

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«**СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.В. Коловский
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника
код – наименование направления

Электроснабжение школы в селе Разъезжее Ермаковского района
тема

Руководитель	_____	доцент, к.т.н.	<u>Е.В.Платонова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>М.В. Артемов</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>И.А. Кычакова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2022

Продолжение титульного листа МД/ДП/ ДР/БР по теме _____

Консультанты по
разделам:

_____	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
_____	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
_____	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
_____	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
_____	_____	_____
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

инициалы, фамилия

Студенту Артемов Михаил Валерьевич

фамилия, имя, отчество

Группа ЗХЭн 17-01 (з-17) Направление (специальность) 13.03.02

номер

код

Электроэнергетика и электротехника

полное наименование

Тема выпускной квалификационной работы Электроснабжение школы в селе Разъезжее Ермаковского района.

Утверждена приказом по университету № 212 от 15.04.2022

Руководитель ВКР Е. В. Платонова, доцент кафедры «электроэнергетика»

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР план школы с расположением

электрооборудования, ведомость электропотребителей.

Перечень разделов ВКР _____

Перечень графического материала _____

Руководитель ВКР _____

подпись

Е.В. Платонова

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____

подпись, инициалы и фамилия студента

« ____ » _____ 2022 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение школы на 80 учащихся с дошкольными группами на 35 мест в с. Разъездное Ермаковского района» содержит ?? страниц текстового документа, использованных источников, ?? листов графического материала, приложений нет. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ОСВЕЩЕНИЕ, СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ПОТЕРИ МОЩНОСТИ, ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ. Объект проектирования – школа на 80 учащихся с дошкольными группами на 35 мест в с. Разъездное Ермаковского района. Основной целью разработки схемы электроснабжения является обеспечение электроэнергией надлежащего качества с учетом перспектив роста энергопотребления. Основная задача – разработать схему электроснабжения таким образом, чтобы она соответствовала современным требованиям безопасности, надежности и экономичности. В процессе проектирования были рассчитаны электрические нагрузки для каждого уровня электроснабжения, после чего была спроектирована схема электроснабжения деревенской школы. Для схемы электроснабжения были выбраны удовлетворяющие всем техническим требованиям сечения кабелей и аппараты защиты. Проверка оборудования по токам короткого замыкания показала правильность выбора аппаратов защиты. В ходе выполнения работы выполнено проектирование системы электроснабжения сельской школы с дополнительными дошкольными местами. Проект соответствует всем актуальным требованиям ПУЭ, СНиП и СанПИН. Кроме того, при выполнении проекта учтены требования федеральных законов (ФЗ) в области электроэнергетики.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Power supply of a school for 80 students with preschool groups for 35 places in the village of Razedee of the Ermakovsky district" contains pages of a text document, used sources, sheets of graphic material, no appendices. ELECTRICAL LOADS, LIGHTING, LIGHTING ENGINEERING CALCULATION, ELECTRICAL CALCULATION, EQUIPMENT SELECTION, EQUIPMENT INSPECTION, SHORT CIRCUIT CURRENT, POWER LOSS, VOLTAGE LOSS, TECHNICAL AND ECONOMIC COMPARISON OF OPTIONS. The object of design is a school for 80 students with preschool groups for 35 places in the village of Razdezdee of the Ermakovsky district. The main purpose of the development of the power supply scheme is to provide electricity of appropriate quality, taking into account the prospects for energy consumption growth. The main task is to develop a power supply scheme in such a way that it meets modern safety, reliability and cost-effectiveness requirements. During the design process, electrical loads were calculated for each level of power supply, after which the power supply scheme of the village school was designed. For the power supply scheme, cable sections and protection devices that meet all technical requirements were selected. Checking the equipment for short-circuit currents showed the correctness of the choice of protection devices. In the course of the work, the design of the power supply system of a rural school with additional preschool places was carried out. The project meets all the current requirements of the «PUE», «SNIIP» and «SanPiN». In addition, when implementing the project, the requirements of federal laws (FL) in the field of electric power industry are taken into account.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. Характеристика предприятия	10
2. Расчет осветительной нагрузки	19
2.1. Светотехнический расчет системы внутреннего освещения.....	19
2.2. Расчет системы наружного освещения.....	36
2.3. Электротехнический расчет системы освещения.....	42
3. Расчет электрических нагрузок	45
3.1. Расчет электрических нагрузок и пусковых токов первого уровня электропитания	45
3.2. Расчет электрических нагрузок и пусковых токов первого уровня электропитания	47
4. Выбор сечений кабельных линий и аппаратов защиты	49
4.1. Выбор сечений кабельных линий.....	49
4.2. Выбор защитных аппаратов.....	51
4.3. Выбор силовых пунктов.....	54
4.4. Расчет потерь напряжения, активной и реактивной мощности.	55
5. Выбор источника питания объекта (трансформаторная подстанция, ВРУ)	58
5.1. Расчет нагрузки ВРУ	58
5.2. Выбор кабельной линии от трансформаторной подстанции, вводного автомата и ВРУ	59
6. Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети	60
6.1. Расчет токов трехфазного к.з.....	60
6.2. Расчет токов однофазного к.з	62
6.3. Проверка защитных аппаратов на отключающую способность	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	67

ВВЕДЕНИЕ

В области электроснабжения потребителей задачи ускорения научно-технического прогресса предусматривают повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональную эксплуатацию высоконадежного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при ее передаче, распределении и потреблении. В настоящее время программа развития электроэнергетики в России рассчитана на долгосрочную перспективу, вплоть до 2040 года. При снабжении потребителей энергией важно осуществлять комплексный подход на всех этапах работ. Так же огромную роль в условиях рыночной экономики имеет, помимо всего прочего, экономическая эффективность принятых решений и дальнейшая перспектива развития затронутой отрасли.

Проектирование систем электроснабжения для общественных зданий, в том числе детских садов, школ, учебных заведений и др. начинается с разработки технического задания, в котором отражается необходимая мощность, уровень нагрузок и генплан. Во время второго этапа проектирования систем электроснабжения рассчитывается мощность, определяется тип кабелей и схема их прокладки, расположение оборудования и узлов для подачи напряжения. На этом же этапе происходит подбор защитно-коммутационного оборудования. Как известно, категория надежности электроснабжения того или иного потребителя определяет сложность построения схемы его электроснабжения, количество источников питания и линий связи между ними и потребителями, их зависимость или независимость друг от друга и другие факторы. Поэтому спроектированная система электроснабжения должна отвечать современному развитию науки и техники и опираться на самые актуальные технические разработки. Иначе, в результате применения ненадежного и не зарекомендовавшего себя электрооборудования на практике, а также нерациональная конфигурация системы электроснабжения, эта система может потерять свою устойчивость к различным факторам, способным спровоцировать аварию на объекте, в частности, общественного назначения. При этом требуемое качество электроэнергии, естественно, обеспечено не будет. Особенность электроснабжения объектов общеобразовательных учреждений заключается не только в разветвленности внутренних электросетей, но также в мощностях потребления электроэнергии различными установками. Вентиляционные установки, вспомогательные приборы и системы, в состав которых входят различные электрические двигатели, могут потреблять намного больше электроэнергии, чем осветительные приборы, что требует более серьезной схемы электроснабжения объекта с учетом заземления электрических приборов. Объект проектирования – система электроснабжения здания школы и система наружного освещения школьной территории в с. Разъезжее

Ермаковского района Красноярского края. Предмет исследования – методы расчета силовых и осветительных электрических нагрузок в системах электроснабжения общественных зданий, в том числе общеобразовательных учреждений.

Актуальность темы заключается в том, что проектирование схем электроснабжения общеобразовательных учреждений с применением высоких классов энергосберегающего оборудования позволит снизить потребление электроэнергии и создать комфорт для учащихся, учителей и остального персонала школы.

Новизна работы заключается в том, что объект проектирования является современным зданием (год постройки 2021) сельской школы и предполагается разработка проектных решений по его электроснабжению с учетом всех современных решений в области электрификации (отметим, что зачастую возникает вопрос о реконструкции, т.е. о частичной замене старой проводки на современную). Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные проектные решения в рамках проектирования схемы электроснабжения школы могут быть использованы при реконструкции и проектировании подобных объектов – вновь вводимых в эксплуатацию сельских школ, школ в небольших поселках городского типа и т.п. Цель бакалаврской работы – спроектировать схему электроснабжения здания школы в селе Разъезжем Ермаковского района Красноярского края. с применением современного электрооборудования.

Для достижения заявленной цели необходимо решить следующие задачи:

- составить характеристику объекта проектирования
- выполнить расчет электрических нагрузок групп электрических приемников;
- выполнить расчет электрического освещения;
- выполнить разработку наиболее оптимальной схемы питания силовых электрических приемников здания школы;
- выбрать сетевые электрические устройства, аппараты защиты и кабеля для электрических кабельных линий;
- выполнить расчет токов короткого замыкания и проверку элементов электрической сети.

1. Характеристика предприятия

Объект проектирования расположен по адресу: Красноярский край, Ермаковский район, с. Разъездное, ул. Саянская. д.43Б. Он представляет собой современное двухэтажное здание, построенное по индивидуальному проекту (проект разработан проектным институтом Красноярскгражданпроект) и имеющее достаточно большую собственную территорию (школьный двор). На ней расположены спортивные площадки, беговые дорожки, игровые площадки для классов и дошкольных групп, крытый навес. Кроме того, школа имеет собственную котельную блочной конструкции, склад горючего для нее и небольшое отдельное здание для технического персонала школы.

Само здание школы оборудовано пандусом для маломобильных групп населения и имеет общую площадь 2635 кв.м и полезную площадь 2236 кв.м. Год начала строительства – 2019, год сдачи объекта – 2021. Школа построена на замену аварийной школы в с. Разъездное (на улице Саянская) и является современным учебным заведением начального школьного образования, рассчитанным на одновременное пребывание 80 учащихся и 35 детей дошкольных групп.

В рамках данной работы предполагается выполнить проект не только электроснабжения самого здания школы, но и территории школы (наружную сеть электроснабжения, включая электроосвещение территории). Поэтому далее рассмотрим характеристики школьной территории и непосредственно здания школы.

Планировка территории школы показана на рисунке 1.1, а схема расположения объекта на местности – на рисунке 1.2.



Рисунок 1.1 – Планировка территории школы

На территории школы расположены следующие здания и сооружения:

- здание школы на 80 учащихся и 35 дошкольных мест (школа-сад);
- пожарные резервуары;
- блочно-модульная котельная;
- крытый неотапливаемый склад топлива;
- модульное здание для размещения обслуживающего персонала;
- трансформаторная подстанция;
- канализационно-насосная станция;
- локальные очистные сооружения;
- резервуар для очищенных сточных вод;
- место стоянки автотранспортных средств для перевозки учащихся.

Помимо этих объектов на территории расположены объекты благоустройства, представленные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Спецификация объектов благоустройства

Номер на плане	Наименование объекта
1	Школа на 80 учащихся с дошкольными группами на 35 мест
2	Пожарные резервуары
3	Котельная
4	Блочно-модульная котельная «Терморобот 450»
5	Крытый неотапливаемый склад топлива
6	Мобильное здание для размещения обслуживающего персонала
7	Место размещения трансформаторной подстанции (ТП)
8	Канализационно-насосная станция (КНС)
9	Локальные очистные сооружения (ЛОС)
10	Резервуар для очищенных сточных вод
11	Место стоянки автотранспортных средств, предназначенных для перевозки обучающихся

Как видно из данной таблицы, школа имеет автономную инфраструктуру, а именно котельные, пожарные резервуары, здание для персонала, свои собственные насосную станцию и очистные сооружения. Электроснабжение школьной инфраструктуры и самого здания школы осуществляется от местной трансформаторной подстанции (ТП), таким образом, на территорию школы заведен кабель 6,3 кВ..

В задачу выпускной квалификационной работы входит разработка системы электроснабжения (СЭС) здания школы и системы наружного освещения школьной территории.

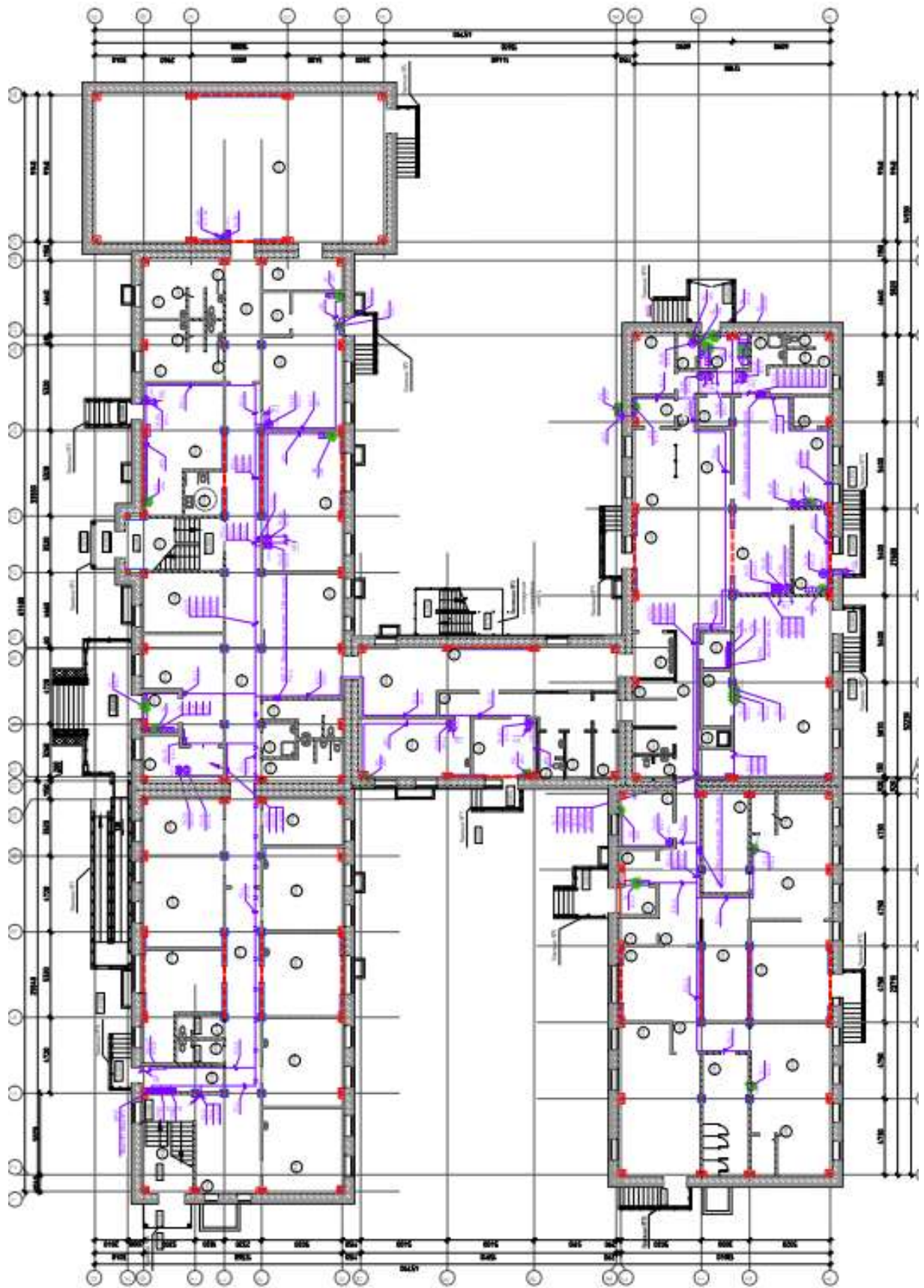


Рисунок 1.2 – Планировка здания школы

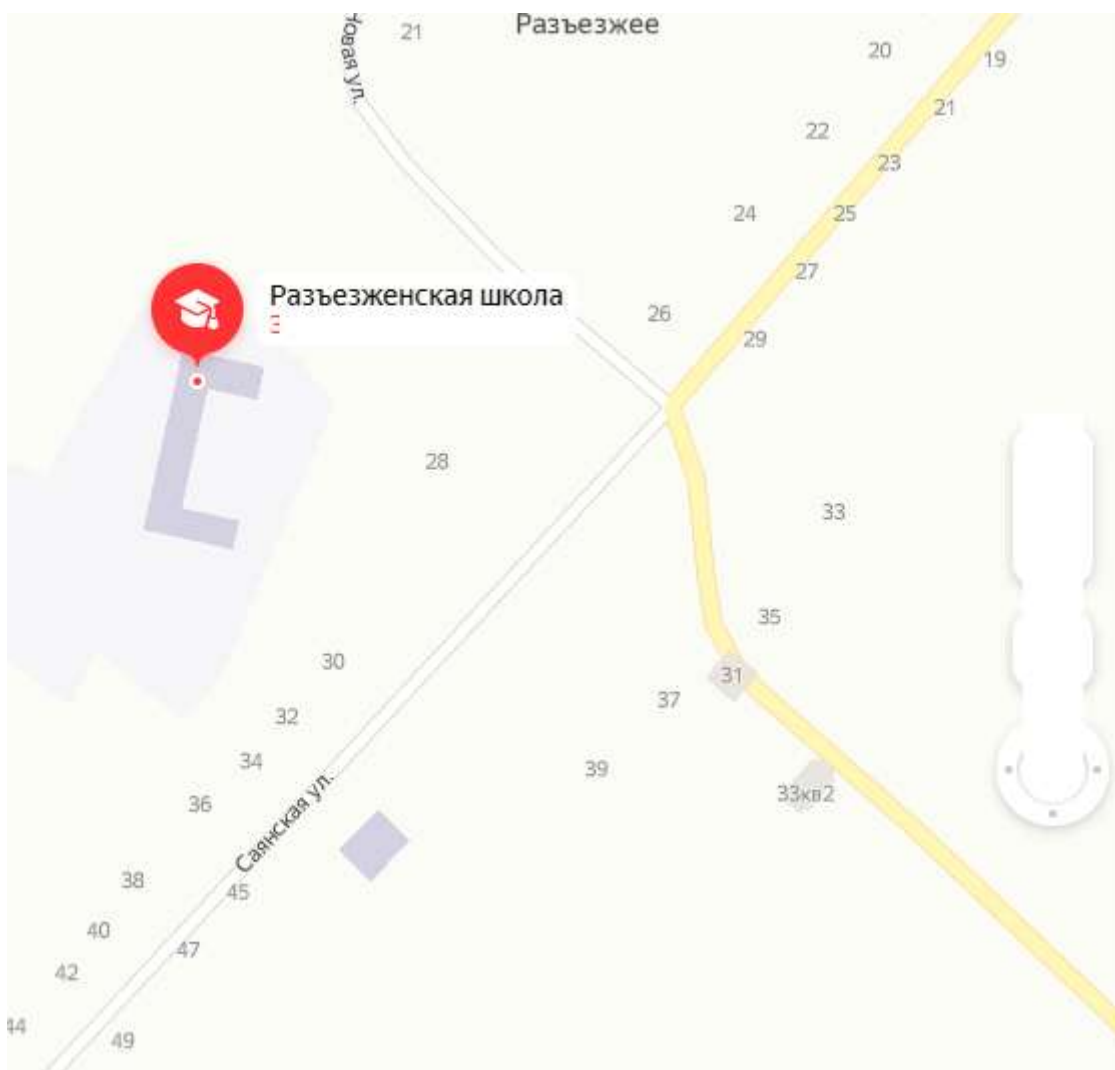


Рисунок 1.3 – Расположение объекта на местности в с.Разъезжее

Здание школы состоит из двух блоков – блока А и Б. Блок А – двухэтажный. В нем размещены учебные помещения, спортивный блок, медицинский блок, помещения для педагогического состава, ряд технических помещений. Блок Б – одноэтажный. В нем размещены цех по приготовлению пищи (кухня), столовая, помещения для дошкольников (детский сад на 35 мест) и ряд технических помещений. В нижеследующих таблицах представлены данные о геометрических размерах помещений школы.

