

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 Электроснабжение банно-оздоровительного комплекса

Обучающийся

Д.М. Мещерин
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.В. Бычков
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

В работе была спроектирована система электроснабжения банно-оздоровительного комплекса. Питание здания осуществляется от двух трансформаторной подстанции. Потребители здания относятся к первой и второй категориям по надёжности электроснабжения. Для всех электроприёмников были определены ожидаемые электрические нагрузки, при этом расчётная нагрузка составила 140 кВт. Произведён расчёт системы защитного заземления и молниезащиты здания, которая выполняется по третьей категории. Выбраны кабельные линии для внешнего и внутреннего электроснабжения. Внутреннее электроснабжение осуществляется кабелями с изоляцией сшитого полиэтилена, а для питания потребителей первой категории выбраны огнестойкие кабели все наружные и внутренние сети были выбраны с учётом защиты их от действия токов короткого замыкания и по допустимой потере напряжения. Для защиты кабельных линий от перегрузки были выбраны автоматические выключатели по току и условиям короткого замыкания. Для сети рабочего и аварийного освещения были выбраны светодиодные светильники различных марок, все расчёты необходимого количества светильников были выполнены в программе Dialux в соответствии с требуемыми нормами освещённости.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 46 страницы текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Краткая характеристика внешних источников электроснабжения и классификация планируемых к применению электроприемников.....	8
2 Определение ожидаемых электрических нагрузок по зданию банно-оздоровительного комплекса	13
3 Требования к электроснабжению потребителей, качеству электрической энергии и энергоэффективности.....	19
4 Заземление и молниезащита банно-оздоровительного комплекса	22
5 Выбор проводников и коммутационно-защитных аппаратов	27
6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения	38
Заключение	42
Список используемой литературы и источников	44

Введение

Банно-оздоровительный комплекс расположен в отдельно стоящем трехэтажном, монолитно-каркасном здании, имеющем подвальный этаж. Объект не производственного назначения. Режим работы комплекса с 9:00 до 21:00 ч. Режим работы зоны водных процедур, расположенной на первом этаже комплекса с 12:00 до 20:00. Планируемое количество посетителей в сутки - 512 человека (ориентировочно), максимальное количество посетителей в час – 48 человек.

Оборудование в банно-оздоровительном комплексе принято с учётом функционального назначения всех помещений комплекса и технологических процессов, которые в них происходят.

Здание банно-оздоровительного комплекса имеет во входной зоне 1 центральный вход и 1 вход с зоны общественного питания, расположенные в осях «12/1 – 14/1» - «Н/1 – Л/1» и «13 - 14» - «Б – Г», а также имеются 2 дополнительных входа для персонала, расположенные в осях «1 – 6» - «М – Н» и «7 – 10» - «А – Б».

В подвальном этаже банно-оздоровительного комплекса расположена следующая группа помещений: входная группа (лестничная клетка, лифт, тамбур, тамбур-шлюз); производственная группа помещений (доготовочный цех, зона раздачи, моечная столовой посуды, моечная кухонной посуды, сервизная); группа складских помещений (кладовая сухих и сыпучих продуктов, кладовая продуктов суточного запаса, помещение с холодильными камерами (шкафами) для хранения мясных и рыбных п/ф, помещение с холодильными камерами (шкафами) для хранения овощных п/ф); санитарно-бытовая группа помещений (комната персонала, гардероб персонала кухни, помещение для хранения грязного белья, помещение для хранения чистого белья, ПУИ, санузел для персонала женский, душевая для персонала, мусорная камера); техническая группа помещений (электрощитовая, венткамера, диспетчерская, помещение для прокладки инженерных коммуникаций,

помещение емкостных водонагревателей, помещения для хранения реагентов, водомерный узел, серверная).

В банно-оздоровительном комплексе не предусмотрена собственная прачечная для стирки грязного белья.

Для сотрудников предусмотрены два помещения персонала с санузлами. В данных помещениях сотрудники оздоровительного комплекса могут, переодеться, принять пищу и отдохнуть.

Общее количество персонала банно-оздоровительного комплекса согласно, выписки из штатного расписания – 49 человек (ориентировочно). Количество персонала в наиболее многочисленную смену составляет 29 человек (ориентировочно). Должности, количество и сменность работы сотрудников банно-оздоровительного комплекса приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Должности, количество и сменность работы сотрудников банно-оздоровительного комплекса

Наименование должности сотрудников	Количество человек	Смены
Административно-управленческая служба		
Директор	1	-
Главный бухгалтер	1	-
Бухгалтер	1	-
Старший администратор	1	-
Администратор	2	2/2
Сотрудник службы безопасности	4	2/2
Служба питания и услуг		
Бармены	2	2/2
Официанты	2	2/2
Повара	4	2/2
Посудомойщицы	2	-
Косметолог	4	2/2
Тренер-инструктор	14	2/2
Хозяйственный отдел		
Менеджер по закупкам	1	-
Инженерная служба		
IT-специалисты	2	-
Электрики	2	2/2
Сантехники	2	2/2
Отдел уборки		
Уборщики служебных помещений	4	2/2
Итого:	49	-

Первый этаж банно-оздоровительного комплекса условно разделён на 3 зоны:

- входная зона (административная, ресепшн), расположенная в осях «9/1 – 14/1» - «Н/1 – Б/1»;
- зона водных процедур (сауна, хамам), расположенная в осях «1 – 10» - «Б – Н»;
- зона общественного питания (кафе, бар), расположенная в осях «9 – 14» - «А – В».

На первом этаже комплекса расположена следующая группа помещений: входная группа (тамбур (зона главного входа), гардероб (для посетителей), холл (зона приёма и отдыха гостей), лестнично-лифтовые зоны); административно-бытовая группа (зона ресепшн); группа помещений зоны водных процедур (помещение сауны, помещение хамама, комната отдыха (с купелью для охлаждения и зоной с гидромассажной ванной), раздевалка (муж), раздевалка (жен)); группа помещений предприятия питания (кафе на 24 посадочных места, зона бара на 3 посадочных места, раздача); санитарно-бытовая группа помещений (2 санузла для посетителей (жен/муж), 1 санузел для ММГН, 1 санузел в раздевалке (жен), 1 санузел в раздевалке (муж), ПУИ, душевые).

Через центральный вход посетители попадают в холл банно-оздоровительного комплекса, где расположена зона приёма гостей – ресепшн и гардероб. Далее посетители могут пройти в зону водных процедур.

В зоне водных процедур имеется комната отдыха, в которой предусмотрена чаша (купель) для охлаждения после посещения сауны или хамама и мини зона с гидромассажным бассейном с вместительной чашей на 4 человека. Гидромассажный бассейн заводского производства. Данный бассейн имеет встроенные системы: система гидромассажа, система аэромассажа, SPA- контроллер, система «TurboPool», хромотерапия, система быстрого набора воды; система фильтрации, система дезинфекции, система подогрева воды.

Помещение кафе является неотъемлемой частью банно-оздоровительного комплекса и используется одновременно с баннным комплексом в рамках единого предприятия.

Кафе банного комплекса работает на полуфабрикатах. В помещениях с холодильными камерами установлены температурные холодильные и морозильные шкафы, для продуктов и п/ф, которым необходимо хранение при особом температурном режиме. Набор и количество теплового и холодильного оборудования приняты в соответствии с действующими нормами оснащения.

В доготовочном цеху установлено электромеханическое оборудование для быстрой нарезки салатов и гастрономии. Горячая зона оборудована современным тепловым и вспомогательным оборудованием (жарочный шкаф, фритюрница, электроварка, плита).

На втором этаже комплекса расположены такие спортивные секции, как: тренажёрный зал, аэробика, йога. Так же гости комплекса могут воспользоваться косметологическими услугами. Для этого предусмотрены 2 косметологических кабинета (манипуляционных).

На третьем этаже комплекса расположены такие спортивные секции, как танцевальный зал, аэробику, йогу. Так же на этаже предусмотрен административный бэк-офис, в котором осуществляется администрирование всех процессов, происходящих в банно-оздоровительном комплексе, а именно ведение бухгалтерии, отчётностей, документации различного назначения, а также администрирование работы кафе.

Целью работы является проектирование системы электроснабжения банно-оздоровительного комплекса, отвечающей требованиям безопасности, надежности и удобства эксплуатации.

1 Краткая характеристика внешних источников электроснабжения и классификация планируемых к применению электроприемников

Электроснабжение банно-оздоровительного комплекса предусматривается с различных секций шин двухтрансформаторной подстанции ТП-442 (С.Х.Колледж). Точками присоединения являются выходные контакты коммутационного аппарата в распределительной коробке от ШУР1 и ШУР2 на концевой опоре вновь строящейся воздушной линии 0,4 кВ (ВЛИ-0,4 кВ) от ТП442 (С.Х.Колледж). Точка присоединения не далее 15 м во внешнюю сторону от границы участка.

Электроприемники объекта в отношении обеспечения надежности электроснабжения относятся к II и I категории.

