

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Реконструкция системы электроснабжения здания лицея в связи со строительством
пристроя на 950 мест

Обучающийся

Е.А. Александров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.В. Бычков

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

Тольятти 2024

Аннотация

В работе были рассмотрены вопросы реконструкции системы электроснабжения здания лицея в связи со строительством пристроя на 950 мест. Дана краткая характеристика помещений и установленных в них электроприемников.

Произведен расчет электрических нагрузок по первому и второму ВРУ здания, а также в целом по зданию пристроя. Определены категории надёжности электроснабжения установленных в здании электроприемников. Выполнен расчёт номинальных токов и токов расцепителей автоматических выключателей и определена мощность автоматических установок компенсации реактивной мощности.

Выбраны для установки электронные счётчики электрической энергии и трансформаторы тока. Выполнен расчёт системы заземления и молниезащиты, для молниезащиты на крышу устанавливается сетка из оцинкованной стали диаметром 8 мм с шагом ячейки 10 на 10 м. Произведён выбор проводников для групповых распределительных сетей, а также для сети аварийного освещения. Выбраны питающие кабели и кабели для системы наружного освещения, все проводники были проверены по допустимым токам и по потерям напряжения.

Выбраны типы светильников для наружного и внутреннего освещения помещений. Произведен расчёт их количества для установки в каждом из помещений.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 51 страница текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Выбор схемы электроснабжения и расчет электрических нагрузок	7
2 Электроснабжение ЭП в соответствии с требованиями к надежности электроснабжения и компенсация реактивной мощности.....	14
3 Заземление и молниезащита здания пристроя к лицую	21
4 Выбор проводников	27
5 Определение параметров системы искусственного освещения.....	32
Заключение	45
Список используемой литературы и источников	48

Введение

Назначение объекта – реализация образовательных программ и обеспечение содержания и воспитания обучающихся.

Образовательные программы заведения включают следующие уровни общего образования:

- основное общее образование 5-9 классы,
- среднее общее образование 10-11 классы.

Пропускная способность и мощность объекта – 950 учащихся.
Наполняемость классов – 25 человек.

В работе рассматриваются учебные и общешкольные помещения.

При учебных кабинетах предусмотрены лаборантские из расчета 1 лаборантская на 1 учебную секцию.

Количество основных кабинетов блока основной и старшей школы– 38 шт. Количество специальных кабинетов – 10 шт.:

- физика – 2 кабинета;
- химия – 2 кабинета;
- биология – 2 кабинета;
- иностранный язык (лингвфонные кабинеты) – 4 кабинета (каждый кабинет на половину классной группы).

Учебные кабинеты условно делятся на зоны:

- учебная зона (рабочие места учеников);
- зона учителя;
- санитарная зона (умывальник, кулер, мусорное ведро).

Офисная зона для педагогов и администрации (деловой центр) размещена на 1 этаже и включает следующие помещения: кабинет директора, приемная, кабинет завуча, учительская.

Помещения данной группы оснащены компьютерной и оргтехникой, специализированным оборудованием в соответствии с назначением помещений, офисной мебелью. В двух учительских предусмотрены рабочие

места, оснащенные персональным компьютером с жидкокристаллическим монитором. В каждой учительской размещается конференц-зона, оснащенная конференц-столом, передвижной магнито-маркерной доской и интерактивной панелью.

Предусмотрено оснащение основных рабочих мест преподавателей в учебных помещениях. Учительская является помещением временного пребывания педагогов до и после проведения занятий. Компьютерная техника в помещении предназначена для подготовки методического материала для занятий, при этом количество рабочих столов не привязано к количеству преподавательского персонала.

Помещения охраны располагаются при входной группе возле тамбура и включают следующие помещения и зоны: зона турникетов со стойкой, помещение охраны, серверная для систем видеонаблюдения, противопожарного оборудования.

Пост охраны оснащается оборудованием контроля доступа - турникетами с системой «вход-выход» с проходом по карте ученика (магнитный считыватель с передачей информации на экран монитора поста охранника с возможностью ведения статистики посещаемости и оповещения родителей).

Для изучения иностранных языков в работе предусмотрены лингафонные кабинеты. Лингафонный кабинет включает рабочее место преподавателя (1 место); рабочее место ученика (13 мест); программное обеспечение (1 комплект).

Одновременная работа может проводиться как с группой учеников, так и индивидуально. Управление кабинетом осуществляется с помощью программного обеспечения, установленного на компьютер преподавателя. При этом все ученики и преподаватель остаются на своих местах и не создают отвлекающего шума в кабинете.

В шлюзах санузлов устанавливаются электрические рукосушители.

В здании предусмотрена установка лифта для использования инвалидом

на кресле коляске с сопровождающим для обеспечения доступа инвалидов на вышележащие этажи. Расположение лифта – в максимальном приближении к вестибюлю. При этом к указанному лифту предъявляются такие же требования, как к лифтам для транспортировки подразделений пожарной охраны.

В качестве основных решений, направленных на обеспечение пожаробезопасности и соблюдения технологических регламентов можно выделить следующие:

- предусматривается автоматическая пожарная сигнализация,
- предусматриваются первичные средства пожаротушения;
- выполняется заземление технологического оборудования;
- предусматривается молниезащита здания.

Целью бакалаврской работы является создание безопасной и экологичной, удовлетворяющей требованиям надежности, системы электроснабжения здания лица и пристроя к нему.

1 Выбор схемы электроснабжения и расчет электрических нагрузок

По степени надежности электроснабжения здание относится ко 2-й категории надежности.

Вводно-распределительные устройства (ВРУ1 и ВРУ2), расположены в электрощитовых зданиях. Предусмотрено питание каждого ВРУ двумя независимыми взаиморезервируемыми кабельными линиями.

Электроприемники 1-й категории запитаны через устройства автоматического ввода резерва (АВР). Питание электроприемников систем противопожарной защиты осуществляется от панелей противопожарных устройств (панели ППУ), которые, в свою очередь, питаются от вводных панелей вводно-распределительных устройств (ВРУ) с устройством автоматического включения резерва (АВР). Панели ППУ и АВР должны иметь боковые стенки для противопожарной защиты, установленной в них аппаратуры. Фасадная часть панели ППУ должна иметь отличительную окраску (красную) [28].

Панели с АВР входят в состав ВРУ и расположены в электрощитовых.

Основными потребителями электроэнергии здания являются:

- технологическое оборудование;
- вентиляционные установки;
- освещение помещений.

Расчетная нагрузка здания пристроя на 950 мест определена в соответствии с СП 256.1325800.2016.

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [24]:

$$P_{p.p} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (1)$$

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» [24].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [24]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (2)$$

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

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [24].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [24]:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (3)$$

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [24].

«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» [24]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (4)$$

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» [24].

Результаты определения расчетных нагрузок заносим в таблицы 1-3 соответственно.

Таблица 1 - Расчет электрических нагрузок ВРУ1

Характеристика, назначение потребителя энергии	P _y , установленная мощность, кВт	K _c , коэф. спроса	cosφ коэф. ициент т мощн ости	Расчетная мощность на вводе, P _p , S _p	
				кВт	кВА
ВРУ1 Ввод 1 (РП1+РП3+РП4)					
ТХ оборудование помещений школы	99,3	0,60	0,85	59,6	70,1
Приточные установки	19,5	0,9	0,85	16,6	19,5
Слаботочное оборудование	20,5	1,0	0,98	20,5	20,9
Дымоудаление	101,3	1,0	0,85	101,3	119,2
Освещение аварийное	14,5	1,0	0,96	14,5	15,1
Лифт	7,9	1,0	0,65	7,9	12,2
Итого «пожара нет»	263,0	-	0,86	119,1	137,8
Итого «пожар»		-	0,87	144,2	165,9
Итого «пожара нет» с компенсацией		-	0,95	119,1	125,3
ВРУ1 Ввод 2 (РП2)					
Освещение рабочее	24,0	0,81	0,96	19,4	20,3

Продолжение таблицы 1

Характеристика, назначение потребителя энергии	P _y , установленная мощность, кВт	K _c , коэф. спроса	cosφ коэффициент мощности	Расчетная мощность на вводе, P _p , S _p	
				кВт	кВА
Дренажные насосы	1,2	1,0	0,7	1,2	1,8
Обогрев водосточных воронок	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3
Оборудование ОЗДС	0,1	1,0	0,9	0,1	0,1
Оборудование СС	1,1	1,0	0,9	1,1	1,2
Вытяжные установки, кондиционирование, тепловые завесы, отопление	39,7	0,69	0,90	27,4	30,4
Наружное освещение территории	10,0	1,0	0,95	10,0	10,5
Итого «пожара нет»	76,4	-	0,92	59,5	64,7
Итого «пожар»		-	0,94	32,1	34,3
Итого «пожара нет» с компенсацией		-	0,95	59,5	62,7
ВРУ1 Аварийный режим					
ТХ оборудование помещений школы	99,3	0,60	0,85	59,6	70,1
Освещение рабочее	24,0	0,8	0,96	19,4	20,3
Дренажные насосы	1,2	1,0	0,7	1,2	1,8
Обогрев водосточных воронок	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3
Оборудование ОЗДС	0,1	1,0	0,9	0,1	0,1
Вытяжные установки, кондиционирование, тепловые завесы, отопление	39,7	0,7	0,90	27,4	30,4
Приточные установки	19,5	0,85	0,85	16,6	19,5
Наружное освещение территории	10,0	1,0	0,95	10,0	10,5
Слаботочное оборудование	21,6	0,55	0,98	11,9	20,9
Дымоудаление	101,3	1,00	0,85	101,3	119,2
Освещение аварийное	14,5	1,00	0,96	14,5	15,1
Лифт	7,9	1,00	0,65	7,9	12,2
Итого «пожара нет»	339,4	-	0,84	168,9	201,2
Итого «пожар»		-	0,83	166,6	200,4
Итого «пожара нет» с компенсацией		-	0,95	168,9	177,7