Таблица 1.2– Данные о геометрических размерах помещений школы (Блок А первый этаж)

Номер на плане	Наименование	Длина,м	Ширина,м	Высота,м	Площадь, м ²
1	2	3	4	5	6
A1.1	Тамбур главного входа	2,4	2,3	3,1	5,5
A1.2	Вестибюль	6,3	4,8	3,1	26,1
A1.3	Помещение охранника	4,8	2,7	3,1	12,8
A1.4	Коридор	38,9	1,7	3,1	66,1

A1.5	Рекреация	12,0	3,4	3,1	40,7
A1.6	Рекреация	6,4	3,4	3,1	21,7
A1.7	Коридор	10,2	2,4	3,1	24,4
A1.8	Кабинет директора	5,3	3,4	3,1	18,1
A1.9	Учительская	8,3	3,4	3,1	28,3
A1.10	Гардероб начальных классов	3,7	4,1	3,1	15,1
A1.11	Коридор	16,0	1,7	3,1	27,2
A1.12	Рекреация	7,4	3,4	3,1	25,0
A1.13	Кабинет начальных классов 1-ый класс (местимость 7 учащихся)	6,3	4,1	3,1	26,0
A1.14	Кабинет начальных классов 2-0й класс (местимость 7 учащихся)	6,3	4,1	3,1	26,0
A1.15	Кабинет начальных классов 3-ий класс (местимость 7 учащихся)	6,3	4,1	3,1	26,0
A1.16	Кабинет начальных классов 4-ый класс (местимость 7 учащихся)	6,3	4,1	3,1	26,0
A1.17	Игровая для первых классов	7,0	5,2	3,1	25,5
A1.18	Уборная для девочек	2,6	1,7	3,1	4,4
A1.19	Уборная для мальчиков	2,6	1,7	3,1	4,4
Помещения общего и среднего общего образования (5-11 классы)					
A1.20	Гардероб старших классов	3,8	5,0	3,1	18,8
A1.21	Кабинет домоводства (девочки, местимость 4 учащихся)	10,1	4,2	3,1	42,4
A1.22	Мастерская для трудового обучения(мальчики, местимость 4 учащихся)	8,15	4,2	3,1	38,2
A1.23	Инструментальная	2,7	1,7	3,1	4,5
A1.24	Уборная для персонала (универсальная кабина для МГН)	2,8	2,3	3,1	6,4
A1.25	Уборная для девочек	3,9	2,3	3,1	9,0
A1.26	Уборная для мальчиков	3,9	2,7	3,1	10,5
A1.27	ПУИН	2,3	1,9	3,1	4,4
Спортивный блок					
A1.28	Коридор	9,8	1,7	3,1	16,7
A1.29	Спортивный зал	18,3	9,3	6,2	170,4
A1.30	Инвентарная	4,2	2,4	3,1	10,0
A1.31	Раздевальная девочек	5,5	2,7	3,1	14,7
A1.32	Раздевальная мальчиков	5,4	2,7	3,1	14,6
A1.33	Душевая	2,1	0,8	3,1	1,7
A1.34	Душевая	2,1	0,8	3,1	1,7
A1.35	Уборная	2,2	1,6	3,1	3,52

A1.36	Уборная	2,2	1,6	3,1	3,52
Общетехнические помещения					
A1.37	Лестничная клетка	6,1	3,2	3,1	19,5
A1.38	Лестничная клетка	6,1	3,2	3,1	19,5
A1.39	Электрощитовая	5,1	1,6	3,1	8,2
A1.40	ИТП, узел ввода	7,8	4,7	3,1	32,8
Медицинский блок					
A1.41	Коридор	11,7	1,4	3,1	16,4
A1.42	Кабинет врача	7,1	3,6	3,1	25,4
A1.43	Процедурный кабинет с местом для временной изоляции заболевшего	4,0	3,6	3,1	14,4
A1.44	Уборная	2,8	1,6	3,1	4,4
A1.45	ПУИН	2,8	1,6	3,1	4,5

Таблица 1.3 – Данные о геометрических размерах помещений школы (Блок А второй этаж)

Номер на плане	Наименование	Длина,м	Ширина,м	Высота,м	Площадь, м ²
1	2	3	4	5	6
A2.1	Лестничная клетка	6,1	3,2	3,1	19,5
A2.1	Лестничная клетка	6,1	3,2	3,1	19,5
A2.3	Коридор	47,9	2,4	3,1	110,3
A2.4	Рекреация	12,0	3,4	3,1	29,0
A2.5	Рекреация	6,4	3,4	3,1	25,0
A2.6	Рекреация	11,61	3,4	3,1	39,5
A2.7	Библиотека	14,6	5,0	3,1	73,0
A2.8	Кружковая	3,8	5,0	3,1	18,8
A2.9	Кабинет информатики (местимость 7 учащихся)	8,3	5,0	3,1	41,6
A2.10	Лаборантская кабинета информатики	2,7	5,0	3,1	13,4
A2.11	Помещение персонала	1,9	5,0	3,1	9,5
A2.12	Кабинет химии и биологии (местимость 7 учащихся)	8,0	5,1	3,1	40,6
A2.13	Лаборантская кабинета химии и биологии	2,7	5,1	3,1	13,9
A2.14	Кабинет географии (местимость 7 учащихся)	5,0	5,1	3,1	25,4
A2.15	Кабинет русского языка (местимость 15 учащихся)	8,2	5,1	3,1	41,9
A2.16	Кабинет физики (местимость 7 учащихся)	5,7	5,1	3,1	29,3
A2.17	Лаборантская кабинета физики	2,0	5,1	3,1	10,4
A2.18	Кабинет математики (местимость 15 учащихся)	7,9	5,1	3,1	40,4
A2.19	Кабинет иностранного	5	5,1	3,1	25,5

	языка(вместимость 7 учащихся)				
A2.20	КЛГЖ	2,48	2,5	3,1	6,2
A2.21	ПУИН	2,48	2,5	3,1	6,2
A2.22	Уборная для персонала	3,6	2,5	3,1	9,0
A2.23	Уборная для мальчиков	2,48	2,5	3,1	6,2
A2.24	Уборная для девочек	2,48	2,5	3,1	6,2
A2.25	Венткамера	5,3	5,1	3,1	27,0
Помещения актового зала					
A2.27	Актовый зал	8,2	8,0	3,1	65,6
A2.28	Эстрада	2,5	8,0	3,1	20,2
A2.29	Артистическая	4,7	2,6	3,1	12,14
A2.30	Склад декораций, бутафории и музыкальных инструментов	4,6	2,6	3,1	11,9

Таблица 1.4 – Данные о геометрических размерах помещений школы (Блок Б)

Номер на плане	Наименование	Длина,м	Ширина,м	Высота,м	Площадь, м ²
1	2	3	4	5	6
Помещения для дошкольников (детский сад)					
Б1.1	Тамбур	2,2	1,8	3,1	4,0
Б1.2	Тамбур	2,2	1,8	3,1	4,5
Б1.3	Коридор	7	3	3,1	20,8
Б1.4	Кабинет заведующего	4,0	3,0	3,1	12,0
Б1.5	Кладовая чистого белья	2,0	2,0	3,1	4,0
Групповая ячейка на 15 мест					
Б1.6	Раздевальная	9,5	2,7	3,1	25,6
Б1.7	Групповая	7,1	5,02	3,1	35,6
Б1.8	Спальня	7,1	4,3	3,1	30,7
Б1.9	Туалетная	6,5	2,7	3,1	17,7
Б1.10	Буфет	2,5	1,5	3,1	3,8
Групповая ячейка на 20 мест					
Б1.11	Раздевальная	4,9	4,6	3,1	22,6
Б1.12	Коридор	3,5	2,4	3,1	8,5
Б1.13	Групповая	10,2	4,3	3,1	43,8
Б1.14	Спальня	10,2	4,3	3,1	43,7
Б1.15	Туалетная	7,9	2,7	3,1	21,4
Б1.16	Буфет	7,9	2,7	3,1	21,4
Общетехнические помещения					
Б1.17	Коридор	9,3	3	3,1	27,9
Б1.18	Зал для музыкальных и физкультурных занятий	11,6	6,1	3,1	70,5
Б1.19	Инвентарная	2,9	2,1	3,1	6,1
Б1.20	Помещение хранения ламп	2,3	1,2	3,1	2,8
Б1.21	Электрощитовая	1,9	2,1	3,1	4,1
Б1.22	Уборная персонала	2,3	1,7	3,1	3,7
Б1.23	ПУИН	2,4	1,8	3,1	4,3
Пищеблок					
Б1.24	Коридор с раковинами (для мытья рук)	4,9	1,5	3,1	7,4
Б1.25	Обеденный зал	5,9	7,6	3,1	45,1
Б1.26	Раздача	3,3	5,9	3,1	19,2

Б1.27	Моечная столовой посуды	4	3	3,1	11,9
Б1.28	Моечная кухонной посуды	2,2	2	3,1	4,3
Б1.29	Горячий цех	6,9	5,9	3,1	37,3
Б1.30	Мясо-рыбный цех	5,9	2,8	3,1	16,6
Б1.31	Овощной цех	5,9	2,23	3,1	13,2
Б1.32	Помещение с холодильным оборудованием для хранения скоропортящихся продуктов	4,7	2,1	3,1	10,1
Б1.33	Кладовая хранения овощей	2,7	1,8	3,1	4,8
Б1.34	Помещение сухих продуктов	2,1	1,8	3,1	3,8
Б1.35	Загрузочный тамбур	2,8	2,4	3,1	6,9
Б1.36	Комната персонала	3,9	1,7	3,1	6,6
Б1.37	Уборная персонала	2,4	0,8	3,1	1,9
Б1.38	Душевая	2,1	0,8	3,1	1,7
Б1.39	ПУИН	2,3	1,8	3,1	4,1
Б1.40	Коридор	7,3	1,5	3,1	10,9
Б1.41	Помещение отходов	1,2	1,2	3,1	2,5
Б1.42	Шлюз	2,1	1,0	3,1	2,1
Б1.43	Кладовая грязного белья	2,3	1,7	3,1	4,0

2. Расчет осветительной нагрузки

2.1. Светотехнический расчет системы внутреннего освещения

Целью светотехнического расчета системы внутреннего освещения является определение необходимого числа светильников и их оптимального размещения для обеспечения уровня и характера освещенности,

При построении системы электроосвещения школы типы и исполнение светильников должны соответствовать назначению и среде помещений. В помещениях с повышенной опасностью (влажных, сырых, жарких) светильники приняты со степенью защиты не менее IP44. В пожароопасных помещениях светильники приняты со степенью защиты не менее IP54 и имеют отражатели и рассеиватели из негорючих материалов. Для освещения всех помещений приняты светильники с люминесцентными лампами. Расчет системы освещения помещений школы произведен согласно СП 52.1333.2016 [15] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Расчет системы освещения произведем при помощи метода коэффициента использования предназначенным для расчета равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов. [3, 6, 23].

Пример светотехнического расчета для помещения Б1.1:

Размеры помещения $L_{Ц} \times B_{Ц} \times H_{Ц} = 2,2 \times 1,8 \times 3,1$.

Высота расчётной поверхности $h_p = 0,8$ м, расстояние от перекрытия до светильника $\square_c = 0,08$ м.

Расстояние от светильников до рабочей поверхности (расчетная высота):
 $h = H_{Ц} - h_c - h_p = 3,1 - 0,08 - 0,8 = 2,22$ м.

$\lambda_{\text{э}} = L/\square$ – расстояние между светильниками к расчётной высоте.

Принимаем $\lambda_{\text{э}} = 0,9$ (из диапазона $0,9 \div 1$) [12, таблица 10.4] для светильников типа TL414 OL (количество ламп 4x14 Вт) с глубокой силой света.

Тогда расстояние между светильниками в ряду:

$$L_A = \lambda_{\text{э}} \cdot h = 0,9 \cdot 2,22 = 1,998 \text{ м.}$$

В ряду можно разместить $n = 1$ светильников, тогда расстояние от крайних светильников до стены:

$$2 \cdot l_A = 2,2 - (1 - 1) \cdot 1,998 = 2,20 \Rightarrow l_A = 1,1 \text{ м.}$$

Принимаем число рядов $m = 1$, тогда $L_B = 1,998$ м и расстояние от крайних светильников до стены:

$$2 \cdot l_B = 1,8 - (1 - 1) \cdot 1,998 = 1,8 \Rightarrow l_B = 0,9 \text{ м}$$

Отношение:

$$\frac{L_B}{L_A} = \frac{0,9}{1,1} = 0,82 < 1,5.$$

В итоге общее число светильников в цехе:

$$N = n \cdot m = 1 \cdot 1 = 1 \text{ шт.}$$

Световой определяется по формуле [12, с. 261]:

$$\Phi_p = \frac{E_H \cdot K_{ЗАП} \cdot F \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

где E_H – норма освещенности, $K_{ЗАП} = 1,5$ – коэффициент запаса [10, таблица 4.4], F – площадь освещаемой поверхности, m^2 , $z = E_{СР}/E_H$ – коэффициент минимальной освещенности (для светодиодных ламп – $z = 1$, для люминесцентных – $z = 1,10$), N – число светильников, η – коэффициент использования светового потока источника света, доли единиц.

По значению Φ выбирается стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения на $-10\% \dots +20\%$.

Индекс помещения определяется по [10] при условии, что $L / B \leq 3,5$.

Принимаем $\rho_{П} = 70\%$; $\rho_{СТ} = 30\%$; $\rho_{Р} = 10\%$ [10, таблица 5.1, с. 126]

$\rho_{П}$, $\rho_{СТ}$, $\rho_{Р}$ – коэффициенты отражения поверхностей (потолка, стен, рабочей поверхности) необходимы для выбора η .

Коэффициент использования светового потока является функцией индекса помещения:

$$i = \frac{L_{Ц} \cdot B_{Ц}}{\square \cdot (L_{Ц} + B_{Ц})} \quad (2.2)$$

$$i = \frac{2,2 \cdot 1,8}{2,22 \cdot (2,2 + 1,8)} = 0,45.$$

Тогда коэффициент использования светового потока по [10, таблица 5.9, с.134] составит:

$$\eta = 0,3.$$

Норма освещенности принимается по таблице Л.1 (СП 52.13330.2016) для основных помещений общественных зданий [12]:

$E_H = 200$ лк (для коридоров и вестибюлей).

Тогда по формуле (2.1) световой поток одной лампы:

$$\Phi_p = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot (2,2 \cdot 1,8) \cdot 1,15}{1 \cdot 0,3} = 4554 \text{ Лм.}$$

По величине Φ_p подбираем лампу типа люминесцентная лампа мощностью 14Вт, 220В, со световым потоком $\Phi_{НОМ} = 1200$ лм. Тип цоколя G5.

Отклонение светового потока определяется по формуле:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{НОМ} - \Phi_p}{\Phi_p} \cdot 100\% = \frac{4 \cdot 1200 - 4554}{4554} \cdot 100\% = 5,4\%.$$

различие между $\Phi_{НОМ}$ и Φ_p находится в допустимых пределах $-10\% \dots +20\%$.

Для остальных помещений расчеты сведен в таблицы 2.1–2.3.

Таблица 2.1– Светотехнический расчет осветительной нагрузки помещений школы (Блок А, первый этаж)

Номер по плану	Наименование помещения	Размеры, м ³			h_p , м	h_c , м	h , м	Тип светильника	$\lambda_{\text{э}}$	Кривая силы света	L_A , м	n	l_A , м	L_B , м	m	l_B , м	N
		А	В	Н													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A1.1	Тамбур главного входа	2,4	2,3	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	1,0	1,2	1,998	1	1,15	1
A1.2	Вестибюль	6,3	4,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	2,0	2,15	1,998	2	1,40	4
A1.3	Помещение охранника	4,8	2,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	2,0	1,40	1,998	1	1,35	2
A1.4	Коридор	38,9	1,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	7,0	13,46	1,998	1	0,85	7
A1.5	Рекреация	12	3,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	5,0	2,00	1,998	1	1,70	5
A1.6	Рекреация	6,4	3,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	2,0	2,20	1,998	1	1,70	2
A1.7	Коридор	10,2	2,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	4,0	2,10	1,998	1	1,20	4
A1.8	Кабинет директора	5,3	3,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	2,0	1,65	1,998	2	0,70	4
A1.9	Учительская	8,3	3,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	3,0	2,15	1,998	2	0,70	6
A1.10	Гардероб начальных классов	3,7	4,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,500	3,0	0,35	1,5	1	2,05	3
A1.11	Коридор	16	1,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	4,0	5,00	1,998	1	0,85	4
A1.12	Рекреация	7,4	3,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	3,0	1,70	1,998	1	1,70	3
A1.13	Кабинет начальных классов 1-ый класс	6,3	4,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	3,0	1,15	1,998	2	1,05	6
A1.14	Кабинет начальных классов 2-ой класс	6,3	4,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	3,0	1,15	1,998	2	1,05	6
A1.15	Кабинет начальных классов 3-ий класс	6,3	4,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	3,0	1,15	1,998	2	1,05	6
A1.16	Кабинет начальных классов 4-ый класс	6,3	4,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	3,0	1,15	1,998	2	1,05	6
A1.17	Игровая для первых классов	7	5,2	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	3,0	1,50	1,998	3	0,60	9
A1.18	Уборная для девочек	2,6	1,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL218ECP	0,9	Д	1,998	1,0	1,30	1,998	1	0,85	1
A1.19	Уборная для мальчиков	2,6	1,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL218ECP	0,9	Д	1,998	1,0	1,30	1,998	1	0,85	1
Помещения общего и среднего общего образования (5-11 классы)																	
A1.20	Гардероб старших классов	3,8	5	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	2,0	0,90	1,998	1	2,50	2
A1.21	Кабинет домоводства (девочки)	10,1	4,2	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	4,0	2,05	1,998	3	0,10	12
A1.22	Мастерская для трудового обучения (мальчики)	8,15	4,2	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	3,0	2,08	1,998	3	0,10	9
A1.23	Инструментальная	2,7	1,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL218ECP	0,9	Д	1,998	1,0	1,35	1,998	1	0,85	1

