

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения школы в Купинском районе
Новосибирской области

Обучающийся

М.А. Клименко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Тольятти 2024

Аннотация

Бакалаврская работа посвящена вопросам электроснабжения нового здания школы в Купинском районе Новосибирской области. Приведена характеристика внешнего электроснабжения, выполнен расчёт нагрузок по фидерам и определено количество и сечение питающих кабельных линий, а также выбраны для них аппараты защиты.

На вводе в здание устанавливается два вводно-распределительных устройства. Выполнен расчёт электрических нагрузок для четырёх характерных групп электроприёмников здания. Суммарная нагрузка составила 291 кВт. Для защиты штепсельных розеток и подключаемых в них переносных электроприборов используются дифференциальные автоматические выключатели. По результатам расчётов для компенсации реактивной мощности выбрана автоматическая конденсаторная установка мощностью 50 квар. Произведён расчёт защитного заземления и определены параметры вертикальных заземлителей и соединяющей их горизонтальной полосы. Выбраны марки кабелей для питания групповых электрических сетей и для потребителей первой категории. Выполнен расчёт уровня освещённости в каждом из помещений здания школы. Выбраны различные типы светодиодных светильников для внутреннего и наружного освещения. В качестве аварийного резервного источника питания выбрана дизель-генераторная установка мощностью 100 кВт.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки объемом 49 страниц текста и графической части, выполненной на шести листах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика системы внешнего электроснабжения здания школы и обоснование принятой схемы электроснабжения	7
2 Определение расчетных электрических нагрузок по зданию школы	15
3 Разработка технических решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в нормальном и аварийном режимах	30
4 Разработка мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите здания школы.....	34
5 Выбор проводников, количества и типов светильников.....	38
6 Выбор резервного источника электроснабжения для здания школы	42
Заключение	44
Список используемой литературы	47

Введение

В бакалаврской работе планируется произвести проектирование системы электроснабжения вновь строящегося здания школы в Купинском районе Новосибирской области. Расположение здания школы планируется в границах участка, обозначенного синим прямоугольником на рисунке 1.

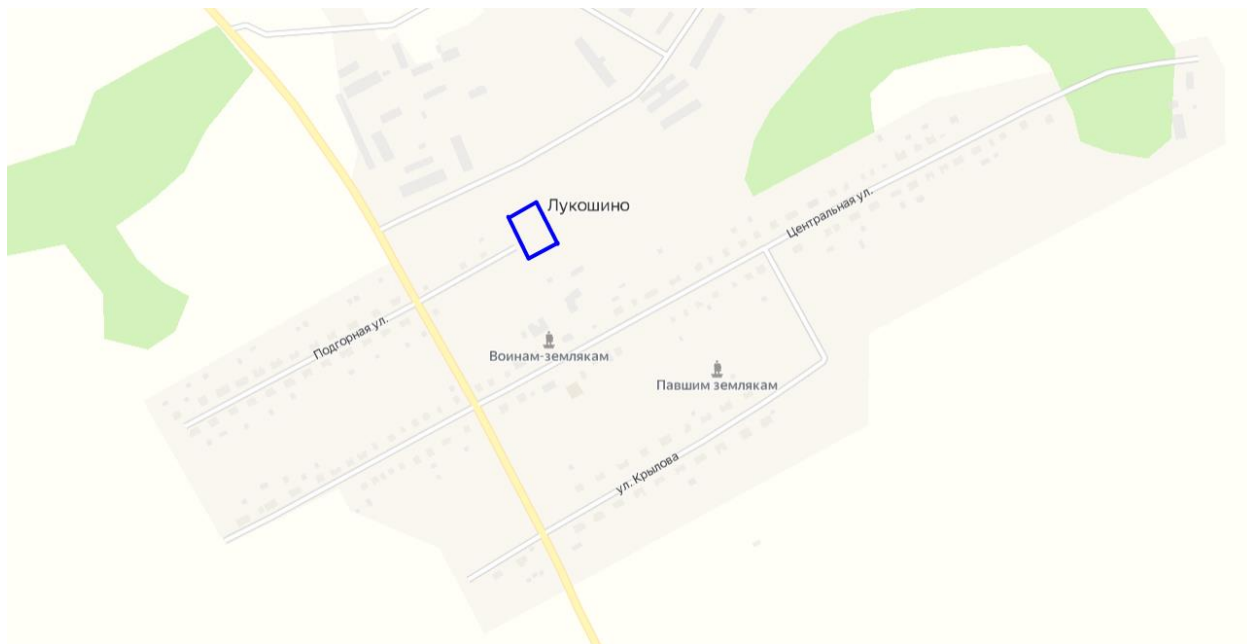


Рисунок 1 – Планируемое месторасположения нового здания школы в Купинском районе Новосибирской области

Планируется строительство здания общеобразовательной школы на 110 мест (обучающиеся 1-11 классов) с детским садом на 30 мест. Здание является отдельно стоящим, 3-х этажным.

Расчетная наполняемость учебных помещений школы составляет 10 учащихся, а при разделении на подгруппы – не более 5 человек. Общая вместимость школы составляет 110 человек. Число параллелей - 1. Обучение организовывается в одну смену.

Состав групп помещений школы:

- вестибюльная группа помещений;
- блок помещений начальной школы;

- классы основного общего и среднего общего образования;
- информационный центр – библиотека;
- спортивный зал;
- актовый зал;
- медицинский пункт;
- столовая;
- административно-бытовые и хозяйственные помещения. Возраст обучающихся от 7 до 18 лет.

На первом и втором этажах здания школы предусматривается размещение дошкольной образовательной организации общеразвивающей направленности (ДОО) на 30 детей.

Дошкольная образовательная организация рассчитана на 2 группы:

- группа полного дня (3-7 лет) – 20 человек;
- группа не полного дня (5-7 лет) – 10 человек.

В составе ДОО предусмотрены: групповые ячейки, зал для музыкальных и физкультурных занятий, служебные кабинеты, бытовые, вспомогательные и подсобные помещения.

Учебные помещения для начальных классов выделены в отдельный блок, расположены на 1 и 2 этаже здания. Учащиеся начальной школы обучаются в закрепленных за каждым классом учебных помещениях. В учебном блоке для обучающихся 1 - 4 классов расположены: 4 учебных помещения (по 1 шт для 1-4 классов), рекреации, универсальное помещение для занятий на 10 мест (кабинет труда), санузлы для мальчиков и девочек.

Классы основного общего и среднего общего образования включают в себя: кабинеты русского языка и литературы, математики, истории, географии, кабинет иностранного языка, кабинет изобразительного искусства, кабинет химии и биологии, кабинет физики и астрономии, класс домоводства (кулинарии и швейного дела), мастерская трудового обучения (слесарной и столярной обработки), кабинет.

Далее приведем перечень планируемых к установке специальных

электроприемников.

Учебные классы и кабинеты состоят оснащаются классной доской и интерактивной панелью.

Демонстрационные столы в кабинетах физики, химии и биологии оборудуются подачей электричества. Кабинеты химии, физики и лаборантские при них оборудуются вытяжными шкафами.

Компьютерный класс предназначен для теоретических и практических занятий по существующим программам. Вместимость класса – 10 мест, оснащенных одноместными компьютерными ученическими столами с компьютерами.

Универсальная мастерская по обработке дерева и металла оснащена токарным станком, сверлильным станком, фрезерным станком, 3D принтером. Станки оборудованы местным освещением.

Для обучения навыкам приготовления пищи, в кабинете домоводства предусматривается установка холодильников, электроплиты, малогабаритного кухонного настольного оборудования.

Швейная мастерская оборудована швейными машинами (5 шт), оверлоком (1 шт), гладильной доской с утюгом.

В библиотеке оборудована зона IT (на 4 места с компьютерами).