Таблица 2 - Расчет электрических нагрузок ВРУ2

Характеристика, назначение потребителя энергии	P _y , установленная мощность, кВт	K _c , коэф. спроса	cosφ коэфф ициен т мощн ости	Расчетная мощность на вводе, P _p , S _p	
				кВт	кВА
ВРУ2 Ввод 1 (РП1+РП3+РП4)					
Оборудование ТХ пищеблока	325,2	0,3	0,94	111,9	118,4
Приточные установки	35,7	0,8	0,85	28,6	33,6
ИТП	10,0	1,0	0,85	10,0	11,8
Слаботочное оборудование	11,9	1,0	0,90	11,9	13,2
Дымоудаление	114,3	1,0	0,85	114,3	134,5
Освещение аварийное	17,2	1,0	0,96	17,2	17,9
Лифт	7,9	1,0	0,65	7,9	12,2
Итого «пожара нет»	522,2	-	0,91	187,5	207,1
Итого «пожар»		-	0,85	161,3	189,5
Итого «пожара нет» с компенсацией		-	0,95	187,5	197,3
ВРУ1 Ввод 2 (РП2)					
Освещение рабочее	27,8	0,8	0,96	23,5	24,4
ТХ оборудование помещений школы	128,3	0,5	0,80	64,2	80,2
Оборудвание СС	4,3	1,0	0,90	4,3	4,8
ВНС	8,0	1,0	0,8	8,0	10,0
Дренажный насос	0,6	1,0	0,7	0,6	0,9
Обогрев водосточных воронок	0,4	1,0	1,0	0,4	0,4
Оборудование ОЗДС	0,1	1,0	0,9	0,1	0,1
Вытяжные установки, кондиционирование, тепловые завесы, отопление	126,1	0,6	0,85	75,7	89,0
Итого «пожара нет»	295,6	-	0,84	176,6	209,8
Итого «пожар»		-	0,91	36,8	40,6
Итого «пожара нет» с компенсацией		-	0,95	176,6	185,9
ВРУ2 Аварийный режим					
Оборудование ТХ пищеблока	325,2	0,3	0,94	111,9	118,4
Освещение рабочее	27,8	0,8	0,96	23,5	24,4
ТХ оборудование помещений школы	128,3	0,5	0,80	64,2	80,2
ВНС	8,0	1,0	0,8	8,0	10,0

Продолжение таблицы 2

Характеристика, назначение потребителя энергии	P _y , установленная мощность, кВт	K _c , коэф. спроса	cosφ коэфф ициен т мощн ости	Расчетная мощность на вводе, P _p , S _p	
				кВт	кВА
Дренажный насос	0,6	1,0	0,7	0,6	0,9
Обогрев водосточных воронок	0,4	1,0	1,0	0,4	0,4
Оборудование ОЗДС	0,1	1,0	0,9	0,1	0,1
Оборудование СС	16,2	1,0	0,90	16,2	18,0
Вытяжные установки, кондиционирование, тепловые завесы, отопление	126,1	0,6	0,85	75,7	89,0
Приточные установки	35,7	0,6	0,85	21,4	25,2
ИТП	10,0	1,0	0,85	10,0	11,8
Дымоудаление	114,3	1,0	0,85	114,3	134,5
Освещение аварийное	17,2	1,0	0,96	17,2	17,9
Лифт	7,9	1,0	0,65	7,9	12,2
Итого «пожара нет»	817,8	-	0,87	357,0	408,5
Итого «пожар»		-	0,86	198,1	230,2
Итого «пожара нет» с компенсацией		-	0,95	357,0	375,8

Таблица 3 - Электрические нагрузки на здание

Характеристика, назначение потребителя энергии	P _y , установленная мощность, кВт	K _c , коэф. спроса	cosφ коэфф ициен т мощн ости	Расчетная мощность на вводе, P _p , S _p	
				кВт	кВА
Пищеблок тепловое оборудование	256,5	0,49	0,98	125,7	128,3
Пищеблок механическое оборудование	62,0	0,56	0,87	34,7	39,9
Пищеблок холодильное оборудование	6,7	0,73	0,65	4,9	7,6
ТХ оборудование пищеблока, итого	325,2	0,34	0,94	111,9	118,4
ТХ оборудование помещений школы	227,6	0,50	0,91	113,8	125,1
Оборудование общеобменной вентиляции, кондиционирование, отопление	221,0	0,60	0,80	132,6	165,8
Освещение рабочее	51,8	0,80	0,96	41,4	43,2

Продолжение таблицы 3

Характеристика, назначение потребителя энергии	P _y , установленная мощность, кВт	K _c , коэф. спроса	cosφ коэффициент мощности	Расчетная мощность на вводе, P _p , S _p	
				кВт	кВА
ИТП	10,0	1,00	0,85	10,0	11,8
ВНС	8,0	1,00	0,80	8,0	10,0
Дренажные насосы	1,8	0,90	0,65	1,6	2,5
Обогрев водосточных воронок	0,8	1,00	0,98	0,8	0,8
Слаботочное оборудование	37,8	1,00	0,90	37,8	42,0
Дымоудаление	215,6	1,00	0,85	215,6	253,6
Освещение аварийное	31,7	1,00	0,96	31,7	33,0
Лифты	15,8	1,00	0,65	15,8	24,3
Наружное освещение территории	10,0	1,00	0,95	10,0	10,5
Итого «пожара нет»	1157,1	-	0,88	5/5,4	587,3
Итого «пожар»		-	0,86	372,7	631,7
Итого «пожара нет» с компенсацией		-	0,95	515,4	562,6

Выводы по разделу 1.

По результатам вычислений, расчетная нагрузка здания пристроя на 950 мест составляет 515,4 кВт/542,6 кВА.

ВРУ1.

Ввод 1 – P_p = 119,1 кВт, S_p = 125,3 кВА;

Ввод 2 – P_p = 59,5, S_p = 62,7 кВА.

Аварийный режим – P_p = 168,9 кВт, S_p = 177,7 кВА.

ВРУ2.

Ввод 1 – P_p = 187,5 кВт, S_p = 197,3 кВА;

Ввод 2 – P_p = 176,6 кВт, S_p = 185,9 кВА;

Аварийный режим – P_p = 357,0 кВт, S_p = 375,8 кВА.

2 Электроснабжение ЭП в соответствии с требованиями к надежности электроснабжения и компенсация реактивной мощности

В соответствии с требованием таблицы 6.1 СП 256.1325800.2016 в работе обеспечены II и I категории по обеспечению надежности электроснабжения.

К основным потребителям электроэнергии по II категории надежности относятся: рабочее освещение, система общеобменной вентиляции, кондиционирование, технологическое оборудование и др.

К потребителям электроэнергии по I категории надежности относятся: приточные установки, ИТП, системы слаботочных сетей (СВН, СКУД, СОВ, СОТС) [10].

К потребителям электроэнергии систем противопожарной защиты по I категории надежности относятся: системы дымоудаления и подпора воздуха, лифты для пожарных подразделений, аварийное и эвакуационное освещение, системы слаботочных сетей (АПС, АИС, ПБ.СОУЭ., ЛВС, ТФ, СКС, ДИС). Системы противопожарной защиты подключены от панелей противопожарных устройств (панели ППУ), входящих в состав ВРУ1 и ВРУ2.

К электроприемникам особой группы I категории по обеспечению надежности электроснабжения на проектируемом объекте относятся некоторые потребители среди системы СС и автоматики, которые оборудуются индивидуальными источниками питания (ИБП).

Показатели качества электроэнергии.

При эксплуатации на выводах электроприемников обеспечивается качество электроэнергии в соответствии с ГОСТ 32144-2013 [5].

В проектируемом здании отсутствуют электроприемники, ухудшающие качество электроэнергии.

Распределение нагрузок между фазами выполнено равномерным. Разница в токах наиболее и наименее нагруженных фаз не превышает 30% в

пределах распределительного щита и 15% на распределительных панелях ВРУ [18].

Источником питания потребителей электроэнергии на напряжение 0,4 кВ являются ВРУ1 и ВРУ2, размещенные в электрощитовых зданиях.

Переключение питания 1-ой категории автоматическое в панелях АВР.

В рабочем режиме электроснабжение осуществляется по двум вводам для каждого ВРУ. Кабельные линии ввода 1 и ввода 2 являются взаиморезервируемыми и выбраны на нагрузку в аварийном режиме. В аварийном режиме переключение в вводных панелях ВРУ для электроприемников второй категории осуществляется в ручном режиме оперативным персоналом. Переключение питания для электроприемников 1-ой категории автоматическое с помощью устройства АВР одностороннего действия [21].