К I категории относятся электроприемники СПЗ: аварийное освещение, шкаф пожарной сигнализации, в/системы дымоудаления и подпора воздуха; а также электроприемники серверной, лифтовая установка, приточно-вытяжные установки и шкаф системы контроля доступа [12].

Электропитание потребителей I категории предусматривается от двух независимых источников питания через устройства АВР1 и АВР2. Для электроснабжения электроприемников СПЗ предусмотрена установка АВР1, запитанного с верхних зажимов вводного рубильника.

Электроснабжение осуществляется с распределительного щита ЩППУ, выкрашенного в красный цвет. Для электроснабжения электроприемников I категории предусмотрена установка АВР2, запитанного после аппаратов защиты на ВП [11]. Распределительная сеть указанных электроприемников выполняется со щита ШРА.

На рисунках 1-3 представлена принципиальная схема питающей сети банно-оздоровительного комплекса.

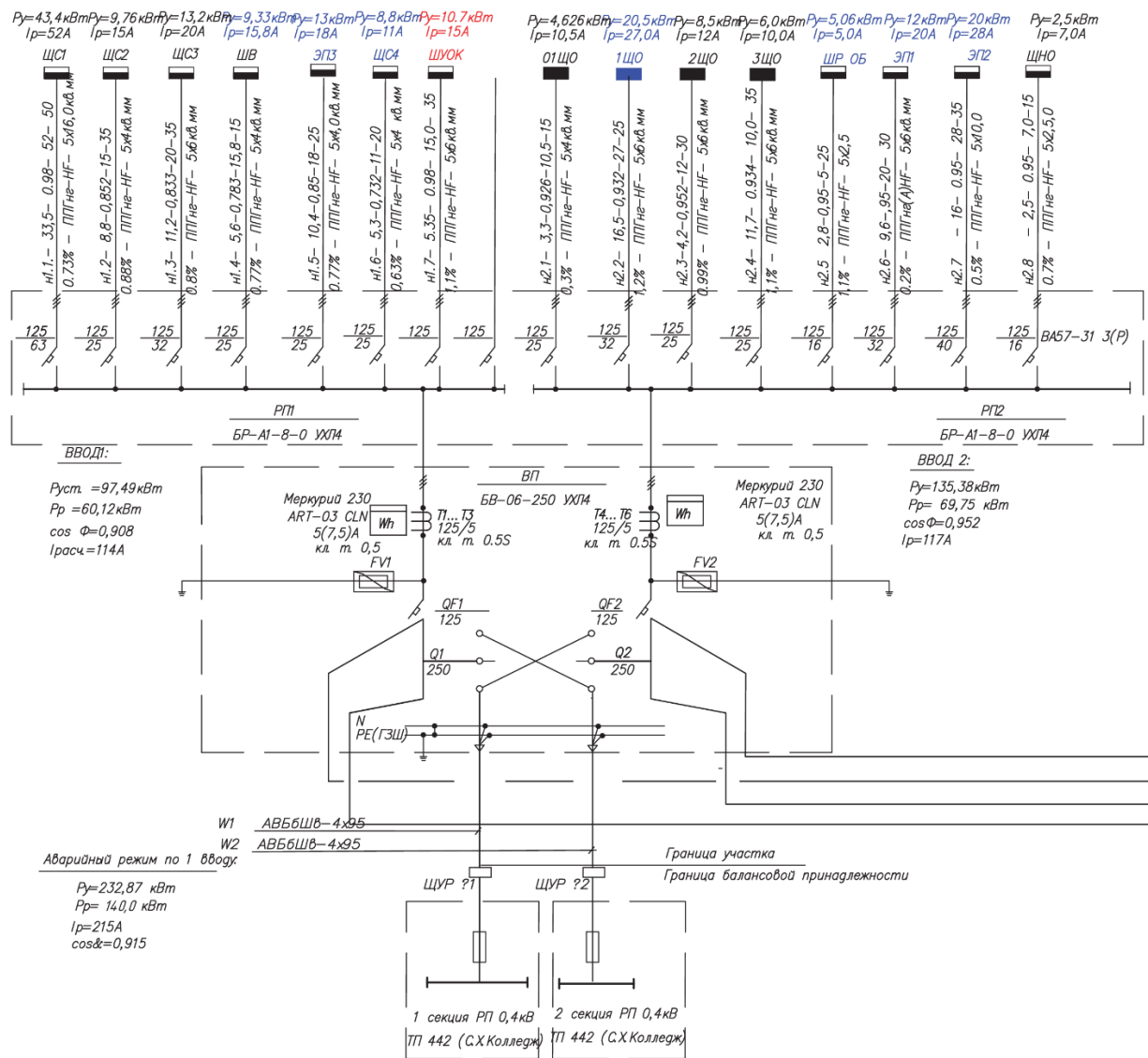
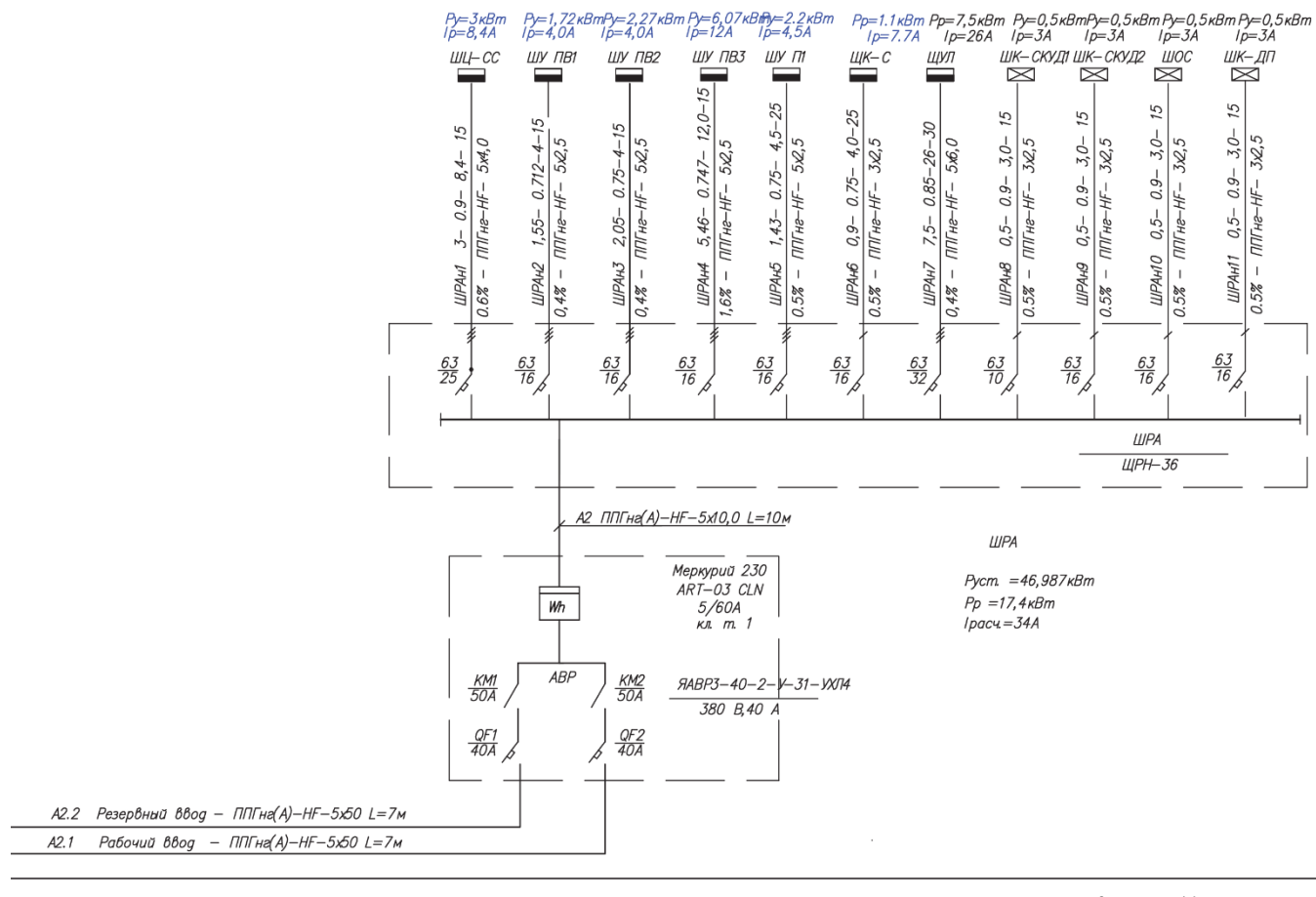
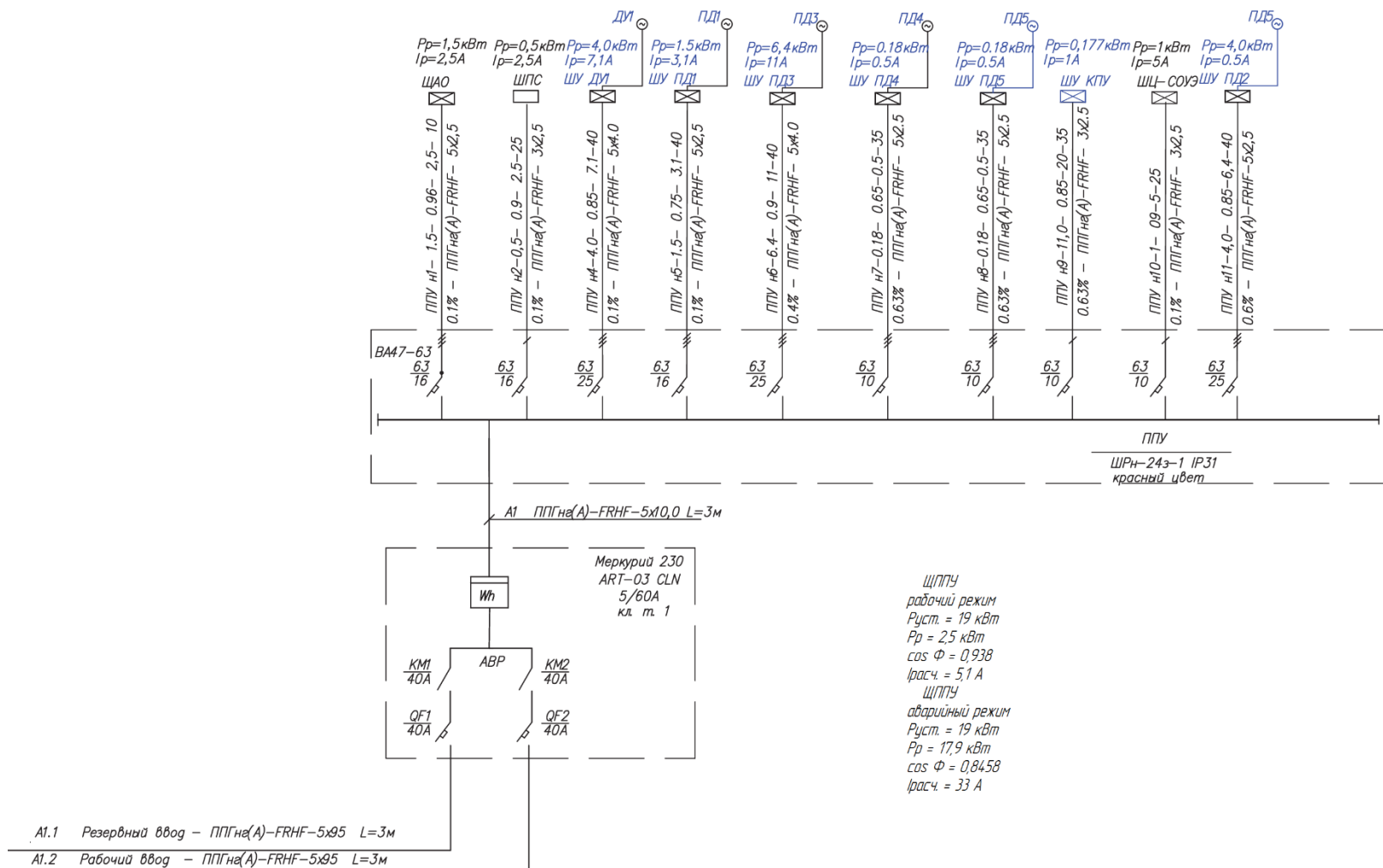