Продолжение таблицы 2.1

A1.24	Уборная для персонала (универсальная кабина для МГН)	2,8	2,3	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL124	0,9	Д	1,998	2,0	0,40	1,998	1	1,15	2
A1.25	Уборная для девочек	3,9	2,3	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	2,0	0,95	1,998	1	1,15	2
A1.26	Уборная для мальчиков	3,9	2,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	2,0	0,95	1,998	1	1,35	2
A1.27	ПУИН	2,3	1,9	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,15	1,998	1	0,95	1
Спортивный блок																	
A1.28	Коридор	9,8	1,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	5,0	0,90	1,998	1	0,85	5
A1.29	Спортивный зал	18,3	9,3	6,2	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	7,0	3,16	1,998	3	2,65	21
A1.30	Инвентарная	4,2	2,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	2,0	1,10	1,998	1	1,20	2
A1.31	Раздевальная девочек	5,5	2,7	3,1	0,8	0,08	2,22	ALS.OPL2.35HF	0,9	Д	1,998	2,0	1,75	1,998	2	0,35	4
A1.32	Раздевальная мальчиков	5,4	2,7	3,1	0,8	0,08	2,22	ALS.OPL2.35HF	0,9	Д	1,998	2,0	1,70	1,998	2	0,35	4
A1.33	Душевая	2,1	0,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL114	0,9	Д	1,998	1,0	1,05	1,998	1	0,40	1
A1.34	Душевая	2,1	0,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL114	0,9	Д	1,998	1,0	1,05	1,998	1	0,40	1
A1.35	Уборная	2,2	1,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,10	1,998	1	0,80	1
A1.36	Уборная	2,2	1,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,10	1,998	1	0,80	1
Общетехнические помещения																	
A1.37	Лестничная клетка	6,1	3,2	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	2,0	2,05	1,998	1	1,60	2
A1.38	Лестничная клетка	6,1	3,2	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	2,0	2,05	1,998	1	1,60	2
A1.39	Электрощитовая	5,1	1,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	2,0	1,55	1,998	1	0,80	2
A1.40	ИТП, узел ввода	7,8	4,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	3,0	1,90	1,998	1	2,35	3
Медицинский блок																	
A1.41	Коридор	11,7	1,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	5,0	1,85	1,998	1	0,70	5
A1.42	Кабинет врача	7,1	3,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	3,0	1,55	1,998	2	0,80	6
A1.43	Процедурный кабинет с местом для временной изоляции заболевшего	4	3,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	2,0	1,00	1,998	2	0,80	4
A1.44	Уборная	2,8	1,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,40	1,998	1	0,80	1
A1.45	ПУИН	2,8	1,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,40	1,998	1	0,80	1

Таблица 2.1 (графы 20-31)

Номер по плану	Наименование помещения	i	η	E _н , лк	Kзап	z	Φ _р , лм	Число ламп в светильнике	Световой поток одной лампы Φ _л , лм	Световой поток светильника Φ _{св} , лм	Отклонение ΔΦ -10...+20%	Мощность одной лампы, Вт	Мощность светильника, Вт
1	2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
A1.1	Тамбур главного входа	0,53	0,33	200	1,5	1,15	5771	4	1350	5400	-6,4	18	72
A1.2	Вестибюль	1,23	0,56	200	1,5	1,15	4658	4	1350	5400	15,9	18	72
A1.3	Помещение охранника	0,78	0,45	200	1,5	1,15	4968	4	1350	5400	8,7	18	72
A1.4	Коридор	0,73	0,43	200	1,5	1,15	7580	4	1750	7000	-7,6	24	96
A1.5	Рекреация	1,19	0,55	200	1,5	1,15	5119	4	1350	5400	5,5	18	72
A1.6	Рекреация	1,00	0,5	200	1,5	1,15	7507	4	1750	7000	-6,8	24	96
A1.7	Коридор	0,88	0,44	200	1,5	1,15	4799	4	1350	5400	12,5	18	72
A1.8	Кабинет директора	0,93	0,46	400	1,5	1,15	6758	4	1750	7000	3,6	24	96
A1.9	Учительская	1,09	0,52	400	1,5	1,15	6241	4	1750	7000	12,2	24	96
A1.10	Гардероб начальных классов	0,88	0,45	200	1,5	1,15	3877	2	1750	3500	-9,7	24	48
A1.11	Коридор	0,69	0,38	200	1,5	1,15	6174	4	1750	7000	13,4	24	96
A1.12	Рекреация	1,05	0,51	200	1,5	1,15	5673	4	1350	5400	-4,8	18	72
A1.13	Кабинет начальных классов 1-ый класс	1,12	0,53	500	1,5	1,15	7006	4	1750	7000	-0,1	24	96
A1.14	Кабинет начальных классов 2-ой класс	1,12	0,53	500	1,5	1,15	7006	4	1750	7000	-0,1	24	96
A1.15	Кабинет начальных классов 3-ий класс	1,12	0,53	500	1,5	1,15	7006	4	1750	7000	-0,1	24	96
A1.16	Кабинет начальных классов 4-ый класс	1,12	0,53	500	1,5	1,15	7006	4	1750	7000	-0,1	24	96
A1.17	Игровая для первых классов	1,34	0,58	500	1,5	1,15	6014	4	1750	7000	16,4	24	96
A1.18	Уборная для девочек	0,46	0,3	100	1,5	1,15	2542	2	1350	2700	6,2	18	36
A1.19	Уборная для мальчиков	0,46	0,3	100	1,5	1,15	2542	2	1350	2700	6,2	18	36
Помещения общего и среднего общего образования (5-11 классы)													
A1.20	Гардероб старших классов	0,97	0,49	200	1,5	1,15	6689	4	1750	7000	4,7	24	96

Продолжение таблицы 2.1 (графы 20-31)

A1.21	Кабинет домоводства	1,34	0,58	500	1,5	1,15	5257	4	1350	5400	2,7	18	72
A1.22	Мастерская для трудоового обучения	1,25	0,56	500	1,5	1,15	5858	4	1350	5400	-7,8	18	72
A1.23	Инструментальная	0,47	0,3	100	1,5	1,15	2639	2	1350	2700	2,3	18	36
A1.24	Уборная для персонала	0,57	0,33	100	1,5	1,15	1683	1	1750	1750	4,0	24	24
A1.25	Уборная для девочек	0,65	0,36	100	1,5	1,15	2149	2	1200	2400	11,7	14	28
A1.26	Уборная для мальчиков	0,72	0,39	100	1,5	1,15	2329	2	1200	2400	3,1	14	28
A1.27	ПУИН	0,47	0,3	100	1,5	1,15	2513	2	1200	2400	-4,5	14	28
Спортивный блок													
A1.28	Коридор	0,65	0,36	200	1,5	1,15	3193	2	1750	3500	9,6	24	48
A1.29	Спортивный зал	2,78	0,77	300	1,5	1,15	5447	4	1350	5400	-0,9	18	72
A1.30	Инвентарная	0,63	0,35	100	1,5	1,15	2484	2	1200	2400	-3,4	14	28
A1.31	Раздевальная девочек	0,82	0,43	300	1,5	1,15	4468	4	1200	4800	7,4	14	56
A1.32	Раздевальная мальчиков	0,81	0,43	300	1,5	1,15	4387	4	1200	4800	9,4	14	56
A1.33	Душевая	0,26	0,3	100	1,5	1,1	924	1	1050	1050	13,6	14	14
A1.34	Душевая	0,26	0,3	100	1,5	1,1	924	1	1050	1050	13,6	14	14
A1.35	Уборная	0,42	0,3	100	1,5	1,15	2024	2	1200	2400	18,6	14	28
A1.36	Уборная	0,42	0,3	100	1,5	1,15	2024	2	1200	2400	18,6	14	28
Общетехнические помещения													
A1.37	Лестничная клетка	0,95	0,48	100	1,5	1,15	3508	2	1750	3500	-0,2	24	48
A1.38	Лестничная клетка	0,95	0,48	100	1,5	1,15	3508	2	1750	3500	-0,2	24	48
A1.39	Электрощитовая	0,55	0,28	100	1,5	1,15	2514	2	1200	2400	-4,5	14	28
A1.40	ИТП, узел ввода	1,32	0,58	100	1,5	1,15	3634	2	1750	3500	-3,7	24	48
Медицинский блок													
A1.41	Коридор	0,56	0,33	200	1,5	1,15	3425	2	1750	3500	2,2	24	48
A1.42	Кабинет врача	1,08	0,51	500	1,5	1,15	7204	4	1750	7000	-2,8	24	96
A1.43	Процедурный кабинет с местом для временной изоляции заболевшего	0,85	0,45	500	1,5	1,15	6900	4	1750	7000	1,4	24	96
A1.44	Уборная	0,46	0,3	100	1,5	1,15	2576	2	1200	2400	-6,8	14	28
A1.45	ПУИН	0,46	0,3	100	1,5	1,15	2576	2	1200	2400	-6,8	14	28

Таблица 2.2 – Светотехнический расчет осветительной нагрузки помещений школы (Блок А, второй этаж)

Номер по плану	Наименование помещения	Размеры, м ³			h_p , м	h_c , м	h , м	Тип светильника	λ_3	Кривая силы света	L_A , м	n	l_A , м	L_B , м	m	l_B , м	N
		A	B	H													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A2.1	Лестничная клетка	6,1	3,2	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	2,0	2,05	1,998	1	1,60	2
A2.1	Лестничная клетка	6,1	3,2	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	2,0	2,05	1,998	1	1,60	2
A2.3	Коридор	47,9	2,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	12,0	12,96	1,998	1	1,20	12
A2.4	Рекреация	12	3,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	3,0	4,00	1,998	2	0,70	6
A2.5	Рекреация	6,4	3,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	2,0	2,20	1,998	2	0,70	4
A2.6	Рекреация	11,61	3,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	3,0	3,81	1,998	2	0,70	6
A2.7	Библиотека	14,6	5	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	6,0	2,31	1,998	3	0,50	18
A2.8	Кружковая	3,8	5	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	2,0	0,90	1,998	3	0,50	6
A2.9	Кабинет информатики	8,3	5	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	4,0	1,15	1,998	2	1,50	8
A2.10	Лаборантская кабинета информатики	2,7	5	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	2,0	0,35	1,998	2	1,50	4
A2.11	Помещение персонала	1,9	5	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	1,0	0,95	1,998	3	0,50	3
A2.12	Кабинет химии и биологии	8	5,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	4,0	1,00	1,998	2	1,55	8
A2.13	Лаборантская кабинета химии и биологии	2,7	5,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	2,0	0,35	1,998	3	0,55	6
A2.14	Кабинет географии	5	5,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	3,0	0,50	1,998	3	0,55	9
A2.15	Кабинет русского языка	8,2	5,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	3,0	2,10	1,998	3	0,55	9
A2.16	Кабинет физики	5,7	5,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	3,0	0,85	1,998	3	0,55	9
A2.17	Лаборантская кабинета физики	2	5,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,500	2,0	0,25	1,998	3	0,55	6
A2.18	Кабинет математики	7,9	5,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	4,0	0,95	1,998	3	0,55	12
A2.19	Кабинет ин. языка	5	5,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	3,0	0,50	1,998	3	0,55	9
A2.20	КЛГЖ	2,48	2,5	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	1,0	1,24	1,998	1	1,25	1
A2.21	ПУИН	2,48	2,5	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	1,0	1,24	1,998	1	1,25	1
A2.22	Уборная для персонала	3,6	2,5	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	1,0	1,80	1,998	1	1,25	1
A2.23	Уборная для мальч	2,48	2,5	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	1,0	1,24	1,998	1	1,25	1
A2.24	Уборная для девочек	2,48	2,5	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	1,0	1,24	1,998	1	1,25	1

Продолжение таблицы 2.2

A2.25	Венткамера	5,3	5,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	2,0	1,65	1,998	2	1,55	4
A2.27	Актовый зал	8,2	8	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	4,0	1,10	1,998	3	2,00	12
A2.28	Эстрада	2,5	8	3,1	0,8	0,08	2,22	TL418OL	0,9	Д	1,998	2,0	0,25	1,998	3	2,00	6
A2.29	Артистическая	4,7	2,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	3,0	0,35	1,998	2	0,30	6
A2.30	Склад декораций, бутафории и музыкальных инструментов	4,6	2,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	2,0	1,30	1,998	1	1,30	2

Таблица 2.2 (графы 20-31)

Номер по плану	Наименование помещения	i	η	E _н , лк	Kзап	z	Φ _p , лм	Число ламп в светильнике	Световой поток одной лампы Φ _л , лм	Световой поток светильника Φ _{св} , лм	Отклонение ΔΦ -10...+20%	Мощность одной лампы, Вт	Мощность светильника, Вт
1	2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
A2.1	Лестничная клетка	0,95	0,48	200	1,5	1,15	7015	4	1750	7000	-0,2	24	96
A2.2	Лестничная клетка	0,95	0,48	200	1,5	1,15	7015	4	1750	7000	-0,2	24	96
A2.3	Коридор	1,03	0,51	200	1,5	1,15	6481	4	1750	7000	8,0	24	96
A2.4	Рекреация	1,19	0,55	200	1,5	1,15	4265	4	1200	4800	12,5	14	56
A2.5	Рекреация	1,00	0,5	200	1,5	1,15	3754	2	1750	3500	-6,8	24	48
A2.6	Рекреация	1,18	0,55	200	1,5	1,15	4127	4	1200	4800	16,3	14	56
A2.7	Библиотека	1,68	0,65	500	1,5	1,15	5381	4	1350	5400	0,3	18	72
A2.8	Кружковая	0,97	0,49	500	1,5	1,15	5574	4	1350	5400	-3,1	18	72
A2.9	Кабинет информатики	1,41	0,59	500	1,5	1,15	7583	4	1750	7000	-7,7	24	96
A2.10	Лаборантская кабинета информатики	0,79	0,45	500	1,5	1,15	6469	4	1750	7000	8,2	24	96
A2.11	Помещение персонала	0,62	0,35	400	1,5	1,15	6243	4	1750	7000	12,1	24	96
A2.12	Кабинет химии и биологии	1,40	0,59	500	1,5	1,15	7456	4	1750	7000	-6,1	24	96

Продолжение таблицы 2.2 (графы 20-31)

A2.13	Лаборантская кабинета химии и биологии	0,80	0,45	500	1,5	1,15	4399	4	1200	4800	9,1	14	56
A2.14	Кабинет географии	1,14	0,53	500	1,5	1,15	4611	4	1200	4800	4,1	14	56
A2.15	Кабинет русского языка	1,42	0,6	500	1,5	1,15	6680	4	1750	7000	4,8	24	96
A2.16	Кабинет физики	1,21	0,55	500	1,5	1,15	5065	4	1200	4800	-5,2	14	56
A2.17	Лаборантская кабинета физики	0,65	0,36	500	1,5	1,15	4073	4	1200	4800	17,9	14	56
A2.18	Кабинет математики	1,40	0,59	500	1,5	1,15	4908	4	1200	4800	-2,2	14	56
A2.19	Кабинет ин. языка	1,14	0,53	500	1,5	1,15	4611	4	1200	4800	4,1	14	56
A2.20	КЛГЖ	0,56	0,33	100	1,5	1,15	3241	2	1750	3500	8,0	24	48
A2.21	ПУИН	0,56	0,33	100	1,5	1,15	3241	2	1750	3500	8,0	24	48
A2.22	Уборная для персонала	0,66	0,36	100	1,5	1,15	4313	4	1200	4800	11,3	14	56
A2.23	Уборная для мальчиков	0,56	0,33	100	1,5	1,15	3241	2	1750	3500	8,0	24	48
A2.24	Уборная для девочек	0,56	0,33	100	1,5	1,15	3241	2	1750	3500	8,0	24	48
A2.25	Венткамера	1,17	0,54	100	1,5	1,15	2159	2	1200	2400	11,2	14	28
A2.27	Актный зал	1,82	0,67	300	1,5	1,15	4222	4	1200	4800	13,7	14	56
A2.28	Эстрада	0,86	0,45	400	1,5	1,15	5111	4	1350	5400	5,7	18	72
A2.29	Артистическая	0,75	0,41	400	1,5	1,15	3428	2	1750	3500	2,1	24	48
A2.30	Склад декораций, бутафории и музыкальных инструментов	0,75	0,41	100	1,5	1,15	2516	2	1200	2400	-4,6	14	28

Таблица 2.3 – Светотехнический расчет осветительной нагрузки помещений школы (Блок Б)

Номер по плану	Наименование помещения	Размеры, м ³			h_p , м	h_c , м	h , м	Тип светильника	λ_{\ominus}	Кривая силы света	$L_{A,м}$	n	$l_{A,м}$	$L_{B,м}$	m	$l_{B,м}$	N
		A	B	H													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Б1.1	Тамбур	2,2	1,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	1,0	1,10	1,998	1	0,90	1
Б1.2	Тамбур	2,2	1,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	1,0	1,10	1,998	1	0,90	1
Б1.3	Коридор	7	3	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	3,0	1,50	1,998	1	1,50	3
Б1.4	Кабинет заведующего	4	3	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	2,0	1,00	1,998	2	0,50	4
Б1.5	Кладовая чистого белья	2	2	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,00	1,998	1	1,00	1
Б1.6	Раздевальная	9,5	2,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	4,0	1,75	1,998	2	0,35	8
Б1.7	Групповая	7,1	5,02	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	4,0	0,55	1,998	3	0,51	12
Б1.8	Спальня	7,1	4,3	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	3,0	1,55	1,998	2	1,15	6
Б1.9	Туалетная	6,5	2,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	2,0	2,25	1,998	1	1,35	2
Б1.10	Буфет	2,5	1,5	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	2,0	0,25	1,998	1	0,75	2
Б1.11	Раздевальная	4,9	4,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	3,0	0,45	1,998	2	1,30	6
Б1.12	Коридор	3,5	2,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	2,0	0,75	1,998	1	1,20	2
Б1.13	Групповая	10,2	4,3	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	5,0	1,10	1,998	2	1,15	10
Б1.14	Спальня	10,2	4,3	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	3,0	3,10	1,998	2	1,15	6
Б1.15	Туалетная	7,9	2,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	2,0	2,95	1,998	1	1,35	2
Б1.16	Буфет	7,9	2,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	4,0	0,95	1,998	2	0,35	8
Б1.17	Коридор	9,3	3	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	5,0	0,65	1,998	1	1,50	5
Б1.18	Зал для музыкальных и физкультурных занятий	11,6	6,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	5,0	1,80	1,998	3	1,05	15
Б1.19	Инвентарная	2,9	2,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	1,0	1,45	1,998	1	1,05	1
Б1.20	Помещение хранения ламп	2,3	1,2	3,1	0,8	0,08	2,22	TLK04OLEM1	0,9	Д	1,5	2,0	0,40	1,998	1	0,60	2
Б1.21	Электрощитовая	1,9	2,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	0,95	1,998	1	1,05	1
Б1.22	Уборная персонала	2,3	1,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,15	1,998	1	0,85	1
Б1.23	ПУИН	2,4	1,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,20	1,998	1	0,90	1
Б1.24	Коридор с раковинами (для мытья рук)	4,9	1,5	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	2,0	1,45	1,998	1	0,75	2
Б1.25	Обеденный зал	5,9	7,6	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	3,0	0,95	1,998	4	0,80	12
Б1.26	Раздача	3,3	5,9	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	2,0	0,65	1,998	3	0,95	6

