

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 научно-производственного комплекса по выпуску  
лекарственных препаратов

Обучающийся

А.В. Тарасеев

(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 была разработана система электроснабжения научно-производственного комплекса полного цикла по созданию лекарственных препаратов.

Определена схема внутреннего электроснабжения и компоновка главного распределительного щита. Для питания потребителей особой группы предусмотрены установка дизель-генераторной установки и источников бесперебойного питания на период её запуска.

Произведён расчёт автоматических выключателей для защиты питающих линий от токов перегрузки и токов короткого замыкания. Все автоматические выключатели в целях импортозамещения выбраны фирмы SHINT. Определена суммарная расчётная нагрузка в целом по зданию и произведён расчёт потерь напряжения от ВРУ здания до наиболее удалённых электроприёмников. Рассмотрены вопросы компенсации реактивной мощности, учёта электрической энергии и разработаны мероприятия по энергосбережению.

Определены параметры систем заземления и молниезащиты здания. Выбраны проводники для сетей питания силовых электроприёмников и освещения.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 53 страницы текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

## Содержание

Введение.....	4
1 Выбор схемы электроснабжения объекта.....	7
2 Определение расчетных электрических нагрузок по НПК .....	13
3 Определение решений по обеспечению электроэнергией электроприемников, компенсации реактивной мощности и выбор энергосберегающих мероприятий .....	22
4 Определение параметров систем заземления и молниезащиты здания .....	26
4.1 Молниезащита .....	26
4.2 Защитное заземление .....	26
5 Выбор проводников, требований к размещению и степеней защиты электрооборудования.....	31
6 Определение параметров системы рабочего и аварийного освещения.....	36
7 Выбор дополнительных и резервных источников электроэнергии .....	43
Заключение .....	47
Список используемой литературы и источников .....	50

## Введение

Основной задачей работы проектируемого научно-производственного комплекса (НПК) является обеспечение полного цикла создания лекарственных препаратов на основе СК, включая проведение контроля качества и осуществление научно-исследовательской работы в данной и смежных областях.

В соответствии с видами работ, а также функциональной необходимостью в составе НПК предусмотрены следующие структурные подразделения:

- блок помещений приема и хранения;
- производственный блок помещений;
- административный блок помещений;
- блок санитарно-бытовых и вспомогательных помещений.

Блок помещений приема и хранения. На первом этаже НПК располагается разгрузочная зона, где персонал производит первичный прием расходных материалов и реактивов, оценку целостности упаковок и передачу материалов и реактивов в помещения входящего контроля качества класса чистоты, где осуществляется оценка поступающих материалов на соответствие нормативной документации для производства ЛВ и КП. Складские помещения организованы в подвале здания. Для хранения на 1-ом этаже предусмотрено помещение хранения сосудов Дьюара.

Производственный блок помещений.

Группа производства ЛВ. На первом этаже производственного корпуса расположены две параллельные производственные линии ЛВ, основные помещения которых принадлежат к классу чистоты в соответствии с ГОСТ ИСО 14644-1 ИСО 7 (С) [9]. Производственные линии полностью автономны, соответственно, для дополнительного предупреждения кросс-контаминации предусмотрено наличие воздушного душа при входе в каждую производственную линию.

В таких технологических условиях процесс изготовления одной партии ЛВ препарата занимает 3 недели.

Каждая производственная линия включает в себя:

- помещение приготовления растворов;
- клеточный блок для чистых культур;
- клеточный блок для наработки;
- комнату процессинга.

Постоянных рабочих мест на первом этаже здания не предусмотрено.

Для обеспечения работы обеих производственных линий оборудованы два помещения:

- чистый склад, на котором происходит учет наличия и хранение сырья и материалов (основные помещения хранения материалов находится в подвальном этаже здания);
- помещение для приготовления дезинфицирующих растворов, где осуществляется приготовление растворов для обработки оборудования, инвентаря, помещений и прочих нужд.

Группа производства препаратов из СК. На втором этаже производственного корпуса расположены две параллельные линии помещений производства высокотехнологичного лекарственного препарата на основе СК человека. Производственные линии полностью автономны, при этом персонал имеет возможность проходить в чистые помещения через серию последовательных санпропускников с повышением класса чистоты.

Индивидуальное изготовление каждого клеточного продукта составляет в среднем 10 дней.

Все стадии процесса проходят в закрытом контуре, что исключает потенциальное попадание микроорганизмов. Кроме того, стадии внесения стерильных растворов в закрытый контур проводятся с использованием фильтров, удерживающих микроорганизмы.

Для каждой производственной линии предусмотрены:

- помещение маркировки и выдачи готовой продукции;

- помещение приемки и маркировки исходного;
- чистый склад;
- помещения производства препарата (3 шт.).

Общелабораторное помещение.

Образцы для проведения контроля качества поступают из производственных помещений, расположенных на 1 этаже, а также из комнат производства препарата, расположенных на 2 этаже.

Зона для работы с клетками. В данной зоне расположены:

- комната карантина культур клеток;
- комната проточной флуориметрии;
- комната работы с культурами клеток.

Административный блок помещений.

В составе данного блока на 2-ом и 3-м этажах предусмотрены:

- помещения для работы с документами (8 шт.);
- помещение занятий с персоналом;
- кабинет заведующего.

Помещения для работы с документами предусмотрены для обработки результатов и предназначены для тех же лаборантов, которые участвуют в производстве и проводят исследования в лабораториях.

В работе предусмотрены все необходимые санитарно-бытовые и вспомогательные помещения (гардеробы персонала, санузлы, помещения предметов уборки и т.д.). Кроме того, учитывая специфику видов работ и особые требования к чистоте помещений, в составе НПК предусмотрена собственная постирочная.

Целью бакалаврской работы является проектирование системы электроснабжения научно-производственного комплекса для обеспечения полного цикла создания лекарственных препаратов на основе СК, включая проведение контроля качества и осуществление научно-исследовательской работы в данной и смежных областях.

## 1 Выбор схемы электроснабжения объекта

Электроснабжение объекта и внешние сети 10кВ, включая ТП в части оборудования 10кВ и помещений трансформаторов здания выполняются силами электроснабжающей организации.

