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 школьного бассейна в г. Саратов

Обучающийся Е.В. Прошкин
(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

В бакалаврской работе была спроектированная система электроснабжения бассейна. В ходе произведенных расчетов были определены значения активных, реактивных и полных расчетных нагрузок которые составили 52 кВт, 25 квар и 58 кВА соответственно. Основные потребители бассейна относятся к первой и второй категориям надежности электроснабжения.

Для защиты от поражения молниями здание бассейна защищается молниеприёмной сеткой. Контур заземления здания выполнен горизонтальным заземлителем из горячеоцинкованной полосы проложенной в траншее на глубине 0,7 м.

Для распределения электрической энергии выбраны кабели с изоляцией из полимерной композиции, причем для питания панели противопожарных устройств кабели выбраны в огнестойком исполнении. Выбранные сечения кабелей были проверены по токовой нагрузке и допустимым потерям напряжения. Выбраны автоматические выключатели и выключатели дифференциального тока.

Произведенный расчет системы внутреннего рабочего освещения здания и выбрано необходимое количество светильников для обеспечения требуемых норм освещенности. Определены параметры наружного освещения здания бассейна и выбран питающий бронированный кабель до мачт со светодиодными светильниками. Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 44 страницы текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение 4
1 Выбор схемы электроснабжения и определение расчетных электрических нагрузок по зданию бассейна 9
2 Выбор общих решений по электроснабжению объекта 12
3 Определение параметров системы заземления и молниезащиты здания бассейна 17
4 Выбор проводников и защитных аппаратов 24
5 Выбор системы внутреннего освещения здания бассейна 34
6 Наружное освещение здания бассейна 39
Заключение 41
Список используемой литературы и источников 43

Введение

Проектируемое здание бассейна, расположено на территории средней общеобразовательной школы в поселке Тепличный, входящем в муниципальное образование Саратов. Место расположения проектируемого бассейна на карте поселка Тепличный показано на рисунке 1.

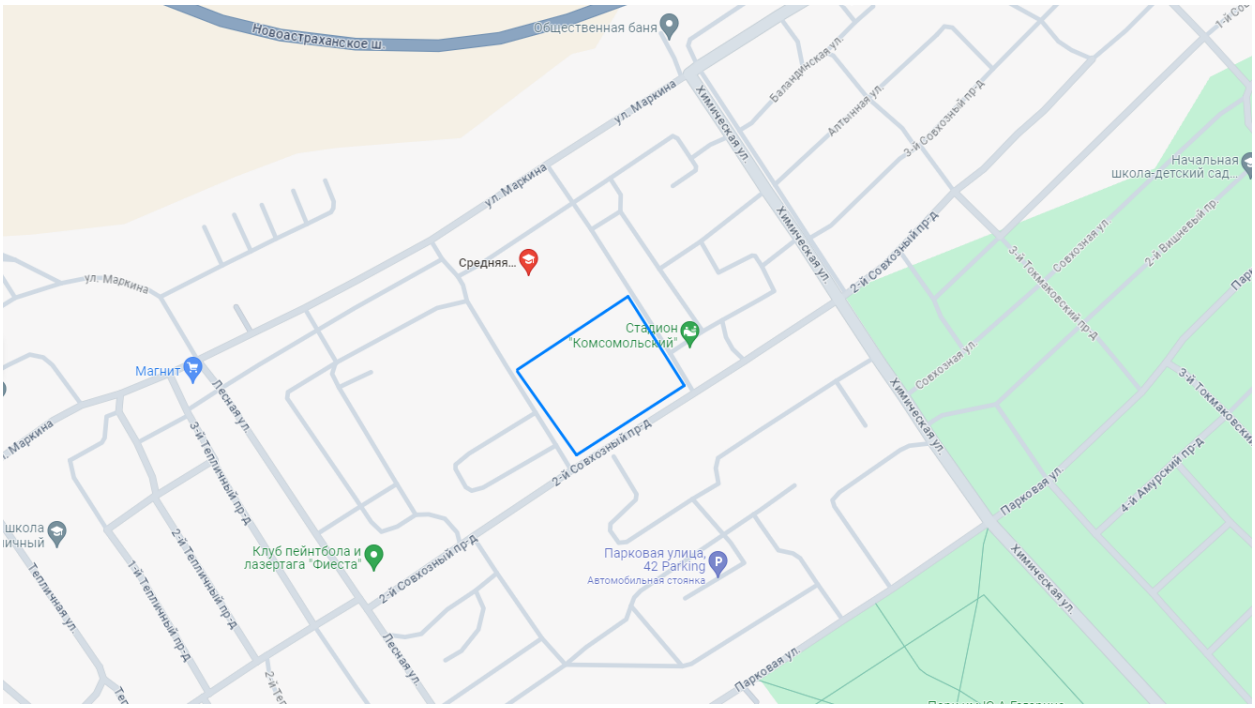


Рисунок 1 - Место расположения проектируемого бассейна на карте поселка Тепличный

Здание бассейна относится к категории «физкультурно-оздоровительный (учебный)» и предназначено для оздоровительных целей, обучения детей плаванию, для проведения учебных занятий образовательными учреждениями и физкультурно-спортивных мероприятий, создания современного архитектурного облика здания школы с обеспечением его доступности для всех групп населения, в том числе инвалидов и маломобильных групп населения (п.4.15 СП 310.1325800.2017 «Бассейны для плавания. Правила проектирования (в ред. на 14.12.2021 г) [22].

Здание бассейна имеет простую прямоугольную форму с габаритными размерами одноэтажного объема помещения ванны бассейна 25,0×11,0 м и высотой до ферм 4,20 м, и расположенными слева от него двухэтажного объема со вспомогательными помещениями, размерами в осях «1-3/А-Г» 12,0×15,0м и высотой этажей 4,0 м.

Здание бассейна включает в себя пять основных групп помещений:

- входная группа помещений (тамбур, коридор с зоной гардероба для верхней одежды);
- спортивно-оздоровительные помещения (помещение ванны бассейна);
- группа помещений вспомогательного назначения (раздевальные помещения для учащихся школы, санузел для персонала, комната дежурной медсестры, кладовая уборочного инвентаря, инвентарная, склад химических реагентов, помещение водоподготовки);
- коммуникационные помещения (коридоры);
- инженерно-технические помещения (тепловой пункт, электрощитовая).

В центральной части 1-го этажа объема со вспомогательными помещениями здания бассейна предусмотрена входная группа помещений, которая включает в себя тамбур, коридор с расширенной частью в зоне входа с зоной гардероба верхней одежды. Контроль входов/выходов осуществляется посредством видеосигнала сотрудниками охраны школы, к зданию которой и пристраивается бассейн. Учащиеся из здания школы могут попасть в здание бассейна непосредственно через переход.

В группу спортивно-оздоровительных помещений входит помещение ванны бассейна на 5 дорожек габаритами ванны в плане 25×11м и глубиной 1,2 м. По периметру ванны бассейна предусмотрены обходные дорожки шириной не менее 2,0 м. К основному помещению проектируемого здания, помещению с ванной бассейна, примыкают вспомогательные, обеспечивающие возможность проведения учебно-тренировочных занятий. В

состав вспомогательных помещений бассейна входят отдельные раздевальные, инвентарная, комната с рабочим местом дежурной медсестры, помещения водоподготовки и хранения уборочного инвентаря, химических реагентов. Лаборатория для контроля за качеством воды в группе помещений вспомогательного назначения здания бассейна отсутствует (образцы воды будут передаваться в специализированную лабораторию для проведения анализов). Внутренняя планировка помещений проектируемого бассейна соответствует гигиеническому принципу поточности: продвижение посетителей осуществляется по функциональной схеме - раздевальные бассейна, душевая, ванна бассейна. Единовременная пропускная способность бассейна при школе в расчете на занятия одного класса составляет не боле 26 человек за 45 минут или 1,5 часа, в зависимости от плана - графика школы. Водная поверхность ванны проектируемого бассейна разделена на дорожки шириной 2-2,5м. На обходной дорожке ванны бассейна для плавания предусмотрено место для дежурного инструктора (спасателя), площадью не менее 2 $м^2$ [17].

Для занимающихся в составе проектируемого бассейна предусмотрены две раздевалки для мальчиков и девочек, которые рассчитаны на 15 человек каждая. В каждую раздевальную должен быть обеспечен доступ для одного МГН. При каждой раздевалке запроектированы по пять открытых душевых кабин, в том числе одна для МГН, и санитарный узел, выполненный по типу доступной санитарной кабины для МГН [25].

Со входом с обходной дорожки ванны бассейна, в осях «3/В», в работе предусмотрена инвентарная для хранения акваинвентаря и роллера для разделительных волногасящих дорожек.

В составе вспомогательных помещений бассейна в работе также предусмотрена комната дежурной медсестры с непосредственным выходом на обходную дорожку ванны бассейна и площадью 11,63 $м^2$ с учетом нормативного 15% снижения площади помещений медицинского назначения. Вход в помещение дежурной медсестры осуществляется из общего коридора.

При общем количестве персонала, не превышающем 50-ти человек в смену, в составе помещений бассейна в работе предусмотрен общий для женского и мужского персонала учреждения санузел, смежно расположенный с комнатой дежурной медсестры.

Для хранения уборочного инвентаря запроектирована отдельная кладовая. В кладовой уборочного инвентаря установлены раковина, а для слива воды используется трап.

Отдельных помещений предприятий питания в здании бассейна не предусмотрено, потому как в составе помещений школы предусмотрены столовая для учащихся, комната или специально выделенные зоны в помещениях для приема пищи персонала [16].

