

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 физкультурно-оздоровительного комплекса

Обучающийся

Д.Н. Коцюбко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Ю.В. Черненко

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

Тольятти 2024

Аннотация

В бакалаврской работе были рассмотрены вопросы электроснабжения нового здания физкультурно-оздоровительного комплекса.

Определены внешние источники электроснабжения и требования к прокладке питающих кабелей в соответствии с категориями надежности электроснабжения. В здании принято два вводно-распределительных устройства.

Произведён расчёт электрических нагрузок в нормальном режиме работы электрооборудования и в режиме пожара. Рассмотрены вопросы управления наружным освещением, а также автоматизации системы электрообогрева желобов, водостоков и воронок. Составлен перечень мероприятий по экономии электрической энергии. Рассмотрены вопросы организации системы заземления и молниезащиты здания.

Для выполнения распределительных и групповых силовых и осветительных сетей выбраны марки кабелей по допустимым токовым нагрузкам, которые впоследствии были проверены на соответствие сечений токам уставок защитных аппаратов и допустимую потерю напряжения до наиболее удалённого потребителя. Произведён выбор номинальных токов и уставок расцепителей для автоматических выключателей. Определены виды используемого в работе освещения, выполнен расчёт количества светодиодных светильников, а также произведён выбор их типов для установки в различных помещениях.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 52 страницы текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика внешних источников электроснабжения и выбор схемы электроснабжения физкультурно-оздоровительного комплекса	7
2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок по зданию физкультурно-оздоровительного комплекса	13
3 Обеспечение электрической энергией ЭП в соответствии с их категорией надежности.....	22
4 Проектирование систем заземления и молниезащиты здания физкультурно-оздоровительного комплекса	29
5 Выбор проводников и защитных аппаратов.....	35
6 Определение параметров системы искусственного электрического освещения здания ФОК	41
Заключение	46
Список используемой литературы	49

Введение

Размещение физкультурно-оздоровительного комплекса (ФОК) запроектировано в отдельно стоящем 3-х этажном здании, без подвального этажа.

Вход-выход посетителей (в том числе МГН) запроектирован с первого этажа здания. Вертикальная связь в здании комплекса осуществляется с помощью двух лестниц и одного пассажирского лифта в пристроенном к зданию лифтовом узле.

Физкультурно-оздоровительный комплекс представляет собой ряд спортивных сооружений, предназначенных для досуговых и оздоровительных целей, проведения силовых тренировок (в тренажерном зале). Проведение спортивных соревнований в здании ФОК не предусматривается.

Физкультурно-оздоровительный комплекс (ФОК) работает в 1,5 смены (до 12 часов в сутки, ориентировочно с 9-00 до 21-00) по сеансам, средней продолжительностью от 1,5 до 2 часов, с учетом технологического перерыва и функционального назначения подразделений.

Условное количество занятий / сеансов в сутки – 6-8 шт.

Все функциональные составляющие ФОК выделены в отдельные зоны.

Физкультурно-оздоровительный комплекс рассчитан на единовременное пребывание:

- до 50 посетителей (при обычном режиме работы с учётом посетителей бассейна и тренажерного зала, без учёта обслуживающего персонала ФОК).

Для функционирования объекта предусмотрено количество обслуживающего персонала в количестве 22 человек.

«Основное технологическое назначение физкультурно-оздоровительного комплекса – это создать комфортные условия для оздоровительно-досуговых целей и оказания сопутствующих услуг для различных групп населения, в т.ч. для МГН. При проектировании ФОК

учитывался технологический порядок операций и последовательность движения посетителей:

- информирование об услугах ФОК на пути движения;
- информирование и продажа услуг ФОК в кассе и зоне ресепшен;
- предоставление услуг гардероба;
- размещение санитарно-бытовых помещений во всех зонах комплекса;
- организация комфортного ожидания посетителей;
- предоставление сопутствующих услуг (сауна, хамам);
- контроль безопасности посетителей, высокий уровень обслуживания» [22].

Набор и площади помещений всех функциональных зон физкультурно-оздоровительного комплекса приняты в соответствии с планом строительства и в соответствии с требованиями нормативных документов.

Поэтажное размещение помещений физкультурно-оздоровительного комплекса приведено ниже.

На первом этаже размещаются:

- входная группа помещений (вестибюль, помещение охраны, касса, гардероб верхней одежды для посетителей и др.);
- административно-бытовой блок помещений (кабинеты администрации, тренерская, кабинет врача, помещение и гардероб персонала);
- помещение инструктажа;
- помещение хранения купальных принадлежностей;
- склад реагентов;
- санитарные помещения (санузлы, комната уборочного инвентаря);
- блок технических помещений: венткамера, ИТП, электрощитовая, тех. помещение под чашей бассейна.

На втором этаже размещаются:

- бассейн для детей и взрослых на 25 чел.;

- лаборатория химического и бактериологического анализа воды;
- инвентарные бассейна;
- зона оздоровительных процедур: сауна / хамам с санузлом и душевой;
- комната дежурной медсестры и тренера;
- санитарно-бытовые помещения для бассейна и тренажерного зала (раздевальные М и Ж на 25 человек каждая, санузлы, душевые, преддушевые, универсальные кабины для МГН - 2 шт.);
- помещение уборочного инвентаря.

На третьем этаже размещаются:

- тренажерный зал (зал индивидуальной силовой подготовки) на 24 чел.;
- пожаробезопасная зона / лифтовой холл.

Целью бакалаврской работы является обеспечение надежного электроснабжения электроприемников физкультурно-оздоровительного комплекса.

1 Характеристика внешних источников электроснабжения и выбор схемы электроснабжения физкультурно-оздоровительного комплекса

Электроснабжение и подключение электрических нагрузок здания физкультурно-оздоровительного комплекса осуществляется к региональным электрическим сетям.

Максимальная мощность присоединяемых энергопринимающих устройств: 429 кВт., в том числе:

- 214,5 кВт - для электроснабжения энергопринимающих устройств от ВРУ-1;
- 214,5 кВт - для электроснабжения энергопринимающих устройств от ВРУ-2.

Категория надежности: I, II со следующим распределением:

- 15 кВт - потребители I категории;
- 414 кВт - потребители II категории.

Класс напряжения электрических сетей, к которым осуществляется технологическое присоединение: 0,4 кВ.

Точки присоединения (вводные распределительные устройства, линии электропередачи, базовые подстанции, генераторы) и максимальная мощность энергопринимающих устройств по каждой точке присоединения:

- секция Т-1 (условно рубильник №1) РУ-0,4 кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ - максимальная мощность 214,5 кВт;
- секция Т-2 (условно рубильник №2) РУ-0,4 кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ - максимальная мощность 214,5 кВт;
- секция Т-1 (условно рубильник №3) РУ-0,4кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4кВ - максимальная мощность 214,5 кВт;

- секция Т-2 (условно рубильник №4) РУ-0,4 кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ - максимальная мощность 214,5 кВт;

Одновременное использование мощности для энергопринимающих устройств по всем точкам присоединения не должно превышать максимальной мощности 429 кВт.

Основной источник питания:

- секция Т-1 РУ-0,4 кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4кВ (1 СШ-10 кВ ПС 110 кВ, ЛЭП-10 кВ Ф. №2С);
- секция Т-2 РУ-0,4 кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ (2 СШ-10 кВ ПС 110 кВ, ЛЭП-10 кВ Ф. №6С).

Резервный источник питания:

- секция Т-2 РУ-0,4 кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ (2 СШ-10 кВ ПС 110 кВ, ЛЭП-10 кВ Ф. №6С);
- секция Т-1 РУ-0,4 кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ (1 СШ-10 кВ ПС 110 кВ, ЛЭП-10кВ Ф. №2С);
- автономный резервный источник для энергопринимающих устройств, относящихся к I категории по надежности электроснабжения.

Сетевая организация осуществляет:

- установку (строительство) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ с трансформаторами мощностью от 500 до 630кВА включительно на границе земельного участка;
- прокладку многожильной кабельной ЛЭП-10 кВ кабелем в бумажной изоляции сечением от 50 до 100 мм² включительно в одной траншее длиной 200м от существующей ЛЭП-10 кВ Ф. №2С (опора №45) до

- РУ-10 кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ;
- строительство воздушной ЛЭП-10 кВ со сталеалюминевым неизолированным проводом сечением до 50 мм² включительно (железобетонные опоры) длиной 409 м от существующей ЛЭП-10 кВ Ф. №6С (опора №100) до РУ-10 кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ.