Рисунок 1 - Принципиальная схема питающей сети банно-оздоровительного комплекса (РП1 и РП2)



- ЩС-С - щит силовой серверной
- ЩР ОБ - шкаф распределительный оборудования бассейна. Поставляется комплектно
- ЩК-С - щит кондиционеров серверной (см. проект марки АОВ)
- ЭП1 - парогенератор для хамама
- ЭП2 - печь электрическая для сауны
- ЭП3 - блок управления гидромассажной ванной
- ЩУОК - шкаф управления обогревом кровли (в расчете нагрузок по Летнему максимуму не учитывается)

Рисунок 2 - Принципиальная схема питающей сети банно-оздоровительного комплекса (ШРА)



Выбор сечения кабелей выполнен в соответствии с ГОСТ Р 50571.5.52-2011

Рисунок 3 - Принципиальная схема питающей сети банно-оздоровительного комплекса (ППУ)

Потребители II категории обеспечиваются электрической энергией от силовых распределительных щитов. Электроснабжение ЭП кухни осуществляется с щитов ЩС1, ЩС2 и ЩС3; оборудования бассейна и саун – с щита оборудования бассейна ШР ОБ, поставляемого комплектно с оборудованием ООО «КОНТЕК», щита ЩС4 и щитов управления электроприемниками сауны, хамама и гидромассажной ванны. Внутреннее освещение и розеточная сеть здания запитывается со щитов 1ЩО - 3ЩО. Электроприемники вентиляции и кондиционирования получают электропитание со щита ЩВ.

Подключение электроприемников вентиляции (приточной и вытяжной) предусмотрено от шкафов управления, поставляемых комплектно с оборудованием. Предусмотрено отключение вентиляции при пожаре по сигналу датчиков прибора пожарной сигнализации [20].

Выбор электродвигателей и пусковой аппаратуры, поставляемой комплектно с технологическим оборудованием в данной работе не рассматривается.

Выводы по разделу.

Электроснабжение банно-оздоровительного комплекса предусматривается с различных секций шин двухтрансформаторной подстанции.

2 Определение ожидаемых электрических нагрузок по зданию банно-оздоровительного комплекса

Основными потребителями электроэнергии банно-оздоровительного комплекса являются электропечи сауны и хамама, оборудования бассейна и пищеблока, вентиляция, освещение рабочее и аварийное, оборудование системы связи и пожарной сигнализации.

При питании по одному вводу нагрузка составляет:

- освещение $P_p = 23,226$ кВт;
- розеточная сеть и мелкое оборудование – $P_{уст} = 31,2$ кВт;
- электроприемники кухни, нагревательное оборудование (5шт) $P_{уст} = 43,4$ кВт;
- холодильное оборудование (4шт) = 13,2 кВт.
- прочее мелкое оборудование (9шт) = 3,06 кВт;
- эл.печь сауны = 20 кВт;
- эл.печь хамама = 12 кВт;
- оборудование гидромассажной ванны = 13 кВт;
- оборудование бассейна = 5,06 кВт;
- вентиляция $P_{уст} = 9,33$ кВт;
- дренажные насосы и насосные станции (6шт) = 8,8 кВт;
- лифтовая установка $P_{уст} = 7,5$ кВт;
- серверная 5 кВт;
- ЭП СКУД $P_{уст} = 0,6$ кВт;
- аварийное освещение $P_{уст} = 1,5$ кВт;
- ЭП пожарной сигнализации $P_{уст} = 1$ кВт;
- в/с дымоудаления и подпора воздуха $P_{уст} = 12,429$ кВт.

Расчет электрических нагрузок выполнен по удельным показателям и расчетным коэффициентам, приведенным в СП 256.1325800.2016 [16].

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [16]:

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

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

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

n - число розеток» [17].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [16]:

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

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

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [16].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [16]:

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

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [16].

«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» [16]:

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

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

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

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

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

$P_{p.x.c}$ - расчетная электрическая нагрузка холодильного оборудования систем кондиционирования воздуха» [16].

Электрическая нагрузка на шкаф ППУ в рабочем режиме составляет:

$$P_{уст} = 1,5 + 1 + 12,429 = 14,929 \text{ кВт};$$

$$P_{расч} = 1,5 + 1 = 2,5 \text{ кВт};$$

$$I_{расч} = 5,1 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,938;$$

$$K_c = 0,17.$$

Электрическая нагрузка на шкаф ППУ аварийном режиме составляет:

$$P_{уст} = P_{расч} = 1,5 + 1 + 12,429 = 14,929 \text{ кВт};$$

$$I_{расч} = 26 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,892;$$

$$K_c = 1.$$

Электрическая нагрузка на шкаф ШРА составляет:

$$P_{уст} = 5,0 + (1,72 + 2,27 + 6,07 + 2,2 + 1,1) + 7,5 + 0,6 = 26,463 \text{ кВт};$$

$$P_{расч} = 5,0 \cdot 0,9 + (1,72 + 2,27 + 6,07 + 2,2 + 1,1) \cdot 0,65 + 7,5 + 0,6 = 27,9 \text{ кВт};$$

$$I_{расч} = 40 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,826;$$

$$K_c = 0,8.$$

Коэффициент спроса для расчета нагрузок рабочего освещения определяется по таблице 7.6 СП 256.1325800.2016 и составляет 0,85:

$$P_p = 23,226 \cdot 0,85 = 19,74 \text{ кВт}.$$

Коэффициент спроса для расчета нагрузок розеточной сети определяется по таблице 7.7 СП 256.1325800.2016 и составляет 0,1:

$$P_p = 31,2 \cdot 0,1 = 3,12 \text{ кВт}.$$

Коэффициент спроса для расчета нагрузок пищеблока определяется по таблице 7.9 СП 256.1325800.2016 и составляет 0,5:

$$P_p = (43,4 + 3,06) \cdot 0,5 = 23,23 \text{ кВт}.$$

Холодильное оборудование пищеблока определяется с учетом коэффициента по таблице 7.5 СП 256.1325800.2016:

$$P_p = 13,2 \cdot 0,85 = 11,22 \text{ кВт}.$$

Посудомоечная машина с подключением холодной воды $K_c=1$ (таблица 7.10 СП 256.1325800.2016):

$$P_y = P_p = 6,7 \text{ кВт}.$$

Коэффициент спроса для расчета нагрузок вентиляции и сантехнического оборудования определяется по таблице 7.5 СП 256.1325800.2016 и составляет 0,6:

$$P_p = (9,33 + 8,8) \cdot 0,6 = 10,88 \text{ кВт.}$$

Коэффициенты спроса на оборудование бассейна и сауны определяется поставщиком оборудования.