Помещения для размещения оборудования систем энергоснабжения здания (тепловой пункт, электрощитовая) размещены в подвальном помещении с выходами на улицу через коридор. В подвале также размещены помещение водоподготовки и склада привозных химических реагентов (готовых коагулирующих и дезинфицирующих растворов), имеющего выход непосредственно на улицу. Помещение склада рассчитано на хранение месячного запаса реагентов и соответствует требованиям, предъявляемым к хранению применяемых реагентов, указанным в документах на поставку, а также требованиям строительных норм и правил и правил пожарной безопасности. Все помещения здания проектируемого здания бассейна школы связаны между собой непосредственно дверными проемами или коридорами, использующимися также для эвакуации занимающихся и персонала.

В проектируемом здании бассейна школы устанавливается необходимое количество современного оборудования серийного изготовления, отечественного или импортного производства, в том числе спортивного, офисного, складского, а также мебели, оргтехники, создающей нормальные условия труда для работников и занимающихся.

Целью бакалаврской работы является проектирование системы

электроснабжения бассейна, отвечающей требованиям безопасности, надежности и экономичности.

1 Выбор схемы электроснабжения и определение расчетных электрических нагрузок по зданию бассейна

Для потребителей II категории надежности электроснабжения предусматривается основной источник питания ТП-3427 10/0,4кВ. Основной источник питания 1-я секция шин РУ-0,4кВ ТП- 3427, резервный источник питания 2-я секция шин РУ-0,4кВ ТП-3427.

Учет электроэнергии осуществляется счетчиком электроэнергии, установленным в РУ-0,4кВ ТП-3427 10/0,4кВ. Напряжение питающей и распределительной сети ~400/230 В. Система заземления принята TN-C-S.

Расчетная нагрузка здания бассейна определена в соответствии с СП 256.1325800.2016.

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{р.р}$, следует определять по формуле» [21]:

$$P_{р.р} = K_{с.р} \cdot P_{у.р} \cdot n, \quad (1)$$

где $K_{с.р}$ - расчетный коэффициент спроса;

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

n - число розеток» [21].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{р.о}$, следует определять по формуле» [21]:

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

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

$P_{р.р}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [21].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{р.с}$, следует определять по формуле» [21]:

$$P_{р.с} = K_с \cdot P_{у.с}, \quad (3)$$

где «$K_с$ - расчетный коэффициент спроса;

$P_{у.с}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [21].

«Расчетную электрическую нагрузку питающих линий и вводов в рабочем и аварийном режимах при совместном питании силовых электроприемников и освещения $P_р$, следует определять по формуле» [21]:

$$P_р = K(P_{р.о} + P_{р.с} + K_1 \cdot P_{р.х.с}), \quad (4)$$

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;

$P_{р.о}$ - расчетная электрическая нагрузка освещения;

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

$P_{р.х.с}$ - расчетная электрическая нагрузка холодильного оборудования систем кондиционирования воздуха» [21].

Результаты определения расчетных нагрузок по зданию бассейна заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета электрических нагрузок на ВРУ-1

Наименование электроприемников	Установленная мощность, кВт	Коэффициенты				Расчетная мощность			Расчетный ток Ip,A
		Коэффициент спроса	Коэффициент мощности cos ф	Коэффициент реактивной мощности tg ф	Коэффициент несовпадения максимумов	Активная Pp,кВт	Реактивная Qp,квар	Полная Sp,кВА	
Освещение рабочее	2,8	0,90	0,95	0,33	1,00	2,5	0,8	-	-
Аварийное освещение	0,7	1,00	0,95	0,33	1,00	0,7	0,2	-	-
Вентиляция	38,0	0,80	0,80	0,75	1,00	30,4	22,8	-	-
Розеточная сеть	6,2	0,80	0,95	0,33	1,00	5,0	1,7	-	-
Фасадное освещение	0,1	1,00	0,95	0,33	1,00	0,1	0,0	-	-
Охранные системы	0,5	1,00	0,95	0,33	1,00	0,5	0,2	-	-
ИТП	3,0	0,90	0,80	0,75	1,00	2,7	2,0	-	-
Слаботочные устройства	1,7	1,00	0,95	0,33	1,00	1,7	0,6	-	-
Противопожарные устройства	0,8	1,00	0,95	0,33	1,00	0,8	0,3	-	-
Оборудование водоподготовки	8,7	0,80	0,80	0,75	1,00	7,0	5,3	-	-
Освещение территории	1,0	1,00	0,95	0,33	1,00	1,0	0,3	-	-
Итого на ВРУ (до компенсации)	63,5	0,83	0,90	0,48	-	52,4	25,5	58,3	87,3

Выводы по разделу.

Произведен расчет максимальных нагрузок. Активная расчетная нагрузка на шинах ВРУ составила 52,4 кВт, реактивная 25,5 квар, полная 58,3 кВА, а суммарный расчетный ток составил 87,3 А.

2 Выбор общих решений по электроснабжению объекта

По степени надежности электроснабжения электроприемники здания относятся к I и II категории согласно ПУЭ [14].

Качество электроэнергии соответствует ГОСТ 32144-2013 [4]. В электрических сетях низкого напряжения стандартное номинальное напряжение электропитания равно 220 В (между фазным и нейтральным проводниками для однофазных и четырехпроводных трехфазных систем) и 380 В (между фазными проводниками для трех- и четырехпроводных трехфазных систем). Для указанных выше показателей качества электроэнергии установлены следующие нормы: положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10% номинального или согласованного значения напряжения в течение 100% времени интервала в одну неделю.

Суммарные потери напряжения от шин 0,4 кВ ТП до наиболее удаленного осветительного прибора общего освещения в здании не превышают 7,5 %. При этом потери напряжения от ВРУ до наиболее удаленного светильника составляют не более 3%, согласно ГОСТ 32145-2013, а до прочих потребителей - не более 4% [5]. В качестве вводного устройства здания предусматривается устройство ВРУ1, устанавливаемое в помещениях электрощитовой. Учет электроэнергии осуществляется в РУ-0,4кВ ТП-3427.

Схема электроснабжения ВРУ приведена на рисунке 2, а расположение электрооборудования в помещении щитовой на рисунке 3.

«Электроснабжение помещений здания осуществляется от распределительных щитков. В щитках устанавливаются вводные выключатели нагрузки, автоматические выключатели дифференциального тока на розеточные линии, а также на линии освещения, с комбинированными расцепителями для защиты электрических сетей от КЗ и перегрузок» [2]. Щитки навесного исполнения. Низ щитка располагается в

1,5 м от уровня пола.

