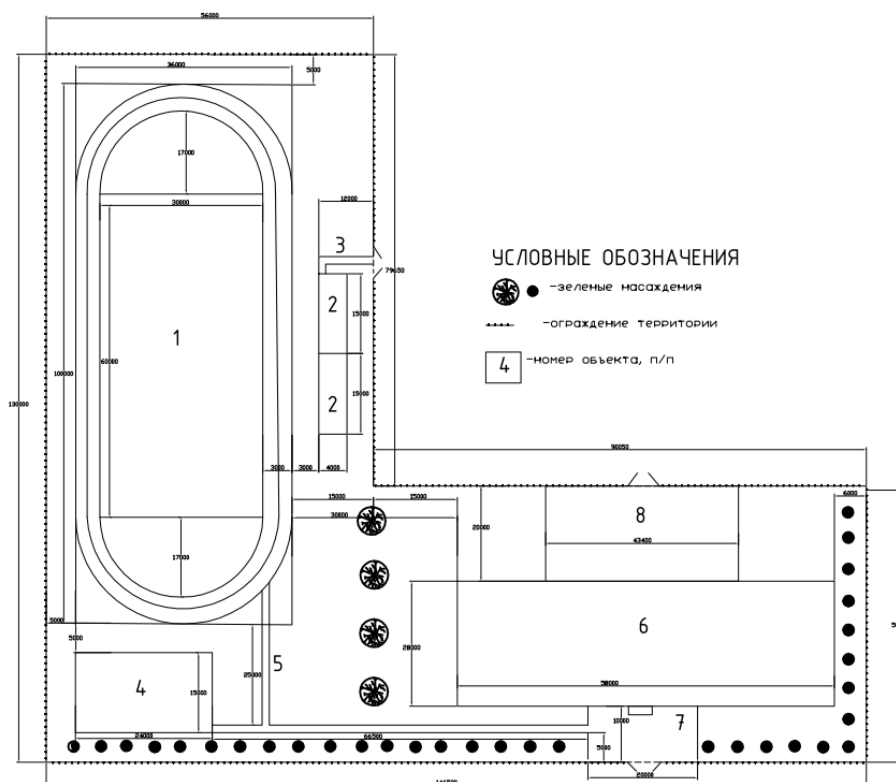


Рисунок 1 – План размещения объектов на территории ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска

«Наименование объектов, расположенных на территории ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска, с указанием их соответствующих размеров и площади, приведены в таблице 1» [22].

Таблица 1 – Наименование объектов, расположенных на территории ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска

Номер объекта	Наименование объекта	Размеры объекта, м		Площадь объекта, м ²
		Длина, м	Ширина, м	
1	Стадион с беговыми дорожками	100	36	3600
2	Трибуны	30	4	120
3	Дорожка к трибунам	12	2	24
4	Спортивная площадка	24	15	360
5	Дорожка к стадиону и спортивной площадке	91,5	2	183
6	Учебное здание (двухэтажное)	58	28	1624
7	Площадка перед входом в школу	10	20	200
8	Внутреннее пространство для хозяйственных нужд	43,4	20	868

Учебное здание начальной ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска имеет прямоугольную форму размерами 28м × 58 м.

На территории двухэтажного учебного здания ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска располагаются следующие помещения:

- учебные кабинеты и лаборатории;
- спортивный зал;
- учебно – методические кабинеты;
- подсобные и бытовые помещения;
- библиотека;
- учительская;
- кабинет директора;
- актовый зал;
- раздевалки;
- столовая с двумя залами приёма пищи;
- пост охраны;
- коридоры;
- туалеты;
- душевые;
- подсобные помещения.

План размещения указанных объектов на территории учебного здания ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – План размещения объектов на территории учебного здания
ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат
№2 г. Абинска

Исходные данные помещений, расположенных на территории учебного здания рассматриваемой ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные помещений, расположенных на территории учебного здания специальной школы-интернат №2 г. Абинска

Номер помещения, по плану	Наименование помещения	Размеры		
		А, м	В, м	S, м ²
1 этаж				
1	Учебный класс №1	15	10	150
2	Вестибюль	12	10	120
3	Кабинет директора	6	10	60
4	Учебный класс №2	10	10	100
5	Учительская	4	10	40
6	Кладовая	4	10	40
7	Щитовая	2	4	8
8	Санитарно – техническое помещение	8	4	32
9	Архив	2	5	10
10	Библиотека	12	6	72
11	Учебный класс №3	12	10	120
12	Учебный класс №4	6	12	72
13	Учебный класс №5	6	12	72
14	Малый спортивный зал	10	12	120
15	Коридор	4	10	40
16	Раздевалка женская	6	5	30
17	Женский с/у	2	2	4
18	Душ женский	2	3	6
19	Раздевалка мужская	6	5	30
20	Мужской с/у	2	2	4
21	Душ мужской	2	3	6
22	Столовая	5	6	30
23	Зал приёма пищи №1	3	7	21
24	Зал приёма пищи №2	3	7	21
25	Коридор 1 этажа	6	58	348
2 этаж				
26	Учебный класс №6	12	5	60
27	Учебный класс №7	12	5	60
28	Учебный класс №8	12	6	72
29	Учебный класс №9	12	5	60
30	Учебный класс №10	12	5	60
31	Учебный класс №11	12	5	60
32	Учебный класс №12	12	5	60
33	Учебный класс №13	12	6	72
34	Учебный класс №14	12	12	144
35	Женский с/у	2	12	24
36	Мужской с/у	2	12	24
37	Коридор 2 этажа	8	58	464
38	Актовый зал	8	58	464
Прочие потребители				
39	Вентиляция и кондиционирование (тех. помещение)	-	-	-

С учётом приведённой характеристики проводится решение задач.

Проводится техническое обоснование внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности в ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Обеспечение электроэнергией организации ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска, осуществляется от Абинского района электрических сетей (РЭС) кабельной линией электропередачи (до главного распределительного щита – далее – ГРЩ).

В этом ГРЩ(ВРУ) находятся устаревшие автоматы типа А, которые были там установлены ещё в 80-е годы прошлого века. В последнее время наблюдается их ухудшение работоспособности, автоматы очень часто не выполняют свои поставленные функции. Поэтому они нуждаются в замене.

Также силовые кабели питающей и распределительной сети требуют модернизации, так как значительно износились и не выполняют свои технические функции. Поэтому в работе они подлежат замене на новые современные марки кабельной продукции, которая позволит значительно повысить надёжность, безопасность, бесперебойность и безаварийность на объекте проектирования. Таким образом, указанная замена эффективна с точки зрения как технической, так и экономической.

Также в ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска есть и два щитка освещения – рабочего и аварийного, которые также устарели. Автоматы, которые в них установлены, не выполняют свои поставленные функции и должны быть заменены на современные марки автоматов.

В работе в результате проведения расчётов планируется выбрать современные отечественные автоматы марки ВА, которые надёжны, компактны и ремонтнопригодны, а также безопасны в эксплуатации. Они заменят старые автоматы марки А, установлены во вводной, силовой и осветительной сетях на объекте.

Установлено, что новые автоматы, установленные во вводной, силовой и осветительной сети объекта практики, будут хорошим энергосберегающим решением в работе, так как значительно уменьшат расход денежных средств вследствие аварий, а также снизят расходы на ремонт, эксплуатацию и монтаж автоматов питающей и распределительной сети.

Значит, замена этих автоматов на новые автоматы современного типа марки ВА решит проблему энергосбережения на объекте проектирования, а также снизит расходы на монтаж и ремонт сети.

Кроме того, необходимо проверить все схемные решения, так как общеобразовательная школа относится к I категории и требует двух независимых источников питания.

Следовательно, основываясь на приведённой информации, в работе необходимо осуществить модернизацию оборудования электрических сетей и аппаратов, а также проверку схемных технических решений по электроснабжению ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

При выполнении указанных мероприятий основная цель работы будет достигнута.

Выводы по разделу.

В разделе приведена исходная характеристика ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Рассмотрены исходные данные для проектирования внешней и внутренней систем электроснабжения объекта.

Основываясь на приведённой информации, установлено, что в работе необходимо осуществить модернизацию оборудования электрических сетей и аппаратов, а также проверку схемных технических решений по электроснабжению ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Практическая реализация данных мероприятий осуществляется в работе далее.

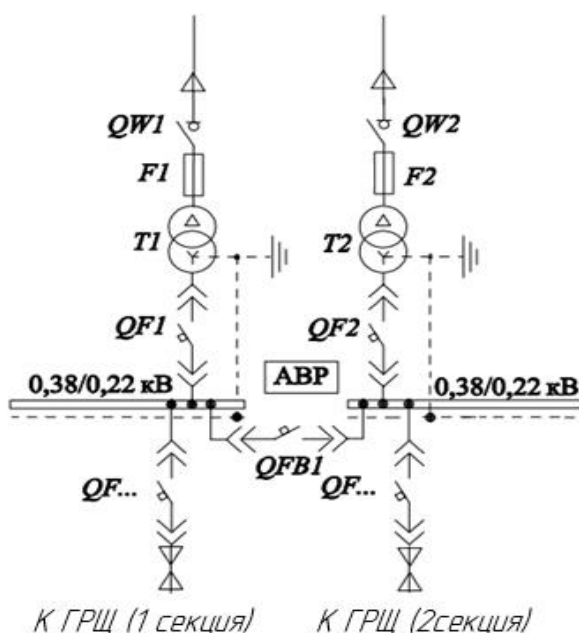
2 Разработка принципиальной и монтажной схем системы электроснабжения общеобразовательной школы

2.1 Выбор схемы электроснабжения общеобразовательной школы

Рассматриваемая в работе ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска относится к I категории надежности.

«Источником питания внешнего электроснабжения школы является двухтрансформаторная ПС-10/0,4 кВ, которая, в свою очередь, питает главный распределительный щит (ГРЩ)» [23] школы, который расположен в учебном здании ГБОУ Краснодарского края специальной школы-интернат №2 г. Абинска.

Поэтому в работе, в схеме внешнего электроснабжения ГРЩ ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска от «питающей ПС-10/0,4, применяется двухлучевая радиальная схема, которая показана на рисунке 3» [23].



«Рисунок 3 – Схема внешнего электроснабжения ГРЩ школы от ПС-10/0,4 кВ (двухлучевая радиальная схема)» [6]

На стороне низкого напряжения ПС-10/0,4 кВ для каждой секции ГРЩ ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска предусмотрены автоматы ввода.

«Питающая сеть 0,38/0,22 кВ обеспечивает питанием ГРЩ школы кабельными линиями по радиальным схемам от шин низкого напряжения ТП-10/0,4 кВ» [25].

Далее от шин 0,4 кВ ГРЩ получают питание вводные щитки потребителей ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска (силовая, осветительная и компьютерная нагрузка).