Объект представляет собой здание, состоящее из подвального этажа и 4 надземных этажей.

«Для приема и распределения электроэнергии в здании предусмотрена электрощитовая в подвальном этаже, в которой располагается главный распределительный щит ГРЩ, получающий питание от проектируемой блочной 2-х трансформаторной подстанции по взаиморезервируемым кабельным линиям» [21].

Алгоритм работы АВР следующий:

- «при пропадании питания на одном из вводов переключение питания электроприемников I категории и «Особой» группы I категории надежности электроснабжения на другой ввод производится автоматически» [1];
- при пропадании питания на обоих вводах от ТП, производится запуск ДГУ, после выхода ДГУ на номинальный режим, происходит переключение питания электроприемников «Особой» группы I категории надежности электроснабжения на третий независимый ввод от ДГУ;
- для электроприемников, не допускающих перерыв электроснабжения на время, необходимое для запуска ДГУ и выхода ее на номинальный режим, электроснабжение осуществляется от источника бесперебойного питания (ИБП);
- при восстановлении питания на одном из вводов от ТП, происходит автоматическое переключение питания электроприемников на этот ввод;
- для питания электроприемников систем противопожарной защиты

(СПЗ) предусматривается установка панелей противопожарных устройств ППУ. Питание ППУ обеспечивается по двум независимым вводам от вводных панелей (ВП) со встроенным АВР. Панели ППУ окрашиваются в красный цвет;

- для потребителей «Особой» группы I категории класса предусматривается ИБП с резервированием батарейных кабинетов по схеме (N+1) мощностью 15кВт.

Дополнительно предусматриваются местные ИБП для технологического оборудования.

ГРЩ расположено в подвале в помещении 0.17. ГРЩ выполняется многосекционными ввиду наличия потребителей различных категорий надежности электроснабжения. «Ввод кабеля в здание должен осуществляться в трубах БНТ на глубине 0,5-0,7м от планировочной отметки грунта» [20]. «После ввода труб в здание или кабельное сооружение необходимо восстановить гидроизоляцию стен. Кабели в трубах уплотнить с обоих концов труб на длину в 300мм.

В помещениях с нормальными условиями окружающей среды используется электрооборудование со степенью защиты IP20.

В помещении с влажными условиями окружающей среды и пожароопасными используется электрооборудование со степенью защиты не ниже IP44.

Защита питающих линий от токов перегрузки и токов короткого замыкания выполнена автоматическими выключателями. Защита групповых линий от токов перегрузки и токов короткого замыкания выполнена автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями, с характеристикой «С» и «В» [4].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [17]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (1)$$

– «по номинальному току» [17]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (2)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [17]:

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

где « $I_{КЗ}^{(3)}$  – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [17].

«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» [17]:

$$k_{рн} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск};, \quad (4)$$

где « $I_y$  – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$  – пусковой ток двигателя;

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

$k_n$  - принимается равным 1,1 - 1,5» [17].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [17]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (5)$$

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

$t_{ni}$  – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [17].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [17]:

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (6)$$

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

$t_{дон}$  – допустимое время отключения в соответствии с ПУЭ» [17].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [17]:

$$I_{pa} \leq I_{нр} \leq I_{дон},, \quad (7)$$

$$I_2 \leq 1,45I_{дон},, \quad (8)$$

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

$I_{нр}$  – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$  – допустимы ток кабеля;

$I_2$  – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [17].

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

Проверка на селективность. В соответствие с ПУЭ защита в низковольтных сетях должна быть селективной» [18].

«При выборе автоматических выключателей были учтены рекомендации фирмы-производителя CHINT в виде таблиц селективного отключения автоматических выключателей разных серий» [22].

Пожарная безопасность электроустановки обеспечивается:

- автоматическим отключением нагрузок общеобменной вентиляции при пожаре – предусмотрено на индивидуальный шкаф управления (ШУ) проектом автоматики пожарной защиты;
- «применением электрооборудования, электроустановочных изделий, соответствующих условиям окружающей среды и номинальному напряжению;
- выбором марок и сечений проводов и кабелей, способов их прокладки, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 31565-2012, нормативов по пожарной безопасности;
- выбором уставок защитных аппаратов, обеспечивающих их срабатывание в зонах токов КЗ и перегрузок;
- выполнением защитного заземления и уравнивания потенциалов» [6].

При прокладке магистральных кабельных трасс за подвесными потолками в коридорах, используются металлические перфорированные лотки. Оборудование, используемое в проекте, не является источником повышенного шума и вибрации. «В связи с этим специальных мероприятий по защите от шума и вибрации не требуется. Вредные производственные факторы отсутствуют.

Специальных мероприятий по охране труда и защите окружающей среды не требуется» [24].

Узлы учета электроэнергии выполняются в соответствии с требованиями глав 1.5 и 7.1 ПУЭ и СП 256.1325800.2016 [18], [26].

Для учета потребляемой электроэнергии используются в ГРЩ многофункциональные многотарифные счетчики электрической энергии типа Меркурий-234 ARTM2-03 PBR.R 3×230/400В, 5(10) А, кл.0,5S/1,0 интерф. RS-485.

Предусматриваются испытательные клеммные коробки (ИКК), обеспечивающие закорачивание вторичных цепей трансформаторов тока. Счетчик должен иметь на креплении кожухов пломбы организации, производившей поверку, а на крышке колодки счетчика пломбу энергоснабжающей организации.

Для защиты от несанкционированного доступа к электроизмерительным приборам, коммутационные аппараты и разъемные соединения электрических цепей в цепях учета должны иметь маркировку знаками визуального контроля в соответствии с установленными требованиями.

Выводы по разделу.

Объект представляет собой здание, состоящее из подвального этажа и 4 надземных этажей.

«Для приема и распределения электроэнергии в здании предусмотрена электрощитовая в подвальном этаже, в которой располагается главный распределительный щит ГРЩ, получающий питание от проектируемой блочной 2-х трансформаторной подстанции по взаиморезервируемым кабельным линиям» [21].

Для питания потребителей особой группы предусматривается установка ДГУ и ИБП на период ее запуска.