Продолжение таблицы 2.3

Б1.27	Моечная столовой посуды	4	3	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	2,0	1,00	1,2	2	0,90	4
Б1.28	Моечная кухонной посуды	2,2	2	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	1,0	1,10	1,2	2	0,40	2
Б1.29	Горячий цех	6,9	5,9	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	3,0	1,45	1,2	4	1,15	12
Б1.30	Мясо-рыбный цех	5,9	2,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	3,0	0,95	1,2	2	0,80	6
Б1.31	Овощной цех	5,9	2,23	3,1	0,8	0,08	2,22	TL414 OL	0,9	Д	1,998	3,0	0,95	1,2	1	1,12	3
Б1.32	Помещение с холодильным оборудованием для хранения скоропортящихся продуктов	4,7	2,1	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	2,0	1,35	1,2	2	0,45	4
Б1.33	Кладовая хранения овощей	2,7	1,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TLK04OLEM1	0,9	Д	1,5	2,0	0,60	1,2	2	0,30	4
Б1.34	Помещение сухих продуктов	2,1	1,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TLK03OLEM1	0,9	Д	1,5	1,0	1,05	1,2	2	0,30	2
Б1.35	Загрузочный тамбур	2,8	2,4	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	1,0	1,40	1,998	1	1,20	1
Б1.36	Комната персонала	3,9	1,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TL424OL	0,9	Д	1,998	2,0	0,95	1,998	1	0,85	2
Б1.37	Уборная персонала	2,4	0,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL114	0,9	Д	1,998	1,0	1,20	1,998	1	0,40	1
Б1.38	Душевая	2,1	0,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TLK03OLEM1	0,9	Д	1,998	1,0	1,05	1,998	1	0,40	1
Б1.39	ПУИН	2,3	1,8	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,15	1,998	1	0,90	1
Б1.40	Коридор	7,3	1,5	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL224	0,9	Д	1,998	3,0	1,65	1,998	1	0,75	3
Б1.41	Помещение отходов	1,2	1,2	3,1	0,8	0,08	2,22	TLK04OLEM1	0,9	Д	1,998	1,0	0,60	1,998	1	0,60	1
Б1.42	Шлюз	2,1	1	3,1	0,8	0,08	2,22	TLPL114	0,9	Д	1,998	1,0	1,05	1,998	1	0,50	1
Б1.43	Кладовая грязного белья	2,3	1,7	3,1	0,8	0,08	2,22	TL214CL	0,9	Д	1,998	1,0	1,15	1,998	1	0,85	1

Таблица 2.3 графы (20-31)

Номер по плану	Наименование помещения	i	η	E _н , лк	КЗА П	z	Φ _p , лм	Число ламп в светильнике	Световой поток одной лампы Φ _л , лм	Световой поток светильника Φ _{св} , лм	Отклонение ΔΦ -10...+20%	Мощность одной лампы, Вт	Мощность светильника, Вт
1	2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Б1.1	Тамбур	0,45	0,3	200	1,5	1,15	4554	4	1200	4800	5,4	14	56
Б1.2	Тамбур	0,45	0,3	200	1,5	1,15	4554	4	1200	4800	5,4	14	56
Б1.3	Коридор	0,95	0,48	200	1,5	1,15	5031	4	1200	4800	-4,6	14	56
Б1.4	Кабинет заведующего	0,77	0,43	400	1,5	1,15	4814	4	1200	4800	-0,3	14	56
Б1.5	Кладовая чистого белья	0,45	0,3	100	1,5	1,15	2300	2	1200	2400	4,3	14	28
Б1.6	Раздевальная	0,95	0,48	300	1,5	1,15	3457	2	1750	3500	1,3	24	48
Б1.7	Групповая	1,32	0,58	500	1,5	1,15	4417	4	1200	4800	8,7	14	56
Б1.8	Спальня	1,21	0,55	200	1,5	1,15	3192	2	1750	3500	9,7	24	48
Б1.9	Туалетная	0,86	0,45	100	1,5	1,15	3364	2	1750	3500	4,1	24	48
Б1.10	Буфет	0,42	0,3	400	1,5	1,15	4313	4	1200	4800	11,3	14	56
Б1.11	Раздевальная	1,07	0,52	300	1,5	1,15	3739	2	1750	3500	-6,4	24	48
Б1.12	Коридор	0,64	0,36	200	1,5	1,15	4025	4	1200	4800	19,3	14	56
Б1.13	Групповая	1,36	0,58	500	1,5	1,15	6522	4	1750	7000	7,3	24	96
Б1.14	Спальня	1,36	0,58	200	1,5	1,15	4348	4	1200	4800	10,4	14	56
Б1.15	Туалетная	0,91	0,45	100	1,5	1,15	4088	4	1200	4800	17,4	14	56
Б1.16	Буфет	0,91	0,45	400	1,5	1,15	4088	4	1200	4800	17,4	14	56
Б1.17	Коридор	1,02	0,51	200	1,5	1,15	3775	2	1750	3500	-7,3	24	48
Б1.18	Зал для музыкальных и физкультурных занятий	1,80	0,67	500	1,5	1,15	6073	4	1750	7000	15,3	24	96
Б1.19	Инвентарная	0,55	0,32	100	1,5	1,15	3283	2	1750	3500	6,6	24	48
Б1.20	Помещение хранения ламп	0,36	0,3	100	1,5	1,1	759	1	800	800	5,4	10	10
Б1.21	Электрощитовая	0,45	0,3	100	1,5	1,15	2294	2	1200	2400	4,6	14	28
Б1.22	Уборная персонала	0,44	0,3	100	1,5	1,15	2248	2	1200	2400	6,7	14	28
Б1.23	ПУИН	0,46	0,3	100	1,5	1,15	2484	2	1200	2400	-3,4	14	28
Б1.24	Коридор с раковинами (для мытья рук)	0,52	0,31	200	1,5	1,15	4090	4	1200	4800	17,4	14	56
Б1.25	Обеденный зал	1,50	0,62	400	1,5	1,15	4159	4	1200	4800	15,4	14	56
Б1.26	Раздача	0,95	0,48	400	1,5	1,15	4665	4	1200	4800	2,9	14	56

Продолжение таблицы 2.3 графы (20-31)

Б1.27	Моечная столовой посуды	0,77	0,43	300	1,5	1,15	3610	2	1750	3500	-3,1	24	48
Б1.28	Моечная кухонной посуды	0,47	0,3	300	1,5	1,15	3795	2	1750	3500	-7,8	24	48
Б1.29	Горячий цех	1,43	0,6	300	1,5	1,15	2926	2	1750	3500	19,6	24	48
Б1.30	Мясо-рыбный цех	0,86	0,45	300	1,5	1,15	3166	2	1750	3500	10,5	24	48
Б1.31	Овощной цех	0,73	0,43	300	1,5	1,15	5278	4	1200	4800	-9,1	14	56
Б1.32	Помещение с холодильным оборудованием для хранения скоропортящихся продуктов	0,65	0,36	300	1,5	1,15	3547	2	1750	3500	-1,3	24	48
Б1.33	Кладовая хранения овощей	0,49	0,3	100	1,5	1,1	668	1	800	800	19,7	10	10
Б1.34	Помещение сухих продуктов	0,44	0,3	100	1,5	1,1	1040	1	1050	1050	1,0	12	12
Б1.35	Загрузочный тамбур	0,58	0,34	100	1,5	1,15	3409	2	1750	3500	2,7	24	48
Б1.36	Комната персонала	0,53	0,33	400	1,5	1,15	6931	4	1750	7000	1,0	24	96
Б1.37	Уборная персонала	0,27	0,3	100	1,5	1,15	1104	1	1200	1200	8,7	14	14
Б1.38	Душевая	0,26	0,3	100	1,5	1,1	924	1	1050	1050	13,6	12	12
Б1.39	ПУИН	0,45	0,3	100	1,5	1,15	2381	2	1200	2400	0,8	14	28
Б1.40	Коридор	0,56	0,34	200	1,5	1,15	3704	2	1750	3500	-5,5	24	48
Б1.41	Помещение отходов	0,27	0,3	100	1,5	1,1	792	1	800	800	1,0	10	10
Б1.42	Шлюз	0,31	0,3	100	1,5	1,15	1208	1	1200	1200	-0,6	14	14
Б1.43	Кладовая грязного белья	0,44	0,3	100	1,5	1,15	2248	2	1200	2400	6,7	14	28

Проведем расчет электрических нагрузок. Электрические нагрузки на освещение складываются из нагрузок отдельных групп светильников в каждом из помещений объекта. Полные электрические нагрузки потребителей по группам находятся путем суммирования расчетных полных электрических нагрузок отдельных потребителей. Расчетная полная электрическая нагрузка отдельного потребителя определяется по следующей формуле:

Активная мощность освещения определяется по формуле:

$$P_{\text{осв}} = NP_{\text{ном}} K_c K_{\text{пра}}, \quad (2.3)$$

N – количество ламп;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность светильника, кВт;

K_c – коэффициент спроса, $K_c = 0,8$ – для административных зданий, государственных учреждений;

$K_{\text{пра}}$ – коэффициент пускорегулирующей аппаратуры, для ламп типа КЛЛ $K_{\text{пра(КЛЛ)}} = 1,1$, для светодиодных ламп $K_{\text{пра(led)}} = 1,0$; [12, с. 271],

реактивная нагрузка осветительной сети:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \text{tg}\varphi, \quad (2.4)$$

где коэффициент мощности: для ламп типа КЛЛ $\cos\varphi_{\text{КЛЛ}} = 0,96$; для светодиодных ламп $\cos\varphi_{\text{led}} = 0,9$.

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2} \quad (2.5)$$

Приведем пример расчетов для Б1.1 Тамбур:

$$P_{\text{осв}} = 4 \cdot 0,018 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 0,63 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{осв}} = 0,63 \cdot 0,29 = 0,18 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{0,63^2 + 0,18^2} = 0,66 \text{ кВА}$$

Для остальных помещений расчеты аналогичны (таблицы 2.4-2.6).

Таблица 2.4 – Электротехнический расчет системы внутреннего освещения (Блок А, первый этаж)

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном}$, КВт	K_c	$K_{пра}$	$P_{осв}$, КВт	$\cos \phi$	$tg \phi$	$Q_{осв}$, КВар	$S_{осв}$, КВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A1.1	Тамбур главного входа	1	0,072	0,8	1,1	0,063	0,96	0,29	0,018	0,066
A1.2	Вестибюль	4	0,072	0,8	1,1	0,253	0,96	0,29	0,073	0,264
A1.3	Помещение охранника	2	0,072	0,8	1,1	0,127	0,96	0,29	0,037	0,132
A1.4	Коридор	7	0,096	0,8	1,1	0,591	0,96	0,29	0,171	0,616
A1.5	Рекреация	5	0,072	0,8	1,1	0,317	0,96	0,29	0,092	0,330
A1.6	Рекреация	2	0,096	0,8	1,1	0,169	0,96	0,29	0,049	0,176
A1.7	Коридор	4	0,072	0,8	1,1	0,253	0,96	0,29	0,073	0,264
A1.8	Кабинет директора	4	0,096	0,8	1,1	0,338	0,96	0,29	0,098	0,352
A1.9	Учительская	6	0,096	0,8	1,1	0,507	0,96	0,29	0,147	0,528
A1.10	Гардероб начальных классов	3	0,048	0,8	1,1	0,127	0,96	0,29	0,037	0,132
A1.11	Коридор	4	0,096	0,8	1,1	0,338	0,96	0,29	0,098	0,352
A1.12	Рекреация	3	0,072	0,8	1,1	0,190	0,96	0,29	0,055	0,198
A1.13	Кабинет начальных классов 1-ый класс	6	0,096	0,8	1,1	0,507	0,96	0,29	0,147	0,528
A1.14	Кабинет начальных классов 2-0й класс	6	0,096	0,8	1,1	0,507	0,96	0,29	0,147	0,528
A1.15	Кабинет начальных классов 3-ий класс	6	0,096	0,8	1,1	0,507	0,96	0,29	0,147	0,528
A1.16	Кабинет начальных классов 4-ый класс	6	0,096	0,8	1,1	0,507	0,96	0,29	0,147	0,528
A1.17	Игровая для первых классов	9	0,096	0,8	1,1	0,760	0,96	0,29	0,220	0,792
A1.18	Уборная для девочек	1	0,036	0,8	1,1	0,032	0,96	0,29	0,009	0,033
A1.19	Уборная для мальчиков	1	0,036	0,8	1,1	0,032	0,96	0,29	0,009	0,033
A1.20	Гардероб старших классов	2	0,096	0,8	1,1	0,169	0,96	0,29	0,049	0,176
A1.21	Кабинет домоводства	12	0,072	0,8	1,1	0,760	0,96	0,29	0,220	0,792
A1.22	Мастерская для трудового обучения (мальчики)	9	0,072	0,8	1,1	0,570	0,96	0,29	0,165	0,594
A1.23	Инструментальная	1	0,036	0,8	1,1	0,032	0,96	0,29	0,009	0,033
A1.24	Уборная для персонала	2	0,024	0,8	1,1	0,042	0,96	0,29	0,012	0,044
A1.25	Уборная для девочек	2	0,028	0,8	1,1	0,049	0,96	0,29	0,014	0,051
A1.26	Уборная для мальчиков	2	0,028	0,8	1,1	0,049	0,96	0,29	0,014	0,051
A1.27	ПУИН	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026
A1.28	Коридор	5	0,048	0,8	1,1	0,211	0,96	0,29	0,061	0,220
A1.29	Спортивный зал	21	0,072	0,8	1,1	1,331	0,96	0,29	0,386	1,385
A1.30	Инвентарная	2	0,028	0,8	1,1	0,049	0,96	0,29	0,014	0,051
A1.31	Раздевальная девочек	4	0,056	0,8	1,1	0,197	0,96	0,29	0,057	0,205
A1.32	Раздевальная мальчиков	4	0,056	0,8	1,1	0,197	0,96	0,29	0,057	0,205
A1.33	Душевая	1	0,014	0,8	1	0,012	0,9	0,48	0,006	0,014
A1.34	Душевая	1	0,014	0,8	1	0,012	0,9	0,48	0,006	0,014
A1.35	Уборная	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026
A1.36	Уборная	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026
A1.37	Лестничная клетка	2	0,048	0,8	1,1	0,084	0,96	0,29	0,024	0,088
A1.38	Лестничная клетка	2	0,048	0,8	1,1	0,084	0,96	0,29	0,024	0,088
A1.39	Электрощитовая	2	0,028	0,8	1,1	0,049	0,96	0,29	0,014	0,051
A1.40	ИТП, узел ввода	3	0,048	0,8	1,1	0,127	0,96	0,29	0,037	0,132
A1.37	Лестничная клетка	5	0,048	0,8	1,1	0,211	0,96	0,29	0,061	0,220
A1.38	Лестничная клетка	6	0,096	0,8	1,1	0,507	0,96	0,29	0,147	0,528
A1.39	Электрощитовая	4	0,096	0,8	1,1	0,338	0,96	0,29	0,098	0,352
A1.40	ИТП, узел ввода	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026
A1.41	Коридор	5	0,048	0,8	1,1	0,211	0,96	0,29	0,061	0,220
A1.42	Кабинет врача	6	0,096	0,8	1,1	0,507	0,96	0,29	0,147	0,528
A1.43	Процедурный кабинет	4	0,096	0,8	1,1	0,338	0,96	0,29	0,098	0,352
A1.44	Уборная	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026

Таблица 2.5 – Электротехнический расчет системы внутреннего освещения (Блок А, второй этаж)

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном}$, кВт	K_c	$K_{ППА}$	$P_{ОСВ}$, кВт	$\cos \phi$	$tg \phi$	$Q_{ОСВ}$, кВт	$S_{ОСВ}$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A2.1	Лестничная клетка	2	0,096	0,8	1,1	0,169	0,96	0,29	0,049	0,176
A2.1	Лестничная клетка	2	0,096	0,8	1,1	0,169	0,96	0,29	0,049	0,176
A2.3	Коридор	12	0,096	0,8	1,1	1,014	0,96	0,29	0,294	1,056
A2.4	Рекреация	6	0,056	0,8	1,1	0,296	0,96	0,29	0,086	0,308
A2.5	Рекреация	4	0,048	0,8	1,1	0,169	0,96	0,29	0,049	0,176
A2.6	Рекреация	6	0,056	0,8	1,1	0,296	0,96	0,29	0,086	0,308
A2.7	Библиотека	18	0,072	0,8	1,1	1,140	0,96	0,29	0,331	1,187
A2.8	Кружковая	6	0,072	0,8	1,1	0,380	0,96	0,29	0,110	0,396
A2.9	Кабинет информатики	8	0,096	0,8	1,1	0,676	0,96	0,29	0,196	0,704
A2.10	Лаборантская кабинета информатики	4	0,096	0,8	1,1	0,338	0,96	0,29	0,098	0,352
A2.11	Помещение персонала	3	0,096	0,8	1,1	0,253	0,96	0,29	0,073	0,264
A2.12	Кабинет химии и биологии	8	0,096	0,8	1,1	0,676	0,96	0,29	0,196	0,704
A2.13	Лаборантская кабинета химии и биологии	6	0,056	0,8	1,1	0,296	0,96	0,29	0,086	0,308
A2.14	Кабинет географии	9	0,056	0,8	1,1	0,444	0,96	0,29	0,129	0,462
A2.15	Кабинет русского языка	9	0,096	0,8	1,1	0,760	0,96	0,29	0,220	0,792
A2.16	Кабинет физики	9	0,056	0,8	1,1	0,444	0,96	0,29	0,129	0,462
A2.17	Лаборантская кабинета физики	6	0,056	0,8	1,1	0,296	0,96	0,29	0,086	0,308
A2.18	Кабинет математики	12	0,056	0,8	1,1	0,591	0,96	0,29	0,171	0,616
A2.19	Кабинет иностранного языка	9	0,056	0,8	1,1	0,444	0,96	0,29	0,129	0,462
A2.20	Уборная для персонала	1	0,048	0,8	1,1	0,042	0,96	0,29	0,012	0,044
A2.21	ПУИН	1	0,048	0,8	1,1	0,042	0,96	0,29	0,012	0,044
A2.22	Уборная для девочек	1	0,056	0,8	1,1	0,049	0,96	0,29	0,014	0,051
A2.23	Уборная для мальчиков	1	0,048	0,8	1,1	0,042	0,96	0,29	0,012	0,044
A2.24	КЛГЖ	1	0,048	0,8	1,1	0,042	0,96	0,29	0,012	0,044
A2.25	Венткамера	4	0,028	0,8	1,1	0,099	0,96	0,29	0,029	0,103
A2.27	Актный зал	12	0,056	0,8	1,1	0,591	0,96	0,29	0,171	0,616
A2.28	Эстрада	6	0,072	0,8	1,1	0,380	0,96	0,29	0,110	0,396
A2.29	Артистическая	6	0,048	0,8	1,1	0,253	0,96	0,29	0,073	0,264
A2.30	Склад декораций	2	0,028	0,8	1,1	0,049	0,96	0,29	0,014	0,051

Таблица 2.6– Электротехнический расчет системы внутреннего освещения (Блок Б)