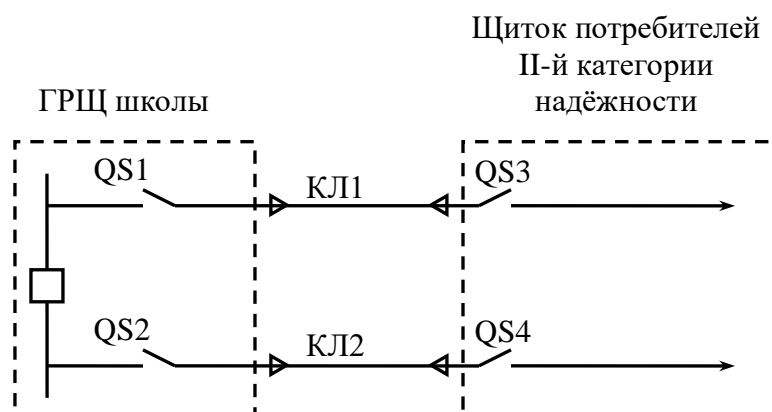
При этом в схеме электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска используются следующие типы и виды распределительных и питающих щитов (щитков):

- «для силовой нагрузки школы – это щитки распределительные силовые (ЩРС)» [6];
- «для осветительной нагрузки – это щитки рабочего (ЩРО) и аварийного (ЩАО) освещения» [6];
- «для питания компьютерных сетей используются щитки распределительные компьютерные (ЩРК)» [6].

Все указанные выше щитки получают питание от ГРЩ ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска также в зависимости от их категории надёжности.

Для питания щитков потребителей второй и первой категории надёжности, к которой относится рассматриваемая школа-интернат №2 г. Абинска (вводной щит ГРЩ), «применяется двухлучевая схема без АВР, которая показана на рисунке 4» [24].

«При этом каждая отдельная группа потребителей первой и второй категорий надёжности питается двумя кабельными линиями от разных секций шин ГРЩ школы, так как они требуют двух независимых источников питания» [11].



«Рисунок 4 – Двухлучевая схема без АВР для питания потребителей I-й и II-й категории надёжности» [25]

«Во всех вводных щитках потребителей ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска (ЩРС, ЩРК, ЩРО, ЩАО) предусматривается установка линейных автоматов» [16].

«От указанных щитков выполняется распределение электроэнергии по конечным потребителям» [16] учебного здания ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска, а «именно: розеточным группам и электроприёмникам (от ЩРС), розеточным группам, предназначенным для питания компьютерной техники (от ЩРБ), осветительным устройствам (от ЩРО и ЩАО)» [12].

Таким образом, установлено, что выбранная схема электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска соответствует всем нормативным требованиям и может быть рекомендована к внедрению на объекте проектирования.

2.2 Выбор и обоснование электрической принципиальной схемы школы

Далее в работе, основываясь на выбранной схеме электроснабжения объекта проектирования, проводится выбор и обоснование электрической принципиальной схемы школы.

«Однолинейная электрическая схема внешнего электроснабжения рассматриваемой школы показана на рисунке 5» [17]. Эта схема является основной для объекта проектирования. «После окончательного выбора и проверки сечения питающих и распределительных сетей (кабельных линий), а также электрических аппаратов» [19], данная схема также приведена в графической части работы в полном и окончательном объёме.

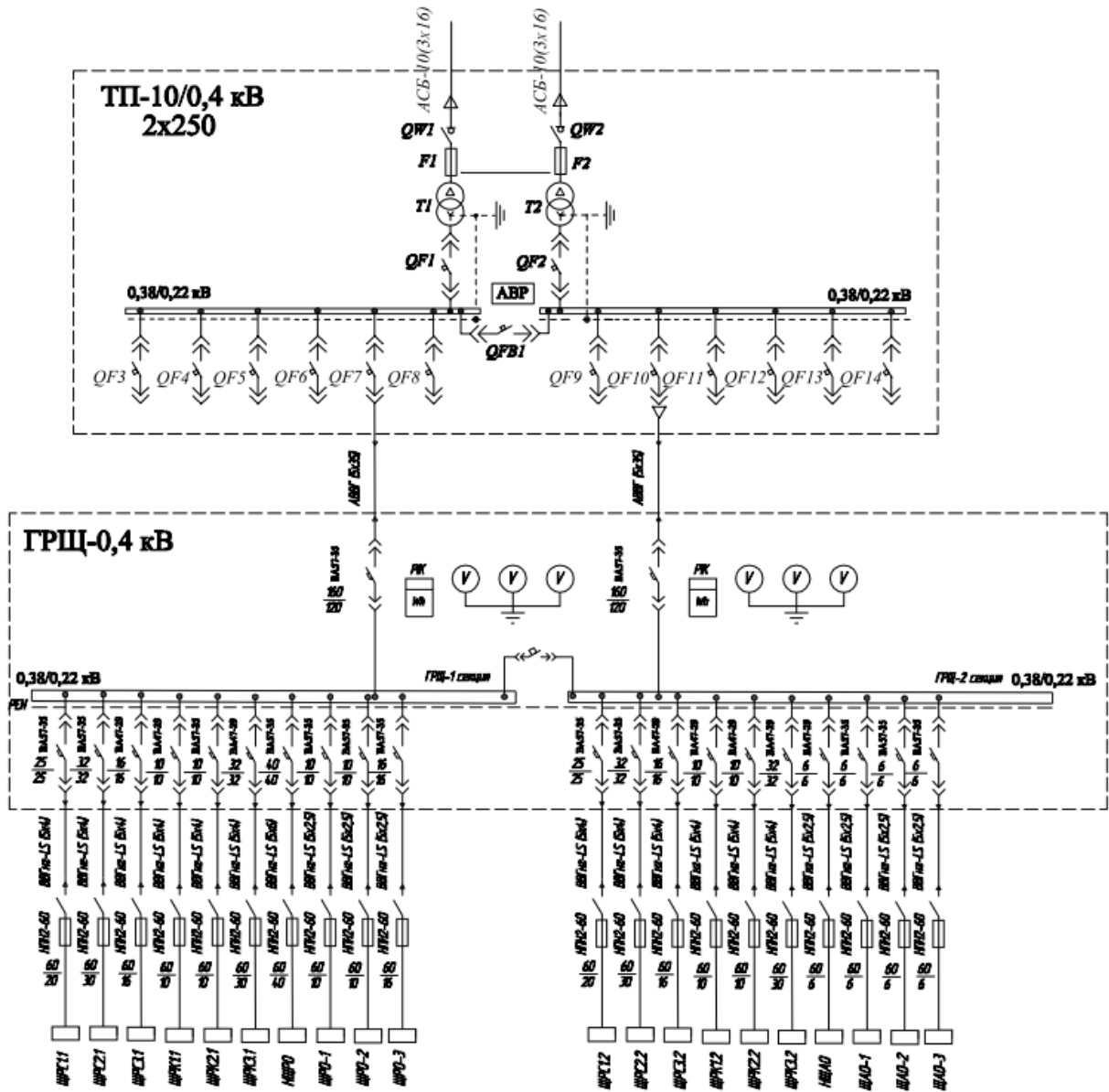


Рисунок 5 – Схема электрическая принципиальная внешнего электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска

«Помимо электрической схемы внешнего электроснабжения рассматриваемой школы, также в работе разработана принципиальная схема распределительной сети внутреннего электроснабжения силовых и компьютерных сетей (рисунок 6), а также рабочего освещения» [13] (рисунок 7) учебного здания школы.

После окончательного выбора проводников и аппаратов, они также приведена в графической части работы в полном объёме.

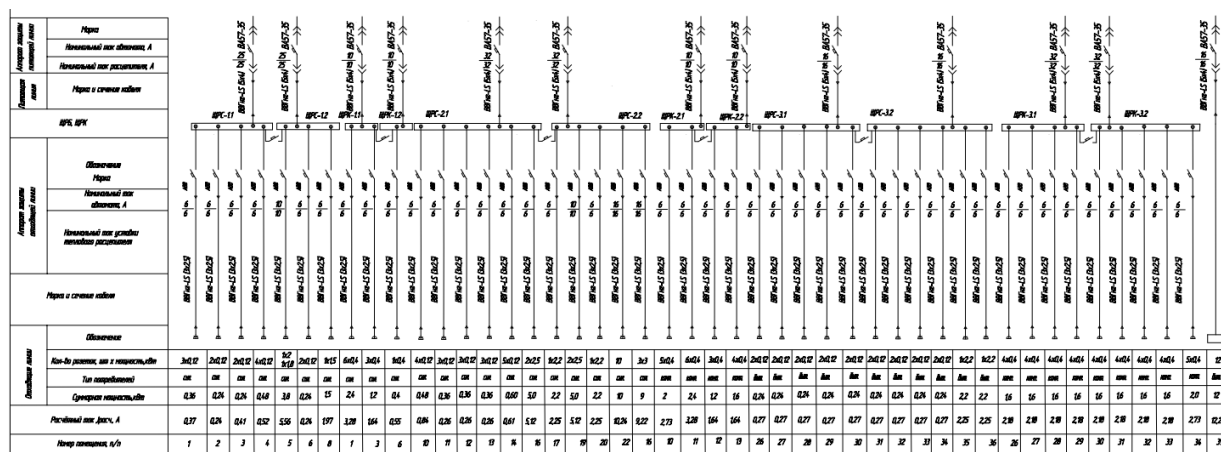


Рисунок 6 – Схема электрическая принципиальная распределительной сети внутреннего электроснабжения силовых и компьютерных сетей ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска

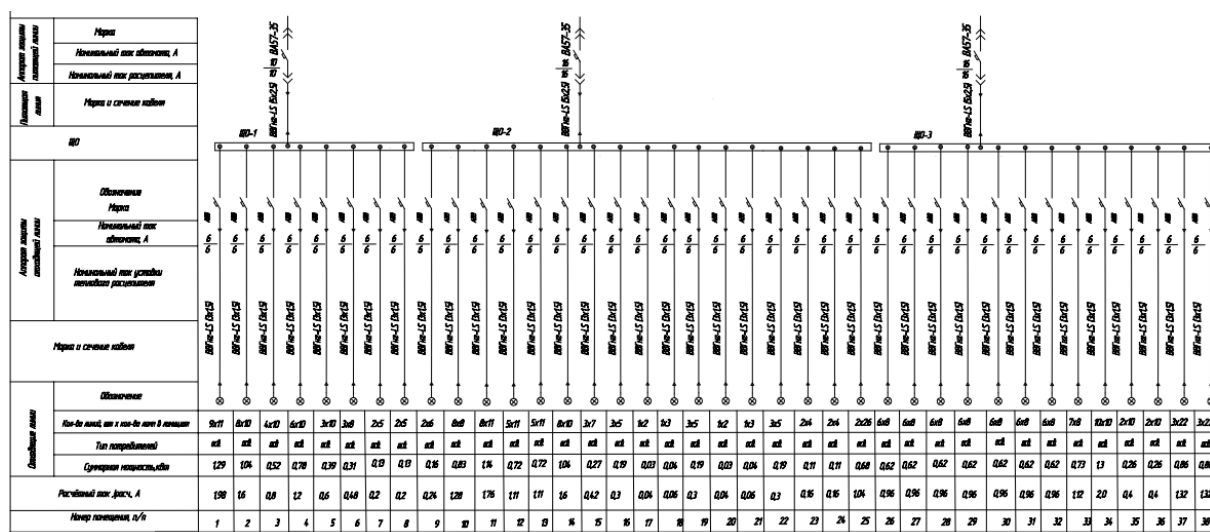


Рисунок 7 – Схема электрическая принципиальная распределительной сети внутреннего электроснабжения освещения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска

Все принятые принципиальные схемы ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска соответствуют требованиям основных положений нормативных документов (Приложение А, таблица А1). После выбора и проверки их составных элементов (осуществляется далее), они представлены в графической части работы.