Нагрузка на РП1 составляет:

$$P_{уст} = 43,4 + 9,76 + 13,2 + 13 + 8,8 + 9,33 = 97,49 \text{ кВт};$$

$$P_p = (23,23 + 11,22 + 6,7) + 10,88 + (13 \cdot 0,8) = 66,8 \text{ кВт};$$

$$I_{расч} = 114 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,908;$$

$$K_c = 0,69.$$

Нагрузка на РП2 составляет:

$$P_{уст} = 23,226 + 31,2 + 20 + 12 + 5,06 + 2,5 = 93,99 \text{ кВт};$$

$$P_p = 19,74 + 3,12 + 20 \cdot 0,8 + 12 \cdot 0,8 + 5,06 \cdot 0,55 + 2,5 = 58,2 \text{ кВт};$$

$$I_{расч} = 86 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,952;$$

$$K_c = 0,57.$$

Общая нагрузка на Ввод 1 равна нагрузке на РП1 с учетом коэффициента несовпадения максимумов по таблице 7.11 СП 256.1325800.2016 составляет:

$$P_p = 66,8 \cdot 0,9 = 60,12 \text{ кВт.}$$

Общая нагрузка на Ввод 2 равна сумме нагрузок РП2 + ШРА + ЩППУ с

учетом коэффициента несовпадения максимумов по таблице 7.11 СП 256.1325800.2016 составляет:

$$P_{\text{уст}} = 93,99 + 26,463 + 14,929 = 135,38 \text{ кВт};$$

$$P_p = (58,2 + 21,3 + 2,5) \cdot 0,9 = 79,74 \text{ кВт};$$

$$I_{\text{расч}} = 117 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,952;$$

$$K_c = 0,57.$$

Суммарная нагрузка при работе по 1 вводу составляет:

$$P_{\text{уст}} = 97,49 + 135,38 = 232,87 \text{ кВт};$$

$$P_p = 60,26 + 79,74 = 140 \text{ кВт};$$

$$I_{\text{расч}} = 215 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,915;$$

$$K_c = 0,62.$$

Выводы по разделу.

Основными потребителями электроэнергии банно-оздоровительного комплекса являются электропечи сауны и хамама, оборудования бассейна и пищеблока, вентиляция, освещение рабочее и аварийное, оборудование системы связи и пожарной сигнализации.

В результате определения расчетных нагрузок было определено, что установленная мощность всех электроприемников 233 кВт, а суммарная расчетная нагрузка банно-оздоровительного комплекса при питании его от одного ввода составит 140 кВт.

3 Требования к электроснабжению потребителей, качеству электрической энергии и энергоэффективности

Электроприемники относятся ко II и I категории по надежности электроснабжения и в соответствии с ПУЭ обеспечиваются электроэнергией от двух независимых источников- от разных секций двухтрансформаторной подстанции. Для электроприемников I категории предусматривается установка щитов АВР1 и АВР2.

Качество электроэнергии соответствует ГОСТ 32144-2013. В связи с отсутствием потребителей, отрицательно влияющих на качество электроэнергии при нормальном режиме работы, мероприятия по повышению качества электроэнергии не предусматриваются [3].

Напряжение низковольтных распределительных сетей принято по напряжению источника питания 380/220В.

Нормально допустимые и предельно допустимые значения падения напряжения на выводах электроприемников не превышают соответственно $\pm 3\%$ для освещения и $\pm 5\%$ для силового оборудования по ГОСТ Р 50571.5.52-2011 [4].

Рабочее электроосвещение относится ко II категории электроснабжения, аварийное (эвакуационное) к I категории и подключается к двум независимым источникам питания с устройством АВР. На путях эвакуации светильники подключены к третьему независимому источнику питания – аккумуляторной батарее, поддерживающей работоспособность светильника в аварийном режиме в течение 1 часа [6].

Для подключения силовых электроприемников II категории в электрощитовой здания устанавливается блочное распределительное устройство РП1 и РП2.

Согласно СП 6.13130.2013 питание электроприемников I категории и СПЗ осуществляется от щита с устройством автоматического включения резерва ЯАВР [14]. Электроснабжение электроприемников I категории

выполнено по радиальной схеме отдельными линиями. При аварии на рабочем вводе ЯАВР происходит автоматическое переключение на резервный ввод. При восстановлении питания по рабочему вводу состояние щита АВР восстанавливается.

Электрической схемой управления вентиляцией предусмотрено [18]:

- местное управление вентиляторами со щитов и пультов, поставляемых комплектно с оборудованием;
- автоматическое отключение при пожаре по сигналу системы пожарной сигнализации, причем отключение приточных систем выполнено индивидуально для каждой системы с сохранением электропитания цепей защиты от замораживания;
- отключение при пожаре с помощью ручных пожарных извещателей, установленных по путям эвакуации.

«Предусмотренное в работе современное электрооборудование и кабели отвечают требованиям обеспечения повышенной эксплуатационной надежности, энергосбережения, минимальных эксплуатационных затрат, минимальной площади размещения» [1].

«В данной работе предусмотрены следующие мероприятия по энергосбережению и энергоэффективности:

- равномерное распределение однофазных электрических нагрузок;
- замена традиционных ламп накаливания светодиодными светильниками;
- система управления освещением помещений обеспечивает отключение части светильников, в соответствии с изменением естественной освещенности;
- размещение шкафов электропитания в центре электрических нагрузок» [23];
- замена электромагнитных пускорегулирующих аппаратов электронными ПРА;
- выбор кратчайших трасс прокладки кабелей электроснабжения, для

уменьшения потерь напряжения в сети;

– групповые сети рассчитаны на минимальные потери напряжения.

Выводы по разделу.

Электроприемники объекта в отношении обеспечения надежности электроснабжения относятся к II и I категории.

К I категории относятся: аварийное освещение, шкаф пожарной сигнализации, в/системы дымоудаления и подпора воздуха; а также электроприемники серверной, лифтовая установка, приточно-вытяжные установки и шкаф системы контроля доступа.

Электропитание потребителей I категории предусматривается от двух независимых источников питания через устройства АВР1 и АВР2. Потребители II категории обеспечиваются электрической энергией от силовых распределительных щитов.

В качестве основных мер по энергосбережению применяется равномерное распределение однофазных электрических нагрузок, замена традиционных ламп накаливания светодиодными светильниками и размещение шкафов электропитания в центре электрических нагрузок.

4 Заземление и молниезащита банно-оздоровительного комплекса

В соответствии с гл. 1.7 ПУЭ выполнено заземление по системе TN-C-S [9]. «Защита от прямого прикосновения обеспечивается применением изолированных кабелей, защитных кожухов и оболочек оборудования, установкой электрооборудования в шкафах со степенью защиты не менее IP31.

Для защиты от поражения эл. током в случае повреждения изоляции применены следующие меры защиты при косвенном прикосновении» [5]:

- защитное заземление: в качестве защитных РЕ проводников используется отдельная жила кабелей. Металлические лотки, кабельные конструкции и ст. полоса для крепления кабелей должны представлять собой непрерывную электрическую цепь и должны с обоих концов трассы присоединяться к заземленному электрооборудованию. Защитное заземление металлических корпусов светильников осуществляется присоединением к заземляющему винту корпуса светильника РЕ проводника;
- автоматическое отключение питания – в работе в вводном шкафу и щитах распределения применены автоматические выключатели, обеспечивающие защиту от сверхтоков;
- уравнивание потенциалов;
- защита от статического электричества.

«Основная система уравнивания потенциалов соединяет между собой:

- заземляющий проводник;
- металлические части каркаса здания;
- заземляющее устройство системы молниезащиты;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание» [5].

Все указанные выше проводящие части должны быть подсоединены к главной заземляющей шине ГЗШ (шине РЕ ВРУ) проводниками уравнивания потенциалов, в качестве которых в данной работе приняты РЕ жилы кабелей и

специально проложенные проводники - стальная полоса 40×4, 25×4 мм.