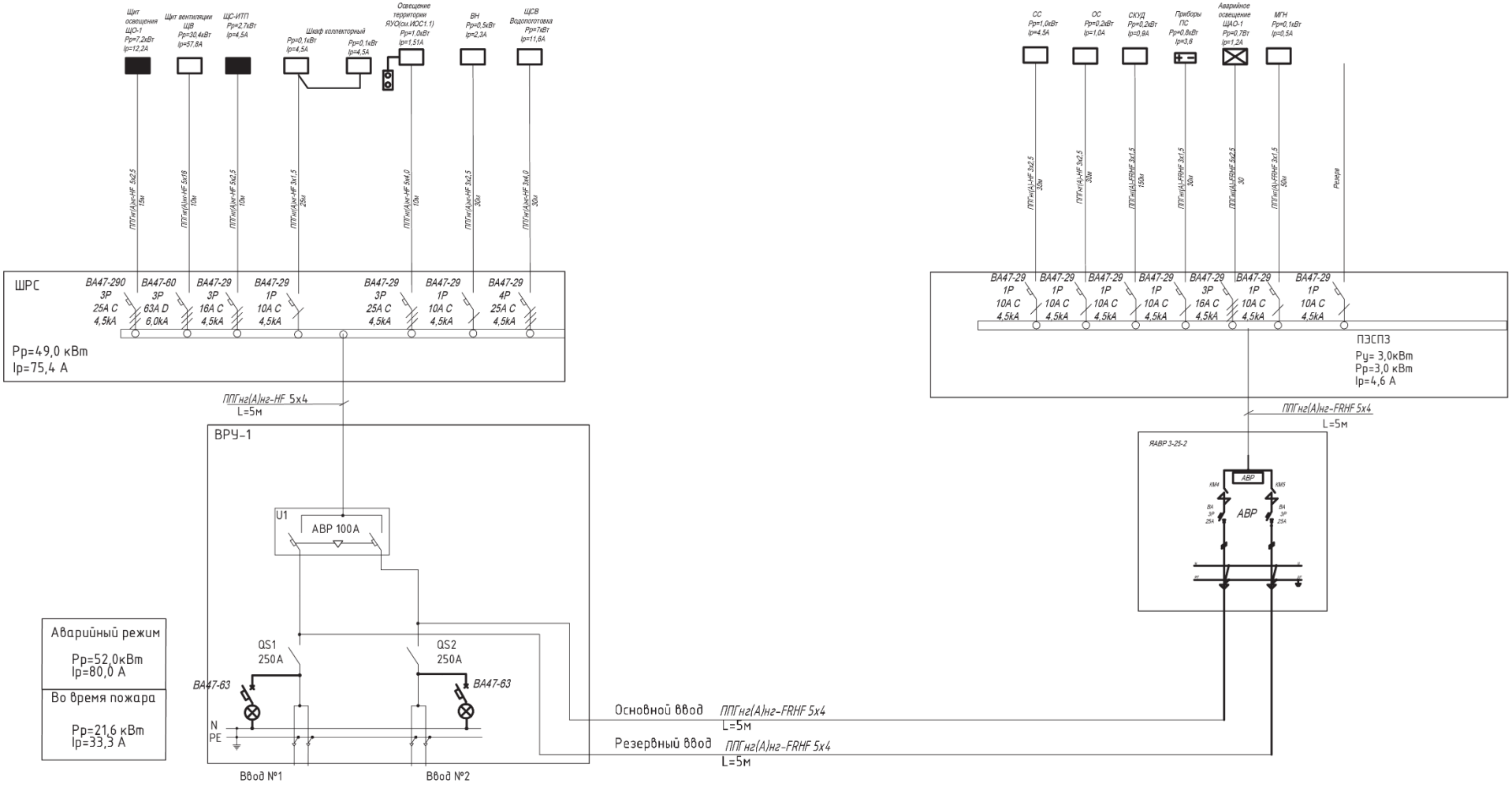


Рисунок 2 – Схема электроснабжения ВРУ

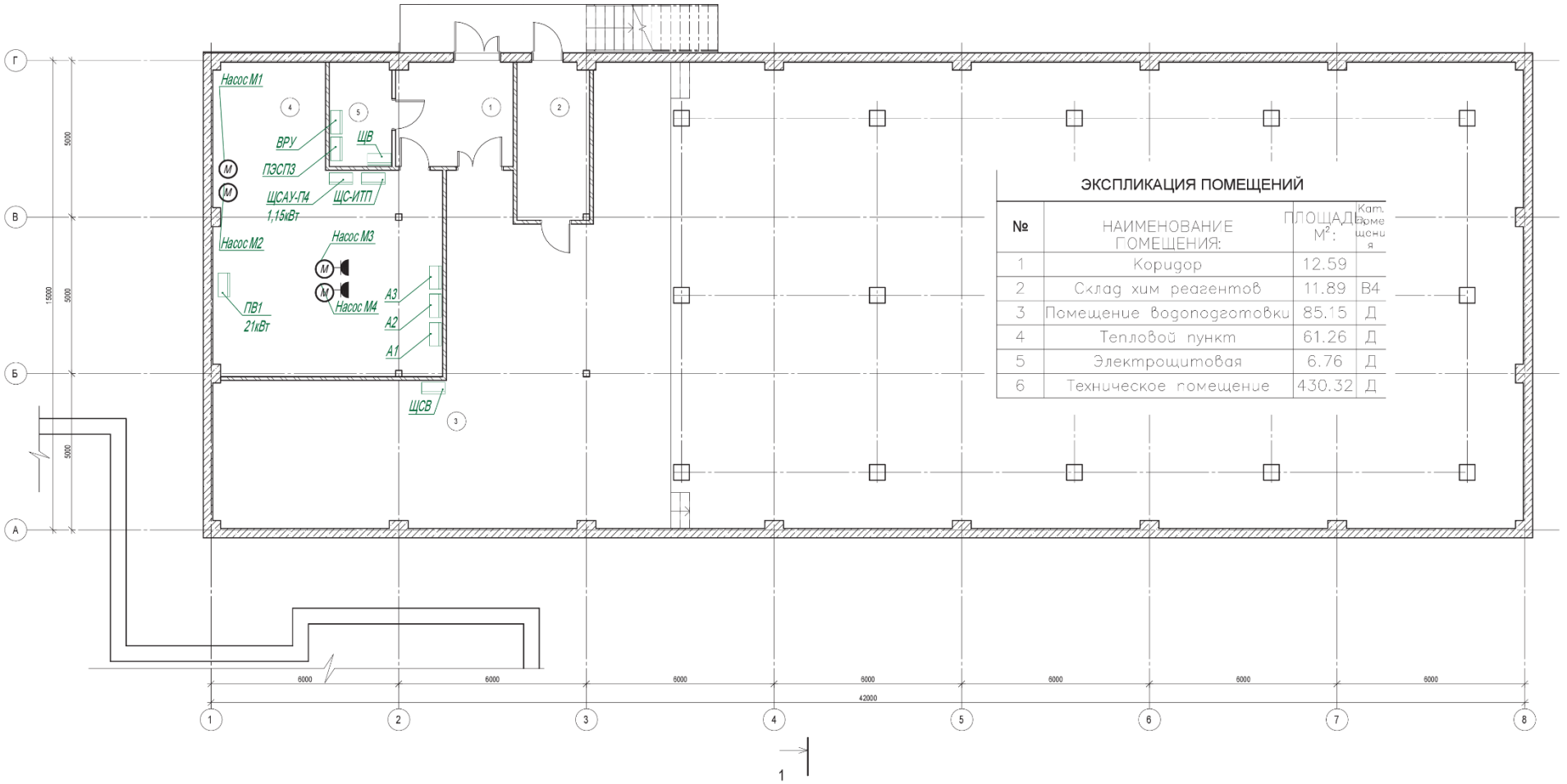


Рисунок 3 - Расположение электрооборудования в помещении щитовой

Розетки в помещениях устанавливаются на отметке 0,8м от уровня пола, выключатели электроосвещения 1,8м от уровня пола [18].

В работе предусмотрен ряд мероприятий по доступности здания для маломобильных групп населения:

- высота выключателей освещения и розеток в помещениях для МГН (санузлы МГН) принята 0,4- 0,8 м от уровня пола;
- «предусмотрено аварийное эвакуационное освещение в местах пребывания МГН;
- освещенность для мест пребывания МГН принята на ступень выше нормируемой» [18].

Защита и управление наружным освещением территории выполняется с ЯУО-1. Управление предусмотрено в ручном и автоматическом режимах. Управление освещением входных групп предусмотрено от фотодатчика [23].

«Для электроосвещения здания предусматривается установка энергосберегающих светодиодных светильников, имеющих по сравнению с другими источниками света, при одинаковом световом потоке, меньшее энергопотребление» [27].

«Все источники света, используемые в данной работе, соответствуют требованиям постановления Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2020 г. №2255 и имеют сертификаты, подтверждающие надлежащее качество и безопасность примененных светодиодных осветительных приборов» [13].

Выбраны оптимальные с точки зрения энергоэффективности сечения проводов и кабелей.

Планируемый годовой расход электроэнергии по зданию составит 459024 кВт·ч. Площадь составляет 1271,0 м^2. Годовой удельный расход электроэнергии составляет 361,15 кВт·ч/м^2.

Выводы по разделу. Определены требования к оснащению ВРУ для обеспечения требований к надежности электроснабжения потребителей I и II категории по надежности электроснабжения.

3 Определение параметров системы заземления и молниезащиты здания бассейна

Молниезащита здания выполнена согласно требованиям СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [20].

Объект по опасности ударов молнии классифицируется как обычный, а по уровню защиты от прямых ударов молнии имеет III уровень.

«Молниезащита осуществляется путем установки молниеприемной сетки на кровле с шагом не более 10×10 м из круглой стали диаметром 8 мм. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, вентиляционные устройства, металлические ограждения, стойки) присоединяются к молниеприёмной сетке круглой сталью диаметром 8 мм, а все неметаллические выступающие части оборудуются дополнительными молниеприемниками (также выполненными круглой сталью диаметром 16 мм) выше на 0,5 м от выступающих частей, соединяются с молниеприемной сеткой круглой сталью диаметром 8 мм. Предусмотрены молниеотводы высотой 3 метра.

От молниеприемника предусматриваются спуски (токоотводы) к наружному заземляющему устройству. Токоотводы проложены через 20 м друг от друга по периметру здания и выполнены круглой сталью диаметром 8 мм на внешней стороне стены. Расстояние от входных дверей и окон до токоотводов - максимально возможное» [15]. Допускается прокладывать токоотводы под несгораемыми отделочными материалами.

План молниезащиты и заземления бассейна приведен на рисунке 4.

«Выполнен контур заземления здания, состоящий из горизонтального заземлителя (стальная горячеоцинкованная полоса 40×4 мм). Расстояние от фундамента здания до горизонтального заземлителя не менее 1 м. Глубина траншеи 0,7 м. После монтажа заземлителей, траншея засыпается грунтом, не содержащим камней и строительного мусора» [7].