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном}$, кВт	K_c	$K_{пра}$	$P_{осв}$, кВт	$\cos \phi$	$tg \phi$	$Q_{осв}$, кВт·ч	$S_{осв}$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Б1.1	Тамбур	1	0,056	0,8	1,1	0,049	0,96	0,29	0,014	0,051
Б1.2	Тамбур	1	0,056	0,8	1,1	0,049	0,96	0,29	0,014	0,051
Б1.3	Коридор	3	0,056	0,8	1,1	0,148	0,96	0,29	0,043	0,154
Б1.4	Кабинет заведующего	4	0,056	0,8	1,1	0,197	0,96	0,29	0,057	0,205
Б1.5	Кладовая чистого белья	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026
Б1.6	Раздевальная	8	0,048	0,8	1,1	0,338	0,96	0,29	0,098	0,352
Б1.7	Групповая	12	0,056	0,8	1,1	0,591	0,96	0,29	0,171	0,616
Б1.8	Спальня	6	0,048	0,8	1,1	0,253	0,96	0,29	0,073	0,264
Б1.9	Туалетная	2	0,048	0,8	1,1	0,084	0,96	0,29	0,024	0,088
Б1.10	Буфет	2	0,056	0,8	1,1	0,099	0,96	0,29	0,029	0,103
Б1.11	Раздевальная	6	0,048	0,8	1,1	0,253	0,96	0,29	0,073	0,264
Б1.12	Коридор	2	0,056	0,8	1,1	0,099	0,96	0,29	0,029	0,103
Б1.13	Групповая	10	0,096	0,8	1,1	0,845	0,96	0,29	0,245	0,880
Б1.14	Спальня	6	0,056	0,8	1,1	0,296	0,96	0,29	0,086	0,308
Б1.15	Туалетная	2	0,056	0,8	1,1	0,099	0,96	0,29	0,029	0,103
Б1.16	Буфет	8	0,056	0,8	1,1	0,394	0,96	0,29	0,114	0,410
Б1.17	Коридор	5	0,048	0,8	1,1	0,211	0,96	0,29	0,061	0,220
Б1.18	Зал для музыкальных и физкультурных занятий	15	0,096	0,8	1,1	1,267	0,96	0,29	0,367	1,319
Б1.19	Инвентарная	1	0,048	0,8	1,1	0,042	0,96	0,29	0,012	0,044
Б1.20	Помещение хранения ламп	2	0,01	0,8	1	0,018	0,9	0,48	0,009	0,020
Б1.21	Электрощитовая	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026
Б1.22	Уборная персонала	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026
Б1.23	ПУИН	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026
Б1.24	Коридор с раковинами	2	0,056	0,8	1,1	0,099	0,96	0,29	0,029	0,103
Б1.25	Обеденный зал	12	0,056	0,8	1,1	0,591	0,96	0,29	0,171	0,616
Б1.26	Раздача	6	0,056	0,8	1,1	0,296	0,96	0,29	0,086	0,308
Б1.27	Моечная столовой посуды	4	0,048	0,8	1,1	0,169	0,96	0,29	0,049	0,176
Б1.28	Моечная кухонной посуды	2	0,048	0,8	1,1	0,084	0,96	0,29	0,024	0,088
Б1.29	Горячий цех	12	0,048	0,8	1,1	0,507	0,96	0,29	0,147	0,528
Б1.30	Мясо-рыбный цех	6	0,048	0,8	1,1	0,253	0,96	0,29	0,073	0,264
Б1.31	Овощной цех	3	0,056	0,8	1,1	0,148	0,96	0,29	0,043	0,154
Б1.32	Помещение с холодильным оборудованием	4	0,048	0,8	1,1	0,169	0,96	0,29	0,049	0,176
Б1.33	Кладовая хранения овощей	4	0,01	0,8	1	0,035	0,9	0,48	0,017	0,039
Б1.34	Помещение сухих продуктов	2	0,012	0,8	1	0,021	0,9	0,48	0,010	0,023
Б1.35	Загрузочный тамбур	1	0,048	0,8	1,1	0,042	0,96	0,29	0,012	0,044
Б1.36	Комната персонала	2	0,096	0,8	1,1	0,169	0,96	0,29	0,049	0,176
Б1.37	Уборная персонала	1	0,014	0,8	1,1	0,012	0,96	0,29	0,004	0,013
Б1.38	Душевая	1	0,012	0,8	1	0,011	0,9	0,48	0,005	0,012
Б1.39	ПУИН	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026
Б1.40	Коридор	3	0,048	0,8	1,1	0,127	0,96	0,29	0,037	0,132
Б1.41	Помещение отходов	1	0,01	0,8	1	0,009	0,9	0,48	0,004	0,010
Б1.42	Шлюз	1	0,014	0,8	1,1	0,012	0,96	0,29	0,004	0,013
Б1.43	Кладовая грязного белья	1	0,028	0,8	1,1	0,025	0,96	0,29	0,007	0,026

2.2. Расчет системы наружного освещения

Задача системы наружного освещения – обеспечение в темное время суток требуемого уровня освещенности подъездной дороги к зданию школы и других элементов школьной территории – школьного стадиона, игровых площадок, пешеходных дорожек и т.п. Исходными данными для расчета наружного освещения являются назначение освещаемых объектов территории (соответственно, требуемые нормы освещенности), их площадь и другие геометрические характеристики, тип покрытия. Характеристики запроектированных элементов школьной территории представлены в таблице 2.7

Таблица 2.7 –Элементы школьной территории, подлежащие освещению

Обозначение элемента на ген. плане	Наименование элемента	Тип покрытия	Площадь, кв.
1	Проезды и проходы к зданию школы	Асфальтобетон	4586
1Д	Игровая площадка дошкольной группы на 15 человек	Газон	135
2Д	Игровая площадка дошкольной группы на 20 человек	газон	180
1С	Легкоатлетическое спортивное ядро:		
	А) Круговая беговая дорожка	ГАМБИТ	941
	Б) Площадка для мини-футбола	Спортивный газон	1008
	В) Площадка для занятий физкультурой	Песчано-щебеночное	445
	Г) Гимнастическая площадка	Песчано-щебеночное	132
Д) Яма для прыжков в длину с разбегом	ГАМБИТ/песок	79,0/29,0	
2С	Комплексная спортивная площадка для игр в баскетбол и волейбол	ГАМБИТ	608
3С	Площадка для настольного тенниса	Асфальтобетон	40,5
4С	Спортивная площадка для детей дошкольного возраста	Газон	180
1П	Зона подвижных игр начальной школы (1-2 класс)	Газон	135
2П	Зона подвижных игр начальной школы (3-4 класс)	Газон	135
3П	Зона подвижных игр начальной школы (5-9 класс)	Газон	180
ПО	Площадка отдыха	Асфальтобетон	120
Общая площадь объектов благоустройства			4347,5

Фрагмент ген. плана, поясняющий взаимное расположение освещаемых объектов благоустройства и поясняющий их геометрические характеристики, приведен на рисунке 2.1.

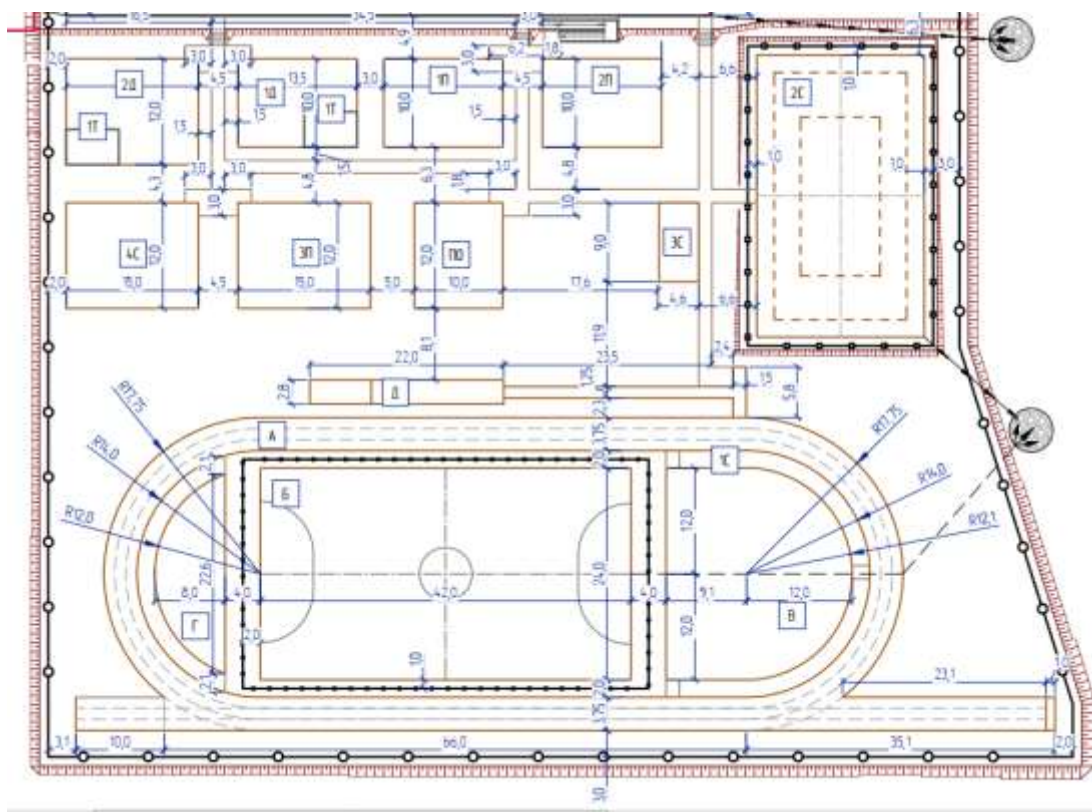


Рисунок 2.1 – Объекты благоустройства, подлежащие освещению.

Как видно из рисунка, зоны подвижных игр, спортивные площадки, а также площадка для чистки белья имеют в плане форму прямоугольника. Спортивное ядро имеет в плане сложную форму, состоящую из прямоугольника и двух полукругов. Отдельно к спортивному ядру пристыкована беговая дорожка. На плане даны геометрические размеры (длина, ширина, радиусы скругления) всех элементов благоустройства. Также освещению подлежит дорога, расположенная вокруг здания школы (подъездная дорога к зданию школы). Дорога имеет асфальтобетонное покрытие. Геометрические характеристики подъездной дороги поясняет рисунок 2.2.

Поделим объекты подлежащие освещению на группы:

- Группа 1 (Проезды и проходы к зданию школы)
- Группа 2 (1Д, 2Д, 3С, 4С, 1П, 2П, 3П, ПО)
- Группа 3 (1С)
- Группа 4 (2С)

Результаты светотехнического расчета сведем в таблицу 2.8. На рисунках 2.3–2.4 покажем расположение светильников.

Таблица 2.8 – Светотехнический расчет наружного освещения

Наименование элемента	Площадь кв.	E_n , лк	η	Тип светильника	Световой поток одного светильника $\Phi_{л}$, лм	Мощность светильника, Вт	Количество светильников N шт.
Группа 1							
Проезды и проходы к зданию школы	4586	4	0,4	СКУ 61-50-001	5400	50	13
Группа 2							
Зона подвижных игр, детского сада	1105,5	10	0,5	СКУ 61-50-001	5400	50	6
Группа 3							
Легкоатлетическое спортивное ядро	2634	10	0,4	СКУ 61-100-001	11000	100	9
Группа 4							
Комплексная спортивная площадка для игр в баскетбол и волейбол	608	10	0,4	СКУ 61-100-001	11000	100	2

Расчет мощности осветительной нагрузки наружного освещения выполним по формулам 2.3–2.5. Результаты расчетов сведем в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 – Электротехнический расчет наружного освещения.

Наименование помещения	N	$P_{ном}$, КВт	K_c	$K_{пра}$	$P_{осв}$, КВт	$\cos \phi$	$tg \phi$	$Q_{осв}$, КВар	$S_{осв}$, КВА
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Проезды и проходы к зданию школы	13	0,05	1	1	0,65	0,9	0,48	0,31	0,72
Зона подвижных игр, детского сада	6	0,05	1	1	0,30	0,9	0,48	0,15	0,33
Легкоатлетическое спортивное ядро	9	0,1	1	1	0,90	0,9	0,48	0,44	1,00
Комплексная спортивная площадка для игр в баскетбол и волейбол	2	0,1	1	1	0,20	0,9	0,48	0,10	0,22



Рисунок 2.3 – Размещение осветительных опор для освещения объектов благоустройства

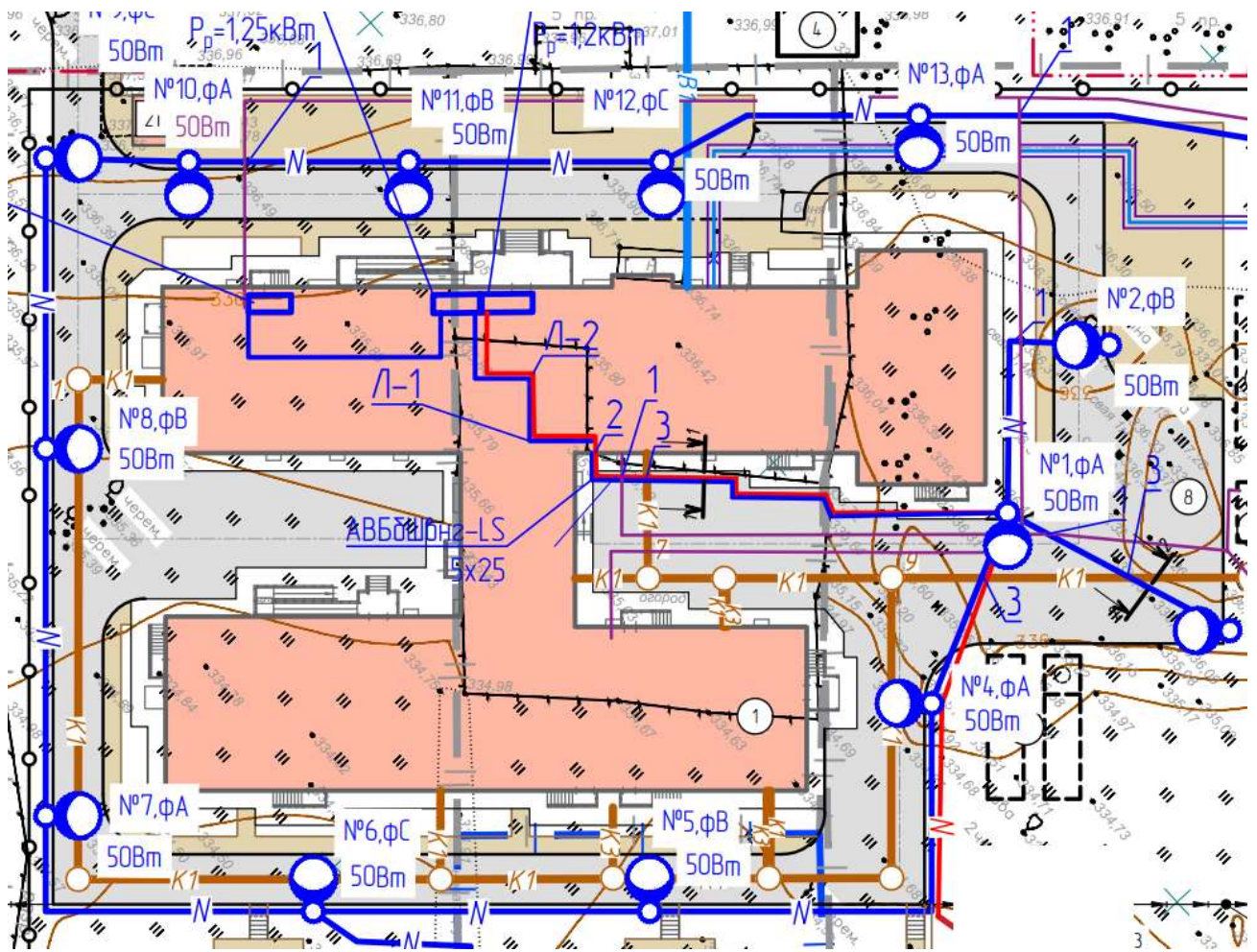


Рисунок 2.4 Размещение осветительных опор для освещения подъездной дороги к зданию школы

2.3. Электротехнический расчет системы освещения

Электротехнический расчет включает в себя выбор защитной аппаратуры, выбор марки и сечения проводов, выбор распределительного щита.

Сечение проводника определяется по формуле:

$$S = \frac{M + \alpha \cdot \sum m}{K_c \cdot \Delta U} \quad (2.7)$$

Расчетный ток определяется по формуле:

$$I_{po} = \frac{P_{po}}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \phi} \quad (2.8)$$

Потери напряжения определяется по формуле:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S}, \quad (2.9)$$

где M – сумма моментов данного и всех последующих по направлению энергии участков с тем же числом проводов в линии, как и на данном участке; $\sum m$ – сумма моментов всех ответвлений, питаемых данным участком и имеющих иное число проводов в линии, чем на этом участке; α – коэффициент приведения моментов, зависящий от числа проводов на участке и в ответвлении. S – сечение проводника; K_c – для трехфазной сети при медных проводках $K_c = 72$, для однофазной сети при медных проводках $K_c = 12$ [25].

Пример расчета для ЩО-1 первый этаж блок А:

Для выбора кабеля групповой сети ЩО-1 рассмотрим самую протяженную линию (А1.29 и А1.30):

$$I_{po} = \frac{P_{po}}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \phi} = \frac{(1,331 + 0,049) \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,96} = 3,78 \text{ А.}$$

Выбираем кабель ВВГнг-LSLTx 3x1,5. с сечением основной жилы $s = 1,5$ мм² и допустимым током 17 А.

Определим момент нагрузки групповой линии гр.1:

$$M_{гр1} = P_{po} \cdot \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right) = 1,38 \cdot 52 + \frac{18}{2} = 77,96 \text{ кВт}\cdot\text{м,}$$

где P_{po} – суммарная мощность светильников в группе; l_1 – длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника; l_2 – длина участка линии от первого светильника до последнего светильника.