Соединения и присоединения заземляющих проводников и проводников системы уравнивания потенциалов выполняются в соответствии с пунктами 1.7.139-1.7.146 ПУЭ 7-го издания [9].

Заземляющее устройство защитного заземления и молниезащиты (согласно пункта 1.7.55 ПУЭ 7-го издания) является общим.

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

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

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

заземлителей,

l – длина вертикального заземлителя;

b – ширина полки уголка;

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

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [8]:

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

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

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

$$R_{\text{г}} = \frac{R_{\text{го}}}{\eta_{\text{г}} \cdot n_{\text{г}}}, \quad (7)$$

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

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

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.з}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b \cdot t_0}, \quad (8)$$

где l_z – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [8];

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

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (9)$$

«Присоединение проводников уравнивания потенциалов к трубопроводам коммуникаций, к строительным конструкциям и другим частям неэлектрических систем должны выполняться организациями, производящими монтаж или установку этих систем под наблюдением представителей эл. монтажной организации» [5].

Защитное заземление и уравнивание потенциалов выполняется в соответствии с типовым проектом А7-2010 [22].

Здание банно-оздоровительного комплекса, в соответствии с РД34.21.122-87, относится к 3-й категории по устройству молниезащиты [10]. Для защиты здания от прямых ударов молнии в качестве молниеприемника непосредственно на кровлю необходимо уложить молниеприемную сетку с ячейками не более 12×12 м. План расположения проводников заземления и молниезащиты приведен на рисунке 4.

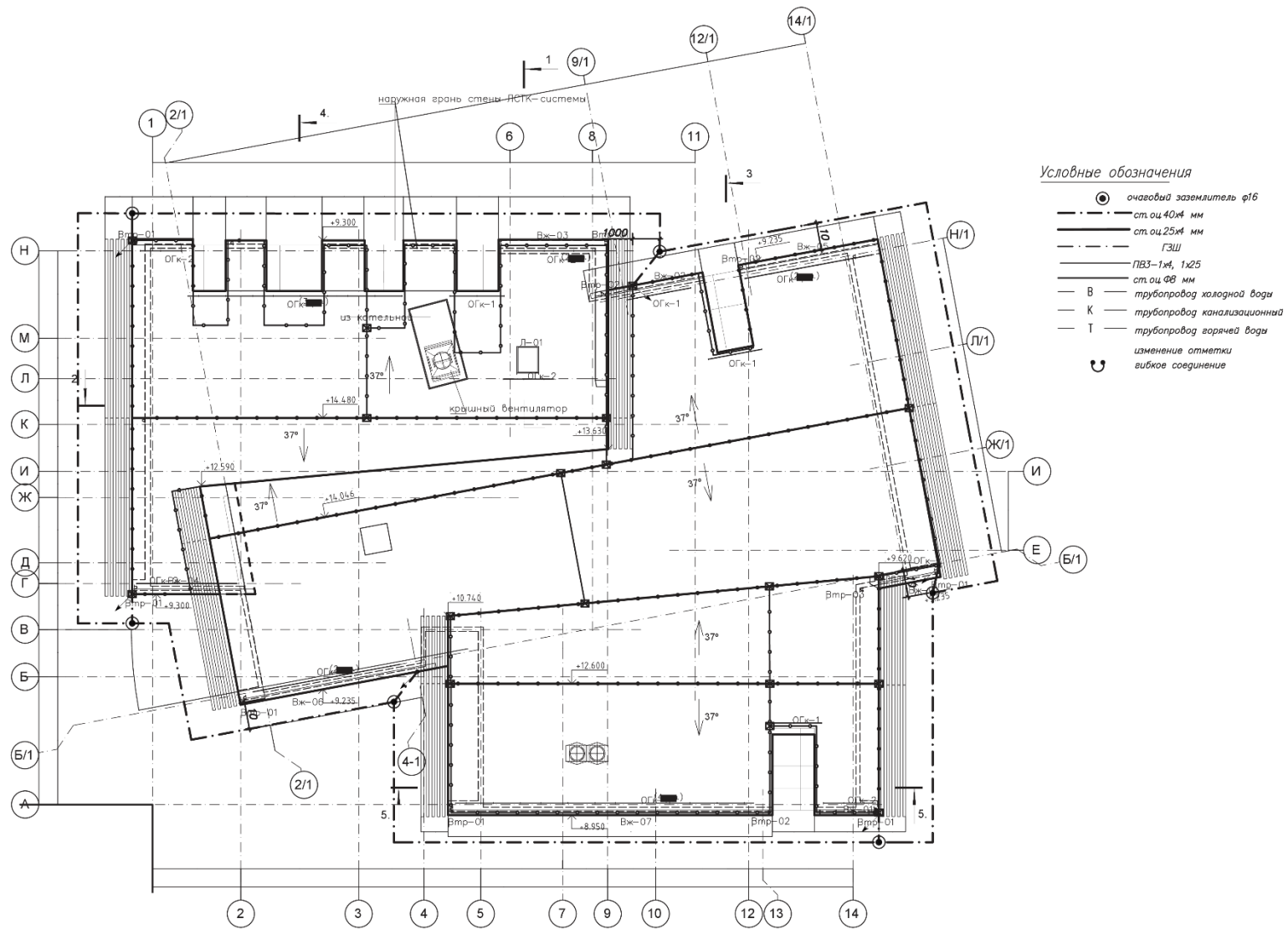


Рисунок 4 - План расположения проводников заземления и молниезащиты

Токоотводы (опуски - сталь диаметром 8мм) от молниеприемной сетки необходимо проложить по углам и по наружным стенам здания на максимально возможных расстояниях от окон и дверей здания и не реже чем через 20м [13]. В качестве заземляющего устройства защиты от прямых ударов молнии используется многофункциональный (очаг) контур заземления. Токоотводы соединяются над уровнем земли с выводами очага заземления (сталь 40×4мм). Соединения молниеприемника с токоотводами и токоотводов с заземлителями должны выполняться сваркой. Выступающие над кровлей металлические элементы (трубы, вентиляционные устройства, лестницы и т.д.) должны быть присоединены к металлическим элементам конструкции кровли сталью круглой диаметром 8 мм [15]. Все присоединения выполняются специальными болтовыми соединителями или сваркой. «Защита от прямого прикосновения обеспечивается применением изолированных кабелей, защитных кожухов и оболочек оборудования, установкой электрооборудования в шкафах со степенью защиты не менее IP31» [5].

Выводы по разделу.

«В соответствии с гл. 1.7 ПУЭ выполнено заземление по системе TN-C-S. Защита от прямого прикосновения обеспечивается применением изолированных кабелей, оболочек оборудования и установкой электрооборудования в шкафах со степенью защиты не менее IP31.

Для защиты от поражения эл. током в случае повреждения изоляции применены следующие меры защиты при косвенном прикосновении: защитное заземление; автоматическое отключение питания при сверхтоках; уравнивание потенциалов и защита от статического электричества» [5].

Для защиты здания от прямых ударов молнии в качестве молниеприемника непосредственно на кровлю укладывается молниеприемная сетка с ячейками не более 12×12 м.

5 Выбор проводников и коммутационно-защитных аппаратов

Проектируемые питающие кабели приняты марок АВБбШв-1кВ и должны быть проложены в земле на глубине 0,7м от спланированной поверхности земли с защитой от механических повреждений кирпичом согласно типовому проекту А5-92 [21]. Внешний вид кабеля АВБбШв-1кВ представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 - Внешний вид кабеля АВБбШв-1кВ

Вводы кабелей в здания выполняются в ПНД трубах (в ТП) и с использованием защитного кожуха (ввод в здание). При вводе кабелей в здание, должна быть выполнена гидроизоляция, препятствующая попаданию грунтовых, ливневых и талых вод. В местах прохода кабелей в трубах зазоры в них должны быть уплотнены негорючим материалом.

Все наружные сети электроснабжения 0,4кВ выбраны с учётом защиты их от действия токов короткого замыкания и по допустимой потере напряжения.

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [8]:

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

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» [8].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [8]:

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

где « $I_{\text{расч}}$ - расчетный ток, А;
 L - длина линии, м;
 $R_{\text{уд}}$ - удельное сопротивление проводника, Ом/м;
 S - сечение провода, мм» [8].

Распределительные и групповые сети выполняются:

- кабелем марки ППГнг(А)-HF с медной токопроводящей изоляцией и оболочке из пожаробезопасной безгалогенной полимерной композиции;
- огнестойким кабелем ППГнг(А)-FRHF с медной токопроводящей изоляцией и оболочке из пожаробезопасной безгалогенной полимерной композиции [2].

На рисунке 6 приведен внешний вид кабеля ППГнг(А)-HF.