Также в щитах устанавливаются автоматические выключатели с комбинированными расцепителями и устройствами защитного отключения, обеспечивающими электро- и пожаробезопасность.

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [12]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (5)$$

– «по номинальному току» [12]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (6)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [12]:

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)}, \quad (7)$$

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

«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 зависимостью от тока характеристикой.

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

Определяют ток уставки расцепителя с независимой от тока характеристикой» [12]:

$$k_{рн} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск}, \quad (8)$$

где « I_y – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

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

k_n - принимается равным 1,1 - 1,5» [12].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [12]:

$$t_i > t_{ni}, \quad (9)$$

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

t_{ni} – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [12].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [12]:

$$t_{cp} > t_{дон}, \quad (10)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

$t_{дон}$ – допустимое время отключения в соответствии с ПУЭ» [14].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [12]:

$$I_{pa} \leq I_{нр} \leq I_{дон}, \quad (11)$$

$$I_2 \leq 1,45I_{дон}, \quad (12)$$

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

$I_{нр}$ – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$ – допустимый ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [12].

«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» [14].

В электрощитовых зданиях в вводно-распределительных устройствах ВРУ1 и ВРУ2 предусмотрена установка устройств компенсации (КУ) реактивной электроэнергии, повышающих $\cos\phi$ до 0,95. Выбор мощностей

конденсаторных установок сведем в таблицу 4.

Таблица 4 - Выбор мощностей конденсаторных установок

Место установки КУ	Расчетная мощность P, кВт	До компенсации		После компенсации		Расчетная мощность конденсаторной установки, Q _к , кВАр	Мощность выбранной конденсаторной установки, Q _к , кВАр
		cosφ ₁	tgφ ₁	cosφ ₂	tgφ ₂		
ВРУ1 ввод 1	119,1	0,85	0,62	0,95	0,33	34,7	40
ВРУ1 ввод 2	59,5	0,92	0,43	0,95	0,33	5,8	7,5
ВРУ2 ввод 1	187,5	0,91	0,46	0,95	0,33	23,8	25
ВРУ2 ввод 2	176,6	0,84	0,65	0,95	0,33	56,0	60

В целях избежания перекомпенсации, установки приняты с автоматическим регулированием мощности [1].

Релейная защита для внутренних сетей силового электрооборудования и электроосвещения не требуется.

Предусмотрено отключение общеобменной вентиляции, кондиционирования, электрического отопления и технологического оборудования при пожаре с помощью автоматических выключателей с независимым расцепителем, установленных в распределительных панелях ВРУ.

Автоматическое управление светильниками, расположенными над входами в здание выполнено с помощью фотореле, установленного в щите освещения и выносного фотодатчика. Управление светильниками рекреаций, холлов, коридоров, лестниц, осуществляется дистанционно со щита управления освещением установленного в помещении поста охраны.

Расчетные узлы учета электроэнергии выполнены в вводных панелях ВРУ1 и ВРУ2 в секциях учета, запирающихся на ключ.

В вводных панелях ВРУ1 и ВРУ2 после аппаратов управления до

деления нагрузок устанавливаются электронные счетчики электроэнергии Меркурий 234ARTM-03 PBR.R 380В, 5(10)А. Внешний вид выбранных счетчиков электрической энергии приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Внешний вид выбранных счетчиков электрической энергии Меркурий 234ARTM-03 PBR.R 380В, 5(10)А

Применяемые счетчики трансформаторного включения, класс точности не хуже 1,0. Счетчики имеют возможность подключения к системе АСКУЭ.

Счетчики выбраны:

- с возможностью вести архивы тарифицированной учтенной активной и реактивной электроэнергии на начало суток с глубиной не менее 30 дней, на начало месяца с глубиной не менее 12 месяцев и от сброса;
- с возможностью хранить профиль мощности с периодом интегрирования 30 мин и глубиной хранения не менее 90 дней;
- с возможностью измерять мгновенные значения параметров сети (I , U , P , $\cos\phi$) по каждой фазе;
- с возможностью измерять и фиксировать в журнале событий показатели качества электрической энергии;

- имеющие два независимых равно приоритетных интерфейса связи RS-485 для удаленного сбора данных и один оптический интерфейс для чтения информации непосредственно с прибора учета при помощи ноутбука или аналогичного устройства;
- с двумя энергонезависимыми электронными пломбами.

Трансформаторы тока для подключения электросчетчиков применены класса точности 0,5 и выше. В измерительных цепях предусматривается установка испытательной клеммной коробки (блока).

Выбор трансформаторов тока для подключения счетчиков произведен в соответствии с главой 1.5 ПУЭ и РМ-2559 [17]. Коэффициент трансформации определен с учетом обеспечения во вторичной обмотке трансформаторов тока не менее 0,1 А при минимальных расчетных нагрузках и не превышения нормативного вторичного тока при максимальных расчетных нагрузках.

Выводы по разделу 2.

Основная часть ЭП лица относится ко II категории по надежности электроснабжения. К потребителям электроэнергии по I категории надежности относятся: приточные установки, ИТП, системы слаботочных сетей, противопожарные установки, аварийное и эвакуационное освещение.

Питание потребителей электроэнергии на напряжение 0,4 кВ осуществляется от ВРУ1 и ВРУ2, размещенных в электрощитовых зданиях. Переключение питания 1-ой категории автоматическое в панелях АВР.

Произведен выбор автоматических выключателей, устанавливаемых во ВРУ и силовых щитах, а также автоматических установок компенсации реактивной мощности, устанавливаемых на вводах ВРУ.

Для коммерческого учета получаемой электроэнергии выбраны электронные счетчики Меркурий 234ARTM трансформаторного включения и измерительные трансформаторы тока с классом точности 0,5.

3 Заземление и молниезащита здания пристроя к лицу

Защитные мероприятия.

В соответствии с ГОСТ Р 50571.2-94 в объекте принят тип заземления TN-C-S [6].

На групповых линиях, питающих розеточные группы штепсельной сети, предусмотрены УЗО [8].

Все открытые проводящие части электроустановки имеют непосредственную связь с точкой заземления источника питания.

Монтаж электропроводок необходимо вести с учетом цветности проводов и жил кабелей согласно требованиям ПУЭ.

Последовательное включение токоприемников в нулевой защитный проводник не допускается.

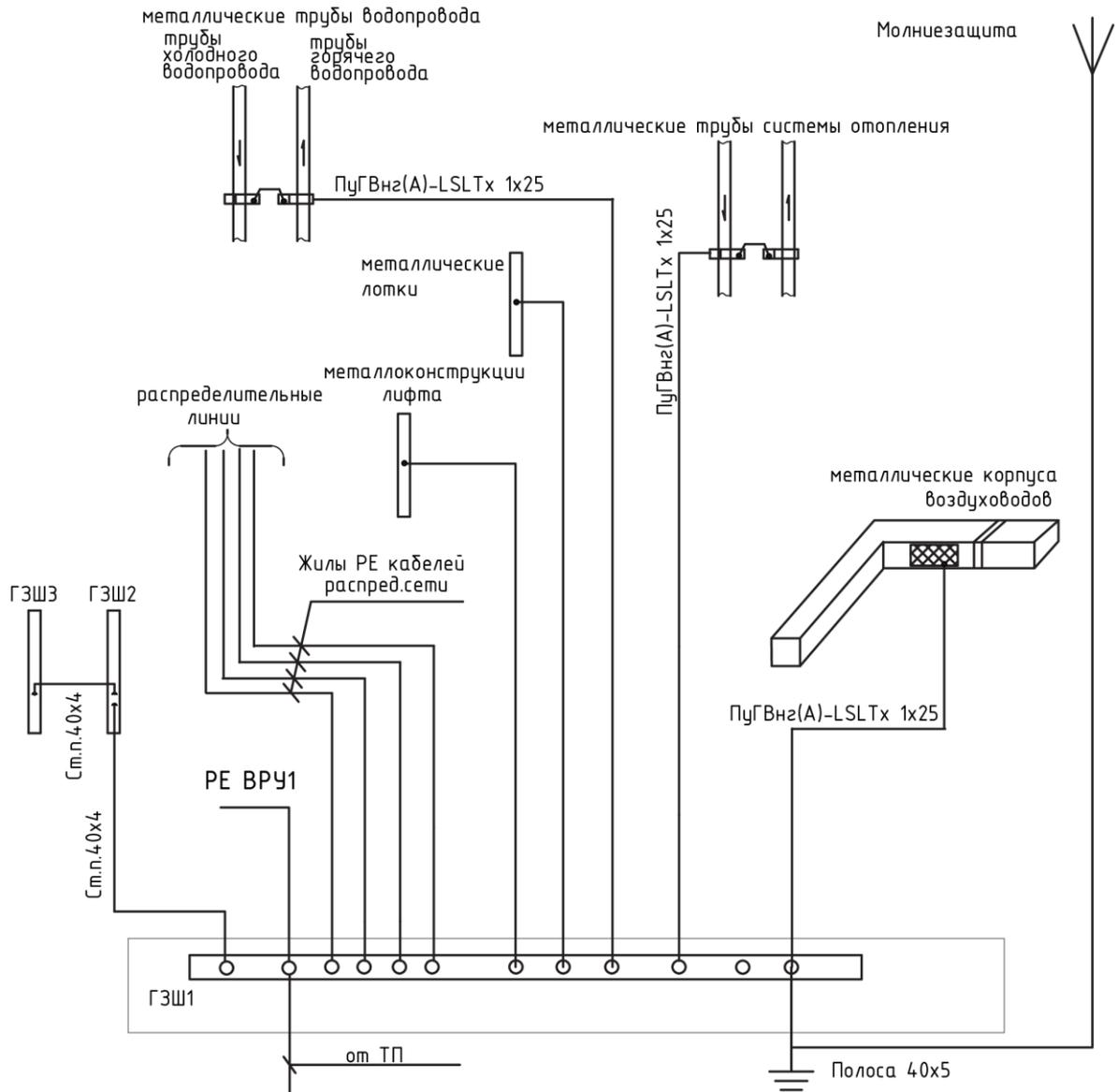
Защитному занулению подлежат все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением. Для этой цели используются специально проложенные проводники («РЕ») - пятые для трехфазной и третьи - для однофазной сети.