Постирочная оснащена двумя стиральными машинами (загрузкой по 7 кг), сушильными машинами, гладильным катком, гладильным столом с утюгом и парогенератором.

Помещения столовой оснащены холодильными камерами, шестиконфорочной электроплитой, электрочотлом, пароконвектоматом, холодильным шкафом, электрокипятильником.

Цель работы заключается в проектировании надежной и экономичной системы электроснабжения здания школы.

1 Характеристика системы внешнего электроснабжения здания школы и обоснование принятой схемы электроснабжения

Питание здания выполняется на напряжении 0,4 кВ 4-х жильными кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АВББШвнг 4×240 от РУ-0,4 кВ вновь установленной ТП.

Энергосистема обеспечивает I, II категорию электроснабжения.

Для потребителей II категории установлено ВРУ1 с ручным переключением на рабочий (исправный) ввод и потребителей I категории предусмотрено ВРУ2 с АВР. I категория обеспечивается за счет установки ДГУ [2].

Питание электроприемников школы принято от сети переменного тока 380/220В с глухозаземленной нейтралью. Система заземления TN-C-S. Система токоведущих проводников принята трехфазная пятипроводная и однофазная трехпроводная.

Сечение жил кабелей выбрано по экономической плотности тока в нормальном режиме, проверено по допустимому длительному току в аварийном и послеаварийном режимах, а также по допустимому отклонению напряжения и на обеспечение надежного автоматического отключения поврежденного участка сети при однофазных коротких замыканиях [16].

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [12]:

$$I_{\text{дд}} = I_{\text{ном.дд}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (1)$$

где « k_1 - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды;

k_2 - поправочный коэффициент на термическое сопротивление грунта;

k_3 - поправочный коэффициент на количество групп кабелей;

k_4 - поправочный коэффициент на способ прокладки кабелей» [12].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [10]:

$$U = \frac{I_{расч} \cdot L \cdot R_{уд}}{S}, \quad (2)$$

где « $I_{расч}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

$R_{уд}$ - удельное сопротивление проводника, Ом/м;

S - сечение провода, мм» [10].

Для защиты проводников и электроприемников используются автоматические выключатели, которые выбираются по следующим критериям.

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [8]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (3)$$

- «по номинальному току» [8]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (4)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [8]:

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)}, \quad (5)$$

где « $I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [8].

«Выбор исполнения расцепителей максимального тока. Если в соответствии с ПУЭ требуется защита от перегрузки и эта защита не обеспечивается другими устройствами, то автоматические выключатели должны иметь расцепители максимального тока с обратной зависимой от тока характеристикой.

Любой аппарат защиты необходимо отстроить от токов перегрузки, свойственных нормальной эксплуатации.

Определяют ток уставки расцепителя с независимой от тока характеристикой» [8]:

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (6)$$

где « I_y – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

k_{pn} – коэффициент разброса защитной характеристики, определяемый для нижней границы;

k_n - принимается равным 1,1 - 1,5» [8].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [8]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (7)$$

где « t_i – время срабатывания расцепителя с обратной зависимой от тока характеристикой;

t_{ni} – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [8].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [8]:

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (8)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

$t_{дон}$ – допустимое время отключения в соответствии с ПУЭ» [8].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [8]:

$$I_{pa} \leq I_{нр} \leq I_{дон},, \quad (9)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_{дон},, \quad (10)$$

где « I_{pa} – расчетный ток цепи послеаварийного режима работы;

$I_{нр}$ – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$ – допустимы ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [8].

«При выполнении защиты от перегрузок и КЗ следует также выполнять требования 3.1.11 ПУЭ в части согласованности проводников и защитных устройств.

Проверка на селективность. В соответствии с ПУЭ защита в низковольтных сетях должна быть селективной» [8].

Количество и сечение выбранных кабелей, их тип, номинальные токи автоматических выключателей и их марки, выбранные в результате расчетов указаны на электрических схемах в графической части работы.

В таблице 1 приведены результаты расчета низковольтных фидеров 0,4 кВ, а в таблице 2 результаты выбора кабельных линий от ТП до ВРУ здания и от ДГУ до ВРУ здания.

Таблица 1 - Результаты расчета низковольтных фидеров

№ фидера	Трасса		L, м	Нагрузка в нормальном режиме							Максимальная нагрузка в аварийном режиме				Iдоп, А	Iавт, А	Zп.у., Ом·км	Iк.з., А	Iоткл. авт., А
	Начало	Конец		Pp, кВт	cos φ	Ip, А	M, кВт·м	Nкаб	Марка и сечение кабеля	U, %	Pp, кВт	Ip, А	M, кВт·м	U, %					
1.1	ТП	ВРУ-1	130	147,9	0,95	236,6	19227	3	АВБбШнг-LS (4 × 240)	1	290,6	465	37778	0,7	654	500	0,312	6670	2500
1.2	ТП	ВРУ-1	130	111,1	0,95	177,8	14443	3	АВБбШнг-LS (4 × 240)	0,8	290,6	465	37778	0,7	654	500	0,312	6670	2500
2.1	ДГУ	ВРУ-2	55	32,4	0,8	52,1	1782	2	АВБбШнг-LS (4 × 150)	0,2	71,3	129	3921,5	0,2	436	200	0,4	667	500

Таблица 2 – Выбор питающих кабелей 0,4 кВ

№ фидера	Трасса		L, м	Нагрузка в нормальном режиме		Максимальная нагрузка в аварийной режиме		Марка, сечение кабеля	ДДТ	Поправочный коэффициент			ДДТ с учетом поправочного коэф.
	Начало	Конец		Pp, кВт	Ip, А	Pp, кВт	Ip, А						
1.1	ТП	ВРУ1	130	147,9	236,6	290,6	465	3хАВБбШнг-LS (4×240)	654	0,71	1,05	114	555,8
1.2	ТП	ВРУ1	130	111,1	177,8	290,6	465	3хАВБбШнг-LS (4×240)	654	0,71	1,05	114	555,8
2.1	ДГУ	ВРУ-2	55	32,4	52,1	71,3	129	2хАВБбШнг-LS (4×150)	436	0,79	1,05	114	412,3

На вводе в помещении электрощитовой, устанавливается вводно-распределительное устройство типа ВРУ1-13-20 [14]. Внешний вид выбранного РРУ приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид вводно-распределительное устройство типа ВРУ1-13-20

Щитовое оборудование – напольного (ВРУ) и навесного исполнения, со степенью защиты IP31.

Включение установок противопожарной автоматики сопровождается автоматическим отключением электроприемников систем общеобменной вентиляции с помощью независимого расцепителя. Согласно заданию раздела АСУТП отключение систем П1-П5 индивидуальное, не отключать на

магистральной линии питания [9].

Сети питания противопожарных устройств и кабели питания аварийного освещения выполняются кабелями марки ВВГнг(А)-FRLSLTx и прокладываются отдельно от прочих кабелей. На рисунке 3 приведен внешний вид выбранного кабеля марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.



Рисунок 3 - Внешний вид выбранного кабеля марки ВВГнг(А)-FRLSLTx

Освещение выполнено в соответствии с СП 52.13130.2016. Расчёт электрического освещения выполнен в программе Dialux. Выбор светильников произведен в зависимости от среды помещения и характера работ, производимых в них.

Линии электроснабжения здания предусматривают устройства защитного отключения, предотвращающие возникновение пожара при неисправности электроприемников. Распределительные щиты имеют конструкцию, исключающую распространение горения за пределы щита [15].

Выводы по разделу.

В здании школы присутствуют потребители I и II категории по надежности электроснабжения. Для потребителей II категории установлено ВРУ1 с ручным переключением на рабочий (исправный) ввод и потребителей

I категории предусмотрено ВРУ2 с АВР. I категория обеспечивается за счет установки ДГУ.