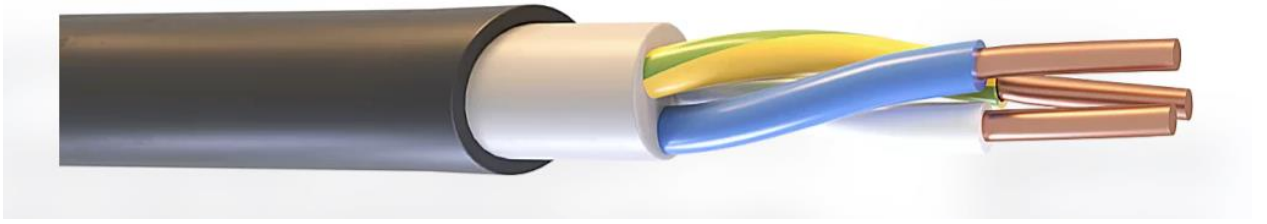


Рисунок 6 - Внешний вид кабеля ППГнг(А)-НГ

Распределительные и групповые сети выполняются кабелем ППГнг(А)-НГ открыто с креплением скобами на чердаке и подвале, скрыто в штрабах стен, в трубах в стяжке пола, в ПЛЛ гофрированных трубах в перегородках из ГВЛ.

Распределительные и групповые сети щитов потребителей 1й категории выполняются кабелем ППГнг(А)-FRHF открыто с креплением скобами на чердаке и подвале, скрыто в штрабах стен, в трубах в стяжке пола, в ПВХ гофрированных трубах в перегородках из ГВЛ [7].

Для вводных питающих кабелей и кабелей наружного освещения (класса пожарной опасности – О1.8.2.5.4) внутри здания необходимо обеспечить огнезащиту от точки ввода путем покрытия огнезащитным составом.

Проходы электропроводок через строительные конструкции выполнить в отрезках стальных труб. Зазоры между кабелями и трубой, а также между трубой и строительной конструкцией необходимо герметизировать легко удаляемой массой из негоряемого материала, обеспечивающей ту же огнестойкость, что и соответствующие элементы строительных конструкций. Уплотнение следует выполнять с каждой стороны трубы.

Все электрические сети 380/220В выбраны с учетом защиты их от действия токов короткого замыкания и от перегрузок.

«Для защиты кабельных линий от перегрузки в точках подключения устанавливаются автоматические выключатели, которые выбраны по току и по условиям короткого замыкания» [8].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [8]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (12)$$

– «по номинальному току» [8]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (13)$$

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

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)},, \quad (14)$$

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

«Выбор исполнения расцепителей максимального тока. Если в соответствии с ПУЭ требуется защита от перегрузки и эта защита не обеспечивается другими устройствами, то автоматические выключатели должны иметь расцепители максимального тока с 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» [8]:

$$k_{рн} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (15)$$

где « I_y – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

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

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

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

$$t_i > t_{ni},, \quad (16)$$

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

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

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

$$t_{cp} > t_{don},, \quad (17)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

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

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

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

$$I_{pa} \leq I_{np} \leq I_{don},, \quad (18)$$

$$I_2 \leq 1,45I_{don},, \quad (19)$$

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

$I_{нр}$ – номинальный ток расцепителя;

$I_{доп}$ – допустимый ток кабеля;

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

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

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

Выбранные типы, номинальные токи, токи расцепителей автоматических выключателей, марки и сечения кабельных линий обозначены на рисунках 7-10.

Взаиморезервируемые сети необходимо проложить в разных штробах или разных трубах.

В работе применена осветительная арматура группы компаний ООО ВАРТОН. В качестве осветительных приборов используются светодиодные светильники различных способов установки. Оболочки светильников и другого оборудования осветительных сетей имеют степень защиты, которая соответствует условиям эксплуатации. Все светильники имеют гигиенические сертификаты, подтверждающие возможность применения указанных светильников в общественных зданиях.

Осветительная арматура, выключатели монтируются после окончания отделочных работ.