В электроустановке здания выполнена основная система уравнивания потенциалов, соединяющая между собой следующие проводящие части:

- PEN проводники питающей линии;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;
- металлические конструкции здания;
- металлические воздуховоды;
- металлические конструкции лифтов;
- металлические трубы инженерных коммуникаций.

Схема системы уравнивания потенциалов приведена на рисунке 2.

Основная система уравнивания потенциалов



Дополнительная система уравнивания потенциалов

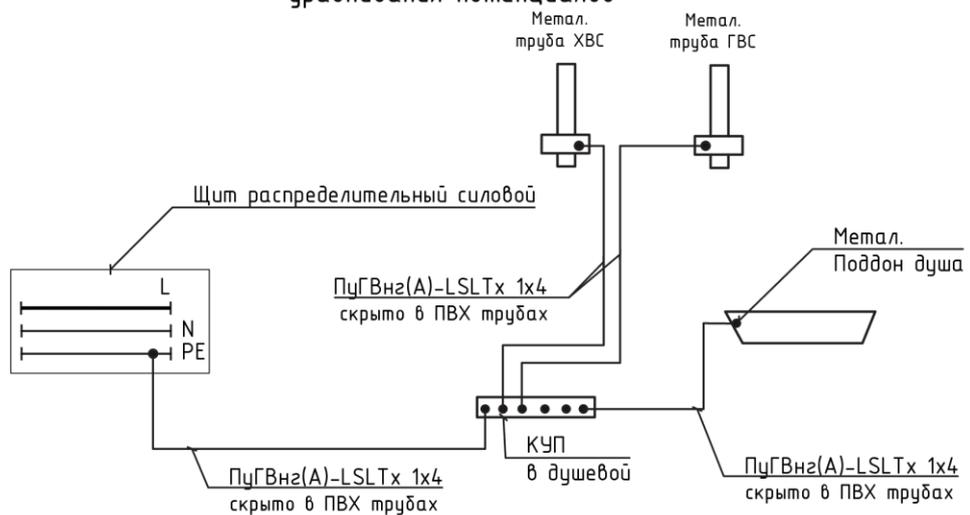


Рисунок 2 - Схема системы уравнивания потенциалов

В цепи уравнивания потенциалов не должно быть последовательно соединенных проводников. В качестве главной заземляющей шины применено стандартное изделие - ящик ГЗШ. Все контактные соединения в основной системе уравнивания потенциалов должны соответствовать требованиям ГОСТ 10434-82 [2].

Для зануления электрооборудования лифтов необходимо выполнить в лифтовых шахтах магистрали зануления. На отметке первого этажа и на отметке последнего этажа необходимо проложить горизонтальные контуры из стальной полосы 40×4мм. Контуры в шахте лифта соединить вертикально проложенной стальной полосой 40×4мм. Все оборудование лифта, подлежащее занулению необходимо присоединить к магистрали при помощи параллельных ответвлений.

В душевых необходимо выполнить дополнительную систему уравнивания потенциалов. Для этого в душевых на стене скрыто на высоте 400 мм от пола устанавливается коробка ШДУП с медной заземляющей шиной. К заземляющей шине в коробке ШДУП от шины РЕ ближайшего этажного распределительного щита прокладывается провод ПуГВнг(А)-LSLTx 1×4мм² с изоляцией желто-зеленого цвета. К шине ШДУП проводами ПуГВнг(А)-LSLTx 1×4кв.мм с изоляцией желто-зеленого цвета необходимо присоединить душевые поддоны и стальные трубы водопровода.

В помещениях лаборантских физики и химии необходимо выполнить дополнительную систему уравнивания потенциалов. Для этого на стене скрыто на высоте 400 мм от пола устанавливается коробка ШДУП с медной заземляющей шиной [7].

Проводники уравнивания потенциалов прокладываются скрыто в ПНД трубах в бетонной подготовке пола и по стенам в ПВХнг трубах в штрабах под штукатурку. Соединения проводников с металлическими частями необходимо выполнить болтовыми и при помощи хомутов.

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [12]:

$$R_{\text{го}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.в}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (13)$$

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» [12].

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [12]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (14)$$

где « t_0 – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [12].

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [12]:

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{го}}}{\eta_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}}, \quad (15)$$

где « $\eta_{\text{в}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [12].

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [12]:

$$R_{\text{г}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{l_{\text{г}}} \cdot \lg \frac{2l_{\text{г}}^2}{b \cdot t_0}, \quad (16)$$

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

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [12].

«Расчетное результирующее сопротивление R_u заземляющего устройства» [12]:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (17)$$

Молниезащита.

Согласно требований инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД34.21.122-87 и СО153-34.21.122-2003 проектируемое здание относится к 3-й категории устройства молниезащиты [16], [23].

Защита от прямых ударов молнии выполняется путем наложения молниеприемной сетки на кровлю. Молниеприемная сетка выполняется из оцинкованной стали диаметром 8мм и укладывается на кровлю под слой гидроизоляции в цементно-песчаную стяжку. Сетка имеет ячейки с шагом не более 10×10м. Узлы сетки должны быть соединены сварным соединением. Металлические конструкции на кровле (ограждения, лестницы, оголовки вентиляционных шахт и др) присоединить к молниеприемной сетке стальной оцинкованной проволокой диаметром 8мм.

Токоотводы - металлическая арматура железобетонной конструкции здания. Непрерывность и электропроводность арматуры используемой в качестве токоотвода молниезащиты обеспечить сварными соединениями, токоотвод к молниеприемной сетке крепить сварным соединением.

Горизонтальный заземлитель - полоса стальная 40×5 мм, проложенная в земле по периметру здания на глубине 0,7м, на расстоянии от фундамента не менее 1м. Заземлитель молниезащиты конструктивно объединен с заземлителем электроустановки здания. Заземлитель соединяется с ГЗШ1 (ВРУ1) и ГЗШ2 (ВРУ2) здания стальной полосой, оцинкованной 40×5. Горизонтальный заземлитель вновь устраиваемой молниезащиты соединить с существующим горизонтальным заземлителем молниезащиты школы сварным соединением.

В местах соединения опусков токопроводов с горизонтальным заземлителем, забить вертикальные заземлители. Вертикальные заземлители необходимо выполнить из стали круглой диаметром 18мм. Токоотводы к заземлителю присоединить выпусками круглой стали диаметром 10мм.

Элементы молниезащиты должны быть защищены от коррозии (оцинкованы, полужены). Все соединения выполнить сваркой или болтовыми не ниже 2-го класса согласно ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические» [2]. Все сварные соединения производить «внахлест». Места сварных соединений в земле должны быть покрыты битумным лаком. Открытые места сварных соединений должны быть окрашены влагостойкой краской в 2 слоя.

Защита от заноса высоких потенциалов по коммуникациям, вводимым в здание осуществляется путем присоединения этих коммуникаций к наружному контуру заземления посредством ГЗШ здания.

Выводы по разделу 3.

На объекте принят тип заземления TN-C-S. На групповых линиях, питающих розеточные группы штепсельной сети, предусмотрены УЗО. В электроустановке здания выполнена основная и дополнительная система уравнивания потенциалов.

Согласно требований инструкции по устройству молниезащиты данное здание относится к 3-й категории. Защита от прямых ударов молнии выполняется путем наложения молниеприемной сетки на кровлю. Сетка выполняется из оцинкованной стали диаметром 8мм с шагом не более 10×10м. Заземлитель молниезащиты конструктивно объединен с заземлителем электроустановки здания.

4 Выбор проводников

Система распределения электроэнергии 3-х и 5-и проводная, сечения нулевых проводников приняты равными сечениям фазных проводников. Распределительные и групповые сети выполнены кабелем, не распространяющим горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения с медными жилами марки ВВГнг-LSLTx. Внешний вид кабеля ВВГнг-LSLTx приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 - Внешний вид кабеля ВВГнг-LSLTx

Групповые и распределительные сети аварийного освещения, оборудования дымоудаления и подпора воздуха, лифтов для транспортировки пожарных подразделений, пожарной сигнализации и оповещения выполнены кабелем огнестойким, не распространяющим горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения с медными жилами марки ВВГнг-FRLSLTx [4].