Выполнен расчет нагрузок по фидерам и для питания здания выбраны 4-х жильные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АВБбШвнг 4×240.

На вводе в помещении электрощитовой, устанавливается вводно-распределительное устройство типа ВРУ1-13-20.

Расчёт электрического освещения выполнен в программе Dialux. Выбор светильников произведен в зависимости от среды помещения и характера работ, производимых в них.

Сети питания противопожарных устройств и кабели питания аварийного освещения выполняются кабелями марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

2 Определение расчетных электрических нагрузок по зданию школы

Потребители электроэнергии здания подразделяются на четыре группы:

- электроприемники, необходимые для работы персонала здания;
- электроприемники, необходимые для работы технологического оборудования;
- электроприемники, обеспечивающие работу систем оповещения и защиты;
- один приемно-контрольный прибор охранно-пожарной сигнализации;
- электроприемники, обеспечивающие рабочее и аварийное освещение помещений здания.

Расчет нагрузок выполнен методом коэффициентов спроса согласно СП256.1325800.2016.

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [8]:

$$P_{p.p} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (11)$$

где $K_{c.p}$ - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.p}$ - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт (в том числе для подключения оргтехники);

n - число розеток» [8].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [8]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (12)$$

где « $P'_{p.o}$ - расчетная нагрузка линий общего освещения;

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [8].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [8]:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (13)$$

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [8].

«Расчетную электрическую нагрузку питающих линий и вводов в рабочем и аварийном режимах при совместном питании силовых электроприемников и освещения P_p , следует определять по формуле» [8]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (14)$$

где « K - коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок силовых электроприемников, включая холодильное оборудование и освещение;

K_1 - коэффициент, зависящий от отношения расчетной электрической нагрузки освещения к нагрузке холодильного оборудования холодильной станции;

$P_{p.o}$ - расчетная электрическая нагрузка освещения;

$P_{p.c}$ - расчетная электрическая нагрузка силовых электроприемников без холодильных машин систем кондиционирования воздуха;

$P_{p.x.c}$ - расчетная электрическая нагрузка холодильного оборудования систем кондиционирования воздуха» [8].

Результаты расчета электрических нагрузок сводим в таблицу 3.

Таблица 3 - Результаты расчета электрических нагрузок по новому зданию школы

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Электрическая нагрузка (рабочий режим)									
Рабочее освещение	-	-	23,3	0,85	0,95	0,3	19,8	6,5	20,8
Аварийное освещение (I категория)	-	-	6,6	1	0,95	0,3	6,6	2,2	6,9
Наружное освещение	-	-	5,8	1	0,95	0,3	5,8	1,9	6,1
Итого:	-	-	-	-	1,0	0,3	32,2	10,6	33,9
Розеточная сеть									
Розеточная сеть	30	0,06	1,8	0,1	0,8	0,8	0,2	0,1	0,2
Силовое оборудование - Школа									
Компьютер	37	0,5	18,5	0,4	0,75	0,9	7,4	6,5	9,9
МФУ	3	1,6	4,8		0,8	0,8	1,9	1,4	2,4
МФУ	27	0,3	8,1		0,8	0,8	3,2	2,4	4,1
3D принтер	1	0,8	0,8		0,8	0,8	0,3	0,2	0,4
3D сканер	1	0,22	0,22		0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Переплетно-брошюровачный станок	1	0,25	0,25		0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Шкаф холодильный	6	0,25	1,5	0,3	0,65	1,2	0,5	0,5	0,7
Шкаф холодильный	1	0,2	0,2		0,65	1,2	0,1	0,1	0,1

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Электрочайник	3	2	6	0,3	1	0,0	1,8	0,0	1,8
Микроволновая печь	3	1,5	4,5		0,8	0,8	1,4	1,0	1,7
Кулер	1	0,8	0,8		0,85	0,6	0,2	0,1	0,3
Встраиваемая электрическая панель 4-конф.	1	6,9	6,9		1	0,0	2,1	0,0	2,1
Встраиваемый электрический духовой шкаф	1	2,5	2,5		1	0,0	0,8	0,0	0,8
Электромясорубка	1	0,4	0,4		0,8	0,8	0,1	0,1	0,2
Миксер	1	0,5	0,5		0,8	0,8	0,2	0,1	0,2
Машина швейно-вышивальная	5	0,35	1,75		0,8	0,8	0,5	0,4	0,7
Оверлок	1	0,3	0,3		0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Утюг с пароувлажнением	1	2,6	2,6		1	0,0	0,8	0,0	0,8
Отпариватель	1	2	2		1	0,0	0,6	0,0	0,6
Столик туалетный с подсветкой	2	0,1	0,2		0,95	0,3	0,1	0,0	0,1
Приборы для укладки волос	2	2	4		0,95	0,3	1,2	0,4	1,3
Кофемашинa	2	1,85	3,7		0,8	0,8	1,1	0,8	1,4
Фен	4	1,2	4,8	0,95	0,3	1,4	0,5	1,5	
Станок токарный	1	0,55	0,55	0,5	0,65	1,2	0,3	0,3	0,4
Фрезерный станок	1	3	3		0,65	1,2	1,5	1,8	2,3

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Вертикальный станок сверлильный с тисками	1	0,65	0,65	0,5	0,65	1,2	0,3	0,4	0,5
Лазерный гравер	1	0,5	0,5		0,8	0,8	0,3	0,2	0,3
Шкаф вытяжной	2	0,2	0,4	0,2	0,65	1,2	0,1	0,1	0,1
Школьный информатор сенсорный	6	0,5	3		0,65	1,2	0,6	0,7	0,9
Комплект рельсовой системы с доской и интерактивной панелью	18	0,3	5,4		0,8	0,8	1,1	0,8	1,4
Телевизор	3	0,2	0,6		0,8	0,8	0,1	0,1	0,2
Табло электронное игровое	1	0,055	0,055		0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
Акустическая система	16	0,1	1,6		0,8	0,8	0,3	0,2	0,4
Акустическая система для зала	1	1	1		0,8	0,8	0,2	0,2	0,3
Аппарат для зарядки мобильных устройств	4	0,2	0,8		0,8	0,8	0,2	0,1	0,2
Интерактивный стенд	6	0,3	1,8		0,8	0,8	0,4	0,3	0,5
Интерактивный тренажер для тренировки внимания и ловкости	7	0,2	1,4		0,8	0,8	0,3	0,2	0,4
Пурифайфер напольный	2	1	2		0,8	0,8	0,4	0,3	0,5
Бесконтактный дезинфектор рук	2	0,1	0,2	0,8	0,8	0,0	0,0	0,1	
Стол лабораторный	7	0,5	3,5	0,8	0,8	0,7	0,5	0,9	
Аппарат подготовки дистиллированной воды	1	3	3	0,8	0,8	0,6	0,5	0,8	

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Льдогенератор	1	0,2	0,2	0,2	0,65	1,2	0,0	0,0	0,1
Потолочная система электроснабжения	1	8,8	8,8		0,8	0,8	1,8	1,3	2,2
Проектор	1	0,1	0,1		0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
Комплекс психолога-дефектолога	1	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Интерактивный инклюзивный куб	1	0,3	0,3		0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Комплекс логопеда	1	0,3	0,3		0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Интерактивный логопедический куб	1	0,3	0,3		0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Лингафонный мобильный класс	1	1	1		0,75	0,9	0,3	0,3	0,4
Экран для определения остроты зрения	1	0,1	0,1		0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
Шкаф холодильный медицинский	1	0,35	0,35		0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Весы медицинские	1	0,05	0,05		0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
Электросушитель	21	1,25	26,25		0,15	0,95	0,3	3,9	1,3
Безламповый рециркулятор	20	0,12	2,4	0,5	0,8	0,8	1,2	0,9	1,5
Безламповый рециркулятор	24	0,035	0,84		0,8	0,8	0,4	0,3	0,5
Оборудование актового зала	1	10	10	1	0,8	0,8	10,0	7,5	12,5
Итого P _c :	263	-	156,1	-	-	-	51,4	33,6	63,0
Силовое оборудование - Дошкольная образовательная организация									
Музыкальный центр	2	0,15	0,3	0,15	0,8	0,8	0,0	0,0	0,1
Пылесос	2	0,6	1,2		0,8	0,8	0,2	0,1	0,2