2.3 Выбор и обоснование электрической монтажной схемы школы

Монтажные электрические принципиальные схемы в системах электроснабжения должны показывать реальное расположение электрооборудования как внутри, так и снаружи объекта. Такие схемы разрабатываются для правильного монтажа многих видов проводников, электрических аппаратов.

Например, с помощью монтажных схем собирают электрические шкафы, сборки, составляют кабельный журнал, определяют способы монтажа и соединений в сети и прочее. На монтажной электрической схеме внешнего электроснабжения изображается расположение объектов, к которым прокладываются кабельные линии питающей и распределительной сетей внешнего электроснабжения (Приложение Б, таблица Б1).

На электрических монтажных схемах системы внешнего электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска должны быть показаны следующие основные элементы [4]: «трансформаторы и источники питания» [4], «кабельные линии» [4], «щитки (главный распределительный, силовые, осветительные и другие)» [4], «прочие устройства и механизмы» [4]. Монтажная электрическая схема внешнего электроснабжения школы и прилегающей школьной территории представлена на рисунке 8. Монтажная электрическая схема внутреннего электроснабжения школы (внутреннего электроснабжения учебного здания) представлена на рисунке 9. После окончательного выбора электрических аппаратов и проводников, они показаны также в Приложении В, таблице В1.

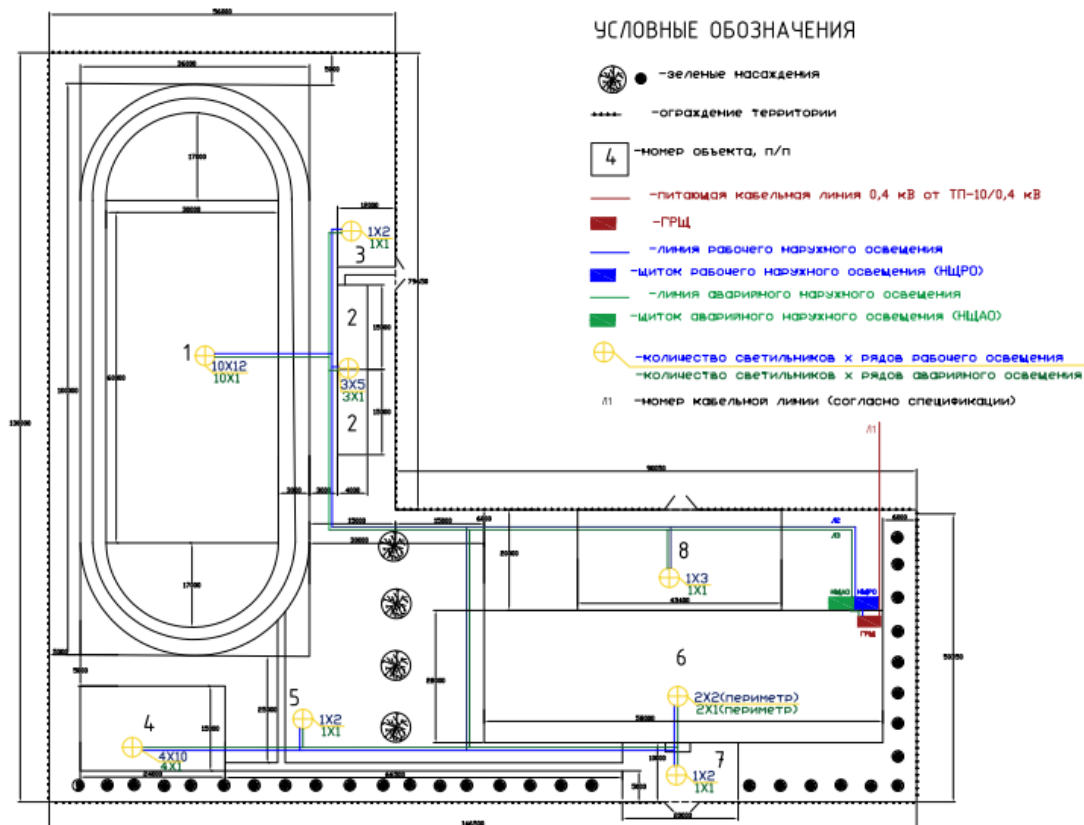


Рисунок 8 – Монтажная электрическая схема внешнего электроснабжения школы и школьной территории



Рисунок 9 – Монтажная электрическая схема внутреннего электроснабжения школы

Выводы по разделу.

В работе приняты и обоснованы необходимые схемные решения, необходимые для качественной разработки проекта системы электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска. Выбрана и обоснована схема электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска, которая предполагает питание школы от двух независимых источников согласно принятой категории надёжности объекта. Выбраны и обоснованы следующие принципиальные схемы ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска:

- схема электрическая принципиальная внешнего электроснабжения объекта проектирования;
- схема электрическая принципиальная распределительной сети внутреннего электроснабжения силовых и компьютерных сетей объекта проектирования;
- схема электрическая принципиальная распределительной сети внутреннего электроснабжения освещения объекта проектирования.

Выбраны и обоснованы следующие монтажные схемы ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска:

- монтажная электрическая схема внешнего электроснабжения школы и школьной территории;
- монтажная электрическая схема внутреннего электроснабжения школы.

Все принятые схемы ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска соответствуют требованиям основных положений нормативных документов. После выбора и проверки их составных элементов (осуществляется в работы далее), они представлены в графической части работы.

3 Расчёт токов короткого замыкания, выбор аппаратов защиты и кабелей

3.1 Расчёт силовой и компьютерной нагрузки школы

Известно, что расчётные электрические нагрузки объектов являются основой для проектирования, модернизации и реконструкции систем электроснабжения [12].

Поэтому далее в работе, для достижения поставленной цели, следует провести расчёт электрических нагрузок, которые далее будут использованы для расчёта максимальных рабочих токов с последующими выбором и проверкой силовых трансформаторов, проводников линий, сборных шин, а также нового основного оборудования электрической ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

В работе расчёту подлежат значения активной, реактивной и полной расчётных нагрузок одиночных присоединений потребителей, систем сборных шин, а также всей питающей подстанции ТП-10/0,4 кВ ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Как известно, расчётный ток нагрузки нормального режима также относится к электрическим нагрузкам, поэтому в работе он также подлежит определению [3].

«Известно, что суммарная электрическая нагрузка систем электроснабжения состоит из суммы силовой и осветительной нагрузок» [7].

«Для внешнего электроснабжения рассматриваемой общеобразовательной школы, значение суммарной активной нагрузки на вводе рассчитывается так» [16]:

$$P_{\Sigma} = P_{сил} + P_{осв}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

«где $P_{сил}$ – суммарная активная силовая нагрузка, кВт» [16];

« $P_{осв}$ – суммарная активная осветительная нагрузка, кВт» [16].

«В условиях данной школы силовая нагрузка будет приходиться только на помещение учебного корпуса, а осветительная нагрузка состоит из освещения главного корпуса и наружного освещения» [11].

«То есть в данной работе выражение (1) примет вид» [11]:

$$P_{\Sigma} = P_{сил.уч.к} + P_{осв.уч.к} + P_{осв.н}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

«где $P_{сил.уч.к}$ – суммарная активная силовая нагрузка учебного корпуса, кВт» [11];

« $P_{осв.уч.к}$ – суммарная активная осветительная нагрузка учебного корпуса, кВт» [11];

« $P_{осв.н}$ – суммарная активная осветительная нагрузка наружного освещения, кВт» [11].

«Для внешнего электроснабжения рассматриваемой школы значение суммарной реактивной нагрузки на вводе» [11]:

$$Q_{\Sigma} = Q_{сил.уч.к} + Q_{осв.уч.к} + Q_{осв.н}, \text{ кВар}, \quad (3)$$

«где $Q_{сил.уч.к}$ – суммарная реактивная силовая нагрузка учебного корпуса, кВт» [11];

« $Q_{осв.уч.к}$ – суммарная реактивная осветительная нагрузка учебного корпуса, кВт» [11];

« $Q_{осв.н}$ – суммарная реактивная осветительная нагрузка наружного освещения, кВт» [11].

«Для внешнего электроснабжения рассматриваемой общеобразовательной школы значение суммарной полной нагрузки на вводе рассчитывается так» [11]:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}, \text{ кВА.} \quad (4)$$

«Проводится расчет суммарных силовых электрических нагрузок учебного корпуса школы, включая силовую нагрузку и нагрузку компьютерной сети» [11].

«В работе нагрузки розеточных групп, если не известны точные нагрузки, либо они носят временный характер» [13]:

- «для силовых розеток (ЩРС): 0,06 кВт на одну розетку (во всех помещениях школы используются по две розетки на розеточную группу, т.е. $0,06 \cdot 2 = 0,12$ кВт)» [11];
- «для компьютерных розеток (ЩРК): 0,4 кВт на одну розеточную группу (т.е. на одно рабочее место)» [11].

«Исходными данными для расчёта электрических нагрузок потребителей служит установленная (паспортная) мощность оборудования и значения коэффициентов спроса и активной мощности» [2].

«Расположение розеточных групп определяется, исходя из специфики помещений» [11].

«Значение расчётных нагрузок потребителей учебного корпуса школы определяется так» [11]:

$$P_{\text{расч.}} = K_c P_{\text{уст.}}, \text{ кВт,} \quad (5)$$

$$Q_{\text{расч.}} = P_{\text{расч.}} \cdot \text{tg } \varphi, \text{ квар,} \quad (6)$$

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{P_{\text{расч.}}^2 + Q_{\text{расч.}}^2}, \text{ кВА,} \quad (7)$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \text{ А,} \quad (8)$$

«Где $P_{\text{уст}}$ – установленная (паспортная) активная мощность потребителей, кВт» [1];

« K_c – коэффициент спроса» [2];

« $\text{tg } \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, соответствующий

значению коэффициента активной мощности $\cos \varphi$ » [2];

« $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение электрической сети, кВ» [1].

«Силовые, осветительные и компьютерные потребители должны быть разделены на различные линии, что должно быть учтено при расчётах. Поэтому в данном подразделе проводится расчёт нагрузок силовых щитков (ЩРС) и компьютерных щитков (ЩРК), а в следующем – расчёт нагрузок осветительной сети (ЩО)» [12].