Электрические сети выполнены: открыто по перфорированным металлическим лоткам с крышками по техническому подполью, открыто по стенам и перекрытиям в ПВХнг трубах в технических помещениях, скрыто в штрабах по стенам в ПВХнг гофротрубах, за подвесными потолками по лоткам и ПВХнг гофротрубах. В помещениях актового зала и сцены проводка выполнена скрыто и открыто в стальных трубах [19].

Проходы через межэтажные перекрытия осуществляются в

металлических трубах. Для обеспечения пожарной безопасности в междуэтажных перекрытиях, противопожарных перегородок после прокладки электрокоммуникаций, зазоры между проводами, кабелями и трубой или коробом следует заделать легкоудаляемой массой из негорючего материала.

ПВХ трубы должны иметь сертификат пожарной безопасности и соответствовать НПБ 246-97 [11].

В одной трубе, рукаве, коробе, пучке, замкнутом канале строительной конструкции или на одном лотке запрещается совместная прокладка взаиморезервируемых сетей. Не допускается совместная прокладка кабельных линий систем противопожарной защиты с другими кабелями и проводами в одном коробе, трубе, жгуте, замкнутом канале строительной конструкции или на одном лотке.

Сечения проводников выбраны по допустимой токовой нагрузке и потере напряжения, сеть защищается автоматическими выключателями от перегрузки и токов короткого замыкания.

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

$$I_{\text{од}} = I_{\text{ном.од}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (18)$$

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» [12]:

$$U = \frac{I_{расч} \cdot L \cdot R_{уд}}{S}, \quad (19)$$

где « $I_{расч}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

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

S - сечение провода, мм» [12].

В соответствии с п.2.1 ПУЭ электропроводка должна обеспечить возможность легкого распознавания по всей длине проводников по цвету [14].

Для распределения электрической энергии наружные сети электроснабжения 0,4кВ применяется кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена типа АПвБбШп(г)-1 4×240мм² и АПвБбШп(г)-1 4×185мм².

Кабели наружных сетей электроснабжения 0,4кВ прокладываются в земле в основном вдоль дорог и по дворовым территориям по газонам на траншеях в земле на глубине 0,7м и под дорогами на глубине 1,0м.

Наружные сети электроосвещения выполняются кабелем типа ВБШв-0,66 сечением 5×4мм² и прокладываются в земле в трубах ПНД диаметром 50мм на глубине 0,7м а под дорогами на глубине 1,0м в трубах ПНД диаметром 110мм от планировочной отметки земли. Подключение зарядного провода и РЕ проводника к распределительной сети производится с использованием комплекта клеммников типа. Внутри опор и кронштейнов светильники подключаются проводом с медными жилами ВВГнг 3×1,5мм². Внутри цоколей опор необходимо предусмотреть предохранителя для защиты ответвлений к светильникам.

В таблице 5 приведены результаты проверочного расчета питающих кабельных линий 0,4 кВ.

Таблица 5 - Результаты проверочного расчета питающих кабельных линий 0,4 кВ

Нагрузка а	№ ВРУ, ввода	Кабель	cosφ	tgφ	Нагрузка			I _{max} , А	I _{доп.каб} , А	Автомат защиты, А	U,%	L, м
					P _{расч} , кВт	Q _{расч} , квар	S _{расч} , кВА					
ГРЩ- 0.4-Н1	ВРУ1	АПвБбШп(г)-1 4×240	0,83	0,67	395,34	113,5	203,5	308,9	369,2	400	1,2	75
ГРЩ- 0.4-Н2	ВРУ1	АПвБбШп(г)-1 4×240	0,83	0,67	395,34	113,5	203,5	308,9	369,2	400	1,3	80
ГРЩ- 0.4-Н3	ВРУ2	АПвБбШп(г)-1 2(4×185)	0,87	0,57	184,33	202,3	410,3	621,4	634,3	630	3,8	225
ГРЩ- 0.4-Н4	ВРУ2	АПвБбШп(г)-1 2(4×185)	0,87	0,57	184,33	202,3	410,3	621,4	634,3	630	3,9	230

Выводы по разделу 4.

Система распределения электроэнергии принята 3-х и 5-и проводная, сечения нулевых проводников приняты равными сечениям фазных проводников.

Распределительные и групповые сети выполнены кабелем ВВГнг-LSLTx, сети аварийного освещения, оборудования дымоудаления и подпора воздуха, лифтов для транспортировки пожарных подразделений, пожарной сигнализации и оповещения выполнены огнестойким кабелем ВВГнг-FRLSLTx.

Сечения проводников выбраны по допустимой токовой нагрузке и потере напряжения.

Для наружных питающих сетей выбраны кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена АПвБбШп(г)-1 4×240мм² и АПвБбШп(г)-1 4×185мм², прокладываемые в траншее.

Для наружных сетей электроосвещения выбраны кабели типа ВБШв-0,66 сечением 5×4мм².

5 Определение параметров системы искусственного освещения

В помещениях пристроя на 950 мест принята система общего освещения. Во всех помещениях здания предусматривается рабочее и аварийное освещение. Дежурное освещение предусмотрено в рекреациях и коридорах школы. Ремонтное освещение 36В предусматривается в электрощитовых, венткамерах, ИТП.

Аварийное освещение предусматривается на случай нарушения питания основного (рабочего) освещения и подключается к источнику питания, не зависящему от источника питания рабочего освещения. Аварийное освещение разделяется на эвакуационное и резервное освещение. Эвакуационное освещение подразделяется на освещение путей эвакуации и эвакуационное освещение больших площадей (антипаническое освещение). Освещение путей эвакуации в помещениях предусмотрено по маршрутам эвакуации: в коридорах, вестибюлях, рекреациях и на лестницах школы, а также перед каждым эвакуационным выходом; перед пунктом медицинской помощи; в местах размещения первичных средств пожаротушения. Эвакуационное освещение больших площадей (антипаническое освещение) предусматривается в больших помещениях площадью более 60 кв.м и направлено на предотвращение паники и обеспечение условий для безопасного подхода к путям эвакуации. Световые указатели (знаки безопасности) установлены: над каждым эвакуационным выходом, на путях эвакуации, однозначно указывая направления эвакуации, для обозначения мест размещения первичных средств пожаротушения. Световые указатели (знаки безопасности) приняты постоянного действия. Питание световых указателей в нормальном режиме производится от источника, не зависящего от источника питания рабочего освещения; при отсутствии электропитания в аварийном режиме указатели переключаются на питание от встроенной в светильник аккумуляторной батареи. Продолжительность работы световых указателей от аккумуляторной батареи не менее 1 ч. Аварийное

(эвакуационное) освещение выполнено в местах зон безопасности МГН, лифтовых холлах, СУ для МГН.

Световые указатели (знаки безопасности) установлены на путях эвакуации МГН и в местах расположения зон безопасности МГН и лифтовых холлов.

Светильники эвакуационного освещения с автономным источником питания, световые указатели, укомплектованы контрольными модулями для тестирования их работоспособности при имитации отключения основного источника питания.

Резервное освещение выполнено: на посту охраны, в электрощитовой, в ИТП, в гардеробных, в помещениях образовательных кабинетов, в лаборантских, в санузлах, в душевых и раздевальных помещениях, в кабинетах преподавателей, в помещениях пищевого блока.

Осветительные приборы аварийного освещения включаются одновременно с осветительными приборами рабочего освещения и образуют общий световой поток, для достижения нормируемой освещенности в помещениях школы. Светильники аварийного освещения с однотипным корпусом со светильниками рабочего освещения помечены специально нанесенной буквой «А» красного цвета. Для дежурного освещения применяются светильники эвакуационного освещения.

В общественных местах различного функционального назначения (входные группы, лифтовые холлы (зоны безопасности) и т.п., доступных для маломобильных групп населения предусматривается аварийное освещение [9]. В соответствии с требованиями СП 59.13330.2012 освещенность в общественных местах различного функционального назначения (входные группы, лифтовые холлы и т.п.) доступных для маломобильных групп населения повышена на одну ступень по сравнению с нормируемой [27].

Для освещения приняты светильники со светодиодными источниками света [13]. Светильники в основных помещениях школы приняты с индексом цветопередачи не хуже $R_a = 85$, и цветовой температурой 4000К. Светильники

приняты обеспечивающими нормируемый коэффициент пульсации. По степени защиты светильники выбраны в соответствии с окружающими условиями помещений где они установлены. В помещениях с классом пожароопасности П-П, П-Па приняты светильники с металлическими негорючими корпусами и отражателями, со степенью защиты IP54, с рассеивателем из сплошного силикатного стекла. Светильники в спортивных залах приняты с защитной сеткой, исключающей их повреждение.

Освещение классных досок, в помещениях классов, выполнено светодиодными светильниками E220 VARTON. Согласно СП52.13330.2016 уровень освещенности классной доски принят 500лк, коэффициент пульсации менее 10%, индекс цветопередачи не ниже $R_a = 90$, цветовая температура 4000К.

Управление светильниками принято по месту выключателями, управление светильниками помещений общего пользования: рекреаций, холлов, коридоров, лестниц, осуществляется при помощи датчиков движения и освещенности (светильники включаются при недостаточной освещенности и наличии в помещениях людей), управление светильниками над входами осуществляется с помощью фотореле и таймера.