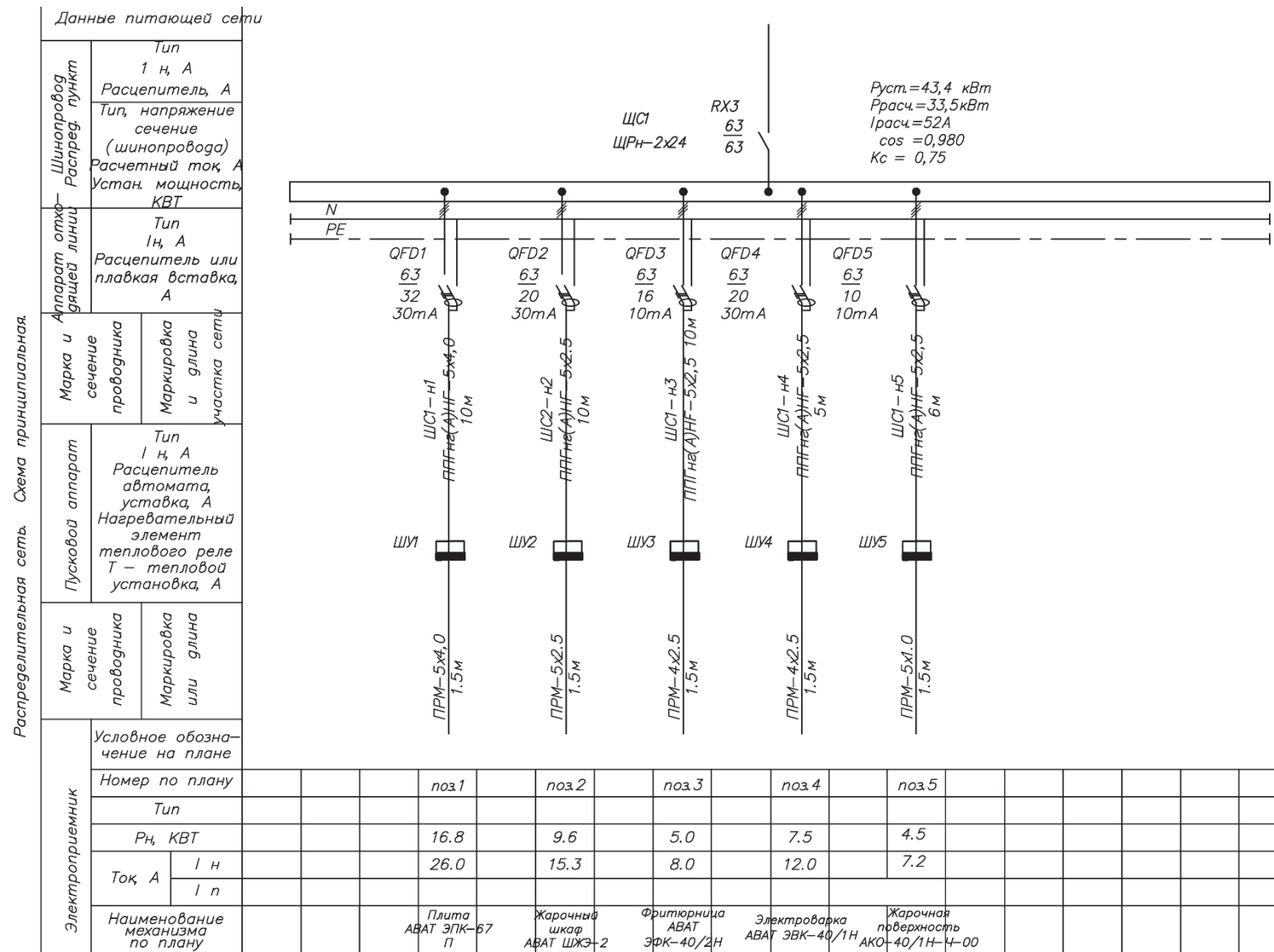


Рисунок 7 – Схема принципиальная щита ЩС1

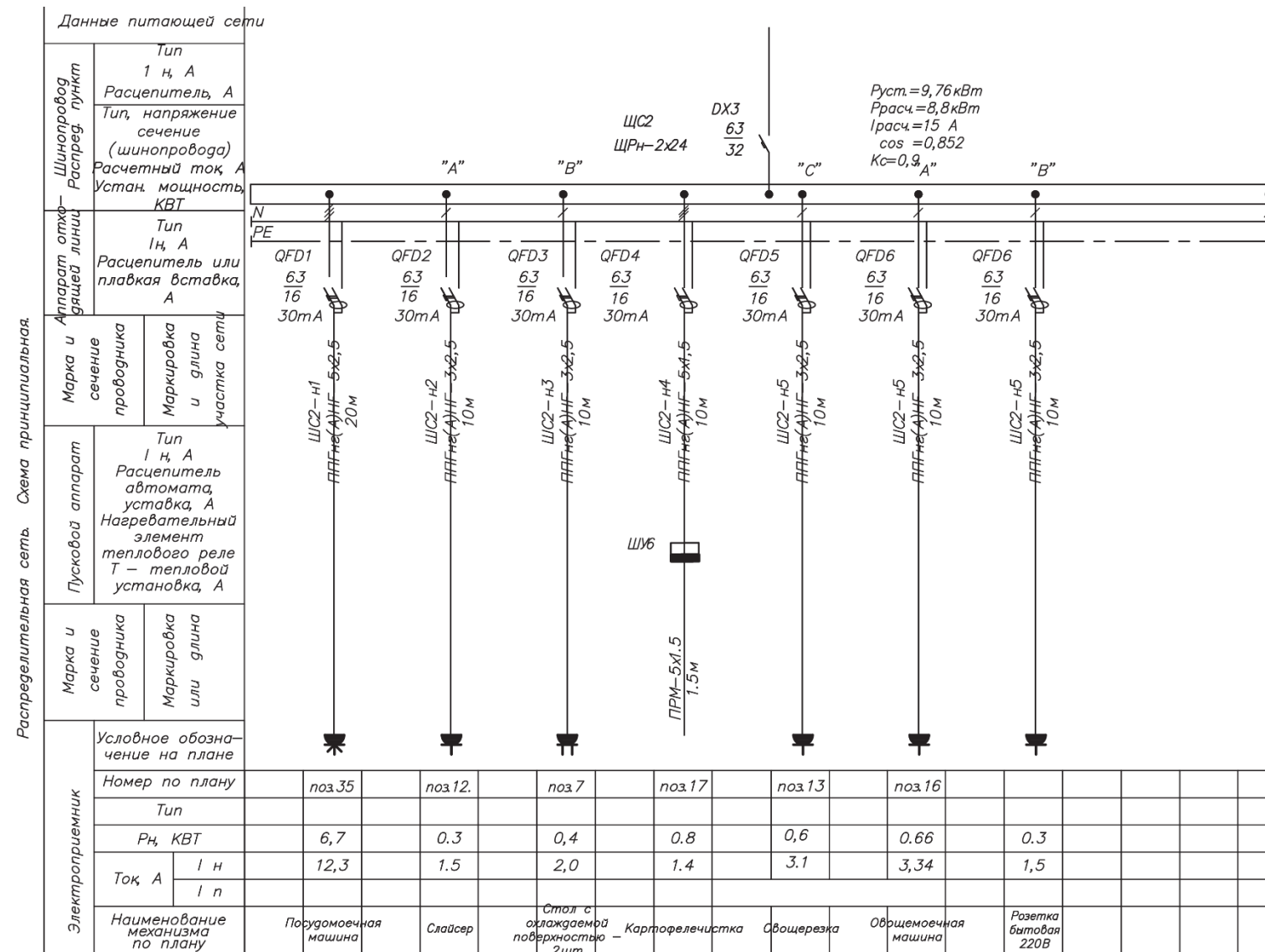


Рисунок 8 – Схема принципиальная щита ЩС2

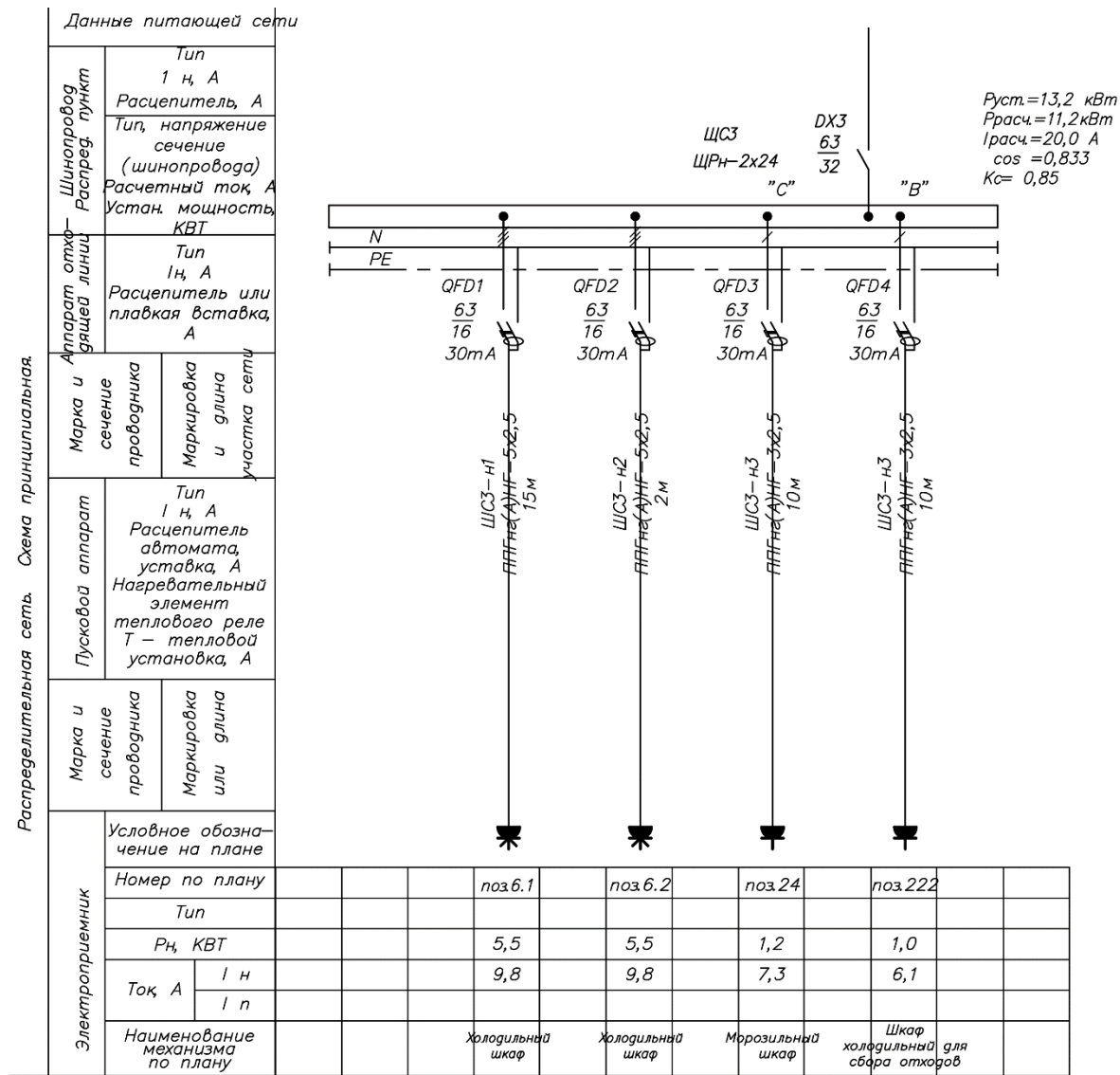


Рисунок 9 – Схема принципиальная щита ЩСЗ

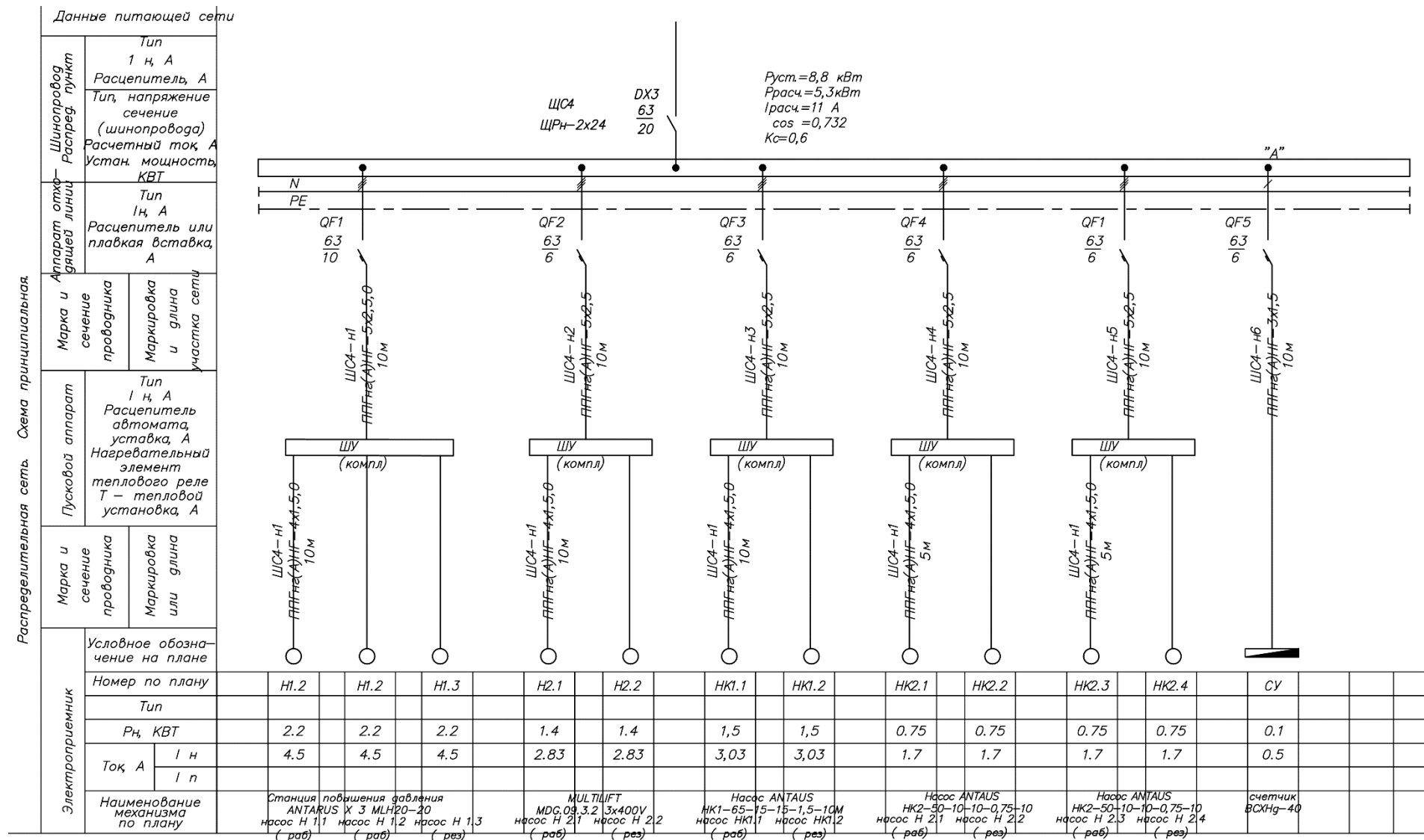


Рисунок 10 – Схема принципиальная щита ЩС4

Выводы по разделу.

Для проектируемых внешних питающих сетей приняты кабели марки АВБШв-1кВ, которые прокладываются в земле на глубине 0,7м от спланированной поверхности земли. Все наружные и внутренние сети электроснабжения 0,4кВ выбраны с учётом защиты их от действия токов короткого замыкания и по допустимой потере напряжения.

Распределительные и групповые сети выполняются кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена марок ППГнг(А)-HF и ППГнг(А)-FRHF для потребителей 1й категории.

Для защиты кабельных линий от перегрузки в точках подключения устанавливаются автоматические выключатели, которые выбраны по току и по условиям короткого замыкания.

6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения

«В работе предусмотрены следующие виды освещения: рабочее, аварийное, ремонтное и охранное.

Аварийное освещение является частью рабочего освещения.

Рабочее освещение помещений выполняется светодиодными светильниками.

Управление светильниками осуществляется выключателями, установленными на входе. Аварийное освещение применяется для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения» [19]. Освещенность на путях эвакуации составляет 5лк, светильники аварийного освещения находятся не далее 2м от выхода из помещения.

На светильники и выключатели аварийного освещения необходимо нанести отличительные знаки (букву А красного цвета).

Электропроводка систем аварийного освещения должна сохранить целостность на участке от источника до светильников, в течение времени необходимого для эвакуации людей в условиях пожара. Это достигается использованием кабелей с высокой огнестойкостью.

Кабели аварийного освещения должны быть надежно отделены расстоянием или перегородками от других кабелей.

Для ремонтного освещения в помещениях инженерных сетей устанавливаются ящики с понижающим трансформатором ЯТП-0,25 на 24 В.

Выбор типов светильников выполнен в зависимости от назначения помещений, характеристики среды и высоты установки.

Основными типами применяемых светильников для помещений с нормальной средой являются круглый встраиваемый светодиодный светильник VARTON DL-01 и X-LINE 1,50m для сборки в линию, внешний вид которых приведен на рисунках 11 и 12 соответственно.



Рисунок 11 – Внешний вид круглого встраиваемого светодиодного светильника VARTON DL-01



Рисунок 12 – Внешний вид светодиодного светильника X-LINE 1,50m для сборки в линию

Выбор норм освещённости произведён в соответствии с СП52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [19]. Величина освещённости на участках определяется по характеристике зрительной работы. Светотехнические расчеты выполнены в программе «Dialux» по следующей методике.

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

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

где « A и B - длина и ширина помещения;

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

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [19]:

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

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_l - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [19].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [19]:

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

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

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

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

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

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

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

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

Обслуживание светильников предусматривается с лестницы-стремянки.

Выводы по разделу.

В работе предусмотрены следующие виды освещения: рабочее, аварийное, ремонтное и охранное. Основными типами применяемых светильников для помещений с нормальной средой являются круглый встраиваемый светодиодный светильник VARTON DL-01 и X-LINE 1,50m для сборки в линию. Светотехнические расчеты выполнены в программе «Dialux», в которой было определено требуемое количество светильников для каждого из помещений банно-оздоровительного комплекса в соответствии с нормами освещенности.

Заключение

Целью работы являлось проектирование системы электроснабжения банно-оздоровительного комплекса, отвечающей требованиям безопасности, надежности и удобства эксплуатации.

Электроснабжение банно-оздоровительного комплекса предусматривается с различных секций шин двухтрансформаторной подстанции.

Электроприемники объекта в отношении обеспечения надежности электроснабжения относятся к II и I категории.

К I категории относятся: аварийное освещение, шкаф пожарной сигнализации, в/системы дымоудаления и подпора воздуха; а также электроприемники серверной, лифтовая установка, приточно-вытяжные установки и шкаф системы контроля доступа.