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Принтер	4	0,3	1,2	0,15	0,8	0,8	0,2	0,1	0,2
Безконтактный дезинфектор рук	1	0,1	0,1		0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
Безламповый рециркулятор	10	0,035	0,35		0,8	0,8	0,1	0,0	0,1
Проектор	3	0,2	0,6		0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Электросушитель	2	1,5	3		0,9	0,5	0,5	0,2	0,5
Компьютер	5	0,5	2,5		0,75	0,9	0,4	0,3	0,5
Сушильный шкаф для одежды	2	0,5	1		0,9	0,5	0,2	0,1	0,2
Холодильный шкаф бытовой	1	0,2	0,2		0,65	1,2	0,0	0,0	0,0
Микроволновая печь	1	1,5	1,5		0,8	0,8	0,2	0,2	0,3
Электрочайник	1	2,2	2,2		0,9	0,5	0,3	0,2	0,4
Цифровое фортепиано	1	0,2	0,2		0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
Телевизор	1	0,3	0,3		0,8	0,8	0,0	0,0	0,1
МФУ	1	1,6	1,6		0,8	0,8	0,2	0,2	0,3
Акустическая система для тренажерного зала	1	1	1		0,8	0,8	0,2	0,1	0,2
Интерактивная песочница	1	0,3	0,3		0,9	0,5	0,0	0,0	0,1
Каток гладильный	1	7,68	7,68	0,5	0,95	0,3	3,8	1,3	4,0
Консольный гладильный стол	1	4,9	4,9		0,95	0,3	2,5	0,8	2,6
Стиральная машина	2	5,5	11		0,8	0,8	5,5	4,1	6,9

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Машина сушильная	2	6,4	12,8	0,5	0,8	0,8	6,4	4,8	8,0
ИТОГО P_c :	45	-	53,9	-	-	-	20,8	12,8	24,7
Силовое оборудование - Пищеблок									
Шкаф холодильный	9	0,35	3,15	0,65	0,65	1,2	2,0	2,4	3,2
Шкаф холодильный	1	0,3	0,3		0,65	1,2	0,2	0,2	0,3
Шкаф холодильный	1	0,6	0,6		0,65	1,2	0,4	0,5	0,6
Шкаф холодильный	1	1	1		0,75	0,9	0,7	0,6	0,9
Шкаф холодильный	1	0,55	0,55		0,65	1,2	0,4	0,4	0,6
Шкаф холодильный	1	1,2	1,2		0,75	0,9	0,8	0,7	1,0
Ларь морозильный	1	0,4	0,4		0,65	1,2	0,3	0,3	0,4
Кухонный процессор	1	0,65	0,65	0,6	0,8	0,8	0,4	0,3	0,5
Миксер ручной	1	0,75	0,75		0,8	0,8	0,5	0,3	0,6
Овощерезка	2	0,37	0,74		0,8	0,8	0,4	0,3	0,6
Слайсер	1	0,17	0,17		0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Машина картофелеочистительная	1	0,55	0,55		0,8	0,8	0,3	0,2	0,4
Мясорубка	1	1,1	1,1		0,8	0,8	0,7	0,5	0,8
Хлеборезка	1	0,37	0,37		0,8	0,8	0,2	0,2	0,3
Кипятильник	1	6	6		0,6	1	0,0	3,6	0,0
Пароконвектомат	1	12,5	12,5	1		0,0	7,5	0,0	7,5

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Электрочайник	1	2	2	0,6	1	0,0	1,2	0,0	1,2
Микроволновая печь	2	1,5	3		0,8	0,8	1,8	1,4	2,3
Аппарат для приготовления горячих напитков	1	3	3		1	0,0	1,8	0,0	1,8
Плита электрическая	1	30	30		1	0,0	18,0	0,0	18,0
Котел пищеварочный	1	18,1	18,1		1	0,0	10,9	0,0	10,9
Мармит первых блюд	1	2,2	2,2		1	0,0	1,3	0,0	1,3
Мамит вторых блюд	1	2,1	2,1		1	0,0	1,3	0,0	1,3
Прилавок для холодных закусок	1	0,45	0,45		0,6	0,8	0,8	0,3	0,2
Прилавок для горячих напитков	2	0,1	0,2	1		0,0	0,1	0,0	0,1
Весы электронный настольные	6	0,01	0,06	0,6	0,8	0,8	0,036	0,0	0,0
Весы электронные напольные	1	0,015	0,015		0,8	0,8	0,01	0,0	0,0
Безламповый рециркулятор	5	0,035	0,175	0,6	0,8	0,8	0,1	0,1	0,1
Лампа инсектицидная	10	0,04	0,4		0,8	0,8	0,2	0,2	0,3
Ультразвуковой отпугиватель грызунов	10	0,02	0,2		0,8	0,8	0,1	0,1	0,2
Электросушитель	5	1,25	6,25	0,6	0,95	0,3	3,8	1,2	3,9
Зонт вытяжной	1	0,12	0,12		0,65	1,2	0,1	0,1	0,1
Машина посудомоечная	1	13,5	13,5	1	0,8	0,8	13,5	10,1	16,9
Фен	1	1,2	1,2	0,4	0,95	0,3	0,5	0,2	0,5

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Стерилизатор для ножей	3	0,04	0,12	0,4	0,8	0,8	0,0	0,0	0,1
Компьютер	1	0,5	0,5	1	0,75	0,9	0,5	0,4	0,7
Принтер	1	0,3	0,3		0,8	0,8	0,3	0,2	0,4
Итого P_c :	81	-	113,9	-	-	-	74,2	21,2	81,6
Сантехническое оборудование здания									
Приточная установка(П1)	1	0,5	0,5	0,6	0,65	1,2	0,3	0,4	0,5
Приточная установка(П1.1)	1	1,32	1,32		0,75	0,9	0,8	0,7	1,1
Приточная установка(П2)	1	0,15	0,15		0,65	1,2	0,1	0,1	0,1
Приточная установка(П3)	1	0,37	0,37		0,65	1,2	0,2	0,3	0,3
Приточная установка (П4)	1	4,92	4,92		0,85	0,6	3,0	1,8	3,5
Приточная установка (П5)	1	0,55	0,55		0,65	1,2	0,3	0,4	0,5
Нагреватель к П5	1	2	2		1	0,0	1,2	0,0	1,2
Вытяжная установка (В1)	1	0,51	0,51		0,65	1,2	0,3	0,4	0,5
Вытяжная установка (В3)	1	1,32	1,32		0,75	0,9	0,8	0,7	1,1
Вытяжная установка (В2)	1	0,28	0,28		0,65	1,2	0,2	0,2	0,3
Вытяжная установка (В4,В5,В8,В11-В15,В18)	9	0,1	0,9		0,65	1,2	0,5	0,6	0,8
Вытяжная установка (В6,В7,В9,В16,В19)	5	0,05	0,25		0,65	1,2	0,2	0,2	0,2
Вытяжная установка (В10,В17,В20)	3	0,15	0,45		0,65	1,2	0,3	0,3	0,4