«Защита питающих линий от токов перегрузки и токов короткого замыкания выполнена автоматическими выключателями.

При выборе автоматических выключателей были учтены рекомендации фирмы-производителя CHINT в виде таблиц селективного отключения автоматических выключателей разных серий» [22].

## 2 Определение расчетных электрических нагрузок по НПК

Расчет нагрузок по питающим линиям и в целом по зданию выполнен в соответствии с СП 256.1325800.2016.

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки  $P_{p.p}$ , следует определять по формуле» [26]:

$$P_{p.p} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (9)$$

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» [26].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку  $P_{p.o}$ , следует определять по формуле» [26]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (10)$$

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

$P_{p.p}$  - расчетная нагрузка розеточной сети» [26].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов  $P_{p.c}$ , следует определять по формуле» [26]:

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

где « $K_c$  - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$  - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [26].

«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» [26]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (12)$$

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» [26].

В таблице 1 приведены результаты расчета электрических нагрузок (летний максимум потребления) для научно-производственного комплекса.

В таблице 2 приведены результаты расчета электрических нагрузок (зимний максимум потребления) для научно-производственного комплекса.

В таблице 3 приведены результаты расчета электрических нагрузок (режим работы от ДГУ) для научно-производственного комплекса.

В таблице 4 приведены результаты расчета электрических нагрузок системы бесперебойного (безобрывного) электроснабжения для научно-производственного комплекса.

Таблица 1 - Расчет электрических нагрузок (летний максимум потребления) для научно-производственного комплекса

Наименование узлов питания и групп потребителей	Устан. мощность	Коэф. спроса	cos φ	tg φ	Расчетная мощность			Примечание
					Активная	Реактивная	Полная	
	Р <sub>уст</sub> , кВт	К <sub>с</sub>	Р <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , кВар	S <sub>р</sub> , кВА			
Приточно-вытяжная вентиляция чистых помещений	48,33	0,70	0,85	0,62	33,83	20,95	39,76	-
Насосные станции(дренаж, КНС)	3,25	0,73	0,8	0,62	2,37	1,47	2,79	-
Задвижки	0,25	1	0,8	0,62	0,25	0,19	0,31	-
Приточно-вытяжная вентиляция	54,37	0,60	0,85	0,88	32,62	20,2	38,4	-
Воздушно-тепловые завесы, тепловентиляторы	1	0	0,95	0,20	0	0	0	Зима
Система электрического обогрева	0,5	0	1	0,00	0	0	0	Зима
Холодоснабжение	34,8	1	0,85	0,62	38,4	21,57	41	-
Компрессорная	6,6	0,33	0,8	0,62	2,2	1,65	2,75	-
Лифт	7,9	1	0,65	1,17	7,9	9,24	12,5	-
Аварийное освещение	6,1	1	0,92	0,43	6,1	2,6	6,6	1 особая категория достигается за счет блоков аварийного питания в составе светильников
Рабочее освещение	10,8	0,4	0,92	0,43	7,56	3,22	8,22	-
Наружное освещение	4,9	0,95	0,33	-	4,9	1,61	5,16	-
Серверная, охранные и пожарные системы, видеонаблюдение, слаботочные системы	10	0,80	0,95	0,33	8	3	8,42	-

Продолжение таблицы 1

Наименование узлов питания и групп потребителей	Устан. мощность	Коеф. спроса	cos φ	tg φ	Расчетная мощность			Примечание
					Активная	Реактивная	Полная	
	Руст, кВт	Кс	Рр, кВт	Qр, кВар	Sp, кВА			
Насосы хозяйственно-питьевые	3	1	0,75	0,88	3	2,65	4	-
Постирочная	10	0,85	0,95	0,33	8,5	5,27	10	-
Лабораторное оборудование	101,65	1	0,92	0,62	101,65	43,8	110,69	1 особая категория достигается за счет ДГУ
Лабораторное оборудование	182,6	0,4	0,92	0,62	73,04	31,11	79,14	-
Розеточная сеть общего назначения	35,4	0,40	0,85	0,62	14,1	6,03	15,4	-
Подпор и дымоудаление	124	0	0,85	0,62	0	0	0	-
ИТП	21,47	0	0,79	0,78	0	0	0	-
ИТОГО по комплексу с учетом коэффициента несовпадения максимумов нагрузок, с учетом естественного коэффициента мощности	666,92	-	0,94	0,37	334,42	127,5	367,27	-
ИТОГО по комплексу с учетом коэффициента несовпадения максимумов нагрузок, с учетом поддержания cos φ=0,98	-	-	0,98	0,21	344,42	72,4	351,95	-

Таблица 2 - Расчет электрических нагрузок (зимний максимум потребления) для научно-производственного комплекса

Наименование узлов питания и групп потребителей	Устан. мощность	Коэф. спроса	cos φ	tg φ	Расчетная мощность			Примечание
					Активная	Реактивная	Полная	
	Р <sub>уст</sub> , кВт	К <sub>с</sub>	Р <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , кВар	S <sub>p</sub> , кВА			
Приточно-вытяжная вентиляция чистых помещений	48,33	0,70	0,85	0,62	33,83	20,95	39,76	-
Насосные станции (дренаж. КНС)	3,25	0,73	0,8	0,62	2,37	1,47	2,79	-
Насосные станции	0,25	1	0,8	0,62	0,25	0,19	0,31	-
Приточно-вытяжная вентиляция	54,37	0,60	0,85	0,88	32,62	20,2	38,4	-
Воздушно-тепловые завесы, тепловентиляторы	1	1	0,95	0,20	1	0,33	1,05	-
Система электрического обогрева	0,5	1	1	0,00	0,5	0,16	0,53	-
Холодоснабжение	34,8	0	0,85	0,62	0	0	0	-
Компрессорная	6,6	0,33	0,8	0,62	2,2	1,65	2,75	-
Лифт	7,9	1	0,65	1,17	7,9	9,24	12,5	-
Аварийное освещение	6,1	1	0,92	0,43	6,1	2,6	6,6	1 особая категория достигается за счет блоков аварийного питания в составе светильников
Рабочее освещение	10,8	0,4	0,92	0,43	7,56	3,22	8,22	-
Наружное освещение	4,9	0,95	0,33	-	4,9	1,61	5,16	-
Серверная, охранные и пожарные системы, видеонаблюдение, слаботочные системы	10	0,80	0,95	0,33	8	3	8,42	-