Электропитание потребителей I категории предусматривается от двух независимых источников питания через устройства АВР1 и АВР2. Потребители II категории обеспечиваются электрической энергией от силовых распределительных щитов.

Основными потребителями электроэнергии банно-оздоровительного комплекса являются электропечи сауны и хамама, оборудования бассейна и пищеблока, вентиляция, освещение рабочее и аварийное, оборудование системы связи и пожарной сигнализации.

В результате определения расчетных нагрузок было определено, что установленная мощность всех электроприемников 233 кВт, а суммарная расчетная нагрузка банно-оздоровительного комплекса при питании его от одного ввода составит 140 кВт.

В качестве основных мер по энергосбережению применяется равномерное распределение однофазных электрических нагрузок, замена традиционных ламп накаливания светодиодными светильниками и размещение шкафов электропитания в центре электрических нагрузок.

«В соответствии с гл. 1.7 ПУЭ выполнено заземление по системе TN-C-S. Защита от прямого прикосновения обеспечивается применением изолированных кабелей, оболочек оборудования и установкой электрооборудования в шкафах со степенью защиты не менее IP31.

Для защиты от поражения эл. током в случае повреждения изоляции применены следующие меры защиты при косвенном прикосновении: защитное заземление; автоматическое отключение питания при сверхтоках; уравнивание потенциалов и защита от статического электричества» [5].

Для защиты здания от прямых ударов молнии в качестве молниеприемника непосредственно на кровлю укладывается молниеприемная сетка с ячейками не более 12×12 м.

Для проектируемых внешних питающих сетей приняты кабели марки АВБШв-1кВ, которые прокладываются в земле на глубине 0,7м от спланированной поверхности земли. Все наружные и внутренние сети электроснабжения 0,4кВ выбраны с учётом защиты их от действия токов короткого замыкания и по допустимой потере напряжения.

Распределительные и групповые сети выполняются кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена марок ППГнг(А)-HF и ППГнг(А)-FRHF для потребителей 1й категории.

Для защиты кабельных линий от перегрузки в точках подключения устанавливаются автоматические выключатели, которые выбраны по току и по условиям короткого замыкания.

В работе предусмотрены следующие виды освещения: рабочее, аварийное, ремонтное и охранное. Основными типами применяемых светильников для помещений с нормальной средой являются круглый встраиваемый светодиодный светильник VARTON DL-01 и X-LINE 1,50m для сборки в линию. Светотехнические расчеты выполнены в программе «Dialux», в которой было определено требуемое количество светильников для каждого из помещений банно-оздоровительного комплекса в соответствии с нормами освещенности.

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 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 30.12.2023).
3. 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).
4. ГОСТ Р 50571.5.52-2011 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации 01.01.2015. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092622> (дата обращения 12.01.2024).
5. 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).
6. 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).
7. НПБ 246-97 Нормы пожарной безопасности. Арматура электромонтажная. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001088> (дата обращения 12.01.2024).
8. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.

9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 23.01.2024).
10. 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).
11. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с.
12. Синенко Л.С. Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/122353214> (дата обращения 26.01.2024).
13. 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).
14. СП 6.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499016434> (дата обращения 18.02.2024).
15. СП 17.13330.2017 Свод правил. Кровли [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456081632> (дата обращения 12.01.2024).
16. 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).
17. СП 31-110-2003 Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения 30.12.2023).
18. 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 08.01.2024).

19. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]: Свод правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 16.12.2023).

20. 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).

21. Типовой проект А5-92 Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях. [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293844/4293844540.htm> (дата обращения 18.02.2024).

22. Типовой проект А7-2010. Защитное заземление и уравнивание потенциалов в электроустановках. Материалы для проектирования и рабочие чертежи. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/437148794> (дата обращения 18.02.2024).

23. 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).