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Вытяжная установка (B21,B23)	2	0,2	0,4	0,6	0,65	1,2	0,2	0,3	0,4
Вытяжная установка (B22,B29)	2	0,07	0,14		0,65	1,2	0,1	0,1	0,1
Вытяжная установка (B24,B28,B30,B32)	4	0,12	0,48		0,65	1,2	0,3	0,3	0,4
Вытяжная установка (B25)	1	0,24	0,24		0,65	1,2	0,1	0,2	0,2
Вытяжная установка (B26)	1	0,5	0,5		0,65	1,2	0,3	0,4	0,5
Вытяжная установка (B33, B33.1)	2	0,2	0,4		0,65	1,2	0,2	0,3	0,4
Вытяжная установка (B34)	1	0,128	0,128		0,65	1,2	0,1	0,1	0,1
Вытяжная установка (B35,B36)	2	0,9	1,8		0,65	1,2	1,1	1,3	1,7
Кондиционер	1	1,5	1,5		0,75	0,9	0,9	0,8	1,2
Насосная установка повысительная	1	0,3	0,3	1	0,65	1,2	0,3	0,4	0,5
Насос дренажный	1	0,45	0,45		0,65	1,2	0,5	0,5	0,7
Водонагреватель	12	1,5	18	0,7	1	0,0	12,6	0,0	12,6
Водонагреватель	1	2	2		1	0,0	1,4	0,0	1,4
Щит учета тепла	1	0,4	0,4	1	0,8	0,8	0,4	0,3	0,5
Щит учета ХВС	1	0,2	0,2		0,8	0,8	0,2	0,2	0,3
Греющий кабель	1	33,7	33,7	1	0,75	0,9	33,7	29,7	44,9
Тепловая завеса	2	9	18	0,9	0,95	0,3	16,2	5,3	17,1
Тепловая завеса	1	6	6		0,95	0,3	5,4	1,8	5,7

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p=K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p=P_p \cdot \text{tg } \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Конвектор	1	3	3	1	1	0,0	3,0	0,0	3,0
Конвектор	1	1	1	1	1	0,0	1,0	0,0	1,0
Итого Рв.с.о:	66	-	102,2	-	0,9	0,56	86,1	47,8	102,0
Итого Рс.о:	-	-	-	-	-	-	74,7	86,0	189,6
Итого Ру.п (полная установленная мощность), кВт					-	-	451,2	-	-
Ррс=Ррс+Ррв.с. (расчетная нагрузка силовых электроприемников), кВт					-	-	232,6	115,6	-
Рро (расчетная нагрузка освещения), кВт					-	-	32,2	10,6	-
Расч. мощн. в раб. реж. Рр.р.=К·(Рро+Ррс), кВт по СП256.1325800.2016 п.7.2.16					0,9	0,48	258,2	124,0	-
Электрическая нагрузка (аварийный режим)									
Аварийное освещение			6,6	1	0,95	0,3	6,6	2,2	6,9
Видеонаблюдение	1	0,4	0,4	1	0,65	1,2	0,4	0,5	0,6
ОПС	1	1	1	1	0,65	1,2	1,0	1,2	1,5
ИТП-ШУ	1	4,35	4,35	1	0,8	0,8	4,4	3,3	5,4
Лифт	1	12	12	1	0,75	0,9	12,0	10,6	16,0
Подъемник МГН	1	0,6	0,6	1	0,75	0,9	0,6	0,5	0,8
Собственные нужды ДГУ	1	4	4	1	0,8	0,8	4,0	3,0	5,0
Узел связи	1	2	2	1	0,8	0,8	2,0	1,5	2,5
Монтажный стакан с обогревом	6	0,076	0,456	1	0,7	1,0	0,5	0,5	0,7

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Щит ЩД (АСУТП)	1	1	1	1	0,8	0,8	1,0	0,8	1,3
Итого P_p I-ой категории рабочий режим:	-	-	-	-	0,8	0,74	32,4	23,9	40,7
Электрическая нагрузка (режим пожара)									
Аварийное освещение	-	-	6,6	1	0,95	0,3	6,6	2,2	6,9
Видеонаблюдение	1	0,4	0,4	1	0,65	1,2	0,4	0,5	0,6
Вентилятор(ПД1,ПД5)	2	3	6	1	0,75	0,9	6,0	5,3	8,0
Вентилятор (ПД2)	1	4	4	1	0,75	0,9	4,0	3,5	5,3
Вентилятор (ПД3)	1	2,2	2,2	1	0,85	0,6	2,2	1,4	2,6
Вентилятор (ПД6)	1	3	3	1	0,75	0,9	3,0	2,6	4,0
Вентилятор (ПД4)	1	0,2	0,2	1	0,65	1,2	0,2	0,2	0,3
Нагреватель к ПД4	1	9	9	1	1	0,0	9,0	0,0	9,0
Вентилятор (ПД7)	1	1,1	1,1	1	0,75	0,9	1,1	1,0	1,5
Вентилятор (ДУ1,ДУ2)	2	5,5	11	1	0,85	0,6	11,0	6,8	12,9
Вентилятор (ДУ3-ДУ4.2)	3	3	9	1	0,75	0,9	9,0	7,9	12,0
Монтажный стакан с обогревом	6	0,076	0,456	1	0,7	1,0	0,5	0,5	0,7
Щит ЩД (АСУТП)	1	1	1	1	0,8	0,8	1,0	0,8	1,3
ИТП-ШУ	1	4,35	4,35	1	0,8	0,8	4,4	3,3	5,4
ОПС	1	1	1	1	0,65	1,2	1,0	1,2	1,5

Продолжение таблицы 3

По заданию				Коэф. спроса по НТД	По НТД		Расчетная мощность $P_p = K_c \cdot P_y$, кВт	Реактивная мощность $Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi$, кВАр	Полная мощность $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА
Наименование оборудования	Кол-во (n), шт.	Установленная мощность, кВт			cos φ	tg φ			
		Одного потребителя	Суммарная						
Лифт	1	12	12	1	0,8	0,8	12,0	9,0	15,0
Итого P_p I-ой категории режим пожара:	-	-	71,31	-	0,8	0,65	71,3	46,1	87,1
Итого по зданию:									
В рабочем режиме электрическая нагрузка потребителей II-ой кат.	-	-	-	-	0,9	0,48	258,2	124,0	286,5
Электрическая нагрузка I-ой категории (рабочий режим)	-	-	-	-	0,8	0,74	32,4	23,9	40,3
Электрическая нагрузка I-ой категории (режим пожара)	-	-	-	-	0,8	0,65	71,3	46,1	84,9
Компенсация:	-	-	-	-	-	-	-	50	-
Нагрузка на шинах ТП	-	-	-	-	0,95	0,34	290,6	97,9	306,7

Выводы по разделу.

Определены 4 группы характерных потребителей электроэнергии в здании, к ним относятся электроприемники, необходимые для работы персонала здания; для работы технологического оборудования; обеспечивающие работу систем оповещения и защиты; обеспечивающие рабочее и аварийное освещение помещений здания.

Расчетная мощность всех электроприемников здания составила 290,6 кВт, в том числе:

- 258,2 кВт – потребители II категории;
- 32,4 кВт – потребители I категории (в нормальном режиме);
- 71,3 кВт – потребители I категории (в режиме пожара, в общем расчете не участвуют).

3 Разработка технических решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в нормальном и аварийном режимах

По степени надёжности электроснабжения потребители электроэнергии здания, согласно ПУЭ, относятся ко II категории [11].

Потребители электроэнергии здания не предъявляют повышенных требований к качеству электроэнергии, поставляемой источником электроснабжения. Качество электроэнергии (падение напряжения не более 7,5%, частота – 50Гц) на зажимах всех электроприёмников соответствует ГОСТ 32144-2013 и ПУЭ7 [11]. Электроприёмники, которые могут ухудшать качество электроэнергии – отсутствуют [7].