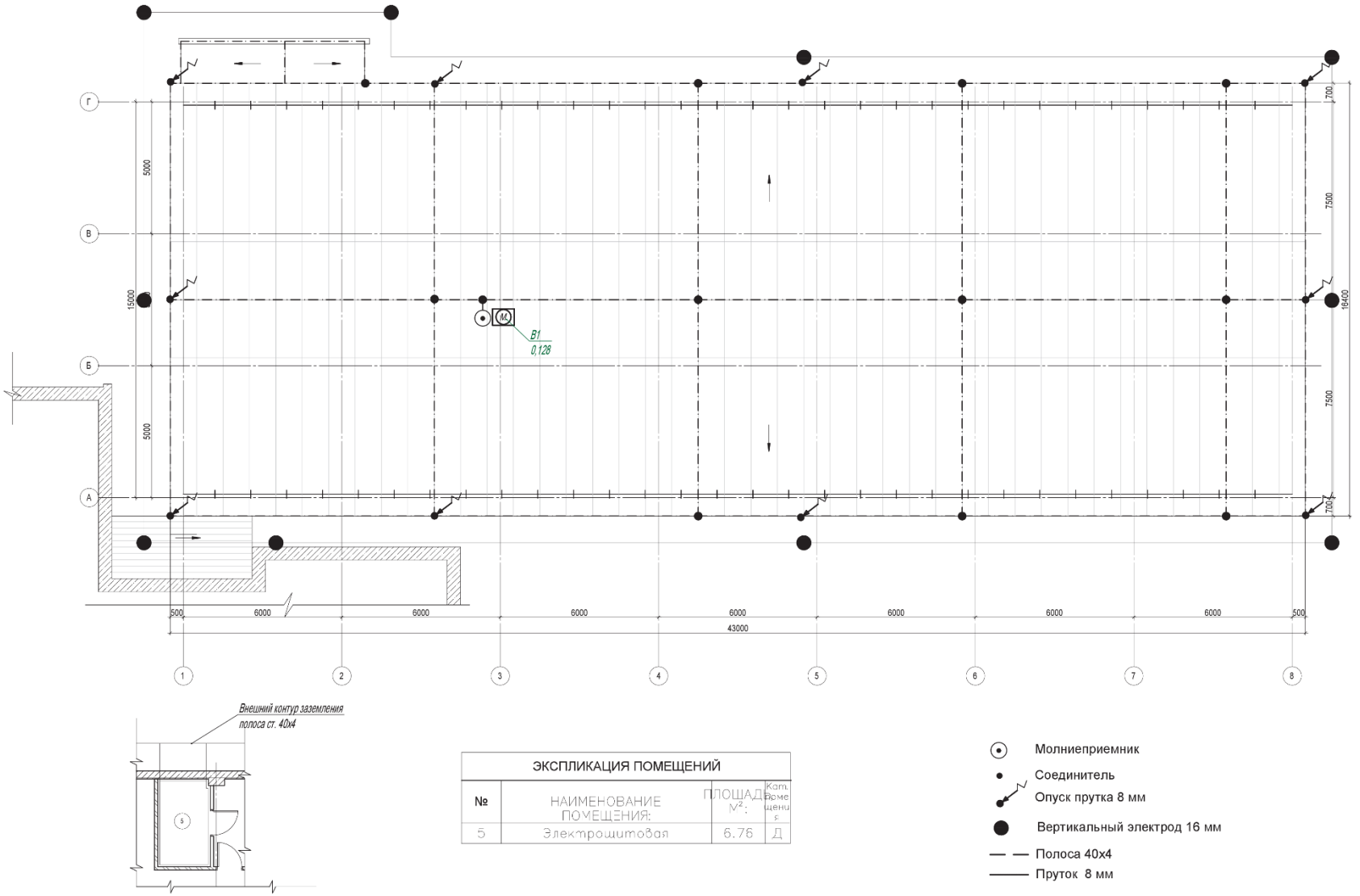


Рисунок 4 - План молниезащиты и заземления здания бассейна

Заземляющее устройство бассейна необходимо соединить с существующим заземляющим устройством школы.

«Все соединения токоотводов, молниеприемника, заземляющих устройств, должны быть выполнены сваркой (с восстановлением цинкового покрытия в местах сварки) или специальными болтовыми соединителями.

От наружного контура заземления заведены два заземляющих проводника в электрощитовую здания, и присоединены к ГЗШ здания» [7].

Схема уравнивания потенциалов приведена на рисунке 5.

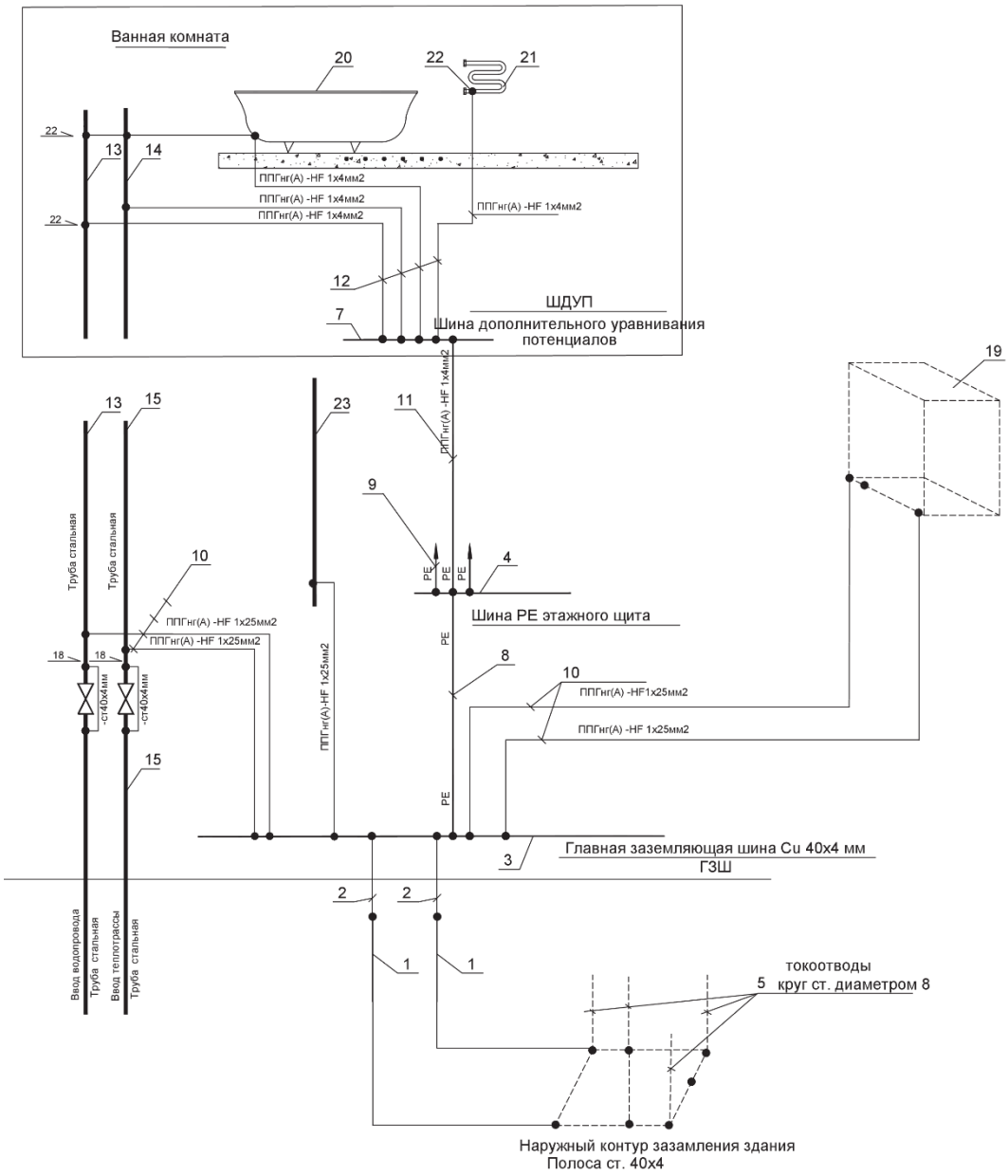


Рисунок 5 - Схема уравнивания потенциалов

На схеме уравнивания потенциалов используются следующие обозначения:

- позиция 1 – заземлитель;
- позиция 2 – заземляющий проводник ст. полоса 40×4;
- позиция 3 – главная заземляющая шина (медная);
- позиция 4 – шина РЕ главного распределительного щита ЩЭ;
- позиция 5 – токоотводы;
- позиция 6 – вертикальные электроды;
- позиция 7 – коробка с медной шиной дополнительной системы уравнивания потенциалов;
- позиция 8 – проводник от шины РЕ ГЗШ;
- позиция 9 – защитный проводник РЕ в составе распределительной или групповой сети;
- позиция 10 – проводники основной системы уравнивания потенциалов;
- позиция 11 – защитный проводник дополнительной системы уравнивания потенциалов;
- позиция 12 – проводники системы дополнительного уравнивания потенциалов;
- позиция 13 – труба холодного водопровода;
- позиция 14 – труба горячего водопровода;
- позиция 15 – труба отопления;
- позиция 18 – шунтирующие перемычки задвижек трубопроводов;
- позиция 19 – металлоконструкции (фундамент) здания;
- позиция 20 – металлическая ванна (поддон);
- позиция 21 – полотенцесушитель стальной;
- позиция 22 – хомут;
- позиция 23 – металл, направляющие лифта.

«Магистрали уравнивания потенциалов электрощитовой, выполнены

стальной полосой 40×4 мм.

Система заземления здания принята TN-C-S.

На вводе в здание предусматривается основная система уравнивания потенциалов, соединяющая между собой с помощью главной заземляющей шины (ГЗШ) следующие проводящие части:

- защитные заземляющие нулевые проводники питающих кабельных линий (PEN);
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание;
- металлические части каркаса здания;
- систему молниезащиты здания;
- металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке ввода в здание.

В качестве главной заземляющей шины используется PE шина вводного устройства» [7].

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

$$R_{во} = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.в}}{l} \cdot (\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l}), \quad (5)$$

где «$\rho_{расч.в}$ – 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]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (6)$$

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

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

$$R_в = \frac{R_{во}}{\eta_в \cdot n_в}, \quad (7)$$

где «$\eta_в$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [12].

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

$$R_г = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.г}}{l_г} \cdot \lg \frac{2l_г^2}{b \cdot t_0}, \quad (8)$$

где «$l_г$ – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [12].