Продолжение таблицы 2

Наименование узлов питания и групп потребителей	Устан. мощность	Коеф. спроса	cos φ	tg φ	Расчетная мощность			Примечание
					Активная	Реактивная	Полная	
	Руст, кВт	Кс	Рр, кВт	Qр, кВар	Sp, кВА			
Насосы хозяйственно-питьевые	3	1	0,75	0,88	3	2,65	4	-
Постирочная	10	0,85	0,95	0,33	8,5	5,27	10	-
Лабораторное оборудование	101,65	1	0,92	0,43	101,65	43,8	110,69	1 особая категория достигается за счет ДГУ
Лабораторное оборудование	182,6	0,4	0,92	0,62	73,04	31,11	79,14	-
Розеточная сеть общего назначения	35,4	0,40	0,85	0,62	14,1	6,03	15,4	-
Подпор и дымоудаление	124	0	0,85	0,62	0	0	0	-
ИТП	21,47	0,34	0,79	0,78	7,36	5,71	9,32	-
Итого по комплексу с учетом коэффициента несовпадения максимумов нагрузок, с учетом естественного коэффициента мощности	666,92	-	0,94	0,37	314,88	116,6	335,78	-
Итого по комплексу с учетом коэффициента несовпадения максимумов нагрузок, с учетом поддержания cos φ=0,98	-	-	0,98	0,21	314,88	66,2	321,77	-

Таблица 3 – Расчет электрических нагрузок (режим работы от ДГУ) для научно-производственного комплекса

Наименование узлов питания и групп потребителей	Категория электроснабжения	Устан. мощность	Коэф. спроса	cos φ	tgφ	Расчетная мощность		
		P <sub>уст</sub> , кВт	K <sub>с</sub>			Активная	Реактивная	Полная
						P <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , кВар	S <sub>p</sub> , кВА
Лабораторное оборудование	1 особая	107,75	0,8	0,92	0,43	86,2	37,1	93,85
Итого по комплексу с учетом коэффициента несовпадения максимумов нагрузок, с учетом естественного коэффициента мощности	-	-	-	0,92	-	86,2	37,1	93,85

Таблица 4 - Расчет электрических нагрузок системы бесперебойного (безобрывного) электроснабжения для научно-производственного комплекса

Наименование узлов питания и групп потребителей	Категория электроснабжения	Устан. мощность	Коэф. спроса	cos φ	tg φ	Расчетная мощность			Примечание
		P <sub>уст</sub> , кВт	K <sub>с</sub>			Активная	Реактивная	Полная	
						P <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , кВар	S <sub>p</sub> , кВА	
Медицинские газы	1 особая	10,11	1	0,92	0,43	10,11	4,4	11,03	Резервирование модулей ИБП n+1

Максимальная мощность по техническим условиям – 447,0 кВт.  
Установленная мощность – 666,92 кВт.

Расчетная мощность – 334,42 кВт.

Требования к надежности электроснабжения и качеству электроэнергии.  
Электроснабжение электропотребителей подразделяют на следующие категории [15]:

«Особая» группа I категории. Класс 0. Безобрывное переключение:

- электроприемники чистых лабораторных и культуральных помещений по заданию заказчика и в соответствии с технологическими решениями, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

«Особая» группа I категории. Класс 0,5. Автоматическое переключение на резервный источник с временем переключения не более 0,5 с:

- аварийное (безопасности и эвакуационное) освещение.

I (первая) категория - электрооборудование помещений группы 1, не относящееся к системе обеспечения безопасности, когда прекращение (сбой) электроснабжения не представляет опасности для жизни и здоровья людей:

- система подпора воздуха;
- система дымоудаления;
- вентиляционные системы противодымной защиты и оборудование системы пожаротушения;
- система связи и оповещения;
- системы автоматизации и диспетчеризации здания;
- системы пожарной сигнализации.

II (вторая) категория – все остальное электрооборудование.

Требуемая надежность электроснабжения обеспечивается схемой электроснабжения. Качество электроэнергии в соответствии с ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах

электроснабжения общего назначения» обеспечивается сетевой организацией, осуществляющей электроснабжение [7], [8].

«Расчет падения напряжения выполнен согласно ГОСТ Р 50571.5.52-2011, результаты расчета приведены на схемах электрических принципиальных. Падение напряжения от ВРУ до наиболее удаленного электроприемника соответствует нормируемому ГОСТ Р 50571.5.52-2011, и составляет для сети освещения меньше 3,0 %, для силовой сети меньше 4,0 %. Максимальная расчетная потеря напряжения в сетях здания на участках ТП - потребители - менее 7,5%» [10].

Выводы по разделу.

«Расчет нагрузок по питающим линиям и в целом по зданию выполнен в соответствии с СП 256.1325800» [26].

Установленная мощность ЭП составила 666,92 кВт, а расчетная мощность 334,42 кВт.

«Расчет падения напряжения был выполнен согласно ГОСТ Р 50571.5.52. Падение напряжения от ВРУ до наиболее удаленного электроприемника не превышает для сети освещения 3,0 %, для силовой сети 4,0 %» [10].

### **3 Определение решений по обеспечению электроэнергией электроприемников, компенсации реактивной мощности и выбор энергосберегающих мероприятий**

«В рабочем режиме работы электроустановки электроснабжения потребителей, подключаемых к ГРЩ осуществляется по двум кабельным вводам от вновь проектируемой 2-х трансформаторной подстанции.

В аварийном режиме обеспечение потребителей электроэнергией осуществляется путем переключения обесточенной секции (ввода) щита к действующему вводу.

Переключение электроснабжения потребителей I категории электроснабжения осуществляется автоматически при помощи АВР» [22].

В зданиях, в которых для всех нагрузок электроснабжение выполнено по I-й категории надежности и предусмотрено ГРЩ с устройством АВР, распределительные сети аварийного эвакуационного освещения и аварийного резервного освещения следует выполнять отдельными линиями от данного ГРЩ согласно СП 256.1325800.2016, пункт 8.12.3 [26].