В помещении электрощитовой предусмотрена установка ВРУ с АВР, состоящая из вводных и распределительных панелей; щитов рабочего и аварийного освещения, силовых щитов и щитов вентиляции. Вводная панель ВРУ на вводах укомплектована многотарифными счетчиками электроэнергии SKAT 315E 5(7.5)TRIP классом точности 0,5S с функцией передачи данных. Внешний вид счетчика SKAT 315E 5(7.5)TRIP приведен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Внешний вид счетчика SKAT 315E 5(7.5)TRIP

В рабочем режиме потребители здания получают питание от кабельных линий 0,4 кВ проложенных от двух взаиморезервируемых источников питания (с разных секций вновь устанавливаемой ТП).

Питание пожарной сигнализации предусматривается по самостоятельной линии от ВРУ с АВР. Отключением систем вентиляции отключается по сигналу пожара при помощи независимого расцепителя [6].

Отключение систем П1-П5 индивидуальное с помощью модуля управления, отключение на магистрали запрещено – угроза размораживания системы. Все выбранные автоматические выключатели обладают достаточной чувствительностью к однофазным и многофазным токам короткого замыкания. Селективность срабатывания автоматических выключателей обеспечивается.

Питание штепсельных розеток переносных электрических приборов предусматривается через автоматический выключатель дифференциального тока с функциями защиты цепей от токов короткого замыкания, от токов перегрузки, защиты человека от поражения электрическим током (дифференциальный ток).

К аварии источника внешнего электроснабжения относятся:

- полное пропадание напряжения сети;
- кратковременные и долговременные просадки и всплески напряжения.

Резервирование электроэнергии в здании осуществляется применением щита АВР. При наличии нормального напряжения на рабочем сетевом вводе, нагрузка запитывается от него по цепи - автомат QF1, контактор КМ1, далее на нагрузку. При аварии на рабочем вводе контактор КМ1 отключается и включается КМ2.

При отсутствии нормального напряжения на сетевых вводах по контрольному кабелю подается команда на запуск ДГУ, она запускается, выходит на рабочий режим и через QF3, КМ3 подается питание на нагрузку. Между контакторами КМ1, КМ2 и КМ3 устанавливается механическая

блокировка, обеспечивающая защиту от подачи обратного напряжения в питающую сеть.

Для компенсации реактивной мощности на вводно-распределительных устройствах ВРУ1 предусмотрена автоматическая установка компенсации реактивной мощности с фильтрами высших гармоник типа АФКУ [3].

Для ВРУ1 приняты установки – АФКУ -0,4-50 кВАр (внешний вид приведен на рисунке 5).



Рисунок 5 - Внешний вид автоматическая установка компенсации реактивной мощности с фильтрами высших гармоник АФКУ -0,4-50 кВАр

Защита от токов короткого замыкания и сверхтоков предусматривается с помощью автоматических выключателей с тепловыми и электромагнитными расцепителями – в распределительных и групповых сетях 0,4 кВ.

Групповые линии штепсельных розеток подлежат защите с помощью дифференциального автоматического выключателя, который представляет собой аппарат, сочетающий функции автоматического выключателя с устройством защитного отключения.

При обнаружении автоматическим выключателем в защищаемом

участке сети тока утечки 30мА (повреждения) на землю или сверхтока (тока перегрузки или короткого замыкания) происходит срабатывание устройства, приводящее к отключению защищаемой сети [6].

Автоматизация системы электроснабжения 0,4кВ потребителей объекта осуществляется применением устройства АВР резервного питания, установленного во ВРУ2 и ЩР-2.1.

Автоматическое отключение при пожаре систем вентиляции, кондиционирования воздуха и включение устройств противоподымной защиты, обеспечивается по сигналу пожарной сигнализации.

В работе предусматривается использование современного энергоэффективного технологического и инженерного оборудования, имеющего высокий коэффициент полезного действия. Дополнительные меры по экономии электроэнергии не требуются. Экономия достигается путем применения светодиодных светильников, прокладки кабельных трасс по кратчайшему пути [20].

Выводы по разделу.

По результатам расчетов падение напряжения до наиболее удаленных электроприемников не превышает 7,5%, что соответствует ГОСТ 32144-2013.

Вводная панель ВРУ укомплектована многотарифными счетчиками электроэнергии SKAT 315E с функцией передачи данных. Питание штепсельных розеток переносных электрических приборов предусматривается через автоматический выключатель дифференциального тока с функциями защиты цепей от токов короткого замыкания, от токов перегрузки, защиты человека от поражения электрическим током (дифференциальный ток). Все выбранные автоматические выключатели обладают достаточной чувствительностью к однофазным и многофазным токам короткого замыкания. Для компенсации реактивной мощности на вводно-распределительном устройстве ВРУ1 предусмотрена автоматическая установка компенсации реактивной мощности с фильтрами высших гармоник типа АФКУ мощностью 50 кВАр.

4 Разработка мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите здания школы

В качестве защитного заземления здания предусмотрен искусственный заземлитель молниезащиты в соответствии с РД 34.21.122-87 п.2.26, удовлетворяющее ГОСТ Р 58882-2020, ГОСТ Р50571.3-94 и ПУЭ, сопротивлением менее 10 Ом (с учетом естественных заземлителей и повторных заземлений).

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены следующие меры защиты при косвенном прикосновении: защитное заземление с выполнением системы уравнивания потенциалов, соединяющие между собой следующие проводящие части [4]:

- «РЕ» проводники групповых сетей и распределительных сетей;
- шину «РЕ» вводно-распределительного щита ВРУ;
- главную заземляющую шину (ГЗШ) объекта;
- заземляющее устройство защитного заземления;
- металлические части технологического оборудования.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к ГЗШ объекта при помощи проводников системы уравнивания потенциалов. ГЗШ присоединить к заземляющему устройству защитного заземления стальной полосой горячего цинкования 40×5 мм.

ГЗШ выполнена из меди сечением 40×5мм. В конструкции шины предусмотрена возможность индивидуального отсоединения присоединенных к ней проводников. Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее половины наибольшего сечения защитного проводника электроустановки.

Для защиты оборудования от грозовых и импульсных перенапряжений в комплект ВРУ входят ограничители перенапряжения (ОПН) [13].

Согласно «Инструкции по устройству молниезащиты зданий,

сооружений и промышленных коммуникаций» и «инструкции по устройству зданий и сооружений» (СО 153-34.21.122-2003 и РД 34.21.122-87), проектируемый объект относится к III категории.

В качестве молниеприемника предусмотрена молниеприемная сетка, установленная на крыше здания с шагом ячейки 10-12м. Сетка выполнена из горячеоцинкованного прутка диаметром 8 мм.

Все металлоконструкции на крыше должны быть соединены с молниеприемной сеткой, с помощью фальцевых зажимов [17].

В качестве токоотводов используется горячеоцинкованный прутки диаметром 8 мм. Токоотводы проложить таким образом, чтобы среднее расстояние между ними было 20-25м.

Токоотводы, прокладываемые по наружной стене здания, следует располагать не ближе чем в 3-х метрах от входов или в местах, недоступных для прикосновения людей.

Неизолированные от защищаемого объекта токоотводы прокладываются следующим образом: если стена выполнена из негорючего материала, токоотводы могут быть закреплены на поверхности стены или проходить в стене; если стена выполнена из горючего материала, токоотводы могут быть закреплены непосредственно на поверхности стены, так чтобы повышение температуры при протекании тока молнии не представляло опасности для материала стен; если стена выполнена из горючего материала и повышение температуры токоотводов представляет для него опасность, токоотводы должны располагаться таким образом, чтобы расстояние между ними и защищаемом объектом всегда превышало 0,1 м [18].

В качестве вертикальных заземлителей принят стальной оцинкованный прутки диаметром 16 мм длиной 3 м. В качестве горизонтального заземлителя используется стальная оцинкованная полоса 5×40мм, объединяющая все вертикальные электроды. Расстояние до фундамента объекта - не менее 1 м. Заглубление полосы 0,7 м.