«Расчетное результирующее сопротивление $R_и$ заземляющего устройства» [12]:

$$R_и = \frac{R_г \cdot R_в}{R_г + R_в}, \quad (9)$$

В душевых комнатах и моечных предусмотрена дополнительная система уравнивания потенциалов, где к защитному заземляющему проводнику PE с помощью шины ШДУП должны быть присоединены все сторонние проводящие части: металлические трубы холодного, горячего водоснабжения, канализации, трубы отопления, металлические корпуса ванн

(поддонов, моек и т.д.). Осветительные опоры заземляются PE-проводником кабельной линии.

Выводы по разделу.

В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий, здание бассейна по опасности ударов молнии классифицируется как обычное, а по уровню защиты от прямых ударов молнии имеет III уровень.

Молниезащита осуществляется путем установки молниеприемной сетки на кровле с шагом не более 10×10 м из круглой стали диаметром 8 мм. Для защиты выступающих частей предусмотрены молниеотводы высотой 3 метра.

Система заземления здания принята TN-C-S. Выполнен расчет контура заземления здания бассейна.

Контур заземления здания состоит из горизонтального заземлителя (стальная горячеоцинкованная полоса 40×4 мм), проложенного на расстоянии 1 м от фундамента здания в траншее глубиной 0,7 м.

От наружного контура заземления заведены два заземляющих проводника в электрощитовую здания, и присоединены к ГЗШ здания.

4 Выбор проводников и защитных аппаратов

Кабельные силовые линия 0,4 кВ в здании здания выполнены кабелем ППГнг(А)-HF. До панелей ПЭСПЗ прокладывается кабель марки ППГнг(А)-FRHF.

«Групповые сети общего освещения здания прокладываются кабелем ППГнг(А)-HF-3×1,5. Для аварийной сети освещения используется кабель ППГнг(А)-FRHF проводники N и PE берутся на каждую групповую линию отдельно, начиная от распределительного щита. Розеточная сеть выполняется кабелем ППГнг(А)-HF-3×2,5» [3].

На рисунках 6 и 7 показан внешний вид кабелей ППГнг(А)-HF и ППГнг(А)-FRHF соответственно.

Рисунок 6 - Внешний вид кабелей ППГнг(А)-HF

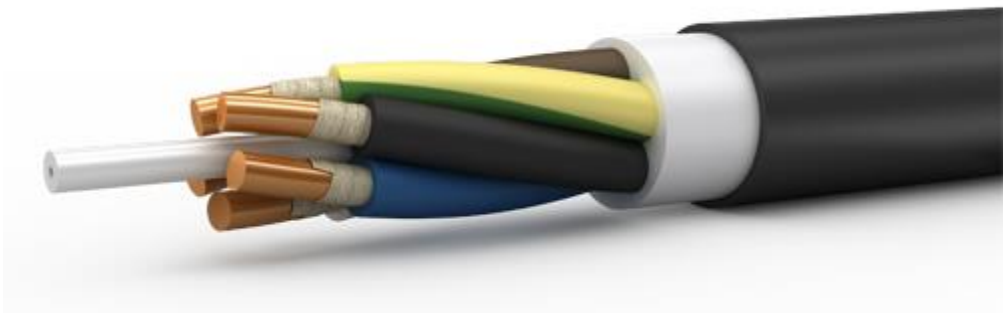


Рисунок 7 - Внешний вид кабелей ППГнг(А)-FRHF

Магистральная питающая электрическая сеть и групповые линии первого этажа выполнены кабелем ППГнг(А)-HF и ППГнг(А)-FRHF (для аварийных и противопожарных устройств) скрыто в штробах, в металлических лотках и в безгалогенных HF ПВХ трубах за подвесными потолками [1]. Магистральная питающая электрическая сеть и групповые линии подвальных помещений выполнены кабелем ППГнг(А)-HF и ППГнг(А)-FRHF открытым способом в лотках и в безгалогенных HF ПВХ трубах [11].

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

$$I_{дд} = I_{ном.дд} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (10)$$

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]:

$$U = \frac{I_{расч} \cdot L \cdot R_{уд}}{S}, \quad (11)$$

где «$I_{расч}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

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

S - сечение провода, мм» [12].

«Все проходы кабелей и проводов в защитной оболочке из стальной трубы через стены, перегородки, междуэтажные перекрытия, должны иметь заделки с огнестойкостью не ниже огнестойкости строительных конструкций, в которых выполнен проход (п. 15.25 СП 256.1325800.2016)» [21].

Типы групповых щитков, пусковая аппаратура, марка и сечения проводов, способы их прокладки приведены на нижеследующих рисунках после выбора автоматических выключателей.

«Согласно ПУЭ изд.7 и СП 256.1325800.2016 конструкции светильников, щитков, аппаратов, выключателей, розеток, всех основных узлов и деталей осветительных установок, предусмотрены с классом защиты, соответствующим среде помещений, в которых они располагаются. Применяемые в проекте светильники имеют необходимые сертификаты соответствия» [6].

«Все автоматические выключатели с комбинированными расцепителями для защиты электрических сетей от токов КЗ и перегрузок, а дифференциальные автоматы, реагирующие на дифференциальный ток, не превышающий 30 мА и обеспечивающие электро- и пожаробезопасность установок. Уставки токов трогания расцепителей автоматических выключателей, сечения проводников выбраны из условия обеспечения надежного отключения при однофазных коротких замыканиях в сети 0,4 кВ» [8].

«Расчетный ток короткого замыкания определяем по формуле» [2]:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{0{,}9 \cdot U_{ф}}{\frac{Z_{т}}{3} + Z_{п} + Z_{пк}}, \qquad (12)$$

где «$U_ф$ - фазное напряжение, В;

$Z_т$ - сопротивление обмотки трансформатора в Ом;

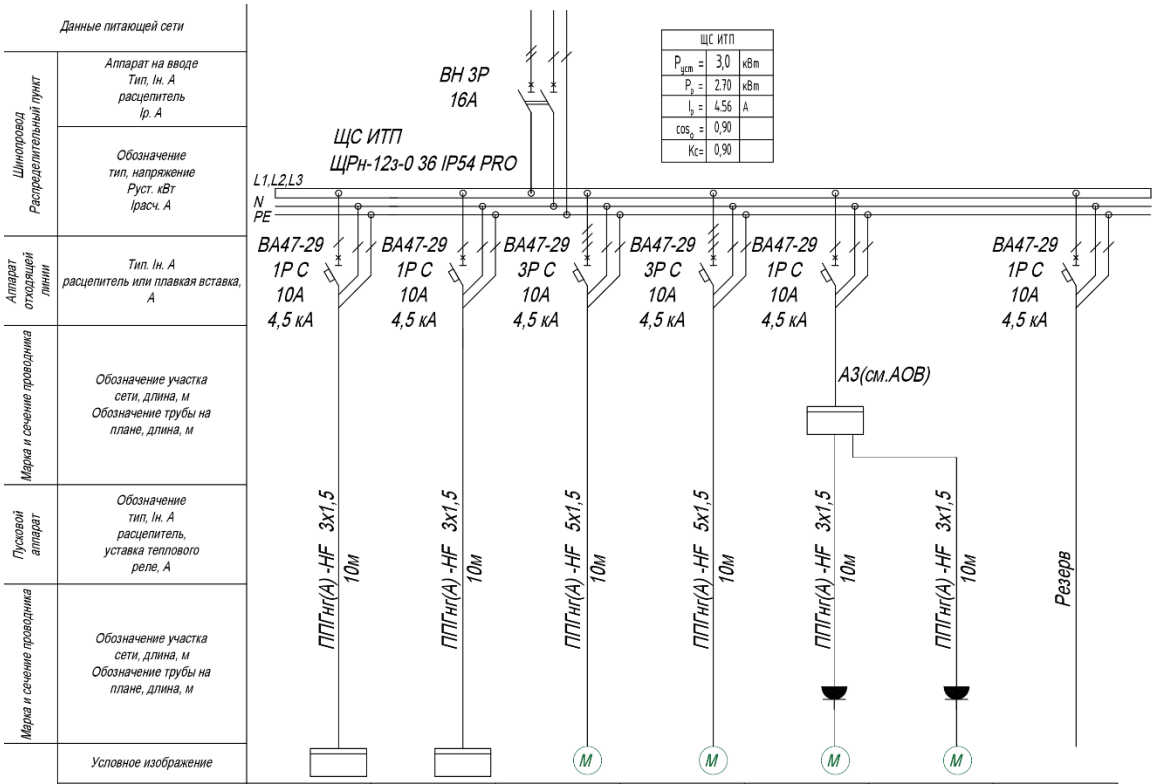
$Z_п$ - полное сопротивление петли фаза-ноль линии от трансформатора до точки КЗ в Ом;

$Z_{пк}$ - сопротивление переходных контактов в Ом» [2].

Величины $Z_т$ и $Z_{пк}$ определяются по табличным данным.