В работе предусматривается устройство наружного освещения территории, прилегающей к зданию.

Уровень освещенности принят в соответствии со СНиП 23-05-95 – «Естественное и искусственное освещение» и СП52.13330.2011 – «Естественное и искусственное освещение» [22], [26].

В таблице 6 приведены требуемые уровни освещенности и коэффициенты запаса для помещений первого этажа.

Электроснабжение наружного освещения предусмотрено от ВРУ1.

Таблица 6 - Требуемые уровни освещенности и коэффициенты запаса для помещений первого этажа

№ помещения	Наименование	Площадь	Нормируемая освещенность	Коэффициент пульсации	Коэффициент запаса
Входная группа (вестибюли, холлы, гардеробы)					
01	Тамбур начальной школы	6,1	Г0.0-150лк	-	1,4
02	Место ожидания родителей	19,9	Г0.0-200лк	-	1,4
03	Вестибюль блока начальной школы	216,6	Г0.0-200лк	-	1,4
04	Коридор гардероба начальной школы	103,5	Г0.0-100лк	-	1,4
04а	Гардероб для учеников	185,9	Г0.0-200лк	-	1,4
04б	Гардероб преподавателей	15,2	Г0.0-200лк	-	1,4
04 в	Гардероб родителей	9,0	Г0.0-200лк	-	1,4
05	Тамбур основной и старшей школы	6,1	Г0.0-100лк	-	1,4
06	Место ожидания родителей	19,1	Г0.0-200лк	-	1,4
07	Вестибюль основной и старшей школы	261,0	Г0.0-200лк	-	1,4
08	Коридор гардероба основной и старшей школы	165,4	Г0.0-100лк	-	1,4
08а	Гардероб для учеников	314,2	Г0.0-200лк	-	1,4
08б	Гардероб учителей	30,5	Г0.0-200лк	-	1,4
08в	Гардероб родителей	8,9	Г0.0-200лк	-	1,4
09	Помещение охраны	18,5	Г0.8-300лк	15	1,4
10	С/у	2,5	Г0.0-75лк	-	1,4
10а	Тамбур	2,9	Г0.0-100лк	-	1,4
11	Серверная	18,2	Г0.8-400лк	10	1,4
12	Пост охраны	10,0	Г0.8-300лк	15	1,4
13	КУИ	4,3	Г0.8-50лк	-	1,4
Офисная зона для педагогов и администрации (деловой центр)					
14	Приемная	25,8	Г0.8-300лк	15	1,4
15	Кабинет директора	28,3	Г0.8-300лк	15	1,4
16	Учительская	82,6	Г0.8-300лк	15	1,4
17	Кабинет завуча	21,6	Г0.8-300лк	15	1,4
18	Коридор	85,9	Г0.0-100лк	-	1,4
19	С/у	2,9	Г0.0-75лк	-	1,4
19а	С/у	2,5	Г0.0-75лк	-	1,4
20	КУИ	5,5	Г0.8-50лк	-	1,4
21	Радиоузел	10,0	Г0.8-300лк	15	1,4

Продолжение таблицы 6

№ помещения	Наименование	Площадь	Нормируемая освещенность	Коэффициент пульсации	Коэффициент запаса
Пищеблок					
22	Помещение для мытья рук учеников основной школы	36,5	Г0.0-100лк	-	1,4
22а	Помещение для мытья рук учеников начальной школы	35,4	Г0.0-100лк	-	1,4
23	Обеденный зал на 850 мест + 3 места МГН(М4)	701,1	Г0.8-300лк	20	1,4
23а	Сбор грязной посуды	13,1	Г0.8-300лк	20	1,4
24	Тамбур	16,5	Г0.0-100лк	-	1,4
25	Раздаточная	25,6	Г0.8-300лк	20	1,4
26	Моечная столовой посуды	13,6	Г0.8-200лк	20	1,4
27	Моечная кухонной посуды	12,4	Г0.8-200лк	20	1,4
28	Горячий цех	65,5	Г0.8-300лк	19	1,4
29	Холодный цех	25,4	Г0.8-300лк	19	1,4
30	Резка хлеба	5,8	Г0.8-300лк	19	1,4
31	Мучной цех	19,1	Г0.8-300лк	19	1,4
32	Мойка яиц	9,2	Г0.8-300лк	19	1,4
33	Мясо-рыбный цех	39,5	Г0.8-300лк	19	1,4
34	Овощной цех	25,6	Г0.8-300лк	19	1,4
35	Цех первичной обработки овощей	25,6	Г0.8-300лк	19	1,4
36	КУИ	5,2	Г0.8-50лк	-	1,4
37	Тамбур с/у	2,7	Г0.0-75лк	-	1,4
38	С/у	1,8	Г0.0-75лк	-	1,4
39	Кладовая овощей	4,9	Г0.8-100лк	-	1,4
40	Кладовая сухих продуктов	5,5	Г0.8-100лк	-	1,4
41	Кладовая сыпучих продуктов	9,6	Г0.8-100лк	-	1,4
42	Зона морозильных камер	22,8	Г0.0-100лк	-	1,4
43	Загрузочная	16,7	Г0.8-100лк	-	1,4
44	Мойка и хранение тары	7,1	Г0.8-200лк	20	1,4
45	Кладовая отходов	4,4	Г0.8-100лк	-	1,4
46	Комната персонала	10,3	Г0.8-300лк	15	1,4
47	Душевая	2,4	Г0.0-50лк	-	1,4
48	С/у	1,9	Г0.0-75лк	-	1,4
49	Кабинет завпроизводством	7,3	Г0.8-300лк	15	1,4
50	Коридор	72,4	Г0.0-75лк	-	1,4
51	Тамбур	2,6	Г0.0-50лк	-	1,4

Продолжение таблицы 6

№ помещения	Наименование	Площадь	Нормируемая освещенность	Коэффициент пульсации	Коэффициент запаса
52	Тамбур	4,1	Г0.0-50лк	-	1,4
Блок основной и старшей школы					
53	Рекреация	208,5	Г0.0-300лк	-	1,4
54	Учебный кабинет 1	77,4	Г0.8-500лк	10	1,4
55	Учебный кабинет 2	77,1	Г0.8-500лк	10	1,4
56	Учебный кабинет 3	77,1	Г0.8-500лк	10	1,4
57	Лаборантская	18,8	Г0.8-400лк	10	1,4
58	С/у для мальчиков	11,7	Г0.0-75лк	-	1,4
59	ЛГЖ	3,8	Г0.0-75лк	-	1,4
60	С/у для девочек	8,1	Г0.0-75лк	-	1,4
61	Коридор	7,6	Г0.0-100лк	-	1,4
62	Универсальная кабина МГН	6,2	Г0.0-100лк	-	1,4
63	С/у персонала	4,0	Г0.0-75лк	-	1,4
64	КУИ	3,1	Г0.8-50лк	-	1,4
Дополнительная входная группа спортивного зала					
65	Тамбур	7,5	Г0.0-100лк	-	1,4
66	Вестибюль	19,6	Г0.0-200лк	-	1,4
66а	Тамбур	3,6	Г0.0-100лк	-	1,4
67	Гардероб	7,3	Г0.0-200лк	-	1,4
Общешкольные помещения (лестничные клетки, коридоры)					
68	Лестничная клетка (тип Л1)	28,1	Г0.0-100лк	-	1,4
69	Лестничная клетка (тип Н2)	33,0	Г0.0-100лк	-	1,4
70	Тамбур	25,9	Г0.0-100лк	-	1,4
71	Лифтовый холл	15,0	Г0.0-100лк	-	1,4
72	Коридор	77,3	Г0.0-100лк	-	1,4
73	Лифтовый холл	17,0	Г0.0-100лк	-	1,4
74	Коридор	41,7	Г0.0-100лк	-	1,4
75	Лестничная клетка (тип Л1)	35,3	Г0.0-100лк	-	1,4
76	Лестничная клетка (тип Л1)	33,7	Г0.0-100лк	-	1,4
77	Лестничная клетка (тип Л1)	35,9	Г0.0-100лк	-	1,4
78	Помещение для хранения ламп	13,4	Г0.0-200лк	-	1,4
79	Выход из технического этажа	3,4	Г0.0-50лк	-	1,4
80	Выход из технического этажа	2,5	Г0.0-50лк	-	1,4
81	Выход из технического этажа	2,3	Г0.0-50лк	-	1,4

Продолжение таблицы 6

№ помещения	Наименование	Площадь	Нормируемая освещенность	Коэффициент пульсации	Коэффициент запаса
Технические помещения					
82	Электрощитовая	12,3	Г0.0-200лк	20	1,4
83	Венткамера	42,8	Г0.0-200лк	20	1,4
83а	Форкамера	6,0	Г0.0-50лк	-	1,4

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования.

«Индекс помещения i определяется по выражению» [26]:

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

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [26].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [26]:

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

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_l - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [26].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [26]:

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

где « P_{nl} - мощность одной лампы» [26].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [26]:

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

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [26]:

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

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [26]:

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

По надежности электроснабжения установки наружного освещения относятся ко III категории электроснабжения. Для питания и управления наружным освещением предусмотрены щиты наружного освещения ЩНО. Питание щита наружного освещения ЩНО выполнено от ВРУ1.