Электроснабжение проектируемого объекта на стороне 0,4 кВ выполняется от вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ взаимно резервируемыми кабельными линиями марки АПВвБШв расчетного сечения, проверенные по пропускной способности и потере напряжения в аварийном режиме, прокладываемые в земляной траншее. Кабели в траншее необходимо уложить с запасом по длине 1-2 % («змейкой»), достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей. Кабели в траншее прокладываются на глубине от 0,7 до 1 м от проектируемых отметок с устройством постели из песка. Взаиморезервируемые кабельные линии прокладываются в разных траншеях с расстоянием между траншеями не менее 1 м. При пересечении с проездами инженерными коммуникациями кабели прокладываются в трубах, двустенных гофрированных не распространяющих горение по типовой серии А11-2011.

На рисунке 1 приведен внешний вид выбранного кабеля АПВвБШв



Рисунок 1 - Внешний вид выбранного кабеля АПВвБШв

«Расшифровка маркировки АВБбШв:

- А - жила изготовлена из алюминия;
- В - материалом изоляции является ПВХ-пластикат;
- Б - для изготовления брони использовались оцинкованные ленты;
- б - без защитной подушки (представляет собой внутреннюю часть защитного слоя и укладывается под бронирующим покрытием для предохранения элемента, находящегося под ней, от коррозии и механических повреждений, которые могут нанести ленты/проволоки броневое слоя);
- Шв - шланг выпрессованный (изготовлен из ПВХ-пластиката)» [17].

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [11]:

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

- где « k_1 - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды;
 k_2 - поправочный коэффициент на термическое сопротивление грунта;
 k_3 - поправочный коэффициент на количество групп кабелей;
 k_4 - поправочный коэффициент на способ прокладки кабелей» [11].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [11]:

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

где « $I_{\text{расч}}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

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

S - сечение провода, мм» [11].

Схема электроснабжения объекта определяется техническими условиями и предусматривает смешанную систему электроснабжения. Силовая и осветительная нагрузка не разделяется, а подключается от одного вводно-распределительного устройства (ВРУ) [1].

Для обеспечения группы I категории по надежности электроснабжения предусмотрена установка ДЭС-60.2 ($P_{ном} = 60$ кВт, степень автоматизации - вторая). Управление работой ДЭС осуществляется с помощью контрольного кабеля марки КВБбШв. Для питания электроприемников собственных нужд ДЭС предусмотрен кабель марки АПвБбШв от ВРУ №2 здания.

Электроснабжение АВР №1 здания осуществляется кабельной линией марки АПвБбШв от шкафа ШУ проектируемой ДЭС-60.2. «Кабели в траншее необходимо уложить с запасом по длине 1-2 % («змейкой»), достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самого кабеля. Кабели в траншее прокладываются на глубине 0,7 м и 1 м от проектируемых отметок с устройством постели из песка. При пересечении с инженерными коммуникациями кабели прокладываются в трубах, двустенных гофрированных не распространяющее горение по типовой серии А11-2011» [16].

Подключение электроприемников здания осуществляется от проектируемых шкафов: рабочее электроосвещение - ЩО; аварийное электроосвещение - ЩАО; технологическое оборудование - ЩС, ЩСБ, ЩБ; вентиляционное оборудование и кондиционеры - ЩВ, ЩП [18].

Групповые щиты приняты типа ЩРн навесного исполнения. Щиты с запирающимися дверцами от несанкционированного доступа посторонних устанавливаются в коридорах и технических помещениях.

Единичные электроприемники (слаботочные шкафы ЩСС, вентиляторы дымоудаления и подпора воздуха, приборы ОПС, электроприводы огнезадерживающих клапанов, аварийное освещение) подключены непосредственно от ППУ (панели противопожарных устройств) [10].

Напряжение питания:

- напряжение сети силовых и осветительных электроустановок ~380/220 В;
- напряжение сетей местного и ремонтного освещения - 24 В [18].

В силовых щитах предусмотрена установка резервных автоматических выключателей, сечения питающих кабелей рассчитаны с учетом подключения перспективной нагрузки [19].

Выводы по разделу.

Электроснабжение и подключение электрических нагрузок здания физкультурно-оздоровительного комплекса осуществляется от двух вводно-распределительных устройств, которые получают питание от разных трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ по взаимно резервируемым кабельным линиям марки АПВвбШв расчетного сечения, проверенным по пропускной способности и потере напряжения в аварийном режиме и прокладываемым в земляной траншее. Взаиморезервируемые кабельные линии прокладываются в разных траншеях с расстоянием между траншеями не менее 1м.

Для обеспечения группы I категории по надежности электроснабжения предусмотрена установка ДЭС-60.2 с номинальной мощностью $P_{ном} = 60$ кВт и второй степенью автоматизации.

2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок по зданию физкультурно-оздоровительного комплекса

Основные потребители электроэнергии в объекте: сантехническое и технологическое оборудование, электрическое освещение.

Щиты управления, пускозащитная аппаратура поставляется в комплекте с оборудованием и подключается согласно документации фирм-изготовителей.

Расчет электрических нагрузок выполнен согласно СП 256.1325800.2016 [25].

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [25]:

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

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» [25].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [25]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (4)$$

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

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [25].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [25]:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (5)$$

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [25].

«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» [25]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (6)$$

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» [25].

Ввод 1 (Л1) -II категория:

Сантехническое оборудование:

$$P_{y.c.o.} = 104,0 \text{ кВт};$$

$$P_{p.c.o.} = P_{y.c.o.} \cdot K_c; \quad (7)$$

где $K_c = 0,8$ - коэффициент спроса по таблице 7.5 СП» [25].

$$P_{p \text{ с.о.}} = 104,0 \cdot 0,8 = 83,2 \text{ кВт.}$$

Наружное освещение:

$$P_{y \text{ н.о.}} = P_{p \text{ н.о.}}; \quad (8)$$

$$P_{y \text{ н.о.}} = 2,3 \text{ кВт.}$$

Суммарная нагрузка:

$$P_y = P_{y \text{ с.о.}} + P_{y \text{ н.о.}}; \quad (9)$$

$$P_y = 104,0 + 2,3 = 106,3 \text{ кВт;}$$

$$P_p = P_{p \text{ с.о.}} + P_{p \text{ н.о.}}; \quad (10)$$

$$P_p = 83,2 + 2,3 = 85,5 \text{ кВт;}$$

$$I_p = 140,0 \text{ А.}$$

Ввод К2 (Л2) - II категория:

Сантехническое оборудование:

$$P_{y \text{ с.о.}} = P_{p \text{ с.о.}}; \quad (11)$$

$$P_{y \text{ с.о.}} = 100,0 \text{ кВт.}$$

Освещение:

$$P_{y \text{ о.}} = 6,9 \text{ кВт;}$$

$$P_{p \text{ о.}} = P_{y \text{ о.}} \cdot K_c, \quad (12)$$

где $K_c = 0,9$ - коэффициент спроса по таблице 7.6 СП.

$$P_{p \text{ о.}} = 6,9 \cdot 0,9 = 6,21 \text{ кВт.}$$

Суммарная нагрузка:

$$P_y = P_{y \text{ с.о}} + P_{y \text{ о}}; \quad (13)$$

$$P_y = 100,0 + 6,9 = 106,9 \text{ кВт};$$

$$P_p = P_{p \text{ с.о}} + P_{p \text{ о}}; \quad (14)$$

$$P_p = 100,0 + 6,21 = 106,3 \text{ кВт};$$

$$I_p = 169,6 \text{ А.}$$

Аварийный режим:

$$P_{p \text{ ав.р.}} = P_{p \text{ ввод№1}} + P_{p \text{ ввод№2}}; \quad (15)$$

$$P_{p \text{ ав.р.}} = 85,5 + 106,3 = 191,8 \text{ кВт};$$

$$I_{p \text{ ав.р.}} = 312,5 \text{ А.}$$

Ввод №3 (Л3) – II категория:

Сантехническое оборудование:

$$P_{y \text{ с.о}} = P_{p \text{ с.о}}; \quad (16)$$

$$P_{y \text{ с.о}} = 100,0 \text{ кВт.}$$

$$I_p = 154,6 \text{ кВт.}$$

Ввод №4 (Л4) - I, II категория:

II категория:

Технологическое оборудование:

$$P_{y \text{ т.о}} = 71,9 \text{ кВт};$$

$$P_{p \text{ т.о}} = P_{y \text{ т.о}} \cdot K_c, \quad (17)$$

где $K_c = 0,67$ – коэффициент спроса по таблице 7.5 СП.

$$P_{p \text{ т.о}} = 71,9 \cdot 0,67 = 48,2 \text{ кВт.}$$

Вентиляционное оборудование:

$$P_{у \text{ в.о.}} = 34,4 \text{ кВт};$$

$$P_{р \text{ в.о.}} = P_{у \text{ в.о.}} \cdot K_c, \quad (18)$$

где $K_c = 0,6$ – коэффициент спроса по таблице 7.5 СП.