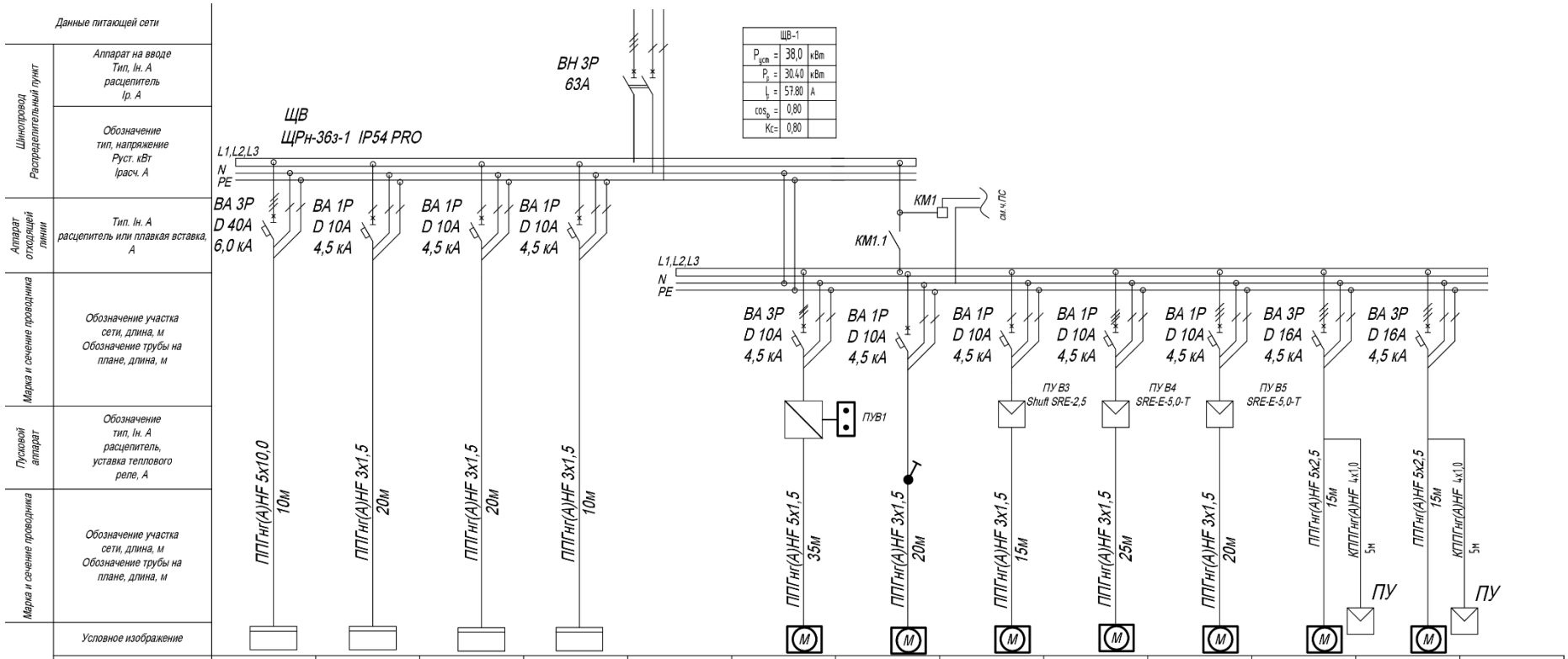
«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

Результаты выбора автоматических выключателей, выключателей дифференциального тока и проводников приведены на рисунках 8-11.



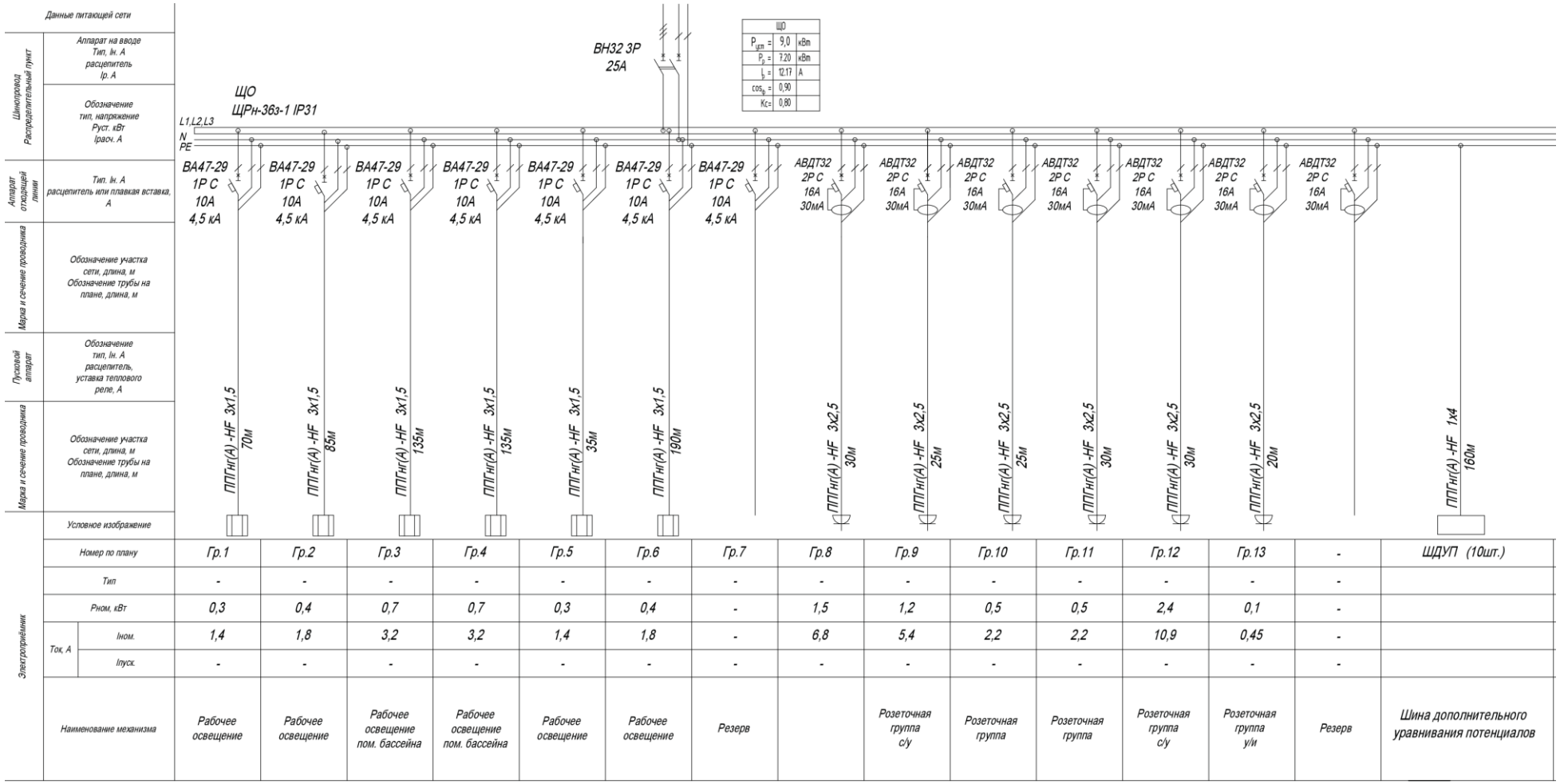
Данные питающей сети	Номер по плану	А1	А2	М1	М2	М3	М4	-
Шинопровод Распределительный пункт	Тип	1ф	1ф	3ф	3ф	1ф	1ф	-
Аппарат на вводе Тип, Iн. А расцепитель Ір. А	Рном, кВт	1,0	0,1	0,7	0,7	0,25	0,25	
Обозначение тип, напряжение Руст. кВт Ірасч. А	Ток, А Iном.	0,45	0,45	1,25	1,25	0,45	0,45	
Аппарат отходящей линии	Ток, А Iпуск.	-	-	-	-	-	-	-
Тип. Iн. А расцепитель или плавкая вставка, А	Наименование механизма	Контроллер ECL-3R A368 (см. АОА)	Теплосчётчик (см. АОВ)	Циркуляционный насос	Циркуляционный насос	Дренажный насос	Дренажный насос	Резерв
Марка и сечение проводника Обозначение участка сети, длина, м Обозначение трубы на плане, длина, м								
Пусковой аппарат Обозначение тип, Iн. А расцепитель, уставка теплового реле, А								
Марка и сечение проводника Обозначение участка сети, длина, м Обозначение трубы на плане, длина, м								
Электроприёмник Условное изображение								