«Расчёт проводится на примере силовых потребителей учебного класса №1 по выражениям (5-8)» [15]:

$$P_{\text{расч.}} = 0,36 \cdot 0,6 = 0,22 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{р.1}} = 0,22 \cdot 0,48 = 0,11 \text{ квар.}$$

$$S_{\text{р.1}} = \sqrt{0,22^2 + 0,11^2} = 0,24 \text{ кВА.}$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{0,24}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 0,37 \text{ А.}$$

«Аналогично определены расчетные нагрузки остальных потребителей учебного корпуса школы и результаты приведены в таблице 3» [14].

«Таблица 3 - Расчет нагрузок силовых и компьютерных потребителей учебного корпуса школы» [11]

Наименование	$P_{\text{уст.}}$, кВт	K_c	$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$	$P_{\text{расч.}}$, кВт	$Q_{\text{расч.}}$, кВАр	$S_{\text{расч.}}$, кВА	$I_{\text{расч.}}$, А
1 этаж								
Учебный класс №1								
Силовые потребители	0,36	0,60	0,90	0,48	0,22	0,11	0,24	0,37
Компьютерные потребители	2,4	0,80	0,90	0,48	1,92	0,92	2,12	3,28
Вестибюль								
Силовые потребители	0,24	0,60	0,90	0,48	0,14	0,07	0,16	0,24
Кабинет директора								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,2	0,18	0,27	0,41
Компьютерные потребители	1,2	0,80	0,90	0,48	0,96	0,46	1,06	1,64

Продолжение таблицы 3

Наименование	$P_{уст.}$ кВт	K_c	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{расч.}$ кВт	$Q_{расч.}$ кВАр	$S_{расч.}$ кВА	$I_{расч.}$ А
Кладовая								
Силовые потребители	1,5	0,78	0,91	0,45	1,17	0,53	1,28	1,97
Библиотека								
Силовые потребители	0,48	0,85	0,75	0,88	0,41	0,36	0,54	0,84
Компьютерные потребители	1,2	0,80	0,90	0,48	0,96	0,46	1,06	1,64
Учебный класс №3								
Силовые потребители	0,36	0,85	0,75	0,88	0,31	0,27	0,17	0,26
Компьютерные потребители	2,4	0,80	0,90	0,48	1,92	0,92	2,12	3,28
Учебный класс №4								
Силовые потребители	0,36	0,85	0,75	0,88	0,31	0,27	0,17	0,26
Компьютерные потребители	1,2	0,80	0,90	0,48	0,96	0,46	1,06	1,64
Учебный класс №5								
Силовые потребители	0,36	0,85	0,75	0,88	0,31	0,27	0,17	0,26
Компьютерные потребители	1,2	0,80	0,90	0,48	0,96	0,46	1,06	1,64
Малый спортивный зал								
Силовые потребители	0,6	0,60	0,90	0,48	0,36	0,17	0,40	0,61
Раздевалка женская								
Силовые потребители	5,0	0,60	0,90	0,48	3,0	1,44	3,32	5,12
Женский с/у								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Раздевалка мужская								
Силовые потребители	5,0	0,60	0,90	0,48	3,0	1,44	3,32	5,12
Мужской с/у								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Столовая								
Силовые потребители	10,0	0,60	0,90	0,48	6,0	2,88	6,65	10,24
Зал приёма пищи №1								
Силовые потребители	9,0	0,60	0,90	0,48	5,4	2,59	5,98	9,22
Итого 1 этаж								
Силовые потребители	42,42	0,60	0,90	0,48	26,64	14,44	29,7	45,74
Компьютерные потребители	10,0	0,80	0,90	0,48	8,64	4,14	9,54	14,76
Итого 1 этаж	52,42	-	-	-	35,28	18,58	39,87	61,34
2 этаж								
Учебный класс №6								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Учебный класс №7								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Учебный класс №8								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Учебный класс №9								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27

Продолжение таблицы 3

Наименование	$P_{уст.}$ кВт	K_c	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{расч.}$ кВт	$Q_{расч.}$ кВАр	$S_{расч.}$ кВА	$I_{расч.}$ А
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Учебный класс №2								
Силовые потребители	0,48	0,60	0,85	0,62	0,29	0,18	0,34	0,52
Комната отдыха								
Силовые потребители	3,8	0,72	0,76	0,86	2,74	2,35	3,61	5,56
Учительская								
Силовые потребители	0,24	0,60	0,90	0,48	0,14	0,07	0,16	0,24
Компьютерные потребители	0,4	0,80	0,90	0,48	0,32	0,15	0,35	0,55
Учебный класс №10								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Учебный класс №11								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Учебный класс №12								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Учебный класс №13								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	1,6	0,80	0,90	0,48	1,28	0,61	1,42	2,18
Учебный класс №14								
Силовые потребители	0,24	0,85	0,75	0,88	0,20	0,18	0,27	0,27
Компьютерные потребители	2,0	0,80	0,90	0,48	1,6	0,77	1,77	2,73
Женский с/у								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Мужской с/у								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Актовый зал								
Силовые потребители	2,2	0,60	0,90	0,48	1,32	0,63	1,46	2,25
Компьютерные потребители	2,0	0,80	0,90	0,48	1,6	0,77	1,77	2,73
Итого 2 этаж								
Силовые потребители	8,76	0,60	0,90	0,48	5,76	3,51	6,75	10,38
Компьютерные потребители	18,4	0,80	0,90	0,48	14,72	7,03	16,31	25,1
Итого 2 этаж	27,16	-	-	-	20,48	10,54	23,03	35,44
Вентиляция и кондиционирование (тех. помещение)								
Силовые потребители	12,0	0,60	0,90	0,48	7,2	3,46	7,98	12,29
Всего потребителей по учебному зданию школы								
Итого силовых потребителей по учебному зданию школы	63,18	0,72	0,75	0,88	39,6	21,41	45,02	69,26
Итого компьютерных потребителей по учебному зданию школы	28,4	0,80	0,90	0,48	23,36	11,17	25,89	39,84
Итого силовых и компьютерных потребителей по учебному зданию школы	91,58	-	-	-	62,96	32,58	70,89	109,06

3.2 Расчёт осветительной нагрузки школы

«Известно, что сегодня основное распространение получили светодиодные источники освещения, которые имеют неоспоримое преимущество по сравнению с другими источниками (лампами накаливания, люминесцентными и галогенными)» [14].

Поэтому в работе проектируется освещение объекта (школы) с применением светодиодных источников освещения.

Для наружного освещения школы следует применять:

- рабочее освещение;
- аварийное освещение.

«Расчетный световой поток Φ , лм» [14]:

$$\Phi = \frac{EkSz}{N\eta}, \text{ лм}, \quad (9)$$

где « E - нормированная освещенность, лк» [14];

« k - коэффициент запаса» [14];

« S - площадь, подлежащая освещению, м²» [14];

« z - коэффициент неравномерности освещения» [14];

« N - количество светильников, шт» [14];

« η - коэффициент использования светового потока» [14].

Затем в зависимости от вида объекта, его расположения и выбранного ранее источника света, «выбирается нормированная освещенность, коэффициент запаса и коэффициент неравномерности освещения» [17].

«Коэффициент соотношения λ » [12]:

$$\lambda = \frac{L}{H_p}, \quad (10)$$

где « L - расстояние между светильниками, м» [15];

« H_p - расчетная высота, м» [18].

«Количество светильников, шт.» [14]:

$$n_a = \frac{A}{L}, \quad (11)$$

где « A - длина освещаемого объекта, м» [14];

« B - ширина освещаемого объекта, м» [14].

«Количество всех светильников N , шт.» [14]:

$$N = N_a \cdot H_{ин}. \quad (12)$$

«Нормы минимальной освещенности для объектов общеобразовательных школ приведены в таблице 4» [14].

«Таблица 4 – Нормы минимальной освещенности для объектов общеобразовательных школ» [14]

Номер объекта по плану	Наименование объекта	Размеры объекта, м		Площадь объекта, м ²	Средняя освещенность в горизонтальной плоскости, не менее, E_n , лк
		Длина, м	Ширина, м		
1	Стадион	100	36	3600	750
2	Беговые дорожки	225	3	675	750
3	Трибуны	30	4	120	500
4	Дорожка к трибунам	12	2	24	25
5	Спортивная площадка	24	15	360	750
6	Дорожка к стадиону и спортивной площадке	91,5	2	183	25
7	Учебное здание (по периметру)	69,5	34,35	1564,18	15
8	Площадка перед входом в школу	10	20	200	20
9	Внутреннее пространство для хозяйственных нужд	43,4	20	868	10

«Как видно из результатов расчёта наружного освещения спортивной площадки, при требуемом нормируемом значении $E_n=750$ лк фактическое значение $E_f=772$ лк, что полностью соответствует нормам [8,9]. Светотехнический расчёт остальных объектов школы выполнен аналогично и результаты приведены в таблице 5» [11].

«Также согласно требованиям [8] необходимо предусмотреть аварийное освещение. Светильники аварийного освещения выбираются из числа светильников общего освещения таким образом, чтобы их мощность и освещённость была не менее 10% от рабочего освещения. При этом предусматривается их автоматическое включение (ЩАО) от другой секции сборных шин ГРЩ (таблица 5)» [8].

Таблица 5 – Светотехнический расчёт наружного освещения объектов школы

Наименование объекта	Размеры объекта		Ен, лк	Результаты расчёта освещения					
	Длина, м	Ширина, м		Тип светильника	Мощность свет-ка, кВт	Кол-во рядов, шт.	Кол-во свет-в в ряду, шт.	Кол-во свет-в, шт.	Суммарная мощность осв-я, кВт
Стадион с беговыми дорожками	100	36	750	ДО15-120-001 Kosmos 750	0,117	10	12	120	14,04
Трибуны	30	4	500			3	5	15	1,76
Дорожка к трибунам	12	2	25			1	2	2	0,23
Спортивная площадка	24	15	750			4	10	40	4,68
Дорожка к стадиону и спортплощадке	91,5	2	25			1	2	2	0,23
Учебное здание (по периметру)	69,5	34,35	15			2	2	4	0,47
Площадка перед входом в школу	10	20	20			1	2	2	0,23
Внутреннее пространство для хоз. нужд	43,4	20	10			1	3	3	0,35
Аварийное освещение	-	-	-			-	-	18	2,1
Всего наружного освещения	-	-	-			-	-	-	24,09

«Для наружного освещения школы расчётная реактивная нагрузка с учётом выбранных источников света» [5]:

$$Q_{осв.н} = P_{осв.н} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ кВАр}, \quad (13)$$

«где $\operatorname{tg} \varphi$ - коэффициент реактивной мощности выбранных источников света, соответствующий нормируемому значению коэффициента активной мощности выбранных источников света» [5].

$$Q_{осв.н} = 24,09 \cdot 0,33 = 7,95 \text{ кВАр}.$$

«Полная расчётная нагрузка наружного освещения школы» [5]:

$$S_{осв.н} = \sqrt{P_{осв.н}^2 + Q_{осв.н}^2}, \text{ кВА}. \quad (14)$$
$$S_{осв.н} = \sqrt{24,09^2 + 7,95^2} = 25,37 \text{ кВА}.$$

«Аналогично рассчитывается внутреннее освещение учебного корпуса школы и результаты приводятся в таблице 6» [5].