$$P_{р \text{ в.о.}} = 34,4 \cdot 0,6 = 20,7 \text{ кВт}.$$

Собственные нужды ДЭС:

$$P_{у \text{ дэс}} = P_{р. \text{дэс}}; \quad (19)$$

$$P_{у \text{ дэс}} = 2,5 \text{ кВт}.$$

Электрообогрев кровли:

$$P_{у \text{ эог}} = 22,9 \text{ кВт};$$

$$P_{р. \text{ эог.}} = 11,5 \text{ кВт}.$$

Суммарная нагрузка:

$$P_{у} = P_{у \text{ т.о.}} + P_{у \text{ б.о}} + P_{у \text{ дэс}} + P_{у \text{ эог}}; \quad (20)$$

$$P_{у} = 71,9 + 34,4 + 2,5 + 22,9 = 131,7 \text{ кВт};$$

$$P_{р} = P_{р \text{ т.о.}} + P_{р \text{ б.о}} + P_{р \text{ дэс}} + P_{р \text{ эог}}; \quad (21)$$

$$P_{р} = 48,2 + 20,7 + 2,5 + 11,5 = 82,9 \text{ кВт};$$

$$I_p = 135,1 \text{ А}.$$

I категория:

Аварийное освещение (I категория):

$$P_{у \text{ ав.осв}} = 2,5 \text{ кВт};$$

$$P_{р. \text{ ав.осв.}} = K_c \cdot P_{у}, \quad (22)$$

где $K_c = 1$ — коэффициент спроса по п. 7.2.2 СП.

$$P_{р.ав.осв.} = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ кВт.}$$

Лифт:

$$P_{у л.} = 11,0 \text{ кВт.}$$

$$P_{р.л.} = 8,5 \text{ кВт.}$$

Холодильное оборудование (медицинское):

$$P_{у х.} = P_{р х.} = 0,3 \text{ кВт.}$$

ИТП (I категория):

$$P_{у итп.} = 0,5 \text{ кВт;}$$

$$P_{р. итп.} = K_c \cdot P_{у}, \quad (23)$$

где $K_c = 0,6$ — коэффициент спроса по таблице 7.5 СП.

$$P_{р. итп.} = 0,6 \cdot 0,5 = 0,3 \text{ кВт.}$$

Цепи управления защиты от замораживания приточные системы:

$$P_{у.п} = P_{р.п} = 0,6 \text{ кВт.}$$

Слаботочные системы:

$$P_{у сс} = 1,2 \text{ кВт;}$$

$$P_{р сс} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Прибор ОПС, клапана:

$$P_{уст. опс} = P_r \text{ опс}; \quad (24)$$

$$P_{уст. опс} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Противопожарное оборудование:

$$P_{у \text{ прот.о.}} = 37,3 \text{ кВт.}$$

Суммарная нагрузка I категория:

$$\begin{aligned} \Sigma P_{у.Икат.} = & P_{у \text{ ав.осв}} + P_{у \text{ л.}} + P_{у \text{ х.}} + P_{у \text{ итп.}} + P_{у.п} + \\ & + P_{у \text{ сс}} + P_{уст. опс} + P_{у \text{ прот.о.}}; \end{aligned} \quad (25)$$

$$\Sigma P_{у.Икат.} = 2,5 + 11 + 0,3 + 0,5 + 0,6 + 1,2 + 1,1 + 37,3 = 54,5 \text{ кВт};$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_r.Икат = & P_r \text{ ав.осв} + P_r \text{ л.}} + P_r \text{ х.}} + P_r \text{ итп.}} + \\ & + P_r.п} + P_r \text{ сс}} + P_{уст. опс}; \end{aligned} \quad (26)$$

$$\Sigma P_r.Икат = 2,5 + 8,5 + 0,3 + 0,3 + 0,6 + 1,1 + 1,1 = 14,4 \text{ кВт.}$$

Суммарная мощность на вводе №4 - Л4:

$$P_{у} = \Sigma P_{у.Икат.} + \Sigma P_{у.Икат.}; \quad (27)$$

$$P_{у} = 131,7 + 54,5 = 186,2 \text{ кВт};$$

$$P_r = \Sigma P_r.Икат. + \Sigma P_r.Икат.; \quad (28)$$

$$P_r = 82,9 + 14,4 = 97,3 \text{ кВт};$$

$$I_p = 163,8 \text{ А.}$$

Режим при пожаре на вводе №4:

$$\begin{aligned} P_{р.пож.} = & P_r \text{ т.о.}} + P_r \text{ дэс}} + P_r \text{ эог}} + P_r \text{ ав.осв}} + P_r \text{ л.}} + \\ & + P_r \text{ х.}} + P_r \text{ итп.}} + P_r \text{ сс}} + P_r \text{ опс}} + P_{у \text{ прот.о.}} + P_r.п.; \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} P_{р.пож.} = & 48,2 + 2,5 + 11,5 + 2,5 + 8,5 + 0,3 + 0,3 + 1,1 + \\ & + 1,1 + 37,3 + 0,6 = 113,9 \text{ кВт.} \end{aligned}$$

Аварийный режим:

$$P_{p \text{ ав.р.}} = P_{p \text{ ввод№3}} + P_{p \text{ ввод№4}}; \quad (30)$$

$$P_{p \text{ ав.р.}} = 100,0 + 97,3 = 197,3 \text{ кВт};$$

$$I_{p \text{ ав.р.}} = 321,5 \text{ А.}$$

Основные показатели электроснабжения и сведения об установленной, расчетной мощности и другие данные электроприемников приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные показатели электроснабжения и сведения об установленной, расчетной мощности и другие данные электроприемников

Наименование группы электроприемников	Ко л.	P_y , кВт	K_c (Кс. м)	Формула для расчета P_p	P_p , кВт	$\cos \varphi$	I_p , А	Примечание
2 категория								
Рабочее освещение	1	6,9	0,9	$P_{p.осв}=P_y \cdot K_c$	6,21	-	-	таблица 7.6 СП
Наружное освещение	1	2,3	1	$P_{нар.осв}=P_y \cdot K_c$	2,3	-	-	-
Сантехническое оборудование	3	304,0	0,93	$P_{с.о.}=P_{у.с.о.} \cdot K_c$	283,2	-	-	таблица 7.5 СП
Технологическое оборудование	8	71,9	0,67	$P_{техн.}=P_y \cdot K_c$	48,2	-	-	таблица 7.5 СП
Вентиляционное оборудование	20	34,4	0,6	$P_{вен.}=P_y \cdot K_c$	20,7	-	-	таблица 7.5 СП
Собственные нужды ДЭС	1	2,5	-	$P_{p.дэс.}$	2,5	-	-	-
Электрообогрев кровли	1	22,9	0,5	$P_{эог.}=P_{уэог} \cdot K_c$	11,5	-	-	-
Итого 2-я категория	-	444,9	-	$P_{p.Пкат}=\sum P_p$	374,7	-	-	-
1 категория								
Аварийное освещение	1	2,5	1	$P_{ав.осв}=P_y \cdot K_c$	2,5	-	-	п.7.2.2 СП
Лифт	1	11,0	-	$P_{p.л.}$	8,5	-	-	-
ИТП	1	0,5	0,6	$P_{итп}=P_y \cdot K_c$	0,3	-	-	таблица 7.5 СП
Слаботочное оборудование	1	1,2	0,92	$P_{сс}=P_y \cdot K_c$	1,1	-	-	-

Продолжение таблицы 1

Наименование группы электроприемников	Ко л.	P_y , кВт	K_c (Кс. м)	Формула для расчета P_p	P_p , кВт	$\cos \varphi$	I_p , А	Примечание
Прибор ОПС, клапана	1	1,1	1	$P_{опс} = P_{уопс} \cdot K_c$	1,1	-	-	-
Холодильное оборудование (медицинское)	2	0,3	1	$P_{х.о.м} = P_y \cdot K_c$	0,3	-	-	таблица 7.5 СП
Цепи управления защиты от замораживания приточные системы	6	0,6	1	-	0,6	-	-	-
Противопожарное оборудование	1	37,3	1	-	37,3	-	-	-
Итого 1-я категория	-	54,5	-	-	14,4	-	-	-
Итого по объекту	-	499,4	-	$P_p = P_p \cdot \Sigma k_{кат} + P_p \cdot I_{кат}$ т.общ	389,1	-	-	-

Расчет мощности для выбора ДЭС:

$$P_p \cdot \text{ДЭС} = \Sigma P_{пож.об} + P_p \cdot I_{кат}. \quad (31)$$

$$P_p \cdot \text{ДЭС} = 37,3 + 14,4 = 51,7 \text{ кВт.}$$

Согласно расчета принимаемая номинальная мощность ДЭС – $P_{ном.} = 60$ кВт.

Выводы по разделу.