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [8]:

$$R_{\text{зо}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.в}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (15)$$

где « $\rho_{\text{расч.в}}$ – расчетное удельное сопротивление грунта для стержневых заземлителей,

l – длина вертикального заземлителя;

b – ширина полки уголка;

t' – глубина заложения верха заземлителя» [8];

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [8]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (16)$$

где « t_0 – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [8];

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [8]:

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{зо}}}{\eta_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}}, \quad (17)$$

где « $\eta_{\text{в}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [8];

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [8]:

$$R_{\text{г}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{l_{\text{г}}} \cdot \lg \frac{2l_{\text{г}}^2}{b \cdot t_0}, \quad (18)$$

где « $l_{\text{г}}$ – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [8];

«Расчетное результирующее сопротивление R_u заземляющего устройства» [8]:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (19)$$

Искусственные заземлители следует располагать под асфальтовым покрытием или редко посещаемых местах (на газонах, в удалении от грунтовых проезжих и пешеходных дорог и т.п.)

После окончания монтажных работ необходимо произвести контрольное измерение сопротивления ЗУ. В случае превышения нормируемого значения, нужно установить дополнительные вертикальные заземлители.

Выводы по разделу.

Произведен расчет искусственного заземления здания. В качестве вертикальных заземлителей принят стальной оцинкованный прут диаметром 16 мм длиной 3 м. В качестве горизонтального заземлителя используется стальная оцинкованная полоса 5×40мм, объединяющая все вертикальные электроды.

В качестве молниеприемника предусмотрена молниеприемная сетка, установленная на крыше здания с шагом ячейки 10-12м.

5 Выбор проводников, количества и типов светильников

Групповые электрические сети выполнить на напряжении ~380/220В медным кабелем марки ВВГнг(А)-LSLTx. Групповые электрические сети потребителей 1 категории выполнить на напряжении ~380/220В медным кабелем марки ВВГнг(А)- FRLSLTx, в соответствии с ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности».

Проходы кабелей через ограждающие строительные конструкции с нормируемым пределом огнестойкости предусматриваются в кабельных проходках, с пределом огнестойкости не ниже предела огнестойкости данных конструкций [21].

Все сети выбраны по длительно допустимой нагрузке и потере напряжения, проверены на срабатывание аппаратов защиты при однофазных коротких замыканиях и соответствуют требованиям ГОСТ Р 50571.3-2009 и ПУЭ гл. 1.7.

Вся электропроводка предусматривается расцветочной, что обеспечивает возможность легкого распознавания по всей длине проводников по цветам согласно ПУЭ:

- нулевой рабочий проводник – голубого цвета;
- нулевой защитный проводник – 2-х цветным, зелено-желтого цвета;
- совмещенный нулевой проводник – 2-х цветным, зелено-желтого цвета с голубыми метками на концах;
- фазный проводник – любого цвета в соответствии с ПУЭ.

Вся кабельная продукция имеет сертификаты пожарной безопасности. В качестве источников света принимаются светодиодные светильники.

В работе предусматривается система искусственного освещения объекта в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95 в зависимости от характера выполняемой работы [19].

Рабочее освещение.

Для рабочего освещения помещений приняты светодиодные

светильники. Питание рабочего освещения выполняется от сети ~220В. Сеть рабочего электроосвещения выполнена кабелем марки ВВГнг-LSLTx. Прокладка кабелей предусмотрена на лотках, в ПВХ гофротрубах за подшивным потолком и в штрабах стен. Сечения кабелей выбраны по длительному допустимому току и проверены по потере напряжения. Управление освещением осуществляется в ручном режиме выключателями, установленными по месту.

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования [15].

«Индекс помещения i определяется по выражению» [15]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (20)$$

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [15].

«По справочным данным принимаются значения коэффициентов запаса и использования светового потока.

Определяется расчетное число светильников по формуле» [15]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (21)$$

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_l - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [15].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

«Определяется суммарная установленная мощность ламп» [15]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (22)$$

где « P_{nl} - мощность одной лампы» [15].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [15]:

$$N_B = \sqrt{N_p \frac{B}{A}}; \quad (23)$$

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [15]:

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (24)$$

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [15]:

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (25)$$

Результаты расчета освещения и выбора количества светильников для каждого помещения представлены в графической части работы.

Аварийное освещение.

Светильники эвакуационного освещения снабжены блоками аварийного питания. Продолжительность работы БАП в автономном режиме – 3 часа [5]. БАП снабжены кнопкой «тест» для проверки работоспособности светильников эвакуационного освещения. В случае исчезновения сетевого напряжения либо спада напряжения до 85%, происходит переключение лампы

на питание от АКБ. При восстановлении питания происходит обратное переключение. Изготовитель увеличил время работы БАП в автономном режиме не увеличивая стоимость изготовления.

Ремонтное освещение.

В венткамерах, ИТП и электрощитовой запроектирован ящик с понижающим трансформатором ЯТП-0,25-220/12В для местного ремонтного освещения [1].

В работе предусмотрено наружное освещение.

Для наружного освещения приняты светодиодные светильники. По фасаду здания расположены консольные светодиодные светильники компании Varton модели Uran Urban и Olymp 2.0. Спортивные площадки освещены при помощи светодиодных светильников компании Varton модели Olymp 2.0, расположенных на фланцевых круглоконических опорах ТАНС высотой 6 и 10м.

Питание наружного освещения выполняется от сети ~220В. Сеть наружного электроосвещения выполнена кабелем марки ВВШнг(А)-LS. Для светильников, расположенных на опорах прокладка кабелей подземная, для светильников, расположенных на фасаде здания в лотках, в ПВХ гофротрубах за подшивным потолком, в штрабах стен и открыто (прокладка по фасаду исключена, подключение через чердачное пространство). Сечения кабелей выбраны по длительному допустимому току и проверены по потере напряжения. Управление освещением осуществляется от ящика управления освещением с фотореле типа ЯУО 9603-3774- У5, спортивных площадок осуществляется в ручном режиме выключателями, установленными в комнате охраны.

Выводы по разделу.

Групповые электрические сети выполняются медным кабелем марки ВВГнг(А)-LSLTx, а для потребителей 1 категории кабелем марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

6 Выбор резервного источника электроснабжения для здания школы

В качестве аварийного резервного источника питания для здания школы применена ДГУ в контейнерном исполнении, номинальной мощностью 100 кВт/125 кВА, напряжением 400 В, с частотой выходного напряжения 50Гц, время запуска не более 15с, полной заводской готовности. ДГУ оснащена двигателем VMAN C04A, генератором ГС-100-400, 2-я степень автоматизации, распределительным щитом на одну отходящую линию с номиналом 200А. ДГУ обеспечивает 12 часов автономной работы на 100% мощности.

Дистанционное включение ДГУ в автоматическом режиме работы осуществляется через промежуточное реле с помощью сухого контакта от реле контроля фаз при пропадании напряжения на основном вводе шкафа ВРУ-2 (АВР).

Для исключения возможности параллельной работы автономного ДГУ с сетью в ВРУ-2 (АВР) используются контакторы с механической блокировкой (KM1, KM2), которые делают невозможным питание нагрузок шкафа в параллельном режиме.

А также для средств охранно-пожарной сигнализации и аварийных светильников в качестве независимого источника питания используются источники бесперебойного питания (ИБП) со встроенными аккумуляторными батареями, в составе щитового оборудования охранно-пожарной сигнализации и в конструкции аварийных светильников.

Для резервирования электроэнергии предусматривается подключение электроприемников 1 категории от двух независимых источников питания, одним из которых на напряжении 0,4 кВ является одна или вторая секция шин трансформаторной подстанции, вторым – ДГУ.