Рисунок 8 - Однолинейная расчетная схема ЩС ИТП



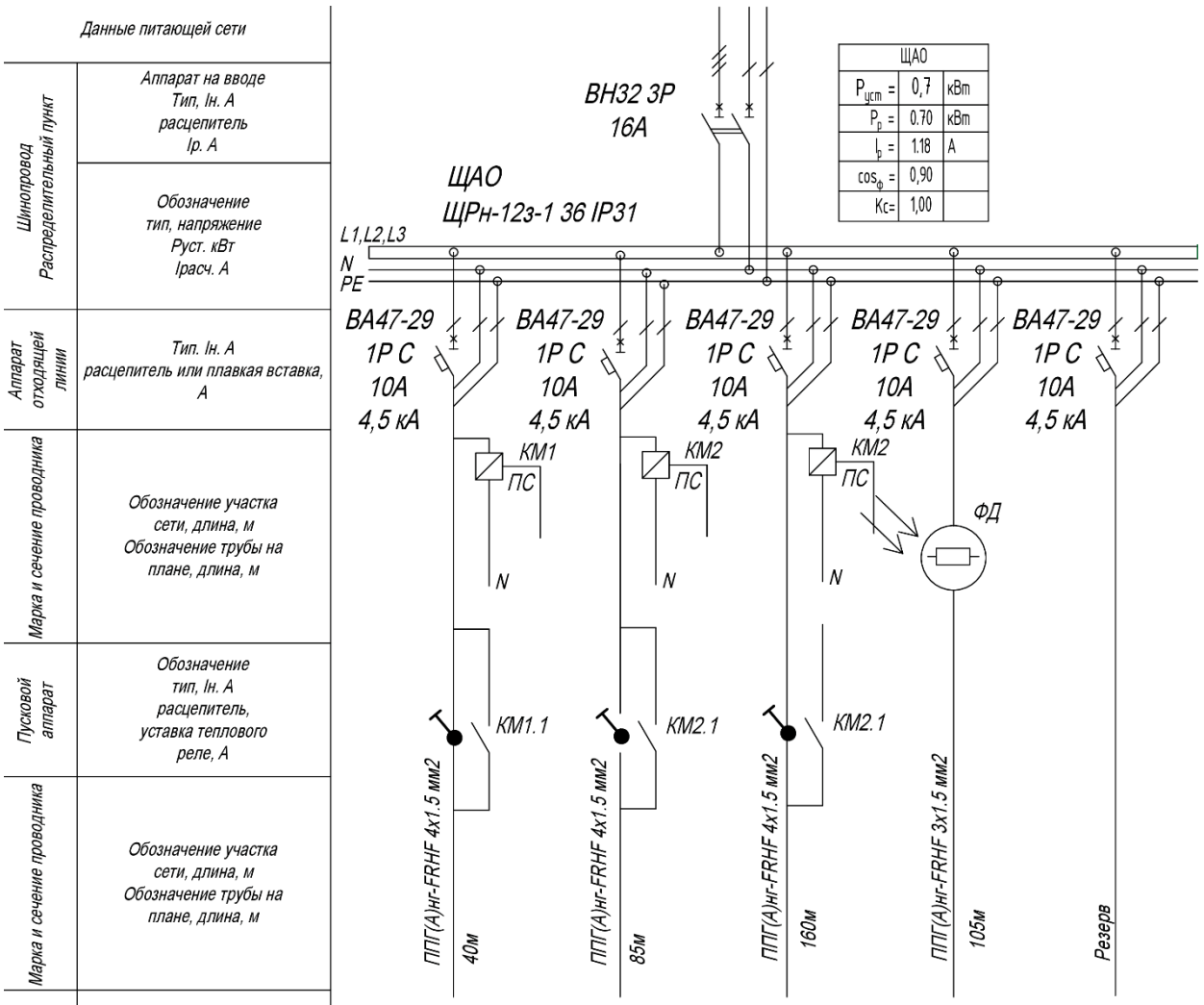
Данные питающей сети													
Шинопровод Распределительный пункт	Аппарат на вводе Тип, Iн. А расцепитель Iр. А												
	Обозначение тип, напряжение Руст. кВт Iрасч. А												
Аппарат отходящей линии	Тип. Iн. А расцепитель или плавкая вставка, А												
Марка и сечение проводника	Обозначение участка сети, длина, м Обозначение трубы на плане, длина, м												
Пусковой аппарат	Обозначение тип, Iн. А расцепитель, уставка теплового реле, А												
Марка и сечение проводника	Обозначение участка сети, длина, м Обозначение трубы на плане, длина, м												
	Условное изображение												
Электроприёмник	Номер по плану	ЩСАУ-ПВ1	ЩСАУ-П2	ЩСАУ-П3	ЩСАУ-П4		В1	В2	В3	В4	В5	У1	У2	-
	Тип	3ф	1ф	1ф	1ф		3ф	1ф	1ф	1ф	1ф	3ф	3ф	-
	Рном, кВт	21,0	0,7	1,15	1,15		0,128	0,016	0,059	0,9	0,9	6,0	6,0	-
	Ток, А Iном.	35,0	3,2	5,3	5,3		0,2	0,07	0,27	4,1	4,1	10,7	10,7	-
	Ток, А Iпуск.	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
	Наименование механизма	Шкаф управления ПВ1	Шкаф управления П2	Шкаф управления П2	Шкаф управления П3		Вытяжной вентилятор В1	Вытяжной вентилятор В2	Вытяжной вентилятор В3	Вытяжной вентилятор В4	Вытяжной вентилятор В4	Тепловая завеса У1	Тепловая завеса У2	Резерв

Рисунок 9 - Однолинейная расчетная схема ЩВ



Номер по плану	Тип	Рном, кВт	Ток, А Iном.	Ток, А Iпуск.	Наименование механизма
Гр.1	-	0,3	1,4	-	Рабочее освещение
Гр.2	-	0,4	1,8	-	Рабочее освещение
Гр.3	-	0,7	3,2	-	Рабочее освещение пом. бассейна
Гр.4	-	0,7	3,2	-	Рабочее освещение пом. бассейна
Гр.5	-	0,3	1,4	-	Рабочее освещение
Гр.6	-	0,4	1,8	-	Рабочее освещение
Гр.7	-	-	-	-	Резерв
Гр.8	-	1,5	6,8	-	
Гр.9	-	1,2	5,4	-	Розеточная группа с/у
Гр.10	-	0,5	2,2	-	Розеточная группа
Гр.11	-	0,5	2,2	-	Розеточная группа
Гр.12	-	2,4	10,9	-	Розеточная группа с/у
Гр.13	-	0,1	0,45	-	Розеточная группа у/и
-	-	-	-	-	Резерв
ШДУП (10шт.)					Шина дополнительного уравнивания потенциалов

Рисунок 10 - Однолинейная расчетная схема ЩО



Номер по плану		Гр.1А	Гр.2А	Гр.3А	Гр.4А	-
Тип		-	-	-	-	-
Рном, кВт		0,1	0,3	0,3	0,1	-
Ток, А	Iном.	0,45	1,4	1,4	0,45	-
	Iпуск.	-	-	-	-	-
Наименование механизма		Аварийное освещение	Аварийное освещение пом.бассейна	Аварийное освещение	Наружное освещение	Резерв

Рисунок 11 - Однолинейная расчетная схема ЩАО

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [12]

$$U_н \geq U_{нс};, \quad (13)$$

– «по номинальному току» [12]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (14)$$

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

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)},, \quad (15)$$

где «$I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [2].

«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 обратно зависимой от тока характеристикой.

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

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

$$k_{рн} \cdot I_у > k_н \cdot I_{пуск},, \quad (16)$$

где «$I_у$ – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

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

$k_н$ - принимается равным 1,1 - 1,5» [12].

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

$$t_i > t_{ni},, \tag{17}$$

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

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

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

$$t_{ср} > t_{доп},, \tag{18}$$

где «$t_{ср}$ – время срабатывания расцепителя;

$t_{доп}$ – допустимое время отключения в соответствие 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]:

$$I_{ра} \le I_{нр} \le I_{доп},, \tag{19}$$

$$I_2 \le 1,45 I_{доп},, \tag{20}$$

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

$I_{нр}$ – номинальный ток расцепителя;

$I_{доп}$ – допустимы 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 соответствие с ПУЭ защита в низковольтных сетях должна быть селективной» [14].

Выключатели автоматические на системах общеобменной вентиляции и насосной группы применяются характеристикой D [10]. Высота установки пусковых аппаратов – 1,2…1,6 м, высота установки розеток в помещениях общего назначения– 1 м, высота установки выключателей освещения в помещениях общего назначения – 1 м.

Выводы по разделу.

Кабельные силовые линия 0,4 кВ в здании здания выполнены кабелем ППГнг(А)-HF. До панелей ПЭСПЗ прокладывается кабель марки ППГнг(А)-FRHF. Для групповых сетей общего освещения здания прокладываются кабели ППГнг(А)-HF-3×1,5, а до розеточной сети кабель ППГнг(А)-HF-3×2,5.

Сечения выбранных кабелей проверены по токовой нагрузке и допустимым потерям напряжения.

«Выбраны автоматические выключатели с комбинированными расцепителями для защиты электрических сетей от токов КЗ и перегрузок, а дифференциальные автоматы, реагирующие на дифференциальный ток, не превышающий 30 мА и обеспечивающие электро- и пожаробезопасность установок. Уставки токов трогания расцепителей автоматических выключателей, сечения проводников выбраны из условия обеспечения надежного отключения при однофазных коротких замыканиях в сети 0,4 кВ» [8].

5 Выбор системы внутреннего освещения здания бассейна

В данной работе предусмотрена система рабочего и аварийного освещения.

Для освещения территории предусмотрено наружное освещение пешеходной зоны и проездных дорог. Приняты светодиодные светильники и прожектора на световых опорах.

В помещениях применяемые светильники имеют индекс светопередачи не менее 90, с ССТ 4000(940), что соответствует постановлению правительства от 24 декабря 2020 г. № 2255 [13].

«Напряжение распределительной сети - 400/230 В, ламп рабочего и аварийного освещения – 230 В, переносного – 42 В.

В данной работе, согласно п. 7.6 СП 52.13330.2016, выполнено аварийное эвакуационное и резервное освещение. Эвакуационное освещение разделяется на: освещение путей эвакуации и антипаническое освещение» [24].

Освещение путей эвакуации выполнено в коридорах и проходах по путям эвакуации, на лестничных маршах, в местах размещения средств пожаротушения.

Антипаническое освещение выполнено в помещениях, площадью более 60 $м^2$, для предотвращения паники и обеспечения условий для безопасного подхода к путям эвакуации.

Резервное освещение выполнено в: электрощитовой и других помещениях, где требуется нормальное продолжение работы при нарушении питания рабочего освещения, а также если связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

– гибель, травмирование или отравление людей;

– взрыв, пожар, длительное нарушение технологического процесса.

Управление аварийным освещением предусмотрено с мест. Предусмотрено автоматическое включение аварийного освещения при

пожаре.

Групповые линии аварийного освещения проложены отдельно от цепей рабочего освещения и других сетей. В местах открытой прокладки цепей аварийного освещения выдерживается расстояние более 300 мм от других сетей.