Проектируемая расчетная мощность объекта, приведенная к шинам ТП составила 389,1 кВт, из которых 14,4 кВт составила мощность потребителей I категории. В режиме пожара мощность приемников I категории увеличивается до 52 кВт за счет работы противопожарного оборудования. Необходимая номинальная мощность дизельной электростанции с учетом нагрузок противопожарного оборудования составила 60 кВт.

3 Обеспечение электрической энергией ЭП в соответствии с их категорией надежности

Категория надежности проектируемых электроприемников - I, II (таблица 5.1 СП 256.1325800.2016) [25].

«Категория надежности электроснабжения основных потребителей - II.

Категория надежности электроснабжения электроприемников СПЗ (система противопожарной защиты), аварийного освещения, ИТП, слаботочного оборудования, пассажирских лифтов - I» [21].

«Качество электроэнергии соответствует ГОСТ 32144-2013.

Отклонения напряжения на зажимах силовых электроприемников и наиболее удаленных ламп электроосвещения не превышает в нормальном режиме $\pm 5\%$, а предельно допустимые при максимальных нагрузках в послеаварийном режиме - $\pm 10\%$ » [4].

«Электроснабжение потребителей II категории надежности осуществляется от системы общего электроснабжения объекта от двух независимых источников электроснабжения. Для ввода и распределения электроэнергии в электрощитовой, расположенной на первом этаже предусмотрены вводно-распределительные устройства ВРУ и шкафы ГРЩ» [17]. Электроснабжение электроприемников в рабочем режиме осуществляется по двум взаиморезервируемым кабельным линиям от РУ-0,4кВ вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. При выходе из строя одной из питающих линий вся нагрузка подключается к линии, оставшейся в работе, которая выбрана с учетом дополнительных перегрузок при аварийном режиме. Переключение производится на вводной панели ВРУ вручную дежурным персоналом.

Электроснабжение потребителей группы I категории надежности объекта в рабочем режиме осуществляется от трех независимых источников электроснабжения. Перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен

лишь на время автоматического восстановления питания. «Для ввода и распределения электроэнергии предусмотрена ВРУ с автоматическим вводом резерва (АВР) и шкафов ГРЩ и ППУ. Переключение производится на вводной панели АВР автоматически.

Электроснабжение систем противопожарной защиты (СПЗ) предусмотрено от панели противопожарных устройств (ППУ), запитанного от АВР. Шкаф ППУ имеет боковые стенки для противопожарной защиты. Фасадная часть шкафа ППУ имеет отличительную окраску (красную).

Резервное электроснабжение системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, автоматические установки пожарной сигнализации дополнительно осуществляется от источников бесперебойного электропитания (РИП)» [5].

Компенсация реактивной мощности не требуется, так как $\text{tg}\varphi < 0,35$.

В работе предусмотрено автоматическое отключение вытяжной вентиляции, кондиционеров при пожаре путем отключения автоматического выключателя независимым расцепителем при срабатывании пожарной сигнализации от исполнительного релейного блока СП.

«Управление системами вытяжной вентиляции осуществляется дистанционно при помощи постов управления, установленными в обслуживаемых помещениях и по месту» [24].

Управление освещением указателей пожарных гидрантов осуществляется автоматически от фотореле, в зависимости от заданного уровня освещенности.

Управление наружным освещением прилегающей территории осуществляется с помощью таймера ночного диммирования и системы управления освещением «Smart Night Timer» встроенной в светильник, которые предназначены для перевода светильника в режим пониженного энергопотребления в ночное время. При этом, светильник вечером включается на 100% мощности, в 24:00 часа происходит автоматическое снижение мощности до 50%. Около 6:00 часов утра происходит автоматический возврат

на 100% мощности до утреннего отключения. А также предусматривается возможность ручного управления наружным освещением с поста охраны.

На рисунке 2 приведена схема подключения светильника в опоре освещения.

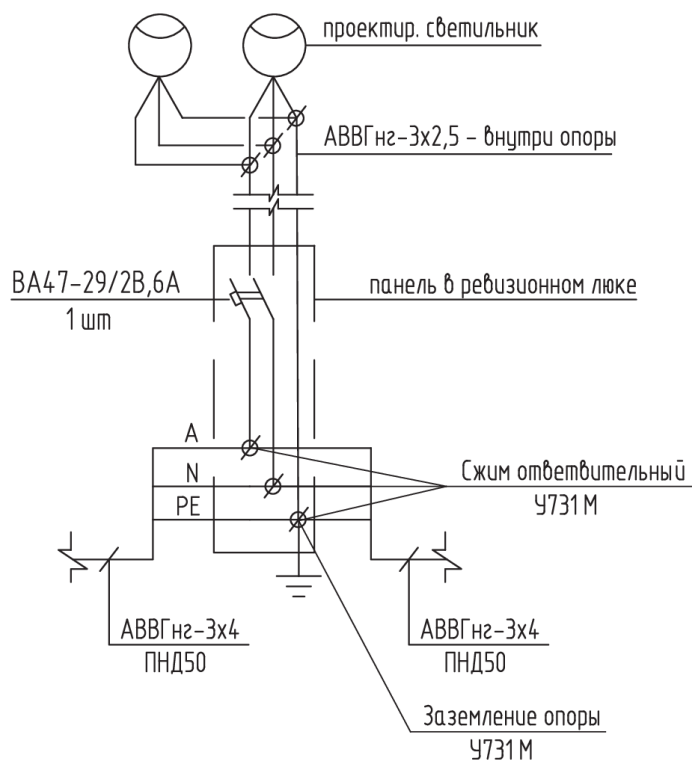


Рисунок 2 - Схема подключения светильника в опоре освещения

В работе предусмотрена ДЭС второй степени автоматизации. Степень автоматизации обеспечивает:

- автоматический пуск, прием нагрузки, останов и контроль за работой ДЭУ по внешнему сигналу или исчезновению (восстановлению сети). Для управления в разделе ЭС предусмотрены контрольные кабели от АВР до шкафа управления в ДЭС.
- индикация значений контролируемых параметров;
- автоматическая стабилизация параметров вырабатываемой электроэнергии;
- автоматическое регулирование температуры охлаждающей жидкости;

- подзарядка аккумуляторных батарей;
- устойчивая работа под нагрузкой с мгновенными сбросами и набросами нагрузки;
- защита генератора по аварийным параметрам (перегрузка по току, короткое замыкание);
- защита дизеля по аварийным параметрам (перегрев охлаждающей жидкости и масле, падение давления масла, разнос);
- автоматическая подготовка к пуску;
- возможность ручного управления ДЭС.

Управление системой электрообогрева желобов, водостоков, воронок осуществляется автоматически микропроцессорным терморегулятором при помощи интеллектуального датчика.

На рисунке 3 приведен пример крепления нагревательного кабеля на кровле.

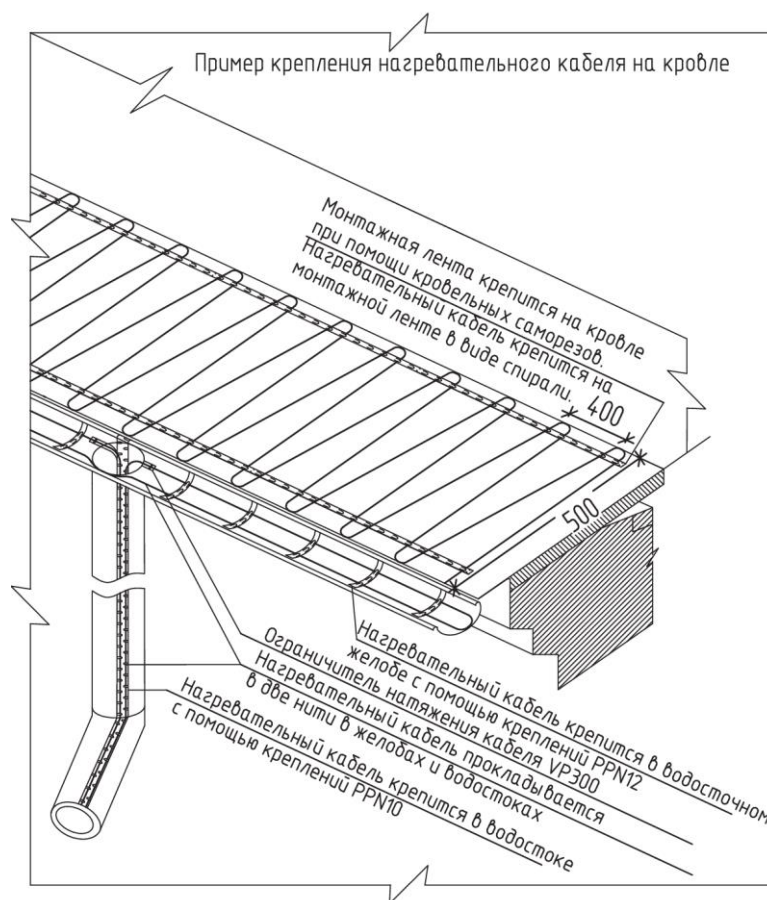


Рисунок 3 - Пример крепления нагревательного кабеля на кровле

Датчик измеряет одновременно температуру и влажность, и, на основании этих измерений, регулятор включает и выключает нагревательный кабель. Датчик температуры устанавливается в одном корпусе с датчиком влажности в максимальном отдалении от нагреваемой зоны (возле соединительного кабеля). Терморегулятор предусматривает ручное управление и возможность выбора режима управления электрообогревом («Автоматический», «Постоянно ВКЛ.», «Постоянно ВЫКЛ.»). Диапазон измерения терморегулятора: уровень влажности - от 5 до 95, базовая температура - от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура таяния - от $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, послепрогрев - от 0 до 9 часов.