Выбор величины освещенности произведен на основании СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» средняя

освещенность для транспортных тротуаров составляет – 10лк., для пешеходных - блк., для игровых площадок – 10лк и средняя горизонтальная освещенность открытых плоскостных сооружений - 50лк. и в соответствии с требованиями распоряжения Министерства энергетики Московской области от 14.09.2017г №22-Р «Об утверждении нормы освещения территорий Московской области» [15].

Расчет сети произведен по допустимому току нагрузки и потери напряжения.

Потеря напряжения в групповой сети наружного освещения у наиболее удаленных светильников не превышает 5%.

Защитное заземление металлических корпусов светильников осуществляется путем присоединения к защитному проводнику (РЕ) групповой линии.

Все металлические части электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, необходимо заземлить.

Управление наружным освещением предусмотрено:

- местное с щита ЩНО;
- автоматическое и дистанционная.

Наружное освещение транспортных проездов и тротуаров выполнено светильниками светодиодными типа SDSBET-STREET-LED/3000/E90/2/SH1/IP65 мощностью 90Вт [29]. Применены металлические опоры типа ОКК-6. Расстояние между опорами составляет до 30м. Светильники устанавливаются на опоры с помощью оцинкованных кронштейнов. Опоры наружного освещения расположены в газонах на расстоянии не менее 0,3м до лицевой грани бортового камня. Степень защиты светильников от окружающей среды не ниже IP54 [20].

Структурная схема наружного электроосвещения приведена на рисунке 4. На рисунке 5 представлена принципиальная однолинейная схема ЩНО.

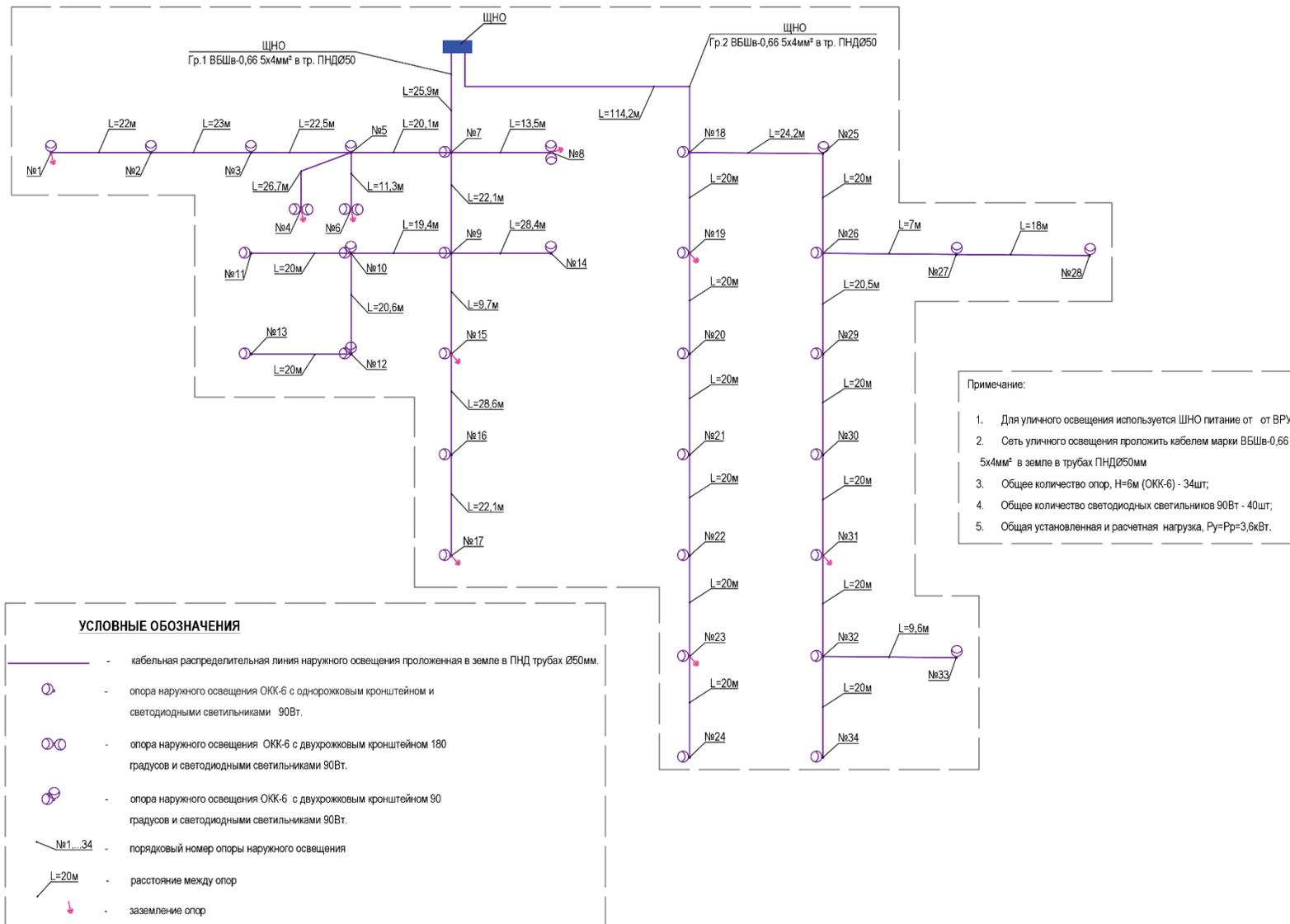
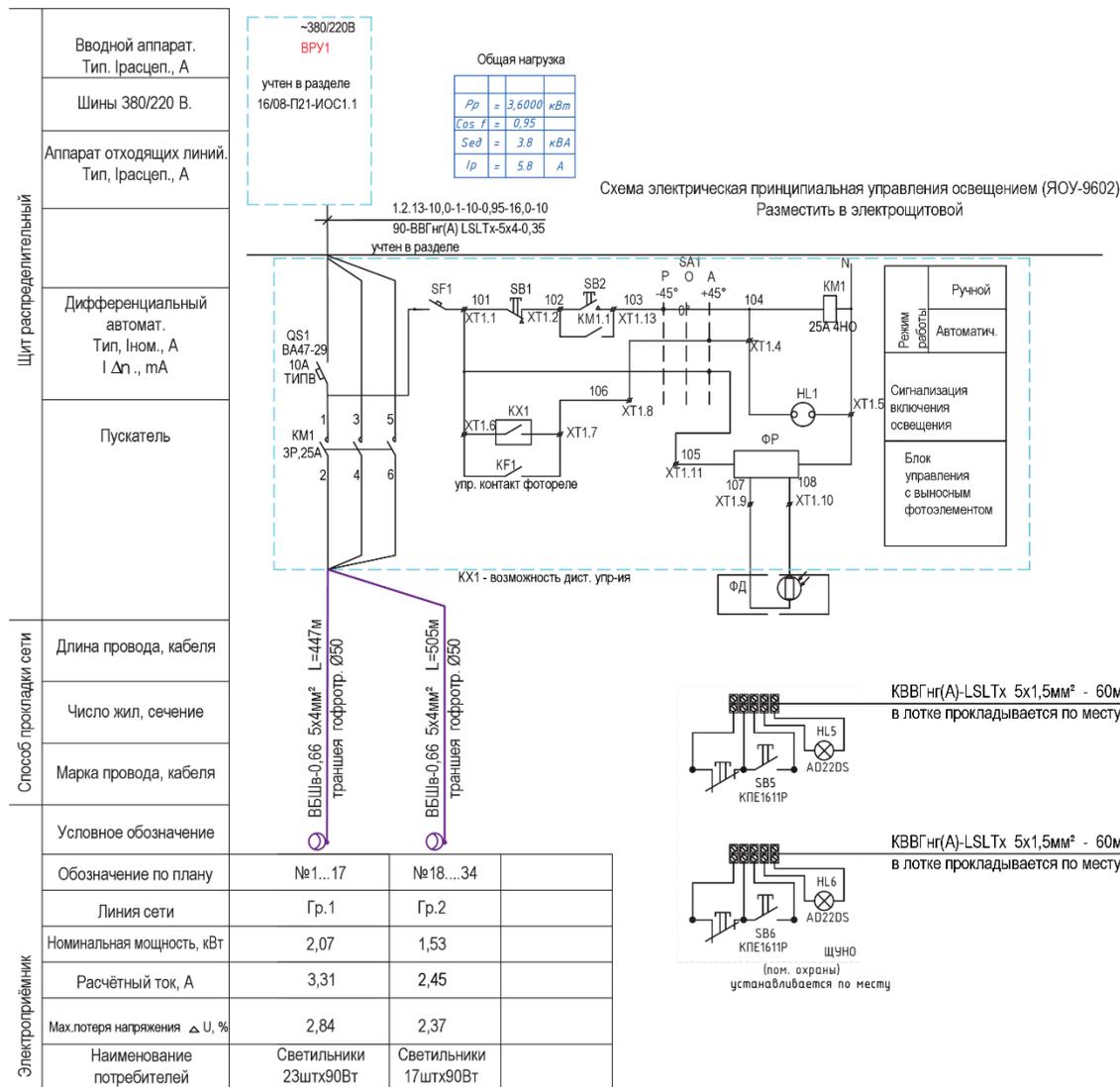