«Переключение электроснабжения потребителей «Особой» I категории электроснабжения (класс >15) осуществляется автоматически при помощи АВР» [25]. Для электроприемников «Особой» I категории электроснабжения (класс 0 и 0,5) применены ИБП на время «подхвата» при переключении между источниками питания.

«В качестве ГРЩ для учета и распределения электроэнергии приняты напольные шкафы со степенью защиты IP31. Секции ГРЩ размещаются в подвале в помещении электрощитовой» [25].

От ГРЩ питаются следующие потребители: силовое технологическое оборудование, щиты рабочего и аварийного освещения, насосы, слаботочные устройства, вентиляция и кондиционирование, системы дымоудаления и подпора воздуха, лифт, отопление, архитектурная подсветка.

«Схема ВРУ обеспечивает следующий объем автоматизации,

управления и диспетчеризации:

- дистанционный контроль состояния вводных и секционного автоматов;
- дистанционный и местный контроль отходящих фидеров: сигнализация положения выключателя и измерение токов нагрузки» [21].

Технические данные ГРЩ:

- номинальный ток сборных шин – не менее 630А;
- ток отключения автоматических выключателей – не менее 25кА;
- охлаждение шкафов и шин – естественное;
- степень защиты шкафов IP31;
- номинальные токи автоматов отходящих фидеров указаны на чертеже.

«На вводах предусмотрены следующие измерения:

- тока в трех фазах;
- напряжения.

На секционном выключателе:

- ток в одной фазе» [24].

ВРУ на базе шкафов производства фирмы SHINT.

«Для ГРЩ предусмотрен мониторинг положения вводных автоматических выключателей и общий сигнал аварийного отключения автоматических выключателей, с передачей сигнала в систему диспетчеризации здания.

Распределительные, групповые силовые и осветительные сети выбраны по длительно-допустимой токовой нагрузке, по потере напряжения и по времени срабатывания защиты при однофазных коротких замыканиях» [5].

«На секциях ГРЩ установлены установки компенсации реактивной мощности, с учетом обеспечения входного коэффициента мощности 0,98» [25]. Компенсация реактивной мощности выполняется двумя конденсаторными установками типа УКМ-58 0.4-60-20 мощностью по 60 квар

каждая.

«Здание оснащено автоматизированной системой управления и диспетчеризации инженерного оборудования АСУД» [24]. К объектам диспетчеризации относятся: узлы учета, ГРЩ здания, пожарная сигнализация и ДУ.

Учет электрической энергии осуществляется по каждой вводной панели ГРЩ здания трехфазными электронными счетчиками активной, реактивной энергии с трансформаторным включением. Места установки приборов учета электроэнергии выбраны в вводных панелях. В таблице 5 приведены результаты выбора трансформаторов тока.

Таблица 5 - Результаты выбора трансформаторов тока

Наименование щита	Ввод 1	Ввод 2
Обозначение трансформатора тока	1Т1-1Т4	2Т1-2Т4
Номинальный ток трансформатора:		
- первичный $I_{тг}$ , А	600	600
- вторичный $I_{тг}$ вт, А	5	5
Коэффициент трансформации $K_{тг}$ , $I_{тг}/I_{тг}$ вт	120	120
Расчетный ток линии $I_p$ , А	567,98	441,86
Минимальный ток $I_p$ . мин, А	85,2	66,5
Проверка трансформаторов тока:		
- рабочий режим $I_{тг}+20\% > I_p$	$720 > 567,98$	$720 > 441,86$
$I_p./K_{тг} > 0,4 \cdot I_{тг}$ вт	$4,75 > 2,00$	$5,68 > 2,00$
- минимальный рабочий ток $I_p.мин / K_{тг} > 0,05 \cdot I_{тг}$ вт	$0,71 > 0,25$	$0,55 > 0,25$

Потребление электроэнергии соответствует номинальным значениям мощности и допустимым токовым нагрузкам потребителей.

«Мероприятия по экономии электроэнергии:

- равномерное распределение нагрузок по фазам;

- контактные соединения электрической сети должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 10434-82, защищены от коррозии и периодически подвергаться профилактическим проверкам;
- применение светильников со светодиодными и люминесцентными источниками света с коэффициентом мощности не ниже 0,95;
- применение установок компенсации реактивной мощности;
- использование оптимальных сечений кабельно-проводниковой продукции для снижения потерь электроэнергии в групповых и распределительных сетях;
- применение узлов учета электроэнергии» [2], [30].

Выводы по разделу.

«Переключение электроснабжения потребителей I категории электроснабжения осуществляется автоматически при помощи АВР» [25].

От ГРЩ питаются следующие потребители: силовое технологическое оборудование, щиты рабочего и аварийного освещения, насосы, слаботочные устройства, вентиляция и кондиционирование, системы дымоудаления и подпора воздуха, лифт, отопление, архитектурная подсветка.

«На секциях ГРЩ установлены установки компенсации реактивной мощности, с учетом обеспечения входного коэффициента мощности 0,98» [24]. Компенсация реактивной мощности выполняется двумя конденсаторными установками типа УКМ-58 0.4-60-20 мощностью по 60 квар каждая.

«Распределительные, групповые силовые и осветительные сети выбраны по длительно-допустимой токовой нагрузке, по потере напряжения и по времени срабатывания защиты при однофазных коротких замыканиях» [1].

Для осуществления учета потребляемой электроэнергии были выбраны счетчики ЭЭ и трансформаторы тока.

Определен перечень энергосберегающих мероприятий для реализации в здании НПК.

## **4 Определение параметров систем заземления и молниезащиты здания**

### **4.1 Молниезащита**

Решения по организации молниезащиты здания приняты в соответствии с ПУЭ 7-е изд. глава 1.7 [18], СО 153-34.21.122- 2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» (далее СО) [23] и РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» (далее РД) [19].

«Защищаемое сооружение относится к обычным с точки зрения молниезащиты в соответствии с СО и к 3-ей категории согласно РД.