На рисунке 4 представлен план кровли с установленной системой электрообогрева желобов, водостоков и воронок.

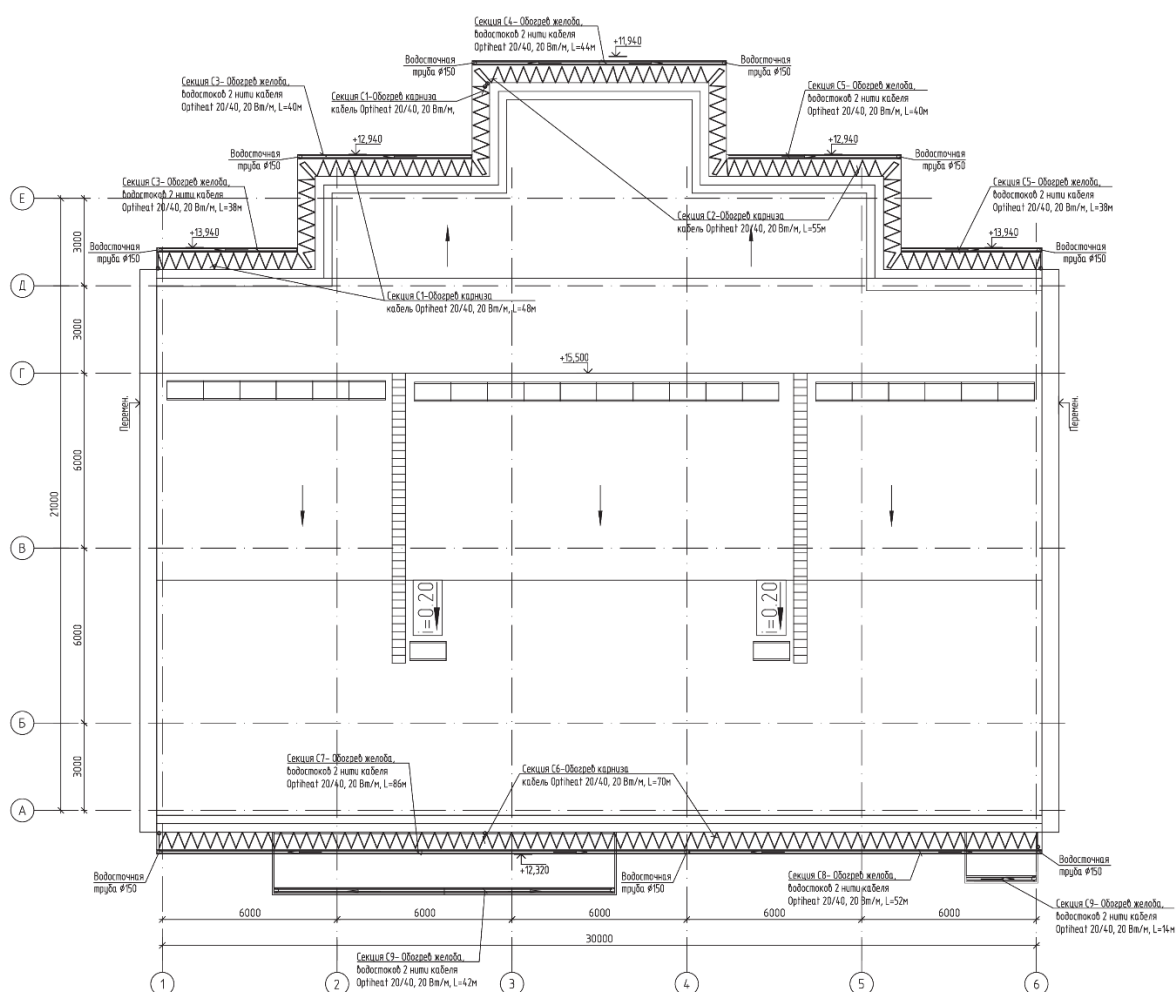


Рисунок 4 - План кровли с установленной системой электрообогрева желобов, водостоков и воронок

В работе предусмотрены мероприятия, нацеленные на экономию электроэнергии [26]:

- использование энергосберегающих светодиодных светильников;
- раздельное управление освещением в больших помещениях;
- управление освещением в кабинетах осуществляется рядами светильников, параллельными окнам.
- управление наружным освещением прилегающей территории осуществляется с помощью таймера ночного диммирования и система управления освещением «Smart Night Timer» встроенные в светильник, которые предназначены для перевода светильника в режим пониженного энергопотребления в ночное время. При этом, светильник вечером включается на 100% мощности, в 24:00 часа происходит автоматическое снижение мощности до 50%. Около 6:00 часов утра происходит автоматический возврат на 100% мощности до утреннего отключения. А также предусматривается возможность ручного управления наружным освещением с поста охраны.

Коммерческий учет электроэнергии предусмотрен общим прибором учета активной и реактивной электроэнергии кл. точности 1,0 по проекту сетевой организации во вновь установленной (построенной) двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ и обеспечивающим удаленное снятие показаний.

«Технический учет электроэнергии предусмотрен на вводах счетчиками активно- реактивной энергии, установленными в вводных панелях ВРУ и АВР в электрощитовой» [10].

Выводы по разделу.

Компенсация реактивной мощности не требуется, так как $\text{tg}\varphi < 0,35$.

Управление наружным освещением прилегающей территории осуществляется с помощью таймера ночного диммирования и системы управления освещением «Smart Night Timer» встроенной в светильник, которые предназначены для перевода светильника в режим пониженного

энергопотребления в ночное время. При этом, светильник вечером включается на 100% мощности, в 24:00 часа происходит автоматическое снижение мощности до 50%. Около 6:00 часов утра происходит автоматический возврат на 100% мощности до утреннего отключения. А также предусматривается возможность ручного управления наружным освещением с поста охраны.

Управление системой электрообогрева желобов, водостоков, воронок осуществляется автоматически микропроцессорным терморегулятором при помощи интеллектуального датчика. Датчик измеряет одновременно температуру и влажность, и, на основании этих измерений, регулятор включает и выключает нагревательный кабель.

В работе предусмотрены мероприятия, нацеленные на экономию электроэнергии, к основным из которых относятся: использование энергосберегающих светодиодных светильников; отдельное управление освещением; автоматическое управление наружным освещением прилегающей территории.

4 Проектирование систем заземления и молниезащиты здания физкультурно-оздоровительного комплекса

«Система заземления принята TN-C-S.

В работе предусмотрены защитные меры электробезопасности от поражения электрическим током:

- автоматическое отключение питания при однофазных коротких замыканиях за время не более 0,4 с;
- применение защитных оболочек электрооборудования с требуемой степенью защиты;
- прокладка трех- и пяти- жильных кабелей с отдельными защитным (РЕ) и рабочим (N) нулевыми проводниками;
- защитное заземление электрооборудования;
- применение устройств защитного отключения (УЗО) с током утечки 30 мА для штепсельных розеток» [7].