Рисунок 4 - Структурная схема наружного электроосвещения



Позиция Обозначение	Наименование	Кол.
	<u>Щит управления наружным освещением</u>	
ЩЧНО	Корпус (коробка) для кнопочного поста на 4 кнопки, 54210, ДКС	1
КПЕ5-КПЕ6	Переключатель черный -1но+1нз-ручка-фикс-2поз-IP65-КЭАЗ КПЕ1611Р	2
HL5-HL6	Лампа матрица D22мм красный 230В-КЭАЗ AD22DS(LED)	2

Спецификация оборудования щита управления

Поз.	Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
QS1	BA47-63/10A	Автоматический выключатель	1	ООО "ЭКФ"
SF1	BA47-63/6A	Автомат защиты цепей управления;	1	ООО "ЭКФ"
SA1	ОМУ1	Переключатель на 2 направления (I-II)	1	
ФР		Фотореле	1	
ФД		Фотодатчик антивандального исполнения	1	
KM	КМЭ 0910	Контактор	1	ООО "ЭКФ"
HL1	ED16-22VD	Лампа сигнальная	1	ООО "ЭКФ"
		Диспетчерский пульт		
SB		Кнопки; Ключи		

Рисунок 5 - Принципиальная однолинейная схема ЩЧНО

В работе предусматривается:

- подключение внутриплощадочные сети наружного освещения от ЩНО [25];
- установка металлических опор типа ОКК-6 34шт;
- установка светодиодных светильников SDSBET-STREET-LED/3000/E90/2/SH1/IP65 мощностью 90Вт – 40 шт.

Внешний вид выбранных светильников SDSBET-STREET-LED/3000/E90/2/SH1/IP65 для наружного освещения приведен на рисунке 6.



Рисунок 6 - Внешний вид выбранных светильников SDSBET-STREET-LED/3000/E90/2/SH1/IP65 для наружного освещения

Выводы по разделу 5.

В помещениях пристроя принята система общего освещения, которая состоит из систем рабочего и аварийного освещения.

Для освещения приняты светильники со светодиодными источниками света. Светильники в основных помещениях школы приняты с индексом цветопередачи не хуже $R_a = 85$, и цветовой температурой 4000К. Для освещения классных досок выбраны специальные светильники E220 VARTON.

Уровень освещенности принят в соответствии со СНиП и СП и произведен расчет необходимого количества светильников для каждого из помещений.

По надежности электроснабжения установки наружного освещения относятся ко III категории электроснабжения. Для питания и управления наружным освещением предусмотрен щит наружного освещения ЩНО, питание которого выполнено от ВРУ1.

Выполнен расчет наружной сети освещения по допустимому току нагрузки и потери напряжения. Потеря напряжения в групповой сети наружного освещения у наиболее удаленных светильников не превышает 5%.

Наружное освещение транспортных проездов и тротуаров выполнено светильниками светодиодными типа SDSBET-STREET-LED мощностью 90Вт, устанавливаемыми на металлические опоры типа ОКК-6.

Заключение

Целью бакалаврской работы является создание безопасной и экологичной, удовлетворяющей требованиям надежности, системы электроснабжения здания лица и пристроя к нему.

По результатам вычислений, расчетная нагрузка здания пристроя на 950 мест составляет 515,4 кВт/542,6 кВА.

ВРУ1.

Ввод 1 – $P_p = 119,1$ кВт, $S_p = 125,3$ кВА;

Ввод 2 – $P_p = 59,5$, $S_p = 62,7$ кВА.

Аварийный режим – $P_p = 168,9$ кВт, $S_p = 177,7$ кВА.

ВРУ2.

Ввод 1 – $P_p = 187,5$ кВт, $S_p = 197,3$ кВА;

Ввод 2 – $P_p = 176,6$ кВт, $S_p = 185,9$ кВА;

Аварийный режим – $P_p = 357,0$ кВт, $S_p = 375,8$ кВА.

Основная часть ЭП лица относится ко II категории по надежности электроснабжения. К потребителям электроэнергии по I категории надежности относятся: приточные установки, ИТП, системы слаботочных сетей, противопожарные установки, аварийное и эвакуационное освещение.

Питание потребителей электроэнергии на напряжение 0,4 кВ осуществляется от ВРУ1 и ВРУ2, размещенных в электрощитовых зданиях. Переключение питания I-ой категории автоматическое в панелях АВР.

Произведен выбор автоматических выключателей, устанавливаемых во ВРУ и силовых щитах, а также автоматических установок компенсации реактивной мощности, устанавливаемых на вводах ВРУ.

Для коммерческого учета получаемой электроэнергии выбраны электронные счетчики Меркурий 234ARTM трансформаторного включения и измерительные трансформаторы тока с классом точности 0,5.

На объекте принят тип заземления TN-C-S. На групповых линиях, питающих розеточные группы штепсельной сети, предусмотрены УЗО. В

электроустановке здания выполнена основная и дополнительная система уравнивания потенциалов.

Согласно требований инструкции по устройству молниезащиты данное здание относится к 3-й категории. Защита от прямых ударов молнии выполняется путем наложения молниеприемной сетки на кровлю. Сетка выполняется из оцинкованной стали диаметром 8мм с шагом не более 10×10м. Заземлитель молниезащиты конструктивно объединен с заземлителем электроустановки здания.

Система распределения электроэнергии принята 3-х и 5-и проводная, сечения нулевых проводников приняты равными сечениям фазных проводников.

Распределительные и групповые сети выполнены кабелем ВВГнг-LSLTx, сети аварийного освещения, оборудования дымоудаления и подпора воздуха, лифтов для транспортировки пожарных подразделений, пожарной сигнализации и оповещения выполнены огнестойким кабелем ВВГнг-FRLSLTx.

Сечения проводников выбраны по допустимой токовой нагрузке и потере напряжения.

Для наружных питающих сетей выбраны кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена АПвБбШп(г)-1 4×240мм² и АПвБбШп(г)-1 4×185мм², прокладываемые в траншее.

Для наружных сетей электроосвещения выбраны кабели типа ВБШв-0,66 сечением 5×4мм².

В помещениях пристроя принята система общего освещения, которая состоит из систем рабочего и аварийного освещения.

Для освещения приняты светильники со светодиодными источниками света. Светильники в основных помещениях школы приняты с индексом цветопередачи не хуже $R_a = 85$, и цветовой температурой 4000К. Для освещения классных досок выбраны специальные светильники E220 VARTON.

Уровень освещенности принят в соответствии со СНиП и СП и произведен расчет необходимого количества светильников для каждого из помещений.

По надежности электроснабжения установки наружного освещения относятся ко III категории электроснабжения. Для питания и управления наружным освещением предусмотрен щит наружного освещения ЩНО, питание которого выполнено от ВРУ1.

Выполнен расчет наружной сети освещения по допустимому току нагрузки и потери напряжения. Потеря напряжения в групповой сети наружного освещения у наиболее удаленных светильников не превышает 5%.

Наружное освещение транспортных проездов и тротуаров выполнено светильниками светодиодными типа SDSBET-STREET-LED мощностью 90Вт, устанавливаемыми на металлические опоры типа ОКК-6.

Список используемой литературы и источников

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 86 с.
2. ГОСТ 10434-82. Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007235> (дата обращения 06.02.2024).
3. ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт от 01.01.1995. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004630> (дата обращения 08.01.2024).
4. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 30.12.2023).
5. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 30.12.2023).
6. ГОСТ Р 50571.2-94 (МЭК 364-3-93). Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133481> (дата обращения 06.02.2024).
7. 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 17.01.2024).
8. ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016). Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170001> (дата обращения 21.01.2024).

9. 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 15.12.2023).
10. Миронова А.Н., Миронов Ю.М. Электрооборудование и электроснабжение электротехнологических установок: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2023. 470 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1996313> (дата обращения: 15.11.2023).
11. НПБ 246-97. Арматура электромонтажная. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001088> (дата обращения 05.02.2024).
12. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.
13. Постановление правительства РФ №2255 от 24.12.2020. Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/400149914/> (дата обращения 21.01.2024).
14. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 23.01.2024).
15. Распоряжение Министерства энергетики Московской области от 14.09.2017г №22-Р. Об утверждении нормы освещения территорий Московская области. [Электронный ресурс]: URL: <https://minenergo.mosreg.ru/download/document/14776> (дата обращения 06.02.2024).
16. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 13.08.2023).

17. РМ-2559. Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях. [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000473> (дата обращения 06.02.2024).

18. Рожин А.Н., Бакшаева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258с.

19. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения 21.01.2024).

20. СанПиН 2.4.2821-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902256369> (дата обращения 30.12.2023).

21. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с.

22. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001026> (дата обращения 15.12.2023).

23. 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 15.12.2023).

24. СП 256.1325800.2016. Свод правил. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139957> (дата обращения 30.12.2023).

25. СП 323.1325800.2017. Территории селитебные. Правила проектирования наружного освещения. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/556794135> (дата обращения 21.01.2024).

26. 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 16.12.2023).

27. СП 59.13330.2012. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001 (с Изменением №1) [Электронный ресурс]. <https://docs.cntd.ru/document/1200089976> (дата обращения 04.02.2024).

28. СП 6.13130.2021 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 30.12.2023).

29. Федеральный закон от 23 ноября 2009г. № 261-ФЗ. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 30.12.2023).