Для остальных групповых линий расчеты сведем в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 – Расчет моментов нагрузки для групповых линий ЩО

Линия	L1, м	L2, м	R _{гр} , кВт	M, кВт.м	Kс	S,	I _{гр} , А	МА, кВт.м	МВ, кВт.м	МС, кВт.м
ЩО-1.1										
гр.1	52	18	1,38	77,96	12	1,5	3,78	77,96		
гр.2	41	4	2,26	94,91	12	1,5	6,18			94,91
гр.3	44	6	1,36	61,66	12	1,5	3,71		61,66	
гр.4	49	6	1,90	95,81	12	1,5	5,19		95,81	
гр.5	25	10	2,03	55,76	12	1,5	5,55	55,76		
гр.6	42	6	1,36	59,26	12	1,5	3,73			59,26
гр.7	38	8	0,47	18,87	12	1,5	1,29	18,87		
Итого				464,23				152,58	157,47	154,17
ЩО-1.2										
гр.1	22	8	1,99	47,65	12	1,5	5,43	47,65		
гр.2	26	7	1,37	38,24	12	1,5	3,74		38,24	
гр.3	9	6	0,70	7,39	12	1,5	1,93			7,39
гр.4	9	10	1,06	12,14	12	1,5	2,89			12,14
гр.5	12	10	0,80	11,66	12	1,5	2,20			11,66
гр.6	15	6	0,81	13,33	12	1,5	2,21			13,33
Итого				130,42				47,65	38,24	44,53
ЩО-2.1										
гр.1	6	8	1,14	9,12	12	1,5	3,12		9,12	
гр.2	22	6	1,65	38,71	12	1,5	4,51	38,71		
гр.3	6	6	1,80	13,46	12	1,5	4,91			13,46
гр.4	10	4	0,97	10,69	12	1,5	2,66			10,69
гр.5	16	8	1,20	21,67	12	1,5	3,29		21,67	
гр.6	52	10	0,74	40,29	12	1,5	2,02	40,29		
гр.7	43	6	1,03	46,05	12	1,5	2,83		46,05	
гр.8	36	8	1,27	48,42	12	1,5	3,49			48,42
Итого				228,42				79,00	76,85	72,57

Используя формулы 2.7 – 2.9 определим сечение кабеля от щита освещения (ЩО-1) до ВРУ по формуле 2.7.

$$I_{po} = \frac{11,31 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,96} = 17,9 \text{ А}$$

$$M = 10 \cdot 11,31 = 113,1 \text{ кВт.м.}$$

$$s = \frac{M + \alpha \cdot \sum m}{K_c \cdot \Delta U} = \frac{113,1 + 1,5 \cdot 464,23}{72 \cdot 5} = 2,24 \text{ мм}^2$$

Для питания ЩО-1 выбираем кабель типа ВВГнг-LSLTx 5x2,5 с сечением основной жилы $s = 2,5 \text{ мм}^2$ и допустимым током 25 А. Выбираем осветительный щиток ОЩВ-9 с автоматическим выключателем номинальным током $I_{ном} = 25 \text{ А}$, и автоматическими выключателями отходящих групповых линий номинальным током $I_{ном} = 10 \text{ А}$.

$$\Delta U_1 = \frac{113,1}{72 \cdot 2,5} = 0,63\%$$

Для остальных щитов освещения проводим аналогичные расчеты. Результаты расчетов сведем в таблицу 2.11

Таблица 2.11 – Выбор щитов освещения

Номер ЩО	Р _{осв} , кВт	I _p , А	ΔU, %	Марка кабеля	I _{доп} , А	Тип ЩО	количество присоединений
ЩО-1.1	11,31	17,9	0,63	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	ОЩВ-9	9
ЩО-1.2	10,44	16,52	1,16	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	ОЩВ-9	9
ЩО-2.1	8,24	13,04	1,14	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	ОЩВ-9	9

3. Расчет электрических нагрузок

3.1. Расчет электрических нагрузок и пусковых токов первого уровня электроснабжения

На первом уровне расчет производится отдельно для каждого ЭП. Для электроприемников, работающих в длительном режиме [5, 6]:

$$P_{p1} = P_{\text{ном}} \quad (3.1)$$

Для электроприемников, работающих в повторно-кратковременном режиме:

$$P_{p1} = P_{\text{ном}} \sqrt{\text{ПВ}}. \quad (3.2)$$

Реактивная мощность электроустановки определяется по выражению:

$$Q_{p1} = P_{p1} \text{tg}\phi \quad (3.3)$$

Полная мощность находится по выражению:

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2}, \quad (3.4)$$

Расчетный ток:

$$I_{p1} = \frac{S_{p1}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}, \quad (4.5)$$

Пусковой ток:

$$I_{\text{п}} = K_{\text{п}} I_{p1}, \quad (4.6)$$

где $K_{\text{п}}$ – кратность пускового тока.

Принимаем кратность пускового тока КП для ЭП с асинхронными двигателями $K_{\text{п}}=5$; для электрических печей и нагревателей $K_{\text{п}}=1$ [12].

Произведем расчет 1ур. для ЭП №18 плита электрическая. По формулам (3.2) – (3.6) находим:

$$P_p = 21,6 \cdot \sqrt{1} = 21,6 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 21,6 \cdot 0,20 = 4,39 \text{кВар};$$

$$S_p = \sqrt{21,6^2 + 4,39^2} = 22,04 \text{кВА};$$

$$I_p = \frac{22,04}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 33,49 \text{ А};$$

$$I_{\text{п}} = 1 \cdot 33,49 = 33,49 \text{ А}.$$

Расчеты для остальных ЭП производим аналогично. (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Расчет первого уровня электроснабжения

№	Наименование ЭП	Рном кВт	cosφ	tgφ	Uном, кВ	Рр, кВт	Qр, кВар	Sp, кВА	Ip, А	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Оборудование электрообогрева (помещения А1.1, А1.3, А1.21, А1.22, А1.40, А1.42, А1.43)										
1	Нагреватель ЭН П4	4,5	0,98	0,203	0,38	4,5	0,91	4,59	6,98	6,98
2	Вентилятор П4	0,105	0,75	0,88	0,22	0,105	0,09	0,14	0,64	3,18
3	Вентилятор В3	0,022	0,75	0,88	0,22	0,022	0,02	0,03	0,13	0,67
4	Вентилятор В4	0,022	0,75	0,88	0,22	0,022	0,02	0,03	0,13	0,67
5	Вентилятор В5	0,022	0,75	0,88	0,22	0,022	0,02	0,03	0,13	0,67
6	Тепловая завеса	6,1	0,95	0,328	0,22	6,1	2,00	6,42	29,18	29,18
7	Электрообогреватель	1	0,98	0,203	0,22	1	0,20	1,02	4,64	4,64
Электрообогрев дошкольных помещений (Б1.2, Б1.4, Б1.7, Б1.13, Б1.18 по плану)										
8	Вентилятор В13	0,016	0,75	0,88	0,22	0,016	0,01	0,02	0,10	0,48
9	Тепловая завеса 2	6,1	0,95	0,328	0,38	6,1	2,00	6,42	9,76	9,76
10	Теплый пол 1	1,88	0,98	0,203	0,22	1,88	0,38	1,92	8,72	8,72
11	Теплый пол 2	3,05	0,98	0,203	0,22	3,05	0,62	3,11	14,15	14,15
12	Теплый пол 3	2,42	0,98	0,203	0,22	2,42	0,49	2,47	11,22	11,22
13	Теплый пол 4	2,42	0,98	0,203	0,22	2,42	0,49	2,47	11,22	11,22
14	Теплый пол 5	2,42	0,98	0,203	0,22	2,42	0,49	2,47	11,22	11,22
Оборудование венткамеры (А2.25)										
15	Вентилятор П1	0,55	0,75	0,88	0,22	0,55	0,48	0,73	3,33	16,65
16	Вентилятор В1	0,55	0,75	0,88	0,22	0,55	0,48	0,73	3,33	16,65
17	Заслонка	0,022	0,75	0,88	0,22	0,022	0,02	0,03	0,13	0,67
Оборудование пищеблока (помещения Б1.24-Б1.43)										
18	Плита электрическая	21,6	0,98	0,20	0,38	21,6	4,39	22,04	33,49	33,49
19	Котел пищеварочный	18,1	0,98	0,20	0,38	18,1	3,68	18,47	28,06	28,06
20	Машина посудомоечная	10,5	0,95	0,33	0,38	10,5	3,45	11,05	16,79	16,79
21	Сковорода электрическая	6,5	0,98	0,20	0,38	6,5	1,32	6,63	10,08	10,08
22	Кипятильник непрерывного действия	6	0,98	0,20	0,38	6	1,22	6,12	9,30	9,30
23	Мармит 1-х блюд	3,19	0,98	0,20	0,38	3,19	0,65	3,26	4,95	4,95
24	Мармит 2-х блюд	1,21	0,95	0,33	0,38	1,21	0,40	1,27	1,94	1,94
25	Водонагреватель	2	0,95	0,33	0,38	2	0,66	2,11	3,20	3,20
26	Машина кухонная универсальная	1,5	0,75	0,88	0,38	1,5	1,32	2,00	3,04	15,19
27	Мясорубка	1,44	0,75	0,88	0,38	1,06	1,27	1,92	2,92	14,59
28	Картофелечистка	0,75	0,75	0,88	0,38	0,75	0,66	1,00	1,52	7,60
29	Овощерезка	0,75	0,75	0,88	0,22	0,75	0,66	1,00	4,55	22,73
30	Хлеборез	0,37	0,75	0,88	0,22	0,37	0,33	0,49	2,24	11,21
31	Шкаф холодильный	0,33	0,75	0,88	0,22	0,33	0,29	0,44	2,00	10,00
32	Шкаф комбинированный	0,25	0,75	0,88	0,22	0,25	0,22	0,33	1,52	7,58
33	Морозильный ларь Бирюса	0,135	0,75	0,88	0,22	0,135	0,12	0,18	0,82	4,09
34	Холодильная витрина-прилавок	0,29	0,75	0,88	0,22	0,29	0,26	0,39	1,76	8,79
35	Стол холодильный	0,26	0,75	0,88	0,22	0,26	0,23	0,35	1,58	7,88

3.2 Расчет электрических нагрузок и пусковых токов первого уровня электроснабжения

Планы силовых сетей здания школы по вариантам 1 и 2 представлены соответственно на рисунках 3.1-3.2 и рисунках 3.3-3.4.

Определение нагрузки создаваемой группой электроприемников присоединенных к силовому щиту производится для выбора сечения линии питающей эту группу и коммутационно защитной аппаратуры. Расчет мощности электроприемников на силовом щите осуществляется по формуле:

$$P_{рас} = K_c \cdot P_{\Sigma уст.} \text{ В,}$$

Таблица 3.2 – Расчет силовых нагрузок второго уровня электроснабжения

№ линии ЩС	№ ЭП	Количество ЭП п, шт	Мощность одного ЭП Р, кВт	КС	РРАСЧ, кВт	cosφ	Срасч, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6		7	8
ЩС-1								
Линия 1	1	1	4,5		4,5	0,98	4,59	6,98
Линия 2	2	1	0,105		0,105	0,75	0,14	0,64
	3	1	0,022		0,022	0,75	0,03	0,13
	4	1	0,022		0,022	0,75	0,03	0,13
	5	1	0,022		0,022	0,75	0,03	0,13
	итого	4	0,171	0,8	0,137	0,75	0,182	0,83
Линия 3	6	1	6,1		6,1	0,95	6,42	29,19
Линия 4	7	1	1		1	0,98	1,02	4,64
	итого по ЩС	7	11,77	0,6	7,04	0,96	7,34	33,38
ЩС-2								
Линия 1	8	1	0,016		0,016	0,75	0,02	0,1
Линия 2	9	1	6,1		6,1	0,95	6,42	9,76
Линия 3	10	1	1,88		1,88	0,98	1,92	8,72
Линия 4	11	1	3,05		3,05	0,98	3,11	14,15
Линия 5	12	1	2,42		2,42	0,98	2,47	11,22
Линия 6	13	1	2,42		2,42	0,98	2,47	11,22
Линия 7	14	1	2,42		2,42	0,98	2,47	11,22
	итого по ЩС	7	18,31	0,6	10,98	0,97	11,33	51,48
ЩС-3								
Линия 1	8	1	0,55		0,55	0,75	0,73	3,33
Линия 2	9	1	0,55		0,55	0,75	0,73	3,33
Линия 3	10	1	0,022		0,022	0,75	0,03	0,13
	итого по ЩС	3	1,12	0,8	0,9	0,75	1,2	5,44
ЩС-4								
Линия 1	18	1	21,6		21,6	0,98	22,04	33,49
Линия 2	21	1	6,5		6,5	0,98	6,63	10,08
Линия 3	26	1	1,5		1,5	0,75	2	3,04
Линия 4	27	1	1,44		1,44	0,75	1,92	2,92
Линия 5	28	1	0,75		0,75	0,75	1	1,52
	итого по ЩС	5	31,79	0,8	25,43	0,95	26,68	40,53
ЩС-5								
Линия 1	19	1	18,1		18,1	0,98	18,47	28,06
Линия 2	20	1	10,5		10,5	0,95	11,05	16,79
Линия 3	22	1	6		6	0,98	6,12	9,3
Линия 4	23	1	3,19		3,19	0,98	3,26	4,95
Линия 5	24	1	1,21		1,21	0,95	1,27	1,94
Линия 6	25	1	2		2	0,95	2,11	3,2
	итого по ЩС	6	41	0,6	24,6	0,97	25,36	38,53

Продолжение таблицы 3.2

ЩС-6									
Линия 1		29	1	0,75		0,75	0,75	1	4,55
Линия 2		30	1	0,37		0,37	0,75	0,49	2,24
Линия 3		31	1	0,33		0,33	0,75	0,44	2
Линия 4		32	1	0,25		0,25	0,75	0,33	1,52
Линия 5		33	1	0,135		0,135	0,75	0,18	0,82
Линия 6		34	1	0,29		0,29	0,75	0,39	1,76
Линия 7		35	1	0,26		0,26	0,75	0,35	1,58
		итого по ЩС	7	2,39	0,6	1,43	0,75	1,91	8,67
ЩС-7 (этаж 1)									
Линия 1	Розеточная сеть		10	0,06		0,36	0,85	0,42	1,93
Линия 2	Розеточная сеть		20	0,06		0,72	0,85	0,85	3,85
Линия 3	Розеточная сеть		14	0,06		0,504	0,85	0,59	2,7
Линия 4	Розеточная сеть		5	0,06		0,18	0,85	0,21	0,96
Линия 5	Розеточная сеть		4	0,06		0,144	0,85	0,17	0,77
Линия 6	Розеточная сеть		4	0,06		0,144	0,85	0,17	0,77
		итого по ЩС	57	0,36	0,6	2,05	0,85	2,41	10,97
ЩС-8 (этаж 1)									
Линия 1	Компьютерная сеть		8	0,5		2,4	0,85	2,82	12,83
Линия 2	Компьютерная сеть		8	0,5		2,4	0,85	2,82	12,83
Линия 3	Компьютерная сеть		2	0,5		0,6	0,85	0,71	3,21
Линия 4	Компьютерная сеть		2	0,5		0,6	0,85	0,71	3,21
Линия 5	Компьютерная сеть		2	0,5		0,6	0,85	0,71	3,21
Линия 6	Компьютерная сеть		2	0,5		0,6	0,85	0,71	3,21
		итого по ЩС	24	3	0,6	7,2	0,85	8,47	38,5
ЩС-9 (этаж 1)									
Линия 1	Розеточная сеть		7	0,06		0,25	0,85	0,3	1,35
Линия 2	Розеточная сеть		2	0,06		0,07	0,85	0,08	0,39
		итого по ЩС	9	0,12	0,6	0,32	0,85	0,38	1,73
ЩС-10 (этаж 2)									
Линия 1	Розеточная сеть		14	0,06		0,5	0,85	0,59	2,7
Линия 2	Розеточная сеть		17	0,06		0,61	0,85	0,72	3,27
Линия 3	Розеточная сеть		16	0,06		0,58	0,85	0,68	3,08
Линия 4	Розеточная сеть		4	0,06		0,14	0,85	0,17	0,77
Линия 5	Розеточная сеть		2	0,06		0,07	0,85	0,08	0,39
		итого по ЩС	53	0,3	0,6	1,91	0,85	2,24	10,2
ЩС-11 (этаж 2)									
Линия 1	Компьютерная сеть		6	0,5		1,8	0,85	2,12	9,63
Линия 2	Компьютерная сеть		6	0,5		1,8	0,85	2,12	9,63
Линия 3	Компьютерная сеть		7	0,5		2,1	0,85	2,47	11,23
		итого по ЩС	19	1,5	0,6	5,7	0,85	6,71	30,48

4. Выбор сечений кабельных линий и аппаратов защиты

4.1. Выбор сечений кабельных линий

Сечения кабелей определяем по условию нагрева, т.е. соответствия расчетного тока и допустимого тока выбираемого кабеля, а также с учетом согласования с током аппарата защиты. Выбор сечений кабельных линий для отдельных линий, отходящих от ЩС, сведем в таблицу 4.1, а для линий, питающих ЩС – в таблицу 4.2.

Допустимые длительные токи кабелей ВВГнг определяются в по [17, таблица 1.3.4].

Таблица 4.1 – Выбор сечений кабельных линий отходящих от ЩС

№ линии	Ip, А	Марка, сечение кабеля	Допустимый ток кабеля, А	Г _{уд.кл.} , Ом/км	Х _{уд.кл.} , Ом/км
1	2	3	4	5	6
ЩС-1					
Линия 1	6,98	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 2	0,83	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	29,19	ВВГнг-LSLTx 5x6	40	3,09	0,09
Линия 4	4,64	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-2					
Линия 1	0,1	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 2	9,76	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	8,72	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 4	14,15	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 5	11,22	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 6	11,22	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 7	11,22	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-3					
Линия 1	3,33	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 2	3,33	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	0,13	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-4					
Линия 1	33,49	ВВГнг-LSLTx 5x6	40	3,09	0,09
Линия 2	10,08	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	3,04	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 4	2,92	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 5	1,52	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-5					
Линия 1	28,06	ВВГнг-LSLTx 5x6	40	3,09	0,09
Линия 2	16,79	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	9,3	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 4	4,95	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 5	1,94	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 6	3,2	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-6					
Линия 1	4,55	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 2	2,24	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	2	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 4	1,52	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 5	0,82	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116

Продолжение таблицы 4.1

Линия 6	1,76	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 7	1,58	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-7 (этаж 1)					
Линия 1	1,93	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 2	3,85	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	2,7	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 4	0,96	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 5	0,77	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 6	0,77	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-8 (этаж 1)					
Линия 1	12,83	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 2	12,83	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	3,21	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 4	3,21	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 5	3,21	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 6	3,21	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-9 (этаж 1)					
Линия 1	1,35	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 2	0,39	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
	1,73	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-10 (этаж 2)					
Линия 1	2,7	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 2	3,27	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	3,08	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 4	0,77	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 5	0,39	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-11 (этаж 2)					
Линия 1	9,63	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 2	9,63	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116
Линия 3	11,23	ВВГнг-LSLTx 5x2,5	25	7,4	0,116

Таблица 4.2 – Выбор сечений кабельных линий питающих ЩС

№ линии	Ip, А	Марка, сечение кабеля	Допустимый ток кабеля, А	Гуд.кл, Ом/км	Худ.кл, Ом/км
1	2	3	4	5	6
ЩС-1	33,38	ВВГнг-LSLTx 5x6	40	3,09	0,09
ЩС-2	51,48	ВВГнг-LSLTx 5x16	75	1,16	0,0675
ЩС-3	5,44	ВВГнг-LSLTx 5x4	30	4,63	0,095
ЩС-4	40,53	ВВГнг-LSLTx 5x10	50	1,84	0,073
ЩС-5	38,53	ВВГнг-LSLTx 5x6	40	3,09	0,09
ЩС-6	8,67	ВВГнг-LSLTx 5x4	30	4,63	0,095
ЩС-7	10,97	ВВГнг-LSLTx 5x4	30	4,63	0,095
ЩС-8	38,5	ВВГнг-LSLTx 5x6	40	3,09	0,09
ЩС-9	1,73	ВВГнг-LSLTx 5x4	30	4,63	0,095
ЩС-10	10,2	ВВГнг-LSLTx 5x4	30	4,63	0,095
ЩС-11	30,48	ВВГнг-LSLTx 5x6	40	3,09	0,09

4.2. Выбор защитных аппаратов

Выбор автоматических выключателей для защиты отдельных электроприемников производим по следующим условиям [13, с. 42-43; 12, с. 289-291]:

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \quad (4.1)$$

где U_a - номинальное напряжение автомата, В.

б) по номинальному току (уставка теплового расцепителя):

$$I_{\text{расц}} \geq 1,25 \cdot I_p, \quad (4.2)$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,25 \cdot I_p, \quad (4.3)$$

где $I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток теплового расцепителя, А;

$I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток автомата, А.

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (4.4)$$

где $I_{\text{ном.то}}$ - номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А:

$$I_{\text{ном.то}} = K_o \cdot I_{\text{расц}}, \quad (4.5)$$

где кратность отсечки K_o принимается из ряда 3, 5, 7, 10 для автоматов серии ВА. Для выполнения условия достаточно взять кратность не менее 5-7, соразмерную с кратностью пуска отдельного ЭП.