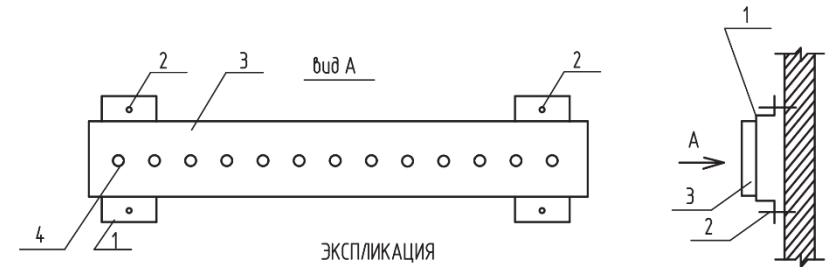
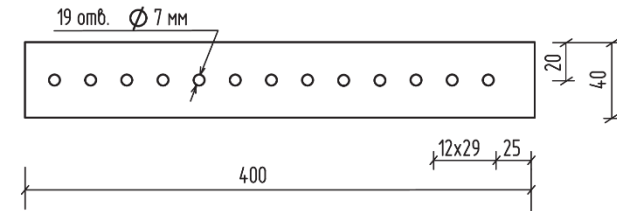
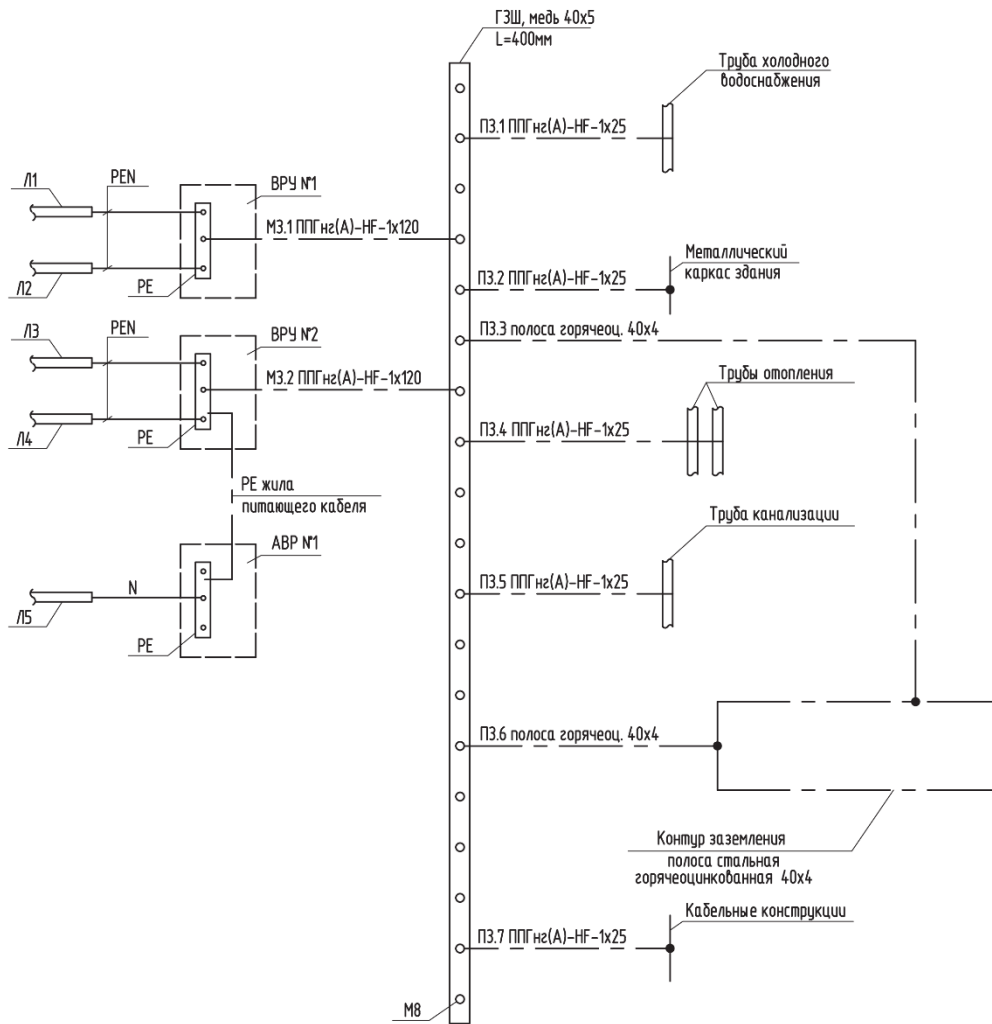
На вводе предусматривается основная система уравнивания потенциалов, которая выполняется путем объединения следующих проводящих частей:

- основного защитного проводника;
- основного заземляющего проводника;
- стальных труб коммуникаций, входящих в здание;
- металлических частей строительных конструкций,
- молниезащиты;
- металлических вентиляционных коробов.

«Такие проводящие части должны быть объединены между собой на вводе в здание с помощью главной заземляющей шины (ГЗШ) из медной шины 40×5 мм» [6].

Схема основной системы уравнивания потенциалов приведена на рисунке 5.

ГЛАВНАЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩАЯ ШИНА



Но-мер	Наименование	Тип	Ед. изм.	Кол.	Примеч.
1	Скоба	УСЭК 63УЗ	2		
2	Дюбель		4		
3	Главная заземляющая шина L= 400 мм	ШМТ-40x5	1		ГЗШ
4	Болт, шайба, гайка	М6	10		

Рисунок 5 - Схема основной системы уравнивания потенциалов

«Все металлические не токоведущие части электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением (корпуса щитов, шкафов, ящиков управления, металлические конструкции для прокладки кабелей и трубы электропроводки и т.п.), но которые могут оказаться под таковым вследствие повреждения изоляции, подлежат заземлению. Для заземления используется нулевой защитный проводник РЕ.

В технических помещениях, насыщенных оборудованием и помещениях повышенной опасности (электрощитовая, венткамеры, узел управления, ИТП), устанавливается шина дополнительного уравнивания потенциалов из стали 25×4 мм, которая присоединяется к шине РЕ ближайшего распределительного щита кабелем ППГнг(А)-НФ-1×25. Шина прокладывается по периметру помещения на высоте 250 мм от уровня чистого пола в одной плоскости со стеной без зазоров и щелей. К шине через каждые 1,5 м привариваются выступающие болты М8. С шиной уравнивания потенциалов должны быть соединены стационарно установленные металлические конструкции: трубопроводы всех назначений, металлические корпуса оборудования, металлические двери, рамы, радиаторы, заземляющие контакты штепсельных розеток и т.д. Присоединения выполнить кабелем ППГнг(А)-НФ-1×4» [7].

Дополнительная система уравнивания потенциалов в сауне и хамаме выполняется путем присоединения сетки выравнивания потенциалов к шине РЕ ближайшего распределительного щита кабелем ППГнг(А)-НФ-1×25. Сетка выравнивания потенциалов из стали с шагом ячейки 250×250 мм укладывается поверх слоя гидроизоляции в бетонной подготовке пола и соединяется сваркой с контуром из стали 25×4 мм, выполняемым по периметру помещений.

Дополнительная система уравнивания потенциалов в бассейне выполняется путем присоединения к выпускам основной сетки 200×200мм чаши к шине РЕ ближайшего распределительного щита кабелем ППГнг(А)-НФ-1×25. Лестницы и поручни присоединяются к основной сетки чаши бассейна.

Дополнительная система уравнивания потенциалов предусмотрена в КУБах, путем присоединения металлических поддонов к шине РЕ ближайших распределительных щитов кабелем ППГнг(А)-HF-1×4.

«Согласно РД 34.21.122-87 проектом предусмотрена молниезащита здания по III категории» [13]. Молниезащита состоит из молниеприемника, молниеотводов и заземлителя.

Молниезащита здания выполняется путем прокладки поверх кровли на держателях молниеприемной сетки из горячеоцинкованного прутка-катанка диаметром 8 мм с шагом ячейки не более 10 м. «К молниеприемной сетке присоединяются металлическое ограждение кровли, выступающие над крышей металлические элементы, выступающие неметаллические части - оборудовать дополнительным молниеприемником из горячеоцинкованного прутка-катанка диаметром 8 мм, L=0,5 м и присоединить к молниеприемнику. Токоотводы, соединяющие молниеприемную сетку с устройством заземления, выполняются из горячеоцинкованного стального прутка-катанки диаметром 8 мм поверх фасада и крепятся к стенам с помощью фасадных держателей» [20]. Токоотводы выполняются на расстоянии не реже чем 20 м по периметру здания и не ближе 3 м от входов. Устройство заземления выполняется в виде замкнутого контура вокруг здания из горячеоцинкованной стальной полосы 40×4мм и вертикальных электродов. Все соединения должны быть выполнены сваркой.

«Сопrotивление одного вертикального электрода из угловой стали» [11]:

$$R_{\text{го}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.в}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (32)$$

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» [11].

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [11]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (33)$$

где « t_0 – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [11].

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [11]:

$$R_g = \frac{R_{go}}{\eta_g \cdot n_g}, \quad (34)$$

где « η_g – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [11].

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [11]:

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.з}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b \cdot t_0}, \quad (35)$$

где « l_z – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [11].

«Расчетное результирующее сопротивление R_u заземляющего устройства» [11]:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (36)$$

В качестве заземлителя металлических опор освещения служит блок фундаментный ФБ-0,159-2,0, изготавливаемый из металлических частей, утапливаемый в земляную скважину глубиной 2м. На выступающую закладную металлическую часть фундамента устанавливается металлическая опора освещения. В качестве металлической связи применяется болтовое соединение. Для повторного заземления металлических конструкций опоры используется нулевой защитный проводник РЕ в питающем кабеле.

Выводы по разделу.

Система заземления принята TN-C-S.