Для внутреннего освещения учебного корпуса школы выбраны из каталога светильники с параметрами:

- марка - ДБО54-13-001 Econom LED 865 (ТУ 3461-043-05014337-2009);
- предназначены для внутреннего освещения офисных, общественных и других помещений;
- технические данные согласно каталогу: 220 В, 50 Гц, LED модуль, 13Вт LED лампа E27, IP23, УХЛ4;
- световой поток светильника: 895 лм;
- размеры: L×B×H=320x136x105 мм;
- масса: 0,39 кг;
- корпус и декоративная панель из поликарбоната белого цвета.

– рассеиватель из поликарбоната, крепится к корпусу двумя специальными винтами.

«Выбирается вид монтажа светильников внутреннего освещения – крепление на несущую поверхность» [5].

Таблица 6 – Результаты светотехнического расчёта внутреннего освещения учебного корпуса школы

Объект	Размеры объекта		Ен, лк	Результаты расчёта освещения						
	Длина, м	Ширина, м		Тип светильника	Мощность светил., кВт	Кол-во рядов, шт.	Кол-во свет-в в ряду, шт.	Кол-во свет-в, шт.	$P_{осв}$, кВт	$I_{осв}$, А
1 этаж										
ЦРО-1										
Учебный класс №1	15	10	400	ДБО54-13-001	0,013	9	11	99	1,29	1,98
Вестибюль	12	10	300	Econom LED 865	0,013	8	10	80	1,04	1,6
Кабинет директора	6	10	300		0,013	4	10	40	0,52	0,8
Учебный класс №2	10	10	400		0,013	6	10	60	0,78	1,2
Учительская	4	10	400		0,013	3	10	30	0,39	0,6
Кладовая	4	10	200		0,013	3	8	24	0,31	0,48
Щитовая	2	4	300		0,013	2	5	10	0,13	0,2
Санитарно – техническое помещение	8	4	300		0,013	2	5	10	0,13	0,2
Всего ЦРО-1									4,59	7,06
ЦРО-2										
Архив	2	5	300	ДБО54-13-001	0,013	2	6	12	0,16	0,24
Библиотека	12	6	500	Econom LED 865	0,013	8	8	64	0,83	1,28
Учебный класс №3	12	10	400		0,013	8	11	88	1,14	1,76
Учебный класс №4	6	12	400		0,013	5	11	55	0,72	1,11
Учебный класс №5	6	12	400		0,013	5	11	55	0,72	1,11
Малый спортивный зал	10	12	500		0,013	8	10	80	1,04	1,6
Коридор	4	10	200		0,013	3	7	21	0,27	0,42
Раздевалка женская	6	5	200		0,013	3	5	15	0,19	0,3
Женский с/у	2	2	200		0,013	1	2	2	0,03	0,04
Душ женский	2	3	200		0,013	1	3	3	0,04	0,06
Раздевалка мужская	6	5	200		0,013	3	5	15	0,19	0,3

Продолжение таблицы 6

Объект	Размеры объекта		Ен, лк	Результаты расчёта освещения						
	Длина, м	Ширина, м		Тип светильника	Мощность светил., кВт	Кол-во рядов, шт.	Кол-во свет-в в ряду, шт.	Кол-во свет-в, шт.	$P_{осв}$, кВт	$I_{осв}$, А
Мужской с/у	2	2	200	ДБО5	0,013	1	2	2	0,03	0,04
Душ мужской	2	3	200	4-13-	0,013	1	3	3	0,04	0,06
Столовая	5	6	300	001	0,013	3	5	15	0,19	0,3
Зал приёма пищи №1	3	7	300	Econo	0,013	2	4	8	0,11	0,16
Зал приёма пищи №2	3	7	300	m	0,013	2	4	8	0,11	0,16
Коридор 1 этажа	6	58	200	LED	0,013	2	26	52	0,68	1,04
Всего ЦРО-2									6,49	9,98
2 этаж										
ЦРО-3										
Учебный класс №6	12	5	400	ДБО5	0,013	6	8	48	0,62	0,96
Учебный класс №7	12	5	400	4-13-	0,013	6	8	48	0,62	0,96
Учебный класс №8	12	6	400	001	0,013	8	8	48	0,62	0,96
Учебный класс №9	12	5	400	Econo	0,013	6	8	48	0,62	0,96
Учебный класс №10	12	5	400	m	0,013	6	8	48	0,62	0,96
Учебный класс №11	12	5	400	LED	0,013	6	8	48	0,62	0,96
Учебный класс №12	12	5	400	865	0,013	6	8	48	0,62	0,96
Учебный класс №13	12	6	400		0,013	7	8	56	0,73	1,12
Учебный класс №14	12	12	400		0,013	10	10	100	1,3	2,0
Женский с/у	2	12	200		0,013	2	10	20	0,26	0,4
Мужской с/у	2	12	200		0,013	2	10	20	0,26	0,4
Коридор 2 этажа	8	58	200		0,013	3	22	66	0,86	1,32
Актальный зал	8	58	400		0,013	3	22	66	0,86	1,32
Всего ЦРО-3									8,61	13,28
Всего рабочего освещения									19,69	30,29
Аварийное освещение									1,97	3,03
Всего осветительной активной нагрузки по учебному корпусу									21,66	-
Всего осветительной реактивной нагрузки по учебному корпусу									7,15	-
Всего осветительной полной нагрузки по учебному корпусу									22,81	35,09

«С учётом суммарных нагрузок учебного корпуса школы, после расчёта нагрузки наружного и внутреннего освещения, определяется суммарная нагрузка внешнего электроснабжения школы (нагрузка на вводе ГРЩ) по выражениям (2) – (4)» [15]:

$$P_{\Sigma} = 62,96 + 21,66 + 24,09 = 108,71 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\Sigma} = 32,58 + 7,15 + 7,95 = 47,68 \text{ кВАр.}$$

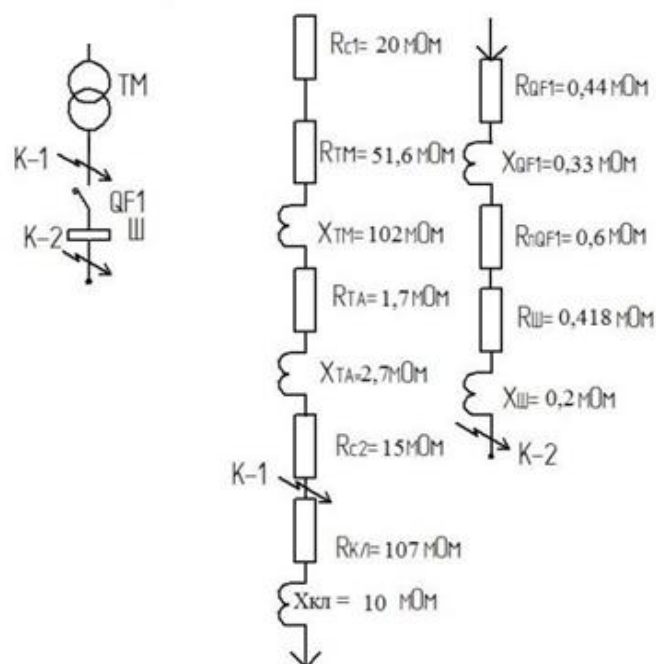
$$S_{\Sigma} = \sqrt{108,71^2 + 47,68^2} = 118,71 \text{ кВА.}$$

«На основании полученных результатов, далее в работе проводится выбор и проверка кабельных линий и электрических аппаратов системы электроснабжения школы» [7].

3.3 Расчёт токов короткого замыкания

«Короткое замыкание (КЗ) относится к аварийным режимам. Значительные по значению токи короткого замыкания представляют большую опасность для элементов электрической сети и оборудования, так как они вызывают чрезмерный нагрев токоведущих частей и создают большие механические усилия» [5].

«Расчётная схема и схема замещения для расчётов токов короткого замыкания в системе электроснабжения школы приведены на рисунке 10» [3].



«Рисунок 10 – Расчётная схема и схема замещения для расчётов токов короткого замыкания в системе электроснабжения школы» [5]

«На основании схемы замещения, полное суммарное активное сопротивление до точки короткого замыкания» [9]:

$$R_{\Sigma K1} = R_{C1} + R_{TM} + R_{TA} + R_{C2}, \text{ мОм.} \quad (15)$$

«На основании схемы замещения, полное суммарное индуктивное сопротивление до первой и второй точки короткого замыкания» [9]:

$$X_{\Sigma K1} = X_{TM} + X_{TA}, \text{ мОм.} \quad (16)$$

«Полное суммарное сопротивление до первой и второй точки короткого замыкания» [9]:

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2}, \text{ мОм.} \quad (17)$$

«Трёхфазный ток короткого замыкания» [9]:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1}}, \text{ кА.} \quad (18)$$

«Ударное значение тока короткого замыкания i_y , кА, рассчитывается по формуле» [9]:

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)}, \text{ кА,} \quad (19)$$

«где K_y – ударный коэффициент» [9].

«Результаты расчёта токов короткого замыкания в системе электроснабжения школы в сети 10 кВ и 0,38/0,22 кВ, приведены в работе в таблице 7» [9].

Таблица 7 – Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка	$R_{\Sigma k1}$, мОм	$X_{\Sigma k1}$, мОм	$Z_{\Sigma k1}$, мОм	$I_{кз}^{(3)}$, кА	Ta , с	Ky	i_y , кА
К1	88,1	104,7	136,96	1,6	0,004	1,08	2,44
К2	108,92	10,73	224,05	0,98	0,003	1	1,38

Результаты токов КЗ используются при проверке аппаратов и проводников.

3.4 Выбор аппаратов защиты и кабелей

Далее необходимо провести выбор и проверку новых проводников и аппаратов защиты системы электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

В качестве защитной аппаратуры используются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем.

Расчётный ток присоединения определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{2} \cdot U_{ном}}, A. \quad (20)$$

Рассчитывается ток срабатывания теплового расцепителя по формуле:

$$I_{тр(расц.)} = 1,2 \cdot I_{раб.i}, A. \quad (21)$$

Условия выбора автоматических выключателей:

$$I_{тр} \geq I_{тр(расц.)}, A. \quad (22)$$

$$I_{тр} \leq I_{нав}, A. \quad (23)$$

«Результаты выбора автоматических выключателей для защиты сети внешнего электроснабжения школы представлены в таблице 8» [18].

«Также в данной таблице выбраны вводные автоматы и предохранители для защиты вводных щитков (силовая, компьютерная и осветительная нагрузка)» [18].

«При этом выбор автоматов производится с учётом резервирования (во всех силовых щитках есть потребители I и II категорий надёжности, значит, питаться они будут двумя кабельными линиями)» [17].

«Для питания осветительной нагрузки принимается одна линия – один автомат (при условии резервирования аварийным освещением согласно условиям)» [1].