Результаты выбора защитных аппаратов представлены в таблицах 4.3–4.4.

Таблица 4.3 – Выбор защитных аппаратов для электроприемников

№ ЭП	I_p , А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{\text{ном.а}}$, А	$I_{\text{пуск}}$, А	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{\text{пуск}}$, А	K_o	$I_{\text{ном.то}}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{\text{откл}}$, кА
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
ЩС-1									
Линия 1	6,98	7,68	25	34,9	41,88	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 2	0,83	0,91	25	4,15	4,98	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	29,19	32,11	40	145,95	175,14	5	200	ВА 47-29	4,5
Линия 4	4,64	5,10	25	23,2	27,84	5	125	ВА 47-29	4,5
ЩС-2									
Линия 1	0,1	0,11	25	0,5	0,6	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 2	9,76	10,74	25	48,8	58,56	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	8,72	9,59	25	43,6	52,32	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 4	14,15	15,57	25	70,75	84,9	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 5	11,22	12,34	25	56,1	67,32	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 6	11,22	12,34	25	56,1	67,32	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 7	11,22	12,34	25	56,1	67,32	5	125	ВА 47-29	4,5
ЩС-3									
Линия 1	3,33	3,66	25	16,65	19,98	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 2	3,33	3,66	25	16,65	19,98	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	0,13	0,14	25	0,65	0,78	5	125	ВА 47-29	4,5

Продолжение таблицы 4.3

ЩС-4									
Линия 1	33,49	36,84	40	167,45	200,94	5	200	ВА 47-29	4,5
Линия 2	10,08	11,09	25	50,4	60,48	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	3,04	3,34	25	15,2	18,24	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 4	2,92	3,21	25	14,6	17,52	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 5	1,52	1,67	25	7,6	9,12	5	125	ВА 47-29	4,5
ЩС-5									
Линия 1	28,06	30,87	40	140,3	168,36	5	200	ВА 47-29	4,5
Линия 2	16,79	18,47	25	83,95	100,74	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	9,3	10,23	25	46,5	55,8	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 4	4,95	5,45	25	24,75	29,7	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 5	1,94	2,13	25	9,7	11,64	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 6	3,2	3,52	25	16	19,2	5	125	ВА 47-29	4,5
ЩС-6									
Линия 1	4,55	5,01	25	22,75	27,3	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 2	2,24	2,46	25	11,2	13,44	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	2	2,20	25	10	12	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 4	1,52	1,67	25	7,6	9,12	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 5	0,82	0,90	25	4,1	4,92	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 6	1,76	1,94	25	8,8	10,56	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 7	1,58	1,74	25	7,9	9,48	5	125	ВА 47-29	4,5
ЩС-7 (этаж 1)									
Линия 1	1,93	2,12	25	9,65	11,58	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 2	3,85	4,24	25	19,25	23,1	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	2,7	2,97	25	13,5	16,2	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 4	0,96	1,06	25	4,8	5,76	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 5	0,77	0,85	25	3,85	4,62	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 6	0,77	0,85	25	3,85	4,62	5	125	ВА 47-29	4,5
ЩС-8 (этаж 1)									
Линия 1	12,83	14,11	25	64,15	76,98	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 2	12,83	14,11	25	64,15	76,98	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	3,21	3,53	25	16,05	19,26	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 4	3,21	3,53	25	16,05	19,26	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 5	3,21	3,53	25	16,05	19,26	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 6	3,21	3,53	25	16,05	19,26	5	125	ВА 47-29	4,5
ЩС-9 (этаж 1)									
Линия 1	1,35	1,49	25	6,75	8,1	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 2	0,39	0,43	25	1,95	2,34	5	125	ВА 47-29	4,5
	1,73	1,90	25	8,65	10,38	5	125	ВА 47-29	4,5
ЩС-10 (этаж 2)									
Линия 1	2,7	2,97	25	13,5	16,2	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 2	3,27	3,60	25	16,35	19,62	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	3,08	3,39	25	15,4	18,48	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 4	0,77	0,85	25	3,85	4,62	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 5	0,39	0,43	25	1,95	2,34	5	125	ВА 47-29	4,5
ЩС-11 (этаж 2)									
Линия 1	9,63	10,59	25	48,15	57,78	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 2	9,63	10,59	25	48,15	57,78	5	125	ВА 47-29	4,5
Линия 3	11,23	12,35	25	56,15	67,38	5	125	ВА 47-29	4,5

Таблица 4.4 – Выбор автоматов для силовых пунктов

№ ЭП	I_p , А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	$I_{пуск}$, А	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пуск}$, А	K_o	$I_{ном.то}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$, кА
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
ЩС-1	33,38	36,72	40	166,9	200,28	5	200	ВА 47-63	6
ЩС-2	51,48	56,63	63	257,4	308,88	5	315	ВА 47-63	6
ЩС-3	5,44	5,98	25	27,2	32,64	5	125	ВА 47-63	6
ЩС-4	40,53	44,58	40	202,65	243,18	5	200	ВА 47-63	6
ЩС-5	38,53	42,38	40	192,65	231,18	5	200	ВА 47-63	6
ЩС-6	8,67	9,54	25	43,35	52,02	5	125	ВА 47-63	6
ЩС-7	10,97	12,07	25	54,85	65,82	5	125	ВА 47-63	6
ЩС-8	38,5	42,35	40	192,5	231	5	200	ВА 47-63	6
ЩС-9	1,73	1,90	25	8,65	10,38	5	125	ВА 47-63	6
ЩС-10	10,2	11,22	25	51	61,2	5	125	ВА 47-63	6
ЩС-11	30,48	33,53	40	152,4	182,88	5	200	ВА 47-63	6

4.3. Выбор силовых пунктов

Силовые пункты выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта и номинального напряжения [12, с. 184-185].

Условие выбора СП:

$$I_{\text{расч сп}} \leq I_{\text{ном сп}}, \quad (4.6)$$

где $I_{\text{расч сп}}$ – расчетный ток группы ЭП присоединенных к СП, $I_{\text{ном сп}}$ – номинальный ток СП.

Выбор сведем в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Выбор автоматов для силовых пунктов

Наименование	Расчетный ток, А	Допустимый ток, А	Тип силового пункта	Количество присоединений СП
ЩС-1	33,38	40	ПР11-1024	12
ЩС-2	51,48	63	ПР11-3044	12
ЩС-3	5,44	25	ПР11-3024	12
ЩС-4	40,53	40	ПР11-1024	12
ЩС-5	38,53	40	ПР11-1024	12
ЩС-6	8,67	25	ПР11-3024	12
ЩС-7	10,97	25	ПР11-3024	12
ЩС-8	38,5	40	ПР11-1024	12
ЩС-9	1,73	25	ПР11-3024	12
ЩС-10	10,2	25	ПР11-3024	12
ЩС-11	30,48	40	ПР11-1024	12

4.4. Расчет потерь напряжения, активной и реактивной мощности.

Рассчитаем потери мощности и напряжения в кабельных линиях.

Потеря напряжения [12, с. 54]:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos\varphi + x_{уд} \cdot \sin\varphi), \quad (4.7)$$

где l – длина кабельной линии, км; $r_{уд}$, $x_{уд}$ – удельное активное и реактивное сопротивление кабеля, Ом/км; I_p – расчетный ток электроприемника, А.

Потеря напряжения в процентах:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U_{ном}}, \quad (4.8)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети, В

Потеря активной и реактивной мощности:

$$\Delta P = 3 \cdot I_p^2 \cdot r_{уд} \cdot l, \quad (4.9)$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I_p^2 \cdot x_{уд} \cdot l, \quad (4.10)$$

Рассмотрим расчет потерь мощности и напряжения для ЦС-1:

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot 33,38 \cdot 0,012 \cdot (3,09 \cdot 0,96 + 0,09 \cdot 0,28) = 2,076 \text{ В};$$

$$\Delta U_{1,\%} = \frac{2,076}{220} \cdot 100\% = 0,009\%;$$

$$\Delta P_1 = 3 \cdot 33,38^2 \cdot 3,09 \cdot 0,012 \cdot 10^{-3} = 0,124 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_1 = 3 \cdot 33,38^2 \cdot 0,009 \cdot 0,012 \cdot 10^{-3} = 0,004 \text{ квар}.$$

Результаты расчетов потерь в кабельных линиях к электроприемникам и силовым пунктам представлены в таблицах 4.6-4.7.

Таблица 4.6 – Расчет потерь мощности и напряжения

№ линии	cosφ	sinφ	L, м	I _p , А	S,	r _{уд} , Ом/км	x _{уд} , Ом/км	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔU, В	ΔQ, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ЦС-1											
Линия 1	0,98	0,20	20	6,98	2,5	7,4	0,116	0,008	0,022	1,758	0,000
Линия 2	0,75	0,66	10	0,83	2,5	7,4	0,116	0,000	0,000	0,081	0,000
Линия 3	0,95	0,31	20	29,19	6	3,09	0,09	0,014	0,158	2,996	0,005
Линия 4	0,98	0,20	40	4,64	2,5	7,4	0,116	0,011	0,019	2,338	0,000
ЦС-2											
Линия 1	0,75	0,66	10	0,10	2,5	7,4	0,116	0,000	0,000	0,009	0,000
Линия 2	0,95	0,31	10	9,76	2,5	7,4	0,116	0,005	0,021	1,194	0,000
Линия 3	0,98	0,20	20	8,72	2,5	7,4	0,116	0,010	0,034	2,198	0,001
Линия 4	0,98	0,20	20	14,15	2,5	7,4	0,116	0,016	0,089	3,565	0,001
Линия 5	0,98	0,20	20	11,22	2,5	7,4	0,116	0,013	0,056	2,829	0,001
Линия 6	0,98	0,20	20	11,22	2,5	7,4	0,116	0,013	0,056	2,829	0,001
Линия 7	0,98	0,20	20	11,22	2,5	7,4	0,116	0,013	0,056	2,829	0,001

Продолжение таблицы 4.6

ЩС-3											
Линия 1	0,75	0,66	20	3,33	2,5	7,4	0,116	0,003	0,005	0,650	0,000
Линия 2	0,75	0,66	20	3,33	2,5	7,4	0,116	0,003	0,005	0,650	0,000
Линия 3	0,75	0,66	20	0,13	2,5	7,4	0,116	0,000	0,000	0,026	0,000
ЩС-4											
Линия 1	0,98	0,20	10	33,49	6	3,09	0,09	0,008	0,104	1,767	0,003
Линия 2	0,98	0,20	10	10,08	2,5	7,4	0,116	0,006	0,023	1,270	0,000
Линия 3	0,75	0,66	10	3,04	2,5	7,4	0,116	0,001	0,002	0,296	0,000
Линия 4	0,75	0,66	10	2,92	2,5	7,4	0,116	0,001	0,002	0,284	0,000
Линия 5	0,75	0,66	10	1,52	2,5	7,4	0,116	0,001	0,001	0,148	0,000
ЩС-5											
Линия 1	0,98	0,20	10	28,06	6	3,09	0,09	0,007	0,073	1,481	0,002
Линия 2	0,95	0,31	20	16,79	2,5	7,4	0,116	0,019	0,125	4,111	0,002
Линия 3	0,98	0,20	20	9,30	2,5	7,4	0,116	0,011	0,038	2,344	0,001
Линия 4	0,98	0,20	20	4,95	2,5	7,4	0,116	0,006	0,011	1,246	0,000
Линия 5	0,95	0,31	20	1,94	2,5	7,4	0,116	0,002	0,002	0,474	0,000
Линия 6	0,95	0,31	20	3,20	2,5	7,4	0,116	0,004	0,005	0,783	0,000
ЩС-6											
Линия 1	0,75	0,66	10	4,55	2,5	7,4	0,116	0,002	0,005	0,443	0,000
Линия 2	0,75	0,66	10	2,24	2,5	7,4	0,116	0,001	0,001	0,219	0,000
Линия 3	0,75	0,66	25	2,00	2,5	7,4	0,116	0,002	0,002	0,487	0,000
Линия 4	0,75	0,66	25	1,52	2,5	7,4	0,116	0,002	0,001	0,369	0,000
Линия 5	0,75	0,66	25	0,82	2,5	7,4	0,116	0,001	0,000	0,199	0,000
Линия 6	0,75	0,66	20	1,76	2,5	7,4	0,116	0,002	0,001	0,343	0,000
Линия 7	0,75	0,66	20	1,58	2,5	7,4	0,116	0,001	0,001	0,307	0,000
ЩС-7 (этаж 1)											
Линия 1	0,85	0,53	30	1,93	2,5	7,4	0,116	0,003	0,002	0,635	0,000
Линия 2	0,85	0,53	30	3,85	2,5	7,4	0,116	0,006	0,010	1,271	0,000
Линия 3	0,85	0,53	30	2,70	2,5	7,4	0,116	0,004	0,005	0,889	0,000
Линия 4	0,85	0,53	20	0,96	2,5	7,4	0,116	0,001	0,000	0,212	0,000
Линия 5	0,85	0,53	20	0,77	2,5	7,4	0,116	0,001	0,000	0,169	0,000
Линия 6	0,85	0,53	30	0,77	2,5	7,4	0,116	0,001	0,000	0,254	0,000
ЩС-8 (этаж 1)											
Линия 1	0,85	0,53	30	12,83	2,5	7,4	0,116	0,019	0,110	4,235	0,002
Линия 2	0,85	0,53	30	12,83	2,5	7,4	0,116	0,019	0,110	4,235	0,002
Линия 3	0,85	0,53	30	3,21	2,5	7,4	0,116	0,005	0,007	1,059	0,000
Линия 4	0,85	0,53	20	3,21	2,5	7,4	0,116	0,003	0,005	0,706	0,000
Линия 5	0,85	0,53	20	3,21	2,5	7,4	0,116	0,003	0,005	0,706	0,000
Линия 6	0,85	0,53	30	3,21	2,5	7,4	0,116	0,005	0,007	1,059	0,000

Окончание таблицы 4.6

ЩС-9 (этаж 1)											
Линия 1	0,85	0,53	30	1,35	2,5	7,4	0,116	0,002	0,001	0,445	0,000
Линия 2	0,85	0,53	20	0,39	2,5	7,4	0,116	0,000	0,000	0,085	0,000
ЩС-10 (этаж 2)											
Линия 1	0,85	0,53	20	2,70	2,5	7,4	0,116	0,003	0,003	0,593	0,000
Линия 2	0,85	0,53	20	3,27	2,5	7,4	0,116	0,003	0,005	0,720	0,000
Линия 3	0,85	0,53	30	3,08	2,5	7,4	0,116	0,005	0,006	1,017	0,000
Линия 4	0,85	0,53	15	0,77	2,5	7,4	0,116	0,001	0,000	0,127	0,000
Линия 5	0,85	0,53	20	0,39	2,5	7,4	0,116	0,000	0,000	0,085	0,000
ЩС-11 (этаж 2)											
Линия 1	0,85	0,53	20	9,63	2,5	7,4	0,116	0,010	0,041	2,118	0,001
Линия 2	0,85	0,53	20	9,63	2,5	7,4	0,116	0,010	0,041	2,118	0,001
Линия 3	0,85	0,53	30	11,23	2,5	7,4	0,116	0,017	0,084	3,706	0,001

Таблица 4.7 – Расчет потерь мощности и напряжения

№ СП	cosφ	sinφ	L, м	I _p , А	S,	г _{уд} , Ом/км	х _{уд} , Ом/км	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔU, В	ΔQ, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ЩС-1	0,96	0,28	22,00	33,38	6,00	3,09	0,09	0,017	0,227	3,805	0,007
ЩС-2	0,97	0,24	12,00	51,48	16,00	1,16	0,0675	0,006	0,111	1,222	0,006
ЩС-3	0,75	0,66	52,00	5,44	4,00	4,63	0,095	0,008	0,021	1,732	0,000
ЩС-4	0,95	0,31	34,00	40,53	10,00	1,84	0,073	0,011	0,308	4,227	0,012
ЩС-5	0,97	0,24	35,00	38,53	6,00	3,09	0,09	0,019	0,482	7,052	0,014
ЩС-6	0,75	0,66	35,00	8,67	4,00	4,63	0,095	0,008	0,037	1,858	0,001
ЩС-7	0,85	0,53	52,00	10,97	4,00	4,63	0,095	0,018	0,087	3,938	0,002
ЩС-8	0,85	0,53	52,00	38,50	6,00	3,09	0,09	0,042	0,715	9,272	0,021
ЩС-9	0,85	0,53	32,00	1,73	4,00	4,63	0,095	0,002	0,001	0,382	0,00003
ЩС-10	0,85	0,53	24,00	10,20	4,00	4,63	0,095	0,008	0,035	1,690	0,001
ЩС-11	0,85	0,53	24,00	30,48	6,00	3,09	0,09	0,015	0,207	3,388	0,006

5. Выбор источника питания объекта (трансформаторная подстанция, ВРУ)

5.1. Расчет нагрузки ВРУ

Электроснабжение школы предусмотрено от существующей двухтрансформаторной подстанции типа ТМЗ-250/10 от разных секций шин, на напряжении 0.4 кВ по двум взаиморезервируемым кабельным линиям до каждого ВРУ (ВРУ-1, ВРУ-2).

Суммарная мощность здания школы:

$$P_p = K \cdot (P_{\text{осв}} + P_{\text{роз.}} + P_{\text{пищблок}} + P_{\text{проч.сил}}), \quad (5.1)$$

где $P_{\text{осв}}$ – мощность осветительной нагрузки, $P_{\text{роз.}}$ – мощности розеточных групп, $P_{\text{проч.сил}}$ – мощность прочей нагрузки, K – коэффициент несовпадения максимумов расчетных нагрузок [14, табл.7.11].

Расчет осветительной нагрузки из таблиц 2.4-2.6, 2,9:

$$P_{\text{осв.}} = P_{\text{внутр. осв.}} + P_{\text{наруж. осв.}} = (11,31 + 10,44 + 8,24) + 2,05 = 32,04 \text{ кВт},$$

где $P_{\text{осв}}$ – мощность осветительной нагрузки с учетом коэффициента спроса [14, табл.7.6].

Расчет мощности розеточных групп:

$$P_{\text{роз.}} = K_c \cdot P_{\text{у.р}} \cdot n \quad (5.2)$$

где $P_{\text{у.р}}$ – установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт;

n – число розеток.

$K_c = 0,4$ – расчетный коэффициент спроса, [14, табл.7.7].

$$P_{\text{роз.}} = 0,4 \cdot 0,06 \cdot 112 = 2,68 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{пищблок}} = K_c \cdot P_p = 0,6 \cdot 75,18 = 45,11 \text{ кВт} \quad (5.3)$$

К прочему силовому оборудованию относится вся оставшаяся нагрузка (оргтехника, вентиляторы, и т.д.).

$$P_{\text{проч.сил}} = 52,07 \cdot 0,5 = 26,04 \text{ кВт.}$$

Найдем K – коэффициент несовпадения максимумов расчетных нагрузок:

$$d_{\text{осв}} = \frac{32,04}{32,04 + 2,68 + 45,11 + 26,04} \cdot 100\% = 30\%, \Rightarrow K = 0,95. [14, табл.7.11].$$

Находим общую нагрузку всего здания:

$$P_p = 0,95 \cdot (32,04 + 2,68 + 45,11 + 26,04) = 100,58 \text{ кВт.}$$

Найдем полную расчетную нагрузку:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos\varphi} = \frac{100,58}{0,95} = 105,87 \text{ кВА}, \quad (5.4)$$

где $\cos\varphi = 0,95$. – коэффициент мощности для общеобразовательных школ с пищеблоками [14, табл.7.12].