На вводе предусматривается основная система уравнивания потенциалов, которая выполняется путем объединения проводящих частей (защитных проводников, труб и металлических частей). Проводящие части объединяются между собой на вводе в здание с помощью главной заземляющей шины (ГЗШ) из медной шины 40×5 мм.

В сауне, хамаме и бассейне выполняется дополнительная система уравнивания потенциалов.

Молниезащита здания выполняется путем прокладки поверх кровли на держателях молниеприемной сетки из горячеоцинкованного прутка-катанка диаметром 8 мм с шагом ячейки не более 10 м.

5 Выбор проводников и защитных аппаратов

Распределительные сети выполняются кабелями ППГнг(А)-НФ, ППГнг(А)-FRHF (электроприемники СПЗ, лифт пассажирский для перевозки пожарных подразделений) и прокладываются скрыто за подвесными потолками на перфорированных металлических лотках, на вертикальных участках (стояки) - в гладких ПВХ-трубах, в стальных трубах на кровле, в гофрированных ПВХ трубах в перегородках из ГВЛ [9].

Групповые силовые и осветительные сети выполняются кабелями ППГнг(А)-НФ, ППГнг(А)-FRHF (аварийное освещение), термостойким кабелем ПМТКнг(А) (электроприемники потребителей сауны) и прокладываются скрыто за подвесными потолками на перфорированных лотках; в гофрированных ПВХ-трубах в перегородках из ГВЛ, в штрабах кирпичных стен, открыто в кабель-каналах по перекрытиям, в стальных трубах [3].

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

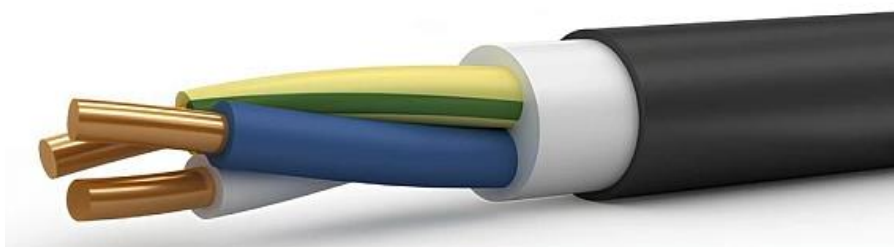


Рисунок 6 - Внешний вид кабеля ППГнг(А)-НФ



Рисунок 7 - Внешний вид кабеля ППГнг(А)-НФ

Сети, питающие электроприемники СПЗ, предусмотрены огнестойким кабелем ППГнг(А)-FRHF и проложены на отдельных лотках.

«Кабели электросетей выбраны по допустимым токовым нагрузкам и проверены на соответствие сечений токам уставок защитных аппаратов и допустимую потерю напряжения до наиболее удаленного потребителя» [19].

«Для защиты электрических сетей от перегрузки и токов короткого замыкания выбираются автоматические выключатели методика выбора которых приведена ниже» [2].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [11]

$$U_n \geq U_{nc};, \quad (37)$$

– «по номинальному току» [11]

$$I_{np} \geq I_{pa};, \quad (38)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [11]:

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)},, \quad (39)$$

где « $I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [11].

«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» [11]:

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (40)$$

где « I_y – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

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

k_n - принимается равным 1,1 - 1,5» [11].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [11]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (41)$$

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

t_{ni} – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [11].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [11]:

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (42)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

$t_{дон}$ – допустимое время отключения в соответствие с ПУЭ» [11].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [11]:

$$I_{pa} \leq I_{np} \leq I_{дон}, \quad (43)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_{дон}, \quad (44)$$

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

I_{np} – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$ – допустимый ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [11].

«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» [12].

«Проходы кабелей через стены выполнить в отрезках металлических труб. Зазоры между кабелями и трубой, резервные трубы и отверстия, остающиеся после прохода электропроводок заделать легко удаляемой массой из негоряемого материала, обеспечивающей предел огнестойкости прохода не менее предела огнестойкости стены» [3].

Освещение разработано в соответствии с назначением и характером помещений. Для установки приняты светодиодные светильники.

Освещенности приняты по СП 256.1325800.2016, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [15], СП 52.13330.2011 «СНиП 23-05-95» [23].
Напряжение сети освещения - 220В.

«Управление освещением осуществляется выключателями,

установленными у входов в помещения. Выключатели управления освещением помещений с условиями, отличными от нормальных, выбраны со степенью защиты оболочкой IP44 либо устанавливаются вне этих помещений.

Высота установки настенных светильников - 2,3 м.

Высота установки выключателей- 0,9 м; штепсельных розеток в административных помещениях - 0,3 м; штепсельных розеток в помещениях пребывания МГН - 0,9 м, высота установки штепсельных розеток в помещениях пребывания детей - 1,8 м.

Ремонтное освещение выполняется переносными светильниками, подключенными через ящик с понижающим трансформатором ЯТП-0,25 на напряжение 24В.

На путях эвакуации предусмотрены световые табло «Выход» с блоком бесперебойного питания» [14].

Наружное освещение предусмотрено светодиодными светильниками на кронштейнах по периметру здания на фасаде, а также на отдельно стоящих опорах для освещения спортивных площадок. Среднее нормируемое значение горизонтальной освещенности поверхности территории принято 10 лк (согласно таблицы 26 СП52.13330.2001). Линия наружного освещения по фасаду выполнена кабелем ППГнг(А)-HF в гофрированной ПВХ- трубе, к опорам – кабелем марки АВВГнг в земляной траншее. Ответвления к светильникам выполнить в цоколе опоры без разрезания кабеля.

Подключение всех розеток выполнено при помощи отдельного ответвления в соответствии с ПУЭ п.1.7.144.

В помещениях пребывания детей использованы штепсельные розетки с защитными шторками.

В коридорах устанавливаются розетки для подключения уборочных машин. Розетки устанавливаются на расстоянии, обеспечивающим возможность использования уборочных механизмов с питающим проводником длиной до 15м (розетка на 16 А для однофазных машин).

Перед входом в помещения, где имеются бактерицидные облучатели,

устанавливаются световые табло с надписью «Не входить». Выключатели неэкранированных нижних ламп, установленные в коридоре перед входом в облучаемые помещения, должны быть заблокированы со световым табло.

Освещение бассейна предусмотрено светодиодными светильниками на кронштейнах по периметру бассейна на строительных конструкциях.

Выводы по разделу.

Распределительные сети, а также групповые силовые и осветительные сети выполняются кабелями ППГнг(А)-НФ. Сети аварийного освещения, электроприемники СПЗ, лифт пассажирский для перевозки пожарных подразделений запитываются огнестойким кабелем ППГнг(А)-FRHF.

Кабели электросетей выбраны по допустимым токовым нагрузкам и проверены на соответствие сечений токам уставок защитных аппаратов и допустимую потерю напряжения до наиболее удаленного потребителя.

Для защиты электрических сетей от перегрузки и токов короткого замыкания выбраны автоматические выключатели.

Освещение разработано в соответствии с назначением и характером помещений. Для установки приняты светодиодные светильники.

6 Определение параметров системы искусственного электрического освещения здания ФОК

В работе предусмотрены следующие виды освещения: рабочее (в т.ч. ремонтное), аварийное (эвакуационное), антипаническое и резервное. Эвакуационное освещение подразделяется на освещение путей эвакуации, эвакуационное освещение зон повышенной опасности.

Рабочее освещение предусмотрено во всех помещениях. Эвакуационное освещение:

- освещение путей эвакуации - коридоры, лестничные клетки, вестибюли, над входами, освещение указателей пожарных гидрантов, пожаробезопасные зоны;
- эвакуационное освещение больших площадей (антипаническое) - зал с бассейном.

Аварийное освещение [8]:

- резервное - электрощитовая, венткамеры, ИТП, тех. помещение бассейна, бойлерная, водомерный узел, насосная, гардероб, с/у для МГН, кабинет врача, касса, пост охраны, душевые, раздевальные.
- ремонтное - электрощитовая, венткамеры, ИТП, тех. помещение бассейна, бойлерная, водомерный узел, насосная.

Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения и обозначаются специальными знаками «А».

Расчет освещения выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования.

«Индекс помещения i определяется по выражению» [23]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (45)$$

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [23].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [23]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (46)$$

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_l - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [23].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [23]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (47)$$

где « P_{nl} - мощность одной лампы» [23].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [23]:

$$N_B = \sqrt{N_p \frac{B}{A}}; \quad (48)$$

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [23]:

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (49)$$

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [23]:

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (50)$$

В таблицах 2-5 приведены ведомости выбранных светильников.