Резервирование электроэнергии в здании осуществляется применением щита АВР. При наличии нормального напряжения на рабочем сетевом вводе,

нагрузка запитывается от него по цепи - автомат QF1, контактор КМ1, далее на нагрузку. При аварии на рабочем вводе контактор КМ1 отключается и включается КМ2.

При отсутствии нормального напряжения на сетевых вводах по контрольному кабелю подается команда на запуск ДГУ, он запускается, выходит на рабочий режим и через QF3, КМ3 подается питание на нагрузку.

Между контакторами КМ1, КМ2 и КМ3 устанавливается механическая блокировка, обеспечивающая защиту от подачи обратного напряжения в питающую сеть.

Выводы по разделу.

В качестве аварийного резервного источника питания для здания школы выбрана ДГУ ЭДМ-100-2 Новосибирского завода генераторных установок с номинальной мощностью 100 кВт.

Дистанционное включение ДГУ в автоматическом режиме работы осуществляется через промежуточное реле с помощью сухого контакта от реле контроля фаз при пропадании напряжения на основном вводе шкафа ВРУ-2 (АВР).

Для средств охранно-пожарной сигнализации и аварийных светильников в качестве независимого источника питания используются источники бесперебойного питания (ИБП) со встроенными аккумуляторными батареями.

Заключение

Цель работы заключалась в проектировании надежной и экономичной системы электроснабжения здания школы.

В здании школы присутствуют потребители I и II категории по надежности электроснабжения. Для потребителей II категории установлено ВРУ1 с ручным переключением на рабочий (исправный) ввод и потребителей I категории предусмотрено ВРУ2 с АВР. I категория обеспечивается за счет установки ДГУ.

Выполнен расчет нагрузок по фидерам и для питания здания выбраны 4-х жильные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АВБбШвнг 4×240.

На вводе в помещении электрощитовой, устанавливается вводно-распределительное устройство типа ВРУ1-13-20.

Расчёт электрического освещения выполнен в программе Dialux. Выбор светильников произведен в зависимости от среды помещения и характера работ, производимых в них.

Сети питания противопожарных устройств и кабели питания аварийного освещения выполняются кабелями марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Определены 4 группы характерных потребителей электроэнергии в здании, к ним относятся электроприемники, необходимые для работы персонала здания; для работы технологического оборудования; обеспечивающие работу систем оповещения и защиты; обеспечивающие рабочее и аварийное освещение помещений здания.

Расчетная мощность всех электроприемников здания составила 290,6 кВт, в том числе:

- 258,2 кВт – потребители II категории;
- 32,4 кВт – потребители I категории (в нормальном режиме);
- 71,3 кВт – потребители I категории (в режиме пожара, в общем расчете не участвуют).

По результатам расчетов падение напряжения до наиболее удаленных электроприемников не превышает 7,5%, что соответствует ГОСТ 32144-2013.

Вводная панель ВРУ укомплектована многотарифными счетчиками электроэнергии SKAT 315E с функцией передачи данных.

Питание штепсельных розеток переносных электрических приборов предусматривается через автоматический выключатель дифференциального тока с функциями защиты цепей от токов короткого замыкания, от токов перегрузки, защиты человека от поражения электрическим током (дифференциальный ток).

Все выбранные автоматические выключатели обладают достаточной чувствительностью к однофазным и многофазным токам короткого замыкания.

Для компенсации реактивной мощности на вводно-распределительном устройстве ВРУ1 предусмотрена автоматическая установка компенсации реактивной мощности с фильтрами высших гармоник типа АФКУ мощностью 50 кВАр.

Произведен расчет искусственного заземления здания. В качестве вертикальных заземлителей принят стальной оцинкованный прутки диаметром 16 мм длиной 3 м. В качестве горизонтального заземлителя используется стальная оцинкованная полоса 5×40мм, объединяющая все вертикальные электроды.

В качестве молниеприемника предусмотрена молниеприемная сетка, установленная на крыше здания с шагом ячейки 10-12м.

Групповые электрические сети выполняются медным кабелем марки ВВГнг(А)-LSLTx, а для потребителей 1 категории кабелем марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Для наружного освещения приняты светодиодные светильники. По фасаду здания расположены консольные светодиодные светильники компании Varton модели Uran Urban и Olymp 2.0. Спортивные площадки освещены при помощи светодиодных светильников компании Varton модели

Оlymp 2.0.

В качестве аварийного резервного источника питания для здания школы выбрана ДГУ ЭДМ-100-2 Новосибирского завода генераторных установок с номинальной мощностью 100 кВт.

Дистанционное включение ДГУ в автоматическом режиме работы осуществляется через промежуточное реле с помощью сухого контакта от реле контроля фаз при пропадании напряжения на основном вводе шкафа ВРУ-2 (АВР).

Для средств охранно-пожарной сигнализации и аварийных светильников в качестве независимого источника питания используются источники бесперебойного питания (ИБП) со встроенными аккумуляторными батареями.

Список используемой литературы

1. Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2024. 415 с. ISBN 978-5-00091-500-4. URL: <https://znanium.com/catalog/product/2078400> (дата обращения: 19.10.2023).
2. Бирюлин В.И., Куделина Д.В. Электроснабжение промышленных и гражданских объектов: учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 204 с.
3. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 86 с.
4. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации 01.01.2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108284> (дата обращения 19.10.2023).
5. ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации от 01.01.2015. URL: docs.cntd.ru/document/1200107497 (дата обращения 19.10.2023).
6. Ершов А.М. Релейная защита в системах электроснабжения напряжением 0,38-110 кВ: учебное пособие для практических расчетов. 2-е изд., перераб. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. 608 с. ISBN 978-5-9729-0511-9. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168545> (дата обращения: 19.10.2023).
7. Кобозев В.А., Лыгин И.В. Качество электроэнергии и энергоэффективность систем электроснабжения потребителей: учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 356 с. ISBN 978-5-9729-

0770-0. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902456> (дата обращения: 19.10.2023).

8. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. 416 с. ISBN 978-5-8199-0769-6. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839660> (дата обращения: 19.10.2023).

9. Папков Б.В., Куликов А.Л., Илюшин П.В. Задачи надежности современного электроснабжения: монография. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 260 с. ISBN 978-5-9729-0774-8. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902455> (дата обращения: 19.10.2023).

10. Петухов Р.А., Сизганова Е.Ю., Синенко Л.С. Электроснабжение: учебное пособие. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. 328 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/2092913> (дата обращения: 19.10.2023).

11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 19.10.2023).

12. Привалов Е.Е., Ефанов А.В., Ястребов С.С. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения: Учебное пособие. Ставрополь: СтГАУ «Параграф», 2018. 168 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/976989> (дата обращения: 19.10.2023).

13. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 19.10.2023).

14. Сибикин Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. 383 с. ISBN 978-5-00091-740-4. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1186715> (дата обращения: 19.10.2023).

15. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2023. 405 с.

ISBN 978-5-16-013093-4. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1922318> (дата обращения: 19.10.2023).

16. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с. (Высшее образование: Бакалавриат). DOI 10.12737/1863101. ISBN 978-5-16-017612-3. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1939101> (дата обращения: 19.10.2023).

17. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения 07.07.2023).

18. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]: Свод правил по проектированию и строительству от 01.01.2004. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения 19.10.2023).

19. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]: Свод правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 19.10.2023).

20. Хорольский В.Я., Таранов М.А., Петров Д.В. Технико-экономические расчеты распределительных электрических сетей: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 96 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839652> (дата обращения 19.10.2023).

21. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: учебное пособие. 3-е изд., испр. Москва: ИНФРА-М, 2024. 214 с. ISBN 978-5-16-018405-0. URL: <https://znanium.com/catalog/product/2116708> (дата обращения: 19.10.2023).