Таблица 8 – Результаты выбора автоматических выключателей и предохранителей для защиты сети внешнего электроснабжения школы

Наименование	S_p , кВА	I_p , А	Автомат				Предохранитель	
			Марка	$I_{ном.а}$, А	$I_{ном.р}$, А	N,шт.	Тип	$I_{ном.в}$, А
ГРЩ	70,89	109,06	ВА57-35	160	120	2	-	-
Силовая нагрузка учебного корпуса								
ЩРС1	11,5	17,69	ВА57-35	25	25	2	НПН2-60	20
ЩРС2	18,2	28,0	ВА57-35	32	32	2	НПН2-60	30
ЩРС3	6,75	10,38	ВА57-35	16	16	2	НПН2-60	16
Компьютерная нагрузка учебного здания								
ЩРК1	4,32	6,65	ВА57-35	10	10	2	НПН2-60	10
ЩРК2	5,22	8,03	ВА57-35	10	10	2	НПН2-60	10
ЩРК3	16,31	25,1	ВА57-35	32	32	2	НПН2-60	30
Осветительная нагрузка учебного корпуса								
ЩРО1	4,59	7,06	ВА57-35	10	10	1	НПН2-60	10
ЩРО2	6,49	9,88	ВА57-35	10	10	1	НПН2-60	10
ЩРО3	8,61	13,28	ВА57-35	16	16	1	НПН2-60	16
ЩАО1	0,46	0,71	ВА57-35	6	6	1	НПН2-60	6
ЩАО2	0,65	1,00	ВА57-35	6	6	1	НПН2-60	6
ЩАО3	0,86	1,33	ВА57-35	6	6	1	НПН2-60	6
Наружное освещение школьной территории								
НЩРО	25,37	39,03	ВА57-35	40	40	1	НПН2-60	40
НЩАО	2,5	3,90	ВА57-35	6	6	1	НПН2-60	6

Далее проводится выбор кабельных линий для питания системы внешнего электроснабжения школы.

В соответствии с расположением объектов школы, а также требованиями [2], принимается, что их электроснабжение осуществляется кабельными линиями, проложенными в траншеях.

Трассы кабельных линий намечаются так, чтобы они проходили по одной стороне школы. Причём в одну траншею укладываются как минимум несколько кабелей, питающих находящиеся рядом потребители.

«В работе выбору подлежат следующие кабельные линии» [9]:

- «питающей сети – кабельная линия с использованием двух силовых кабелей, питающая ГРЩ школы от ТП-10/0,4 кВ» [9];
- «распределительной сети – современные негорючие кабельные линии марки ВВГнг-LS с использованием двух силовых кабелей для питания силовых потребителей I и II категорий электроснабжения по радиальной схеме и одного кабеля для питания потребителей III категории электроснабжения» [9].

«Все перечисленные кабели выбираются пятижильными, что связано с рекомендованным режимом заземления нейтрали – TN-C-S» [2].

«Выбор проводников сетей низкого напряжения заключается в определении тока, протекающего по кабелю в нормальном и послеаварийном режиме» [2].

«При выборе поправочных коэффициентов вычисляется значение суммарного коэффициента» [5]:

$$K_{\text{общ.}} = K_{1.н} \cdot K_2 \cdot K_3. \quad (24)$$

$$K_{\text{общ.}} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,9. \quad (25)$$

«Для кабелей должны выполняться условия выбора и проверки» [8]:

В нормальном режиме работы [2]:

$$I'_{\text{дон}} \geq I_p^{\text{н}}, \text{ А.} \quad (26)$$

Значение расчетного тока в нормальном режиме определяется так:

$$I_p^n = \frac{S_\Sigma}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n}, A. \quad (27)$$

где S_Σ - расчётная суммарная нагрузка линии, кВА;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение, кВ;

n – количество силовых кабелей в линии, по которым осуществляется электроснабжение потребителей, шт.

При этом:

$$I'_{дон} = K_{общ} I_{дон}, A. \quad (28)$$

где $K_{общ}$ – суммарный поправочный коэффициент, $K_{общ.} = 0,9$;

$I_{дон}$ – длительный допустимый ток кабеля, табл.1.3.16 [11].

Для кабельных линий с двумя кабелями, согласно условию резервирования, должна быть проведена проверка в аварийном режиме работы согласно [1]:

$$I'_{дон} \geq I_p^{ав}, A. \quad (29)$$

Где расчётный ток послеаварийного режима можно определить так:

$$I_p^{ав} = 1,4 I_p^n, A. \quad (30)$$

«Проводится расчёт и выбор кабельной линии, питающей ГРЩ школы от ТП-10/0,4 кВ» [1].

«В данной линии предусмотрены два силовых кабеля, питающих две секции сборных шин ГРЩ по радиальной схеме электроснабжения (для

потребителей I и II категории надёжности, которые преобладают в схеме электроснабжения школы)» [1].

«По выражению (27)» [9]:

$$I_p^n = \frac{109,06}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2} = 82,85 \text{ A.}$$

«Принимается для прокладки два кабеля с алюминиевыми жилами марки АВВГ 5×35, $F=35 \text{ мм}^2$, $I_{дон} = 135 \text{ A}$, прокладка – в земле» [12].

«Сечение данной марки кабеля выбрано по» [2].

«Проверка по (26) выполняется» [13]:

$$135 \cdot 0,9 = 121,5 \text{ A} \geq 82,85 \text{ A.}$$

«Так как в данной линии – два силовых кабеля, питающих потребитель II категории надёжности, сечение следует проверить по послеаварийному режиму» [19]:

$$I_p^{ав} = 1,35 \cdot 82,5 = 111,4 \text{ A.}$$

«Проверка по условиям послеаварийного режима (28) выполняется» [6]:

$$121,5 \text{ A} \geq 111,4 \text{ A.}$$

«Выбранный ранее кабель марки АВВГ 5×35, $F=35 \text{ мм}^2$, $I_{дон} = 135 \text{ A}$ удовлетворяют условиям выбора и проверки. Окончательно принимается 2 силовых кабеля марки АВВГ 5×35 в кабельной линии, питающей ГРЩ школы от ТП-10/0,4 кВ (прокладка – в земле). Аналогичные расчеты проведены для линий распределительной сети внешнего электроснабжения напряжением 0,38/0,22 кВ и результаты представлены в таблице 9» [10].

«При этом в работе принимается по условиям согласования проводников и аппаратов в системе электроснабжения (селективности), рекомендованное минимальное сечение кабелей с медными жилами для питания вводных щитков силовой и компьютерной нагрузки распределительной сети внешнего электроснабжения напряжением 0,38/0,22 кВ – не менее 4 мм², для питания вводных щитков освещения – не менее 2,5 мм²» [1].

«Таблица 9 – Результаты выбора кабельных линий внешней системы электроснабжения школы» [9]

Наименование	Количество кабелей, <i>n</i> , шт	Расчетный ток участка, I_p^H / I_p^{a6} , А	Кабель	
			$I'_{доп}$, А	Марка кабеля
ГРЩ	2	82,85/111,4	121,5	АВВГ 5×35
Силовая нагрузка учебного здания				
ЩРС1	2	13,6/18,37	32,8	ВВГнг-LS 5×4
ЩРС2	2	21,54/29,08	32,8	ВВГнг-LS 5×4
ЩРС3	2	7,98/10,77	32,8	ВВГнг-LS 5×4
Компьютерная нагрузка учебного здания				
ЩРК1	2	5,12/6,91	32,8	ВВГнг-LS 5×4
ЩРК2	2	6,18/8,39	32,8	ВВГнг-LS 5×4
ЩРК3	2	19,31/26,07	32,8	ВВГнг-LS 5×4
Осветительная нагрузка учебного здания				
ЩРО1	1	7,06/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩРО2	1	9,88/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩРО3	1	13,28/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩАО1	1	0,71/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩАО2	1	1,00/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
ЩАО3	1	1,33/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5
Наружное освещение школьной территории				
НЩРО	1	39,03/-	48,6	ВВГнг-LS 5×6
НЩАО	1	3,90/-	27,6	ВВГнг-LS 5×2,5

«Выбор кабельных линий и аппаратов защиты к потребителям учебного здания школы проведено аналогично и результаты приведены в таблице 10» [9].

«При этом в работе принимается по условиям согласования проводников и аппаратов в системе электроснабжения (селективности), рекомендованное минимальное сечение кабелей с медными жилами для питания линий силовых и компьютерных потребителей – не менее 2,5 мм², для питания линий освещения – не менее 1,5 мм²» [1].

«Таблица 10 – Выбор кабельных линий и аппаратов защиты к линиям потребителей учебного здания школы» [9]

Потребители	$I_{расч.}, A$	Марка кабеля	$\Delta U_n, \%$	Автомат	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.p}, A$
1 этаж						
Учебный класс №1						
Силовые	0,37	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,12	ABB	6	6
Компьютерные	3,28	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,74	ABB	6	6
Освещение	1,98	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,24	ABB	6	6
Вестибюль						
Силовые	0,24	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,11	ABB	6	6
Освещение	1,6	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,18	ABB	6	6
Кабинет директора						
Силовые	0,41	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,23	ABB	6	6
Компьютерные	1,64	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,21	ABB	6	6
Освещение	0,8	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,42	ABB	6	6
Учебный класс №2						
Силовые	0,52	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,19	ABB	6	6
Компьютерные	0,55	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,92	ABB	6	6
Освещение	1,2	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,87	ABB	6	6
Учительская						
Бытовые потребители	5,56	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,37	ABB	10	10
Компьютерные	0,55	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,92	ABB	6	6
Освещение	0,6	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,03	ABB	6	6
Кладовая						
Силовые	0,24	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,83	ABB	6	6
Освещение	0,48	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,28	ABB	6	6
Щитовая						
Освещение	0,2	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,24	ABB	6	6
Санитарно – техническое помещение						
Силовые	1,97	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,14	ABB	6	6
Освещение	0,2	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,56	ABB	6	6
Архив						
Освещение	0,24	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,62	ABB	6	6
Библиотека						
Силовые	2,15	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,12	ABB	6	6
Компьютерные	2,73	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,15	ABB	6	6
Освещение	1,28	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,08	ABB	6	6
Учебный класс №3						
Силовые	2,84	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,47	ABB	6	6
Компьютерные	3,28	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,43	ABB	6	6
Освещение	1,76	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,82	ABB	6	6
Учебный класс №4						
Силовые	0,26	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,17	ABB	6	6
Компьютерные	1,64	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,11	ABB	6	6
Освещение	1,11	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,87	ABB	6	6
Учебный класс №5						