5.2. Выбор кабельной линии от трансформаторной подстанции, вводного автомата и ВРУ

Расчетный ток одной линии для двухтрансформаторной подстанции в нормальном режиме работы:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (5.5)$$

где S_p – полная расчетная мощность; $U_{ном}$ – номинальное напряжение линии.

По формуле (5.5) находим:

$$I_p = \frac{105,87}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 80,43 \text{ А.}$$

Находим расчетный ток для кабеля послеаварийного режима:

$$I_{пав} = \frac{105,87}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 160,85 \text{ А.}$$

Выбираем 2 кабеля для питания здания по расчетному току послеаварийного режима типа АВБШв – LS 4x95 с допустимым током $I_{доп}=175 \text{ А}$ [22]

ВРУ выбирается по числу отходящих линий и номинальному току. Выбираем в качестве ВРУ вводно-распределительный шкаф типа ВРУ 200А с АВР (ВРУ-Б-200-01-10) и вводной автомат типа ВА99-250-3Р-160А с номинальным продолжительный ток на 160 А.

Ток срабатывания автоматического выключателя должен быть согласован с максимально допустимым длительным током линии при выполнении условия:

$$I_p \leq K_{с.н} \cdot I_{доп} \quad (5.6)$$

где I_p – расчетный ток линии, А; $I_{доп}$ – длительно допустимый ток проводника, А; $K_{с.н}$ – прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля который равен 0,95 [7].

$$160,85 \leq 0,95 \cdot 175 \text{ А;}$$

$$160,85 \leq 166,25 \text{ А.}$$

Проверка на соответствие выбранному защитному аппарату:

$$166,25 \text{ А} \geq 160 \text{ А.}$$

6. Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети

6.1. Расчет токов трехфазного к.з

Расчет токов КЗ ниже 1000 В, как правило, вводится в именованных единицах. Особенностью расчетов КЗ в сетях ниже 1000 В является тот факт, что необходимо учитывать сопротивления дуги и трансформатора тока. На автоматах для этой цели вводится дополнительное сопротивление, величина которого зависит от места возникновения КЗ (рисунок 6.1).

Расчет тока трехфазного КЗ для точки К1:

Для кабеля КЛ1 марки АВБШв –LS 4x95 длиной $\cdot \ell_L = 110$ м:

$$r_L = r_0 \cdot \ell_L, \text{ мОм} \quad (6.1)$$

$$r_L = 0,329 \cdot 110 = 36,19 \text{ мОм.}$$

$$x_L = x_0 \cdot \ell_L, \text{ мОм} \quad (6.2)$$

$$x_L = 0,0602 \cdot 110 = 6,622 \text{ мОм.}$$

Рисунок 6.1 – Схема замещения тока трехфазного КЗ

Сопротивления системы определяем по характеристикам трансформатора типа ТМЗ-250/10 [12].

Определим сопротивления трансформатора [12]:

$$r_{tr} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (6.3)$$

$$x_{tr} = \sqrt{\left(\frac{U_k}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (6.4)$$

$$r_{tr} = \frac{3,7}{250} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^6 = 9,47 \text{ мОм;}$$

$$x_{tr} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{3,7}{250}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^6 = 27,2 \text{ мОм.}$$

Рассчитаем сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$x_{\Sigma K1} = x_C + x_{L1} = 27,2 + 6,622 = 33,822 \text{ мОм.}$$

$$r_{\Sigma K1} = r_C + r_{L1} = 9,47 + 36,19 = 45,66 \text{ мОм.}$$

$$I_{K1} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K1}^2 + r_{\Sigma K1}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{33,822^2 + 45,66^2}} = 4,06 \text{ кА}$$

При расчете токов КЗ учитываем добавочное сопротивление 20мОм – для первичных цеховых СП; 25 мОм – для вторичных цеховых СП [12, с. 167].

Результаты расчетов сведем в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Расчет токов короткого замыкания

Точка КЗ	R _{сум} , мОм	X _{сум} , мОм	R _{уд.кл.} , мОм/м	X _{уд.кл.} , мОм/м	L _{кл.} , м	R _{лі} , мОм	X _{лі} , мОм	R _{доб.} , мОм	R _{сумм.} , мОм	X _{сум.} , мОм	I _{к.з.} ,кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К2	45,66	32,496	4,63	0,095	20	92,60	1,90	20	158,26	34,40	1,426
К3	45,66	32,496	4,63	0,095	10	46,30	0,95	20	111,96	33,45	1,976
К4	45,66	32,496	1,16	0,0675	50	58,00	3,38	20	123,66	35,87	1,794
К5	45,66	32,496	4,63	0,095	30	138,90	2,85	20	204,56	35,35	1,112
К6	45,66	32,496	0,53	0,0637	35	18,55	2,23	20	84,21	34,73	2,535
К7	45,66	32,496	4,63	0,095	30	138,90	2,85	20	204,56	35,35	1,112
К8	45,66	32,496	4,63	0,095	50	231,50	4,75	20	297,16	37,25	0,771
К9	45,66	32,496	3,09	0,09	50	154,50	4,50	20	220,16	37,00	1,034
К10	45,66	32,496	4,63	0,095	30	138,90	2,85	20	204,56	35,35	1,112
К11	45,66	32,496	4,63	0,095	20	92,60	1,90	20	158,26	34,40	1,426
К12	45,66	32,496	3,09	0,09	20	61,80	1,80	20	127,46	34,30	1,750
К13	45,66	32,496	7,4	0,116	10	74,00	1,16	20	139,66	33,66	1,608
К14	45,66	32,496	7,4	0,116	20	148,00	2,32	20	213,66	34,82	1,067
К15	45,66	32,496	7,4	0,116	25	185,00	2,90	20	250,66	35,40	0,912

6.2. Расчет токов однофазного КЗ

Для правильного выбора релейной защиты и автоматики в системе электроснабжения наряду с токами трехфазных КЗ необходимо знать токи несимметричных КЗ – однофазных КЗ, для проверки чувствительности автоматов НН к таким КЗ.

Расчета однофазных КЗ производим по упрощенной формуле:

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{T}}}{3} + Z_{\text{П}}}, \quad (6.5)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети; $\frac{Z_{\text{T}}}{3}$ – сопротивление силового трансформатора при однофазном замыкании на корпус; $Z_{\text{П}}$ – полное сопротивление петли прямого и обратного провода линии или кабеля.

Полное сопротивление петли «фазный – нулевой провод»:

$$Z_{\text{П}} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{\text{Д}} + R_{\text{Н}} + R_{\text{ТТ}} + R_{\text{А}})^2 + (X' + X'' + X_{\text{С}} + X_{\text{ТТ}} + X_{\text{А}})^2}, \quad (6.6)$$

где R_{ϕ} , $R_{\text{Н}}$ – суммарные активные сопротивления фазного и нулевого проводов всех участков рассчитываемой цепочки (ТП - ЭП - ТП).

R_{ϕ} – сопротивление дуги в точке КЗ принимается равным 0,03 Ом;

$R_{\text{ТТ}}$, $X_{\text{ТТ}}$ – активное и индуктивное сопротивление трансформатора тока:

$R_{\text{ТТ}} = 0,00015$ Ом; $X_{\text{ТТ}} = 0,00021$ Ом;

$R_{\text{А}}$, $X_{\text{А}}$ – активное и индуктивное сопротивление автоматических выключателей.

$X_{\text{С}}$ – сопротивление питающей системы, принимается равным ранее рассчитанному приведенному сопротивлению системы $x_{\text{С}}$; X – внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль, принимается равным 0,6 Ом/км; X'' – внутреннее индуктивное сопротивление проводов зануления (учитывается только для проводов, выполненных из стали).

При расчете однофазных токов короткого замыкания будем учитывать сопротивление автоматических выключателей, которые включают в себя сопротивления катушек максимального тока автомата и переходное сопротивление контактов определенное по [13, таблица 1.9.3, с. 61] значение в мОм.

Выполним расчет тока однофазного короткого замыкания для СП-1:

Определяем полное сопротивление трансформатора:

$$Z_T = 312 \text{ мОм} = 0,312 \text{ Ом} [13, \text{таблица 1.9.1}].$$

Полное сопротивление петли «фазный – нулевой провод»:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(20 \cdot 5,47 + 30 + 20 \cdot 5,47 + 0,15 + 15)^2 + (0,6 \cdot 20 + 0,64 + 0,21 + 9)^2} = 264,85 \text{ мОм}.$$

Определим ток однофазного КЗ в конце линии, питающей СП-1.

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \frac{U_{\Phi}}{Z_T/3 + Z_{\Pi}} = \frac{400/\sqrt{3}}{0,312/3 + 0,265} = 626 \text{ А}.$$

Для остальных СП расчеты сведем в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Расчет токов однофазного к.з.

Номер СП	Сопротивление трансформатора однофазному	Длина провода или кабеля, м	Сопротивления фазного, нулевого провода, Ом/км	Сопротивление дуги R _д , мОм	Сопротивление первичной обмотки ГТ, R _{ГТ} , мОм	Активное сопротивление автомата, мОм	Внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-ноль, мОм	Сопротивление питающей системы, мОм	Индуктивное сопротивление первичной обмотки ГТ, X _{ГТ} , мОм	Индуктивное сопротивление автомата, мОм	Результатирующее активное сопротивление цепи фаза-ноль, мОм	Результатирующее реактивное сопротивление цепи фаза-ноль, мОм	Результатирующее полное сопротивление цепи фаза-ноль, мОм	Ток однофазного к.з., А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ВРУ1	0,312	110	0,74	30	0,15	1,4	0,6	0,64	0,21	0,55	194,35	67,40	205,71	2220,58
ВРУ2	0,312	130	0,74	30	0,15	1,4	0,6	0,64	0,21	0,55	223,95	79,40	237,61	2220,58
щс-1	0,312	20	5,47	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	263,95	21,85	264,85	626,11
щс-2	0,312	10	5,47	30	0,15	3,5	0,6	0,64	0,21	1,3	143,05	8,15	143,28	933,92
щс-3	0,312	50	1,37	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	182,15	39,85	186,46	795,08
щс-4	0,312	30	5,47	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	373,35	27,85	374,39	482,74
щс-5	0,312	35	0,625	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	0,86	88,90	22,71	91,75	1179,77
щс-6	0,312	30	5,47	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	373,35	27,85	374,39	482,74
щс-7	0,312	50	5,47	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	592,15	39,85	593,49	331,10
щс-8	0,312	50	3,64	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	409,15	39,85	411,09	448,35
щс-9	0,312	30	5,47	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	373,35	27,85	374,39	482,74
щс-10	0,312	20	5,47	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	263,95	21,85	264,85	626,11
щс-11	0,312	20	3,64	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	190,75	21,85	192,00	780,20
щс-1.1	0,312	10	8,73	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	219,75	15,85	220,32	712,07
щс-1.2	0,312	20	8,73	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	394,35	21,85	394,95	462,85
щс-2.1	0,312	25	8,73	30	0,15	15	0,6	0,64	0,21	9	481,65	24,85	482,29	393,90

6.3. Проверка защитных аппаратов на отключающую способность

Проверка на отключающую способность к трехфазному току КЗ осуществляется по выражению:

$$I_{\text{откл.ном}} > I_{\text{к}}^{(3)} \quad (6.7)$$

Таблица 6.2 – Проверка защитных аппаратов на отключающую способность

Наименование	Тип автоматического выключателя	Предельная отключающая способность, кА	Номер точки к.з.	$I_{\text{кз}}^{(3)}$, кА
Вводной автомат QF1, QF2	ВА99-250-3P-160А	35	К1	4,06
щс-1	ВА 47-63-3P -40А	6	К2	1,426
щс-2	ВА 47-63-3P -63А	6	К3	1,976
щс-3	ВА 47-63-3P -25А	6	К4	1,794
щс-4	ВА 47-63-3P -40А	6	К5	1,112
щс-5	ВА 47-63-3P -40А	6	К6	2,535
щс-6	ВА 47-63-3P -25А	6	К7	1,112
щс-7	ВА 47-63-3P -40А	6	К8	0,771
щс-8	ВА 47-63-3P -40А	6	К9	1,034
щс-9	ВА 47-63-3P -25А	6	К10	1,112
щс-10	ВА 47-63-3P -25А	6	К11	1,426
щс-11	ВА 47-63-3P -40А	6	К12	1,750
щс-1.1	ВА 47-63-3P -25А	6	К13	1,608
щс-1.2	ВА 47-63-3P -25А	6	К14	1,067
щс-2.1	ВА 47-63-3P -25А	6	К15	0,912

По условиям проверки $I_{\text{откл.ном}} > I_{\text{к}}^{(3)}$, все защитные аппараты выбраны правильно.

Проверка на отключающую способность к однофазному току КЗ осуществляется по выражению:

$$\frac{I_{\text{кз}}^{(1)}}{I_{\text{рц.ном}}} \geq 3. \quad (6.8)$$

Данное условие выполняется для всех защитных аппаратов. Результаты расчетов сведем в таблицу 6.3.

Таблица 6.2 – Проверка защитных аппаратов на отключающую способность

Место установки (КТП, СП или ЭП)	Номер точки КЗ	Тип выключателя	$I_{рц.ном}$, А	$I_{кз(1)}$, А	$I_{кз(1)} / I_{рц.ном}$
ВРУ	К1	ВА99-250-3Р-160А	160	2220,58	13,88
щс-1	К2	ВА 47-63-3Р -40А	40	626,11	15,65
щс-2	К3	ВА 47-63-3Р -63А	63	933,92	14,82
щс-3	К4	ВА 47-63-3Р -25А	25	795,08	31,80
щс-4	К5	ВА 47-63-3Р -40А	40	482,74	12,07
щс-5	К6	ВА 47-63-3Р -40А	40	1179,77	29,49
щс-6	К7	ВА 47-63-3Р -25А	25	482,74	19,31
щс-7	К8	ВА 47-63-3Р -40А	25	331,10	13,24
щс-8	К9	ВА 47-63-3Р -40А	40	448,35	11,21
щс-9	К10	ВА 47-63-3Р -25А	25	482,74	19,31
щс-10	К11	ВА 47-63-3Р -25А	25	626,11	25,04
щс-11	К12	ВА 47-63-3Р -40А	40	780,20	19,51
щс-1.1	К13	ВА 47-63-3Р -25А	25	712,07	28,48
щс-1.2	К14	ВА 47-63-3Р -25А	25	462,85	18,51
щс-2.1	К15	ВА 47-63-3Р -25А	25	393,90	15,76

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были разработаны система электроснабжения здания школы-сада в селе Разъезжее Ермаковского района Красноярского края и система наружного освещения территории этой школы.

В ходе проектирования был выполнен анализ потребителей (рассмотрены помещения школьного здания и их характеристик), выполнены расчеты внутренней системы освещения здания, наружной системы освещения школьной территории, а также внутренней розеточной сети школьного здания.

Для разработанных схем электроснабжения на основании расчетов были выбраны удовлетворяющие всем техническим требованиям сечения кабелей, аппараты защиты. Проверка оборудования по токам короткого замыкания показала правильность выбора аппаратов защиты.

Таким образом, в результате проектирования разработана система электроснабжения здания и наружной территории школы-сада в селе Разъезжее Ермаковского района, соответствующая всем современным требованиям.

Практическая ценность данной работы состоит в том, что в ней рассмотрен вопрос проектирования электроснабжения для современных школьно-дошкольных комплексов, удовлетворяющих всем актуальным требованиям.

Данные комплексы обладают автономными системами отопления, водоподготовки и водоочистки, имеют на своей территории игровые площадки, спортплощадку и т.д. При этом их емкость относительно небольшая – 80 учеников и 35 дошкольников. Подобные комплексы будут возводиться и уже возводятся в небольших городах, районных центрах и т.д. и служат для обеспечения возможности учащихся из различных отдаленных деревень, из самих райцентров и т.д. проходить обучение в современных условиях.

Результаты проектирования могут быть полезны для выполнения аналогичных социально-значимых проектов современных школьных комплексов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов-н/Д: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с
2. Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электроснабжение»: учеб. пособие / Л. Л. Латушкина, А. Д. Макаревич, А. С. Торопов, А. Н. Туликов ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2012. – 232 с.
3. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
4. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавцев, Н.А. Черемисинова. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
5. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007.– 253 с.
6. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. – 320 с.
7. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 352 с.
8. Мукаев, А. И. Управление энергосбережением и повышение энергетической эффективности в организациях и учреждениях бюджетной сферы : Практическое пособие / А.И. Мукаев – Фаменское: ИПК ТЭК, 2011. – 212 с.
9. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. М.: АООТ ОТКЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – 78 с.

10. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». - М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектропроект, 1993 (2-я редакция). – 86 с.
11. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 701 с.
12. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; дата введ. 08.05.2017. – М. : НИИСФРААСН, 2016. – 116 с.
13. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений, дата введ. 01.07.2014. – М. : ФГУП Стандартиформ, 2016. – 20 с.
14. СП 256.1325800.2016 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М. : ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2011. – 65 с. 78
15. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 07.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 131 с.
16. СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85.
17. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. т2. Электрооборудование / Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 602 с.
18. Справочник электрика / Под ред. Э. А. Киреевой и С. А. Цырука. –М. : Колос, 2007. – 464 с.
19. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.
20. Филатов, И.В. Электроснабжение осветительных установок: учебное пособие / И. В. Филатов, Е. В. Гурнина. Издательство московского государственного открытого университета. – М. 2009. – 321 с.

21. Хромченко, Г. Е. Проектирование кабельных сетей и проводок / Г. Е. Хромченко, П.И. Анастасиев, Е.З. Бранзбург, А.В. Коляда. - М.: Энергия, 2010. – 397 с.

22. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2010. – 214 с.

23. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). - 11-е изд., стер. - М. : Издательство МЭИ, 2014. -704 с.

24. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под. общ. ред. Проф. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 2011. – 658 с.: ил.

25. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 2. Электротехнические устройства и изделия / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. - 10-е изд. - М.: Издательство МЭИ, 2012. - 988 с

26. Этапы и стоимость проекта электроснабжения коммерческих объектов [Электронный ресурс] : URL: <https://www.kp.ru/guide/proektirovanieielektrosnabzhenija.html> (дата обращения: 15.05.2022).

27. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства РФ. 31.03.2003. № 13. Ст. 1177.

28. Федеральный закон от 26.03.2003 № 36-ФЗ «Об особенностях функционирования электроэнергетики в переходный период» // Собрание законодательства РФ. 31.03.2003. № 13. Ст. 1178.

29. Федеральный закон № 125-ФЗ от 07.07.2003 «О внесении изменений и дополнений в федеральный закон О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» (действующая редакция 2016) [Электронный ресурс] : URL: consultant.ru/document/cons_dos_ (дата обращения: 15.05.2022).

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Колос А.В. Колковский
подпись инициалы, фамилия
« 24 » Июль 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Электроснабжение школы в с. Ратъезжее Ермаковского района
тема

Руководитель

Е.В. Платонова
подпись, дата

доцент, к.т.н.

должность, учред. степень

Е.В. Платонова

инициалы, фамилия

Выпускник

М.В. Артемов
подпись, дата

М.В. Артемов

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

И.А. Кычакова
подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2022