Комплекс мероприятий по обеспечению необходимых требований к системе молниезащиты представлен следующими решениями» [23]:

- молниеприемная сетка. Сетка прокладывается по периметру всей площади кровли из оцинкованной стали диаметром 8мм. Пруток из стали прокладывается по кровле при помощи крепежных элементов;
- токоотводы. Токоотводы прокладываются в теле ж/б колон здания из оцинкованной стали диаметром 8мм с уровня кровли до общего контура заземления. Шаг токоотводов не более 20м. Выпуск токоотвода на расстояние 1м должен иметь переход на стальную полосу 4×30мм;
- молниеприемник-мачта. Молниеприемники устанавливаются сосредоточенно по всей кровле. Высота выбирается расчетным методом при расчете зона защиты на уровне защищаемого объекта и составляет 5м.

### **4.2 Защитное заземление**

Система заземления проектируемой электроустановки на вводе в здание

TN-C-S.

«В соответствии с п. 7.1.82 ПУЭ, на вводах инженерных коммуникаций в здание предусматривается система уравнивания потенциалов, объединяющая на главной заземляющей шине (ГЗШ) посредством медного провода ПВ (1×25мм) следующие проводящие части:

- основные заземляющие проводники;
- систему молниезащиты;
- металлические трубы коммуникаций на вводе в здание;
- металлические части каркаса здания;
- металлические части централизованных систем;
- наружные металлические лестницы (если имеются)» [11].

Дополнительная система уравнивания потенциалов в соответствии с п.7.1.83, п.7.1.88 ПУЭ обязательна для помещений с мокрым технологическим процессом, а именно в душевых, моечных, котельных и т.д. Схема системы уравнивания потенциалов приведена на рисунке 1.

«Комплекс мероприятий по обеспечению необходимых требований к внутреннему заземляющему устройству помещений представлен следующими решениями» [11]:

- в технологических помещениях, электрощитовой, венткамере прокладывается стальная полоса 4×25мм по стене на высоте 500мм от уровня чистого пола.

Для защитного заземления розеток используется третий провод сечением, равным фазному, прокладываемый от щита. Для защиты в групповых розеточных группах предусматривается установка устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным током срабатывания не более 30 мА (п. 7.1.79 ПУЭ) [18].

Перед вводом в эксплуатацию должны быть произведены пусконаладочные испытания электрооборудования в объеме, предусмотренном главой 1.8 ПУЭ [18].

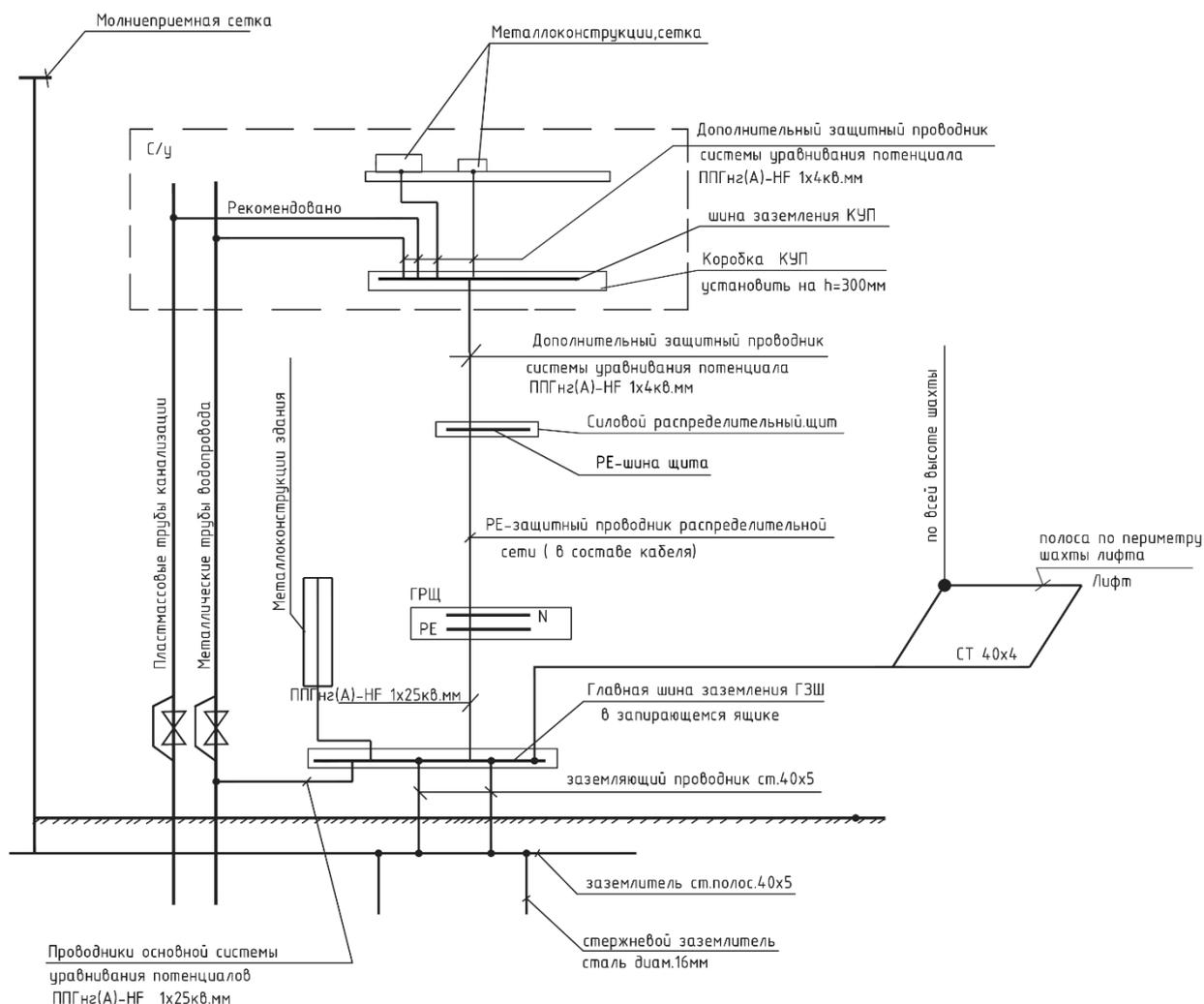


Рисунок 1 - Схема системы уравнивания потенциалов

«Комплекс мероприятий по обеспечению необходимых требований к наружному заземляющему устройству представлен следующими решениями:

- монтаж заземляющего устройства, состоящего из горизонтального электрода (полоса, стальная оцинкованная сечением 4×40 мм) на глубине 0,7м и его прокладка на расстоянии 2м от подземных частей и фундамента здания, а также 2-х вертикальных электродов (штырей из омедненной стали диаметром 14 мм) длиной 3 м на вводе в электрощитовую.

Конструкция заземляющего устройства соответствует пункту 1.7.55 ПУЭ. Заземляющие устройства защитного заземления и заземления для

молниезащиты выполняются общими.

Расчетное сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом в соответствии с пунктом 1.7.101 ПУЭ.

Соединение элементов контура заземления (участков полосы между собой) выполняется при помощи сварки» [18].

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [17]:

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

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

$l$  – длина вертикального заземлителя;

$b$  – ширина полки уголка;

$t'$  – глубина заложения верха заземлителя» [17];

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [17]:

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

где « $t_0$  – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [17].

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [17]:

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

где « $\eta_{\text{г}}$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [17];

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [17]:

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.з}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b \cdot t_0}, \quad (16)$$

где « $l_z$  – длина горизонтального заземлителя;

$b$  – ширина полосы горизонтального заземлителя;

$t_0$  – глубина заложения горизонтального заземлителя» [17];

«Расчетное результирующее сопротивление  $R_u$  заземляющего устройства» [17]:

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

Расчетное сопротивление заземляющего устройства составляет 1,98 Ом, что меньше требуемого сопротивления 4 Ом.

Выводы по разделу.

«Защищаемое сооружение относится к обычным с точки зрения молниезащиты в соответствии с СО и к 3-ей категории согласно РД» [19].

Для защиты от поражения молниями предусматривается молниеприемная сетка на крыше здания, токоотводы до общего контура заземления и молниеприемники-мачты.

Система заземления проектируемой электроустановки на вводе в здание TN-C-S.

Расчетное сопротивление заземляющего устройства составило 1,98 Ом, что меньше требуемого сопротивления 4 Ом.

## 5 Выбор проводников, требований к размещению и степеней защиты электрооборудования

«Выбор сечения кабелей производится в соответствии с главой 1.3 ПУЭ по условию нагрева длительным расчетным током в нормальном и послеаварийном режимах и по потере напряжения» [18].

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [17]:

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

где « $k_1$  - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды;

$k_2$  - поправочный коэффициент на термическое сопротивление грунта;

$k_3$  - поправочный коэффициент на количество групп кабелей;

$k_4$  - поправочный коэффициент на способ прокладки кабелей» [17].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [17]:

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

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

$L$  - длина линии, м;

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

$S$  - сечение провода, мм» [17].

«Сечение кабелей выбирается с 25% запасом к расчетным токам. Изоляционные оболочки кабелей и проводов отвечают требованиям НПБ 110 и Международной электротехнической комиссии (МЭК) 332-1 (ГОСТ- 12176)

и МЭК 332-3 (МИК 00-68-86) по нераспространению горения» [16], [3].

«Сети противопожарных устройств прокладываются по обособленным трассам в конструкциях, предел огнестойкости не меньше времени эвакуации и времени функционирования активных средств СПЗ.

Узлы прохода кабелей через конструкции с нормированным пределом огнестойкости выполняются сертифицированными материалами, сохраняющими пожарные требования» [12].

Групповые сети от ВРУ выполняются трехжильным и пятижильным кабелем с медными жилами марок ППГнг(А)-HFLTх и ППГнг(А)-FRHFLTх.

На рисунке 2 приведена структура и внешний вид кабеля ППГнг(А)-FRHFLTх.

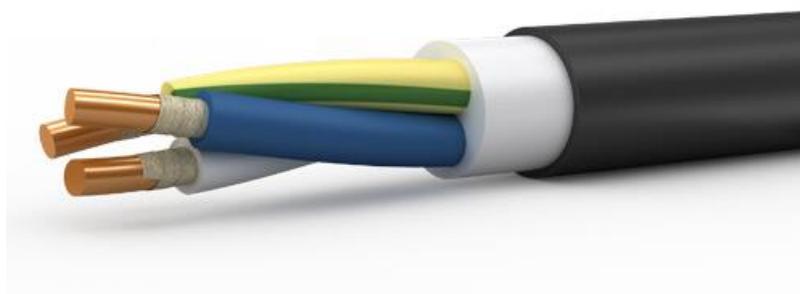


Рисунок 2 – Структура и внешний вид кабеля ППГнг(А)-FRHFLTх

«Открытая прокладка предусматривается в технических и инженерных помещениях – электрощитовых, венткамерах, ВУ, компрессорных.

Распределительные и групповые линии за подвесными потолками в коридорах прокладываются в перфорированных металлических лотках, в местах стесненного пересечения с инженерными коммуникациями применяются с крышками» [25].

«В соответствии с пунктом 522.8.7 ГОСТ Р 50571.5.52-2011, электропроводки, жестко закрепляемые и заделываемые в стены, располагаются вертикально, горизонтально или параллельно кромкам стен

помещения. За подвесными потолками электропроводки располагаются по кратчайшему пути» [10].

«Для цепей питания аварийного освещения, потребителей систем противопожарной защиты применены огнестойкие кабельные линии (ОКЛ). Огнестойкость ОКЛ принята 60 минут, в соответствии с огнестойкостью строительных конструкций, согласно таблицы 21 123-ФЗ» [14].

Согласно ГОСТ Р 53310-2009, в местах прохождения кабелей и проводов через строительные конструкции с нормируемым пределом огнестойкости предусматриваются кабельные проходки с пределом огнестойкости не ниже предела огнестойкости данных конструкций [12].

В основных функциональных помещениях и в других помещениях применены светодиодные светильники. Используются светильники со сплошным рассеивателем.

«Управление внутренним освещением предусматривается индивидуальными выключателями, установленными на стенах, по системе диспетчеризации в ручном и автоматическом режимах.

Для переносных электроприемников на стенах устанавливаются штепсельные розетки с заземляющим контактом. При питании штепсельных розеток от одной групповой линии ответвления для нулевого защитного проводника РЕ к каждой штепсельной розетке следует выполнять в ответвительных коробках» [27]. С учетом требований ПУЭ штепсельные розетки устанавливаются с третьим заземляющим контактом и шторками, закрывающие контактные подключения при вынутой вилке и рассчитаны на ток не менее 16 А.

По степени опасности поражения электрическим током помещения подразделяются на:

- повышенной опасности: венткамеры, ИТП, компрессорная, насосная;
- особо опасные: санузлы, душевые, помещение стирки, сушки и глажения;

- «помещения без повышенной опасности (нормальные): все остальные помещения. В помещениях с нормальными условиями окружающей среды используется электрооборудование со степенью защиты не менее IP20» [4].

Электрооборудование в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных выбрано в соответствии с требованиями ПУЭ; ГОСТ Р 50571.7.701-2013, часть 7, раздел 701 и СП 256.1325800.2016. Все щиты НКУ имеют степень защиты не ниже IP 31 и имеют сертификаты соответствия стандартам РФ. Щиты рабочего и аварийного освещения (ЩО и ЩАО, располагаемые на 1, 2 и 3 этажах выполняются встраиваемого исполнения, в нишах. На техническом этаже – навесного исполнения. Для секций ГРЩ используются напольные металлические панели с нижним вводом и верхним выводом кабелей.

В групповых линиях освещения помещений с повышенной опасностью предусматривается установка устройств дифференциального тока (УДТ) и двухполюсные автоматические выключатели.

Ответвительные коробки в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных устанавливаются со степенью защиты IP65. Отвод кабелей от коробок выполняется в ПХВ трубе.

«Электрооборудование устанавливается на высоте (от пола):

- блок зажимов счетчика - 1,6 м;
- выключатели освещения в технических помещениях - 1,5 м, в кабинетах – 0,9м;
- розетки в технических помещениях - 1,0 м.

Высота установки электрооборудования дана от уровня чистого пола.

Все соединения и ответвления выполняются в ответвительных коробках сваркой, опрессовкой в гильзах или с помощью сжимов» [25]. Места соединения должны быть доступны для осмотра и ремонта.

Осветительные приборы и электроустановочные устройства согласно ГОСТ Р 56640- 2015 должны иметь пыле- и влагозащитную конструкцию и

обеспечивать возможность их быстрой замены. В зонах с однонаправленным вертикальным потоком воздуха форма светильников, как правило, должна быть обтекаемой.

Выводы по разделу.

«Сечения кабелей были выбраны по условию нагрева длительным расчетным током в нормальном и послеаварийном режимах и по потере напряжения.

Сети противопожарных устройств прокладываются по обособленным трассам в конструкциях» [18].

Групповые сети от ВРУ выполняются трехжильным и пятижильным кабелем с медными жилами с изоляцией из полимерной композиции, не содержащей галогенов марок ППГнг(А)-HFLTx и ППГнг(А)-FRHFLTx.

Распределительные и групповые линии за подвесными потолками в коридорах прокладываются в перфорированных металлических лотках, в местах стесненного пересечения с инженерными коммуникациями применяются с крышками. «Все соединения и ответвления выполняются в ответвительных коробках сваркой, опрессовкой в гильзах или с помощью сжимов» [18].

## 6 Определение параметров системы рабочего и аварийного освещения

Нормы освещения в помещениях и на рабочих местах и нормы качества освещения приняты по СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [28], СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий правила проектирования и монтажа» [26] и ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий» [13].

«В работе предусматриваются следующие виды освещения: рабочее освещение (общее равномерное и комбинированное), аварийное эвакуационное освещение и аварийное резервное освещение» [28].

Основными целями при организации освещения являлись:

- обеспечение нормируемых количественных параметров (освещенности), в соответствии с требованиями нормативных документов;
- создание и поддержание комфортного освещения;
- обеспечение безопасности в сетях освещения;
- надежность;
- экономичность;
- удобство эксплуатации;
- эстетичность.

Расчет освещения выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования.

«Индекс помещения  $i$  определяется по выражению» [28]:

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

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

$H_p$  - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [28].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [28]:

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

где « $N$  - число светильников;

$n$  - число ламп в светильнике;

$\Phi_l$  - световой поток лампы;

$\eta$  - коэффициент использования;

$k$  - коэффициент запаса;

$S$  - площадь помещения» [28].

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

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [28]:

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

где « $P_{nl}$  - мощность одной лампы» [28].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания  $N_B$ » [28]:

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

«Определяем число светильников в каждом ряду  $N_A$ » [28]:

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

«Определяем расстояние между светильниками  $L$  и расстояние от крайнего ряда светильников до стены  $l$ » [28]:

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

Для создания освещения предполагается использовать светодиодные светильники. Используемые светильники обеспечивают требуемые коэффициенты пульсации и показатели дискомфорта, в соответствии СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». В помещениях с нормальной средой коэффициент запаса при расчете осветительных установок принимается 1.4.

Рабочее освещение выполняется во всех существующих помещениях.

Освещение (рабочее, аварийное, эвакуационное) в помещениях №20 «Насосная/ИТП» определяется при разработке соответствующего проекта ИТП.

Внутреннее общее электрическое освещение предусмотрено встраиваемыми/накладными и подвесными светодиодными светильниками. Используемые светильники обеспечивают требуемые коэффициенты пульсации и показатели дискомфорта, в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». «На путях эвакуации, на всех выходах, поворотах, подъемах, спусках, в местах, где возможна неразбериха или следование по неверному пути устанавливаются светильники «ВЫХОД» со встроенными аккумуляторными батареями с продолжительностью автономной работы не менее 2 часа. Управление групповыми линиями внутреннего освещения предусматривается от распределительных щитов. Высота установки щитов 1,5 м над уровнем пола. Номера групповых линий соответствуют номерам установленных автоматических выключателей на щите. Управление освещением помещений принято выключателями, установленными вблизи входа в помещение» [14].

Групповая сеть внутреннего рабочего освещения и розеточная сеть

выполняются кабелем ППГнг(