Продолжение таблицы 10

Потребители	$I_{расч.}, A$	Марка кабеля	$\Delta U_n, \%$	Автомат	$I_{ном.а}, A$	$I_{ут.р}, A$
Силовые	0,26	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,98	ABB	6	6
Компьютерные	1,64	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,92	ABB	6	6
Освещение	1,11	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,44	ABB	6	6
Малый спортивный зал						
Силовые	0,61	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,02	ABB	6	6
Освещение	1,6	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,98	ABB	6	6
Коридор						
Освещение	0,42	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,16	ABB	6	6
Раздевалка женская						
Силовые	5,12	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,16	ABB	10	10
Освещение	0,3	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,87	ABB	6	6
Женский с/у						
Силовые	2,25	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,18	ABB	6	6
Освещение	0,04	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,92	ABB	6	6
Душ женский						
Освещение	0,06	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,06	ABB	6	6
Раздевалка мужская						
Силовые	5,12	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,21	ABB	10	10
Освещение	0,3	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,18	ABB	6	6
Мужской с/у						
Силовые	2,25	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,19	ABB	6	6
Освещение	0,04	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,12	ABB	6	6
Столовая						
Силовые	10,24	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,48	ABB	16	16
Освещение	0,3	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,17	ABB	6	6
Душ мужской						
Освещение	0,06	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,23	ABB	6	6
Зал приёма пищи №1						
Силовые	9,22	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,02	ABB	6	6
Освещение	0,16	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,44	ABB	6	6
Зал приёма пищи №2						
Освещение	0,16	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,44	ABB	6	6
Коридор 1 этажа						
Освещение	1,04	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,48	ABB	6	6
2 этаж						
Учебный класс №6						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,15	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,12	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,16	ABB	6	6
Учебный класс №7						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,48	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,34	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,82	ABB	6	6
Учебный класс №8						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,27	ABB	6	6

Продолжение таблицы 10

Потребители	$I_{расч.}, A$	Марка кабеля	$\Delta U_n, \%$	Автомат	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.р.}, A$
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,21	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,94	ABB	6	6
Учебный класс №9						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,18	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,11	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,71	ABB	6	6
Учебный класс №10						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,45	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,41	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,19	ABB	6	6
Учебный класс №11						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,12	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,16	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,98	ABB	6	6
Учебный класс №12						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,03	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	0,98	ABB	6	6
Освещение	0,96	ВВГнг-LS (3x1,5)	1,49	ABB	6	6
Учебный класс №13						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,83	ABB	6	6
Компьютерные	2,18	ВВГнг-LS (3x2,5)	1,94	ABB	6	6
Освещение	1,12	ВВГнг-LS (3x1,5)	2,23	ABB	6	6
Учебный класс №14						
Силовые	0,27	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,18	ABB	6	6
Компьютерные	2,73	ВВГнг-LS (3x2,5)	2,72	ABB	6	6
Освещение	2,0	ВВГнг-LS (3x1,5)	3,31	ABB	6	6
Женский с/у						
Силовые	2,25	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,41	ABB	6	6
Освещение	0,4	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,21	ABB	6	6
Мужской с/у						
Силовые	2,25	ВВГнг-LS (3x2,5)	3,43	ABB	6	6
Освещение	0,4	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,29	ABB	6	6
Коридор 2 этажа						
Освещение	1,32	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,16	ABB	6	6
Актный зал						
Освещение	1,32	ВВГнг-LS (3x1,5)	4,34	ABB	6	6
Прочие потребители						
Вентиляция и кондиционирование	12,29	ВВГнг-LS (5x4)	2,08	ABB	16	16

Все выбранные проводники и аппараты защиты школы и школьной территории соответствуют требуемым критериям выбора и проверок, поэтому могут быть применены на объекте проектирования.

3.5 Расчёт технико-экономических показателей системы электроснабжения школы

«Значение максимальной расчётной мощности на шинах 0,38/0,22 кВ» [22] школы составляет $P_{max}=108,71$ кВт, $T_{max}=3500$.

«Исходя из принятых решений в работе, капиталовложения на проведённую разработку системы электроснабжения школы определяются так» [20]:

$$K = K_{внеш.} + K_{внутр.}, \quad (31)$$

«где $K_{внеш.}$ - капиталовложения во внешнюю систему электроснабжения»

[3] школы, тыс. руб.;

$K_{внутр.}$ - капиталовложения во внутреннюю систему электроснабжения школы, тыс. руб.

Капиталовложения в проектируемую «систему электроснабжения школы в работе определяются так» [19]:

$$K = C_{осн.} \cdot n + M_n + H_p, \quad (32)$$

где « n - количество единиц оборудования, шт.» [19];

« $C_{осн.}$ - стоимость одной единицы оборудования, тыс. руб.» [19];

« M_n - расходы на монтаж и наладку оборудования, тыс. руб.» [19];

« H_p - накладные расходы, тыс. руб.» [19].

«Принимается в работе» [24]:

$$\begin{aligned} M_n &= 0,3C_{осн.}; \\ H_p &= 0,1C_{осн.} \end{aligned} \quad (33)$$

«Результаты расчёта стоимости оборудования (сметы) для внешней системы электроснабжения» [25] ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска с учётом выбранного в работе оборудования сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Результаты расчёта стоимости оборудования (сметы) для внешней системы электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска

Наименование, марка	Ед. измерен ия	Кол-во ед.	Стоимость, за единицу, тыс. руб.	Суммарная стоимость, тыс. руб.
Кабельные линии				
Кабель АВВГ 4×35	км	0,36	384,0	138,24
Кабель ВВГнг-LS 5×6	км	0,82	302,0	247,64
Кабель ВВГнг-LS 5×4	км	3,76	190,0	714,4
Кабель ВВГнг-LS 5×2,5	км	3,84	123,0	472,32
Щиты вводные распределительные				
Щит ГРЩ	шт.	1	16,0	16,0
Щит ЩРС	шт.	3	14,0	42,0
Щит ЩРК	шт.	3	14,0	42,0
Щит ЩРО (ЩАО)	шт.	6	12,0	72,0
Щит НЩРО (НЩАО)	шт.	2	12,0	24,0
Электрические аппараты				
Автоматы ВА 57-35	шт.	22	1,5	33,0
Предохранители НПН2-60	шт.	60	0,5	30,0
Итого:	-	-	-	1831,6

Капиталовложения во внешнюю систему электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска по условию (32):

$$K_{внеш} = 1831,6 + 0,3 \cdot 1831,6 + 0,1 \cdot 1831,6 = 2564,24 \text{ тыс.руб.}$$

Результаты расчёта стоимости оборудования (сметы) для внутренней системы электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты расчёта стоимости оборудования (сметы) для внутренней системы электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска

Наименование, марка	Ед. измер.	Кол-во ед.	Стоимость, за единицу, тыс. руб.	Суммарная стоимость, тыс. руб.
Кабельные линии				
Кабель ВВГнг-LS 5×4	км	0,1	190,0	19,0
Кабель ВВГнг-LS 3х2,5	км	3,60	64,8	233,3
Кабель ВВГнг-LS 3х1,5	км	4,10	46,5	190,7
Оборудование				
Розетки силовые	шт.	166	0,07	11,62
Розетки компьютерные	шт.	64	0,07	4,48
Светильники рабочего и аварийного освещения (LED)	шт.	1270	0,2	254,0
Электрические аппараты				
Автоматы АВВ	шт.	133	0,3	39,9
Итого:	-	-	-	753,0

«Капиталовложения во внутреннюю систему электроснабжения школы»

[22]:

$$K_{\text{внутр.}} = 753 + 0,3 \cdot 753 + 0,1 \cdot 753 = 1054,2 \text{ тыс.руб.}$$

«Определение суммы общих капитальных вложений во внешнюю и внутреннюю системы электроснабжения школы» [20]:

$$K = 2564,24 + 1054,2 = 3618,44 \text{ тыс.руб.}$$

«В общем виде расчетная формула эксплуатационных издержек (затрат) для проектируемой системы электроснабжения школы» [19]:

$$\begin{aligned} \text{ЭЗ} = & 3\Pi + CB + A_{\text{внеш.}} + A_{\text{внутр.}} + P_{\text{внеш.}} + \\ & + P_{\text{внутр.}} + C_{\text{ЭЭ}} + H_{\text{Н}} + \Pi_{\text{р}}, \text{ тыс.руб.}, \end{aligned} \quad (34)$$

где «3Π – заработная плата, тыс. руб.» [19];

«CB – страховые взносы, тыс. руб.» [19];

«А – амортизационные отчисления, тыс. руб.» [19];

«Р – затраты на ремонт и техническое обслуживание, тыс. руб.» [19].

«Заработная плата за год» [21]:

$$ЗП = M_0 \cdot N \cdot K_{дон} \cdot T, \quad (35)$$

«где $M_0 = 41,89$ тыс. руб. – средний месячный оклад по Краснодарскому краю по состоянию на начало 2023 г.» [22];

$N = 5$ – количество оперативно – технических работников» [22];

$K_{дон} = 1,5$ – «коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда» [9];

$T = 12$ – «число месяцев в году» [18].

$$ЗП = 41,89 \cdot 5 \cdot 1,5 \cdot 12 = 3770,1 \text{ тыс.руб.}$$

Расчёт страховых взносов представлен в таблице 13.

«Таблица 13 - Расчёт страховых взносов» [22]

Пенсионный фонд РФ (ПФР (22%))	Фонд обязательного медицинского страхования (ФФОМС (5,1%))	Фонд социального страхования, нетрудоспособность (ФСС (2,9%))	ФСС травматизм, 0,9%
829,4 тыс. руб.	192,3 тыс. руб.	109,3 тыс. руб.	33,9 тыс. руб.

Значит:

$$СВ = 0,309 \cdot ЗП, \text{ тыс.руб.} \quad (36)$$

$$СВ = 0,309 \cdot 3770,1 = 1164,96 \text{ тыс.руб.}$$

Амортизационные отчисления на разработанную систему электроснабжения школы согласно (п. 3 ст. 258 НК РФ), определяются так:

$$A_o = K \cdot \frac{a}{100}, \quad (37)$$

«где a - годовая норма амортизационных отчислений, %» [22].

$$A_{\text{внеш.}} = 2564,24 \cdot 0,01 = 25,64 \text{ тыс.руб.}$$

$$A_{\text{внутр.}} = 1054,2 \cdot 0,01 = 10,54 \text{ тыс.руб.}$$

«Затраты на ремонт и техническое обслуживание» [22]:

$$P_{TO} = K \cdot \frac{r}{100}, \quad (38)$$

«где r - годовая норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание оборудования и сетей, %» [20].

$$P_{TO\text{внеш.}} = 2564,24 \cdot 0,0025 = 6,41 \text{ тыс.руб.}$$

$$P_{TO\text{внутр.}} = 1054,2 \cdot 0,0025 = 2,64 \text{ тыс.руб.}$$

«Стоимость электроэнергии» [24]:

$$C_{\text{ЭЭ}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{ЭЭ}}, \quad (39)$$

«где $T_{\text{ЭЭ}}$ - одноставочный тариф на электроэнергию (для Краснодарского края стоимость на 01.01.2023 г. – 3,57 руб./кВт·ч)» [18];

« $W_{\text{год}}$ - годовой объем потребляемой энергии» [15].

Последняя составляющая условия (38) определяется так:

$$W_{\text{год}} = T_{\text{max}} \cdot P_{\text{max}}, \quad (40)$$

«где $T_{\text{max}} = 3500 \text{ ч}$ - количество часов использования максимума» [22];

« P_{max} - максимальная расчётная активная мощность школы» [22].

$$W_{год} = 3500 \cdot 108,71 = 380485 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$C_{ЭЭ} = 380485 \cdot 3,57 = 1358,33 \text{ тыс.руб.}$$

«Прочие расходы» [22]:

$$Pr = 0,01 \cdot \sum K. \quad (41)$$

$$Pr = 0,01 \cdot 3618,44 = 36,18 \text{ тыс.руб.}$$

«Годовые эксплуатационные издержки на систему электроснабжения школы по условию (34)» [22]:

$$\begin{aligned} ЭЗ &= 3770,1 + 1164,96 + 25,64 + 10,54 + 6,41 + \\ &+ 2,64 + 1358,33 + 36,18 = 6374,8 \text{ тыс.руб.} \end{aligned}$$

«Сводная таблица технико-экономических показателей разработанной системы электроснабжения школы приведена в таблице 14» [22].

«Таблица 14 – Сводная таблица технико-экономических показателей разработанной системы электроснабжения школы» [22] с учётом школьной территории

Наименование затрат	Ед. измерения	Величина
Капиталовложения	тыс. руб.	3618,44
Заработная плата	тыс. руб.	3770,1
Страховые взносы	тыс. руб.	1164,96
Суммарные амортизационные отчисления	тыс. руб.	36,18
Суммарные расходы на ремонт и техническое обслуживание	тыс. руб.	9,05
Годовой объем потребляемой электроэнергии	кВт·ч	380485
Стоимость потребляемой электроэнергии	тыс. руб.	1358,33
Прочие расходы	тыс. руб.	36,18
Годовые эксплуатационные издержки	тыс. руб.	6374,8

Выводы по разделу.

В соответствии с поставленной целью, в работе решены следующие основные задачи:

- приведена характеристика объектов внешнего и внутреннего электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска и школьной территории;
- «проведён непосредственный расчёт электрических нагрузок» [12];
- «осуществлён расчёт токов короткого замыкания в системе» [12] электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска;
- «проведён выбор проводников (питающая линия – кабель АВВГ 5×35, распределительная сеть – негорючие пятижильные кабели марки ВВГнг-LS разных сечений) и аппаратов защиты системы внешнего и внутреннего электроснабжения школы и школьной территории (трёхфазные автоматы марки ВА и однофазные автоматы АВВ, предохранители НПН)» [12] ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска;
- рассчитаны экономические показатели разработанного учебного проекта системы электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Заключение

В результате выполнения работы, проведена разработка проекта системы внешнего и внутреннего электроснабжения общеобразовательной школы и прилегающей школьной территории на примере организации ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска, а также непосредственное изучение опыта внедрения нового энергоэффективного оборудования на примере данного учреждения образования.

Приведена исходная характеристика ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Рассмотрены исходные данные для проектирования внешней и внутренней систем электроснабжения объекта.

Основываясь на приведённой информации, установлено, что в работе необходимо осуществить модернизацию оборудования электрических сетей и аппаратов, а также проверку схемных технических решений по электроснабжению ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

В работе приняты и обоснованы необходимые схемные решения, необходимые для качественной разработки проекта системы электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Выбрана и обоснована схема электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска, которая предполагает питание школы от двух независимых источников согласно принятой категории надёжности объекта.

Выбраны и обоснованы следующие принципиальные схемы ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска:

- схема электрическая принципиальная внешнего электроснабжения объекта проектирования;
- схема электрическая принципиальная распределительной сети внутреннего электроснабжения силовых и компьютерных сетей объекта проектирования;
- схема электрическая принципиальная распределительной сети внутреннего электроснабжения освещения объекта проектирования.

Выбраны и обоснованы следующие монтажные схемы ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска:

- монтажная электрическая схема внешнего электроснабжения школы и школьной территории;
- монтажная электрическая схема внутреннего электроснабжения школы.

В соответствии с поставленной целью, в работе решены следующие основные задачи:

- приведена характеристика объектов внешнего и внутреннего электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска и школьной территории;
- «проведён непосредственный расчёт электрических нагрузок» [12];
- осуществлён расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска;
- «проведён выбор проводников (питающая линия – кабель АВВГ 5×35, распределительная сеть – негорючие пятижильные кабели марки ВВГнг-LS разных сечений), а также электрических аппаратов защиты системы внешнего и внутреннего электроснабжения школы и школьной территории (выбраны трёхфазные автоматы марки ВА и однофазные автоматы АВВ, предохранители НПН)» [12] ГБОУ

Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска;

- рассчитаны экономические показатели по принятым решениям разработанного проекта системы электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Все полученные расчётные данные не превышают предельно допустимых нормативов и показателей основных документов электроэнергетики.

Таким образом, в работе расчётно-аналитическим путём решена комплексная задача по выбору и последующему внедрению предложенных рациональных мероприятий по проектированию системы электроснабжения ГБОУ Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интернат №2 г. Абинска.

Список используемых источников

1. ГБОУ школа-интернат № 2 г. Абинска [Электронный ресурс]: URL: <http://www.minobrkuban.ru/schools/gbs-k-ou-shkola-internat-2-viii-vida-g-abinsk/> (дата обращения: 18.03.2023).
2. Кадомская К. П., Лавров Ю. А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия. 2018. 343 с.
3. Китунович Ф.Г. Энергетика России. 1920-2020 гг. В 4 томах. М.: Энергия. 2020. 1072 с.
4. Климова Г. Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие. М.: Юрайт. 2016. 180 с.
5. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия. 2020. 320 с.
6. Неклепаев Б. Н., Крючков И .П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат. 2018. 608 с.
7. Никитенко Г. В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. СПб.: Лань. 2018. 316 с.
8. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат. 2019. 174 с.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. М.: ЗАО «Энергосервис». 2019. 324 с.
10. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Альвис. 2018. 632 с.
11. Рожкова Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия. 2018. 448 с.
12. Свириденко Э. А. Основы электротехники и электроснабжения. М.:

Техноперспектива. 2018. 436 с.

13. Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777/пр) [Электронный ресурс]: URL: https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf (дата обращения: 14.03.2023).

14. СП 440.1325800.2018 Проектирование естественного и искусственного освещения. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/554819713> (дата обращения: 18.03.2023).

15. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС. 2018. 312 с.

16. СТО 56947007- 29.240.30.047-2010. «Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.twirpx.com/file/2616342/> (дата обращения: 14.03.2023).

17. Тульчин И. К. Электрические сети жилых и общественных зданий. М.: Энергоатомиздат. 2020. 304 с.

18. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ об энергосбережении [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 14.03.2023).

19. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

20. Цигельман И. Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий: 3-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк. 2018. 319 с.

21. Barker R. CASE Method. Entity-Relationship Modeling. N.Y.: Addison-Wesley Publishing Company. 2021. 112 p.

22. Bunn D.W. Experimental study of a Bayesian method for daily electricity

load forecasting. Appl. Math. Model. 2020. №2. P. 113 – 116.

23. Bunn Ed. D. Comparative models for electrical load forecasting. New York: Willey. 2018. 232 p.

24. DeMarco T. Short – term load forecasting in electric power systems: A comparison of ARMA models and extended Wiener filtering. J. Forecast. 2022. №4. P.56-61.

25. Farmer E.D. Development of on-line load prediction techniques with trails in the south-western region of the CEGB. Proc. EE. 2018. 115 p.

Приложение А

Спецификация к электрической принципиальной схеме внешнего электроснабжения школы

Таблица А1 – Спецификация к принципиальной схеме объекта

Поз	Обозначение	Наименование	Кол
1. Обозначения на схеме			
1	ЩРС1.1, ЩРС1.2	Щиток силовой №1 (1 и 2 секции)	1
2	ЩРС2.1, ЩРС2.2	Щиток силовой №2 (1 и 2 секции)	1
3	ЩРС3.1, ЩРС3.2	Щиток силовой №3 (1 и 2 секции)	1
4	ЩРК1.1, ЩРК1.2	Щиток компьютерной сети №1 (1 и 2 секции)	1
5	ЩРК2.1, ЩРК2.2	Щиток компьютерной сети №2 (1 и 2 секции)	1
6	ЩРК3.1, ЩРК3.2	Щиток компьютерной сети №3 (1 и 2 секции)	1
7	ЩРО1, ЩРО2, ЩРО3	Щиток рабочего освещения	3
8	ЩАО1, ЩАО2, ЩАО3	Щиток аварийного освещения	3
9	НЩРО	Щиток наружного рабочего освещения	1
10	НЩАО	Щиток наружного аварийного освещения	1
2. Электрические аппараты 10 кВ ТП-10/0,4 кВ			
11	ВА57-35	Выключатель нагрузки	2
12	НПН2-60	Предохранитель	2
13	ТМ-250/10	Трансформатор силовой	2
14	ВА47-29	Автоматический выключатель	14

Приложение Б

Спецификация к монтажной электрической схеме внешнего электроснабжения школы

Таблица Б1 – Спецификация к монтажной схеме объекта

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.
1. Обозначения на схеме			
1	Л1	Кабель силовой АВВГ 5х35	1
2	Л2	Кабель силовой ВВГнг-LS 5×6	1
3	Л3	Кабель ВВГнг-LS 5×1,5	1
2. Спецификация объектов			
4	1	Стадион с беговыми дорожками	1
5	2	Трибуны	1
6	3	Дорожка к трибунам	1
7	4	Спортивная площадка	1
8	5	Дорожка к стадиону и спортивной площадке	1
9	6	Учебное здание (двухэтажное)	1
10	7	Площадка перед входом в школу	1
11	8	Внутреннее пространство для хозяйственных нужд	1

Приложение В

Спецификация объектов к принципиальной и монтажной электрическим схемам внутреннего электроснабжения школы

Таблица В1 – Спецификация объектов

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.
1	1	Учебный класс №1	1
2	2	Вестибюль	1
3	3	Кабинет директора	1
4	4	Учебный класс №2	1
5	5	Учительская	1
6	6	Кладовая	1
7	7	Щитовая	1
8	8	Санитарно – техническое помещение	1
9	9	Архив	1
10	10	Библиотека	1
11	11	Учебный класс №3	1
12	12	Учебный класс №4	1
13	13	Учебный класс №5	1
14	14	Малый спортивный зал	1
15	15	Коридор	1
16	16	Раздевалка женская	1
17	17	Женский с/у	1
18	18	Душ женский	1
19	19	Раздевалка мужская	1
20	20	Мужской с/у	1
21	21	Душ мужской	1
22	22	Столовая	1
23	23	Зал приёма пищи №1	1
24	24	Зал приёма пищи №2	1
25	25	Коридор 1 этажа	1
26	26	Учебный класс №6	1
27	27	Учебный класс №7	1
28	28	Учебный класс №8	1
29	29	Учебный класс №9	1
30	30	Учебный класс №10	1
31	31	Учебный класс №11	1
31	31	Учебный класс №12	1
33	33	Учебный класс №13	1
34	34	Учебный класс №14	1
35	35	Женский с/у	1
36	36	Мужской с/у	1
37	37	Коридор 2 этажа	1
38	38	Актный зал	1
39	39	Вентиляция и кондиционирование	1