Совместная прокладка взаиморезервируемых питающих и распределительных линий электроприемников противопожарных устройств, охранной сигнализации и других сетей в одном канале или трубе не допускается.

Светильники рабочего освещения получают питание от этажных щитов ЩО, аварийного от ЩАО по отдельным распределительным линиям.

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования.

«Индекс помещения *i* определяется по выражению» [19]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \tag{21}$$

где «*A* и *B* - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [19].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [19]:

$$N = \frac{E_н \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot Ф_л \cdot \eta}, \tag{22}$$

где «*N* - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

$Ф_л$ - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [19].

«Значение *N* округляется до ближайшего целого числа N_p.

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [19]:

$$P_{н\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{нл}, \quad (23)$$

где «$P_{нл}$ - мощность одной лампы» [19].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B» [19]:

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

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A» [19]:

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (25)$$

«Определяем расстояние между светильниками *L* и расстояние от крайнего ряда светильников до стены *l*» [19]:

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (26)$$

Результаты выбора светильников по помещениям бассейна заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты выбора светильников по помещениям бассейна

Группа светильников	Тип выбранного светильника	Степень защиты	Мощность	Количество
Подвальные помещения				
1	ДБО85-16-001 Tablette 840	IP65	16Вт	2 шт.
2	ДБО88-18-001 CDR 840	IP65	18Вт	8 шт.
2а	ДБО88-18-041 CDR 840 ЕМ3	IP65	18Вт	2 шт.
4	ДПО52-40-501 Optimus 840	IP65	37Вт	13 шт.
4а	ДПО52-40-541 Optimus 840 ЕМ3	IP65	37Вт	7 шт.
Помещения 1-го этажа				
1	ДБО85-16-001 Tablette 840	IP65	16Вт	3 шт.
2	ДБО88-18-001 CDR 840	IP65	18Вт	14 шт.
2а	ДБО88-18-041 CDR 840 ЕМ3	IP65	18Вт	2 шт.
3	ДПО12-38-003 Universal Opal 840	IP20	36Вт	22 шт.
3а	ДПО12-38-043 Universal Opal ЕМ3 840	IP20	36Вт	3 шт.
4а	ДПО52-40-541 Optimus 840 ЕМ3	IP65	37Вт	1 шт.
5	ДСП47-80-601 Arsenal Sport 940	IP65	73Вт	20 шт.
5а	ДСП47-80-641 Arsenal Sport 940 ЕМ1	IP65	73 Вт	4 шт.

«Управление рабочим освещением здания осуществляется выключателями по месту. Управление аварийным освещением мест общего пользования осуществляется по месту выключателями. Управление освещением коридоров и лестничных маршей осуществляется от кнопочных постов с поста охраны.

Управление освещением спортивного зала производится непосредственно из зала, аппараты управления размещены у входных дверей. Управление освещением обеспечивает возможность отключения 2/3 светильников основного освещения при сохранении равномерности освещения» [27].

В помещении санузла МГН освещенность принята на ступень выше нормируемой.

Освещение входных групп предусмотрено светодиодными светильниками IP65, установленными на фасаде здания.

У мест размещения первичных средств пожаротушения и обозначения поста медицинской помощи размещены знаки безопасности. Питание знаков безопасности осуществляется от щитов ЩАО [9].

Выводы по разделу.

В данной работе предусмотрена система рабочего и аварийного освещения.

В помещениях применяемые светильники имеют индекс светопередачи не менее 90. Степень защиты выбрана в соответствии с условиями окружающей среды, большинство светильников выбраны со степенью защиты IP65.

Расчет освещения выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования светового потока.

Светильники рабочего освещения получают питание от этажных щитов ЩО, аварийного от ЩАО по отдельным распределительным линиям.

6 Наружное освещение здания бассейна

Наружное освещение территории бассейна предусмотрено от осветительного ящика ЯУО-9602 установленного в помещении охраны.

На рисунке 12 представлен внешний вид ящика ЯУО-9602, планируемого к установке.

Рисунок 12 - Внешний вид ящика ЯУО-9602

Освещение с нагрузкой 1,42 кВт осуществляется от ящика ЯУО-9602 магистралью Н1 включающей в себя кабельную линию выполненную кабелем ППГнг(А)HF 3×4,0 протянутую в гофрированной трубе по строительным конструкциям и Н2, включающую в себя кабельную линию выполненную кабелем АВБбШв 3×6,0 в двухстенной трубе ДКС диаметром 63мм., опор освещения с установленными на них светодиодными светильниками в количестве 2шт. и светодиодных уличных светильников, установленных на фасад здания на высоте 7,000м от уровня земли. Опоры устанавливаются в грунт в пробуренные отверстия на фундамент и

заливаются бетоном. В опорах устанавливается блок предохранителей, с которым соединяются питающие провода светильника кабелем ВВГ 3×2,5мм^2 [26]. Светильники по фасаду устанавливаются на поворотных кронштейнах с креплением к строительным конструкциям через ограничительные стальные втулки.

Схема шкафа предусматривает как автоматическое (дистанционное) с помощью фотодатчика, так и ручное управление. Автоматическое управление освещением осуществляется от фотодатчика, производящего включение отключение освещения в зависимости от уровня естественной освещенности. Величина нормированной освещенности выбрана в соответствии с СП 52-13330- 2011 «Естественное и искусственное освещение» - дороги 6 лк, пешеходная зона 4 лк. Способы прокладки кабеля и пересечения с подземными коммуникациями выполняются по типовому проекту А11-2011 «Прокладка кабельных линий до 35 кВ в траншеях». Кабели прокладываются в земле на глубине 0,7м.

Выводы по разделу.

Определены общие требования к системе наружного освещения здания бассейна, применяемые типы и сечения кабелей. Наружное освещение территории бассейна осуществляется от осветительного ящика ЯУО-9602 установленного в помещении охраны. К уличным опорам освещения с установленными на них светодиодными светильниками проложен кабель АВБбШв 3×6,0 в двухстенной трубе ДКС.

Заключение

Целью бакалаврской работы являлось проектирование системы электроснабжения бассейна, отвечающей требованиям безопасности, надежности и экономичности.

Произведен расчет максимальных нагрузок. Активная расчетная нагрузка на шинах ВРУ составила 52,4 кВт, реактивная 25,5 квар, полная 58,3 кВА, а суммарный расчетный ток составил 87,3 А.

Определены требования к оснащению ВРУ для обеспечения требований к надежности электроснабжения потребителей I и II категории по надежности электроснабжения.

В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий, здание бассейна по опасности ударов молнии классифицируется как обычное, а по уровню защиты от прямых ударов молнии имеет III уровень.

Молниезащита осуществляется путем установки молниеприемной сетки на кровле с шагом не более 10×10 м из круглой стали диаметром 8 мм. Для защиты выступающих частей предусмотрены молниеотводы высотой 3 метра.

Система заземления здания принята TN-C-S. Выполнен расчет контура заземления здания бассейна.

Контур заземления здания состоит из горизонтального заземлителя (стальная горячеоцинкованная полоса 40×4 мм), проложенного на расстоянии 1 м от фундамента здания в траншее глубиной 0,7 м.

От наружного контура заземления заведены два заземляющих проводника в электрощитовую здания, и присоединены к ГЗШ здания.

Кабельные силовые линия 0,4 кВ в здании здания выполнены кабелем ППГнг(А)-HF. До панелей ПЭСПЗ прокладывается кабель марки ППГнг(А)-FRHF. Для групповых сетей общего освещения здания прокладываются кабели ППГнг(А)-HF-3×1,5, а до розеточной сети кабель ППГнг(А)-HF-3×2,5.

Сечения выбранных кабелей проверены по токовой нагрузке и

допустимым потерям напряжения.

«Выбраны автоматические выключатели с комбинированными расцепителями для защиты электрических сетей от токов КЗ и перегрузок, а дифференциальные автоматы, реагирующие на дифференциальный ток, не превышающий 30 мА и обеспечивающие электро- и пожаробезопасность установок. Уставки токов трогания расцепителей автоматических выключателей, сечения проводников выбраны из условия обеспечения надежного отключения при однофазных коротких замыканиях в сети 0,4 кВ» [8].

В данной работе предусмотрена система рабочего и аварийного освещения.

В помещениях применяемые светильники имеют индекс светопередачи не менее 90. Степень защиты выбрана в соответствии с условиями окружающей среды, большинство светильников выбраны со степенью защиты IP65.

Расчет освещения выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования светового потока.

Светильники рабочего освещения получают питание от этажных щитов ЩО, аварийного от ЩАО по отдельным распределительным линиям.

Определены общие требования к системе наружного освещения здания бассейна, применяемые типы и сечения кабелей. Наружное освещение территории бассейна осуществляется от осветительного ящика ЯУО-9602 установленного в помещении охраны. К уличным опорам освещения с установленными на них светодиодными светильниками проложен кабель АВБбШв 3×6,0 в двухстенной трубе ДКС.

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 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).
3. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200101754 (дата обращения 30.12.2023).
4. 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).
5. ГОСТ 32145-2013 (ГОСТ Р 53333-2008) Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200104289 (дата обращения 27.02.2024).
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. 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).

16. 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).

17. 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).

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

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

20. 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).

21. 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).

22. СП 310.1325800.2017. Бассейны для плавания. Правила проектирования. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/556522748 (дата обращения 27.02.2024).

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

24. 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).

25. 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).

26. 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).

27. 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).