Таблица 2 – Ведомость светильников 1 этажа

Изготовитель	Название артикула	Номер артикула	Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт	Число, шт
BARLED	BL-GRACIA -7-50 IP40	-	4200	42	49
BARLED	BL-GRACIA -7-50 IP54	-	4200	42	5
BARLED	BL-Q-15 IP65	-	2200	22	28
BARLED	BL-Q-9 IP65	-	1300	13	2
BARLED	BL-PRIMO-4 IP65	-	3500	35	13
Световые технологии	URAN 6523-4 LED IP65 «Выход»	4501006440	-	3,6	9
IEK	ЯТП-0,25-220/24-2-36-УХ/14IP30	МТТ12-024-0250	-	0,25	4
Navigator	Патрон настенный E27	71608 NLH-BL-W2	-	-	1
IEK	Фотореле типа ФР 601	-	-	-	2

Таблица 3 – Ведомость светильников 2 этажа

Изготовитель	Название артикула	Номер артикула	Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт	Число, шт
BARLED	BL-GRACIA -7-50 IP40	-	4200	42	18
BARLED	BL-GRACIA -7-50 IP54	-	4200	42	18
BARLED	BL-Q-15 IP65	-	2200	22	28

Продолжение таблицы 3

Изготовитель	Название артикула	Номер артикула	Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт	Число, шт
BARLED	BL-Q-9 IP65	-	1300	13	1
Световые технологии	URAN 6523-4 LED IP65 «Выход»	4501006440	-	3,6	12
BARLED	BL-LD-3F-1 IP67	-	5800	40	11
ООО «Энсто-Рус»	AVH 15.2 - 1×B0/60Вт	-	-	40	5
BARLED	BL-LD-3A-4 ДИММ (SNT) IP67	-	11600	80	11
IEK	ЯТП-0,25-220/24-2-36-УХ/14IP30	МТТ12-024-0250	-	0,25	1
Navigator	Патрон настенный E27	71608 NLH-BL-W2	-	-	1
BARLED	BL-LD-3A-6 ДИММ (SNT) IP67	-	20300	140	1

Таблица 4 – Ведомость светильников 3 этажа

Изготовитель	Название артикула	Номер артикула	Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт	Число, шт
BARLED	BL-GRACIA -7-50 IP40	-	4200	42	6
Световые технологии	URAN 6523-4 LED IP65 «Выход»	4501006440	-	3,6	3
Navigator	Патрон настенный E27	71608 NLH-BL-W2	-	-	1

Таблица 5 – Ведомость светильников чердака

Изготовитель	Название артикула	Номер артикула	Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт	Число, шт
BARLED	BL-GRACIA -7-50 IP40	-	4200	42	21
BARLED	BL-Q-15 IP65	-	2200	22	19
Световые технологии	URAN 6523-4 LED IP65 «Выход»	4501006440	-	3,6	1
IEK	ЯТП-0,25-220/24-2-36-УХ/14IP30	МТТ12-024-0250	-	0,25	3

Выводы по разделу.

В работе предусмотрены следующие виды освещения: рабочее (в т.ч. ремонтное), аварийное (эвакуационное), антипаническое и резервное. Эвакуационное освещение подразделяется на освещение путей эвакуации, эвакуационное освещение зон повышенной опасности.

Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения и обозначаются специальными знаками «А».

Определены виды освещения для каждого из помещений ФОК, выбраны типы применяемых светильников и произведен расчет необходимого количества для обеспечения требуемых норм освещенности в каждом из помещений.

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

Заключение

Цель бакалаврской работы заключалась в обеспечении надежного электроснабжения электроприемников физкультурно-оздоровительного комплекса.

Электроснабжение и подключение электрических нагрузок здания физкультурно-оздоровительного комплекса осуществляется от двух вводно-распределительных устройств, которые получают питание от разных трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ по взаимно резервируемым кабельным линиям марки АПВвбШв расчетного сечения, проверенным по пропускной способности и потере напряжения в аварийном режиме и прокладываемым в земляной траншее. Взаиморезервируемые кабельные линии прокладываются в разных траншеях с расстоянием между траншеями не менее 1 м.

Для обеспечения группы I категории по надежности электроснабжения предусмотрена установка ДЭС-60.2 с номинальной мощностью $P_{\text{ном}} = 60$ кВт и второй степенью автоматизации.

Проектируемая расчетная мощность объекта, приведенная к шинам ТП составила 389,1 кВт, из которых 14,4 кВт составила мощность потребителей I категории. В режиме пожара мощность приемников I категории увеличивается до 52 кВт за счет работы противопожарного оборудования. Необходимая номинальная мощность дизельной электростанции с учетом нагрузок противопожарного оборудования составила 60 кВт.

Компенсация реактивной мощности не требуется, так как $\text{tg}\varphi < 0,35$.

Управление наружным освещением прилегающей территории осуществляется с помощью таймера ночного диммирования и системы управления освещением «Smart Night Timer» встроенной в светильник, которые предназначены для перевода светильника в режим пониженного энергопотребления в ночное время. При этом, светильник вечером включается на 100% мощности, в 24:00 часа происходит автоматическое снижение

мощности до 50%. Около 6:00 часов утра происходит автоматический возврат на 100% мощности до утреннего отключения. А также предусматривается возможность ручного управления наружным освещением с поста охраны.

Управление системой электрообогрева желобов, водостоков, воронок осуществляется автоматически микропроцессорным терморегулятором при помощи интеллектуального датчика. Датчик измеряет одновременно температуру и влажность, и, на основании этих измерений, регулятор включает и выключает нагревательный кабель.

В работе предусмотрены мероприятия, нацеленные на экономию электроэнергии, к основным из которых относятся: использование энергосберегающих светодиодных светильников; отдельное управление освещением; автоматическое управление наружным освещением прилегающей территории.

Система заземления принята TN-C-S.

На вводе предусматривается основная система уравнивания потенциалов, которая выполняется путем объединения проводящих частей (защитных проводников, труб и металлических частей). Проводящие части объединяются между собой на вводе в здание с помощью главной заземляющей шины (ГЗШ) из медной шины 40×5 мм.

В сауне, хамаме и бассейне выполняется дополнительная система уравнивания потенциалов.

Молниезащита здания выполняется путем прокладки поверх кровли на держателях молниеприемной сетки из горячеоцинкованного прутка-катанка диаметром 8 мм с шагом ячейки не более 10 м.

Распределительные сети, а также групповые силовые и осветительные сети выполняются кабелями ППГнг(А)-НФ. Сети аварийного освещения, электроприемники СПЗ, лифт пассажирский для перевозки пожарных подразделений запитываются огнестойким кабелем ППГнг(А)-FRNF.

Кабели электросетей выбраны по допустимым токовым нагрузкам и проверены на соответствие сечений токам уставок защитных аппаратов и

допустимую потерю напряжения до наиболее удаленного потребителя.

Для защиты электрических сетей от перегрузки и токов короткого замыкания выбраны автоматические выключатели.

Освещение разработано в соответствии с назначением и характером помещений. Для установки приняты светодиодные светильники.

В работе предусмотрены следующие виды освещения: рабочее (в т.ч. ремонтное), аварийное (эвакуационное), антипаническое и резервное. Эвакуационное освещение подразделяется на освещение путей эвакуации, эвакуационное освещение зон повышенной опасности.

Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения и обозначаются специальными знаками «А».

Определены виды освещения для каждого из помещений ФОК, выбраны типы применяемых светильников и произведен расчет необходимого количества для обеспечения требуемых норм освещенности в каждом из помещений.

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

Список используемой литературы

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 08.07.2024).
3. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 26.08.2024).
4. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 15.08.2024).
5. ГОСТ Р 50462-92. Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006572> (дата обращения 09.09.2024).
6. ГОСТ Р 50571.5.52-2011/МЭК 60364-5-52:2009 Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092622> (дата обращения 09.09.2024).
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 16.07.2024).
8. 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 22.08.2024).

9. ГОСТ Р МЭК 61386.24-2014 Трубные системы для прокладки кабелей. Часть 24. Трубные системы для прокладки в земле [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110793> (дата обращения 03.08.2024).

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: 05.08.2024).

11. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.

12. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 13.08.2024).

13. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 09.08.2024).

14. 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 06.07.2024).

15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/901859404> (дата обращения 05.05.2024).

16. Серия А11-2011. Прокладка кабелей напряжением до 35кВ в траншеях с применением двустенных гофрированных труб. [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2015/10/07/Album_A11-2011.pdf (дата обращения 05.05.2024).

17. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с.
18. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий [Электронный ресурс]: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2019. 405 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/1003810> (дата обращения: 19.07.2024).
19. Сивков А.А., Герасимов Д.Ю., Сайгаш А.С. Основы электроснабжения. Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 173 с.
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 25.08.2024).
21. СП 6.13130.2021 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 16.08.2024).
22. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с Поправкой, с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: docs.cntd.ru/document/1200084087 (дата обращения 21.08.2024).
23. 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 16.07.2024).
24. СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85 [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050591> (дата обращения 26.08.2024).
25. 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 09.09.2024).

26. 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 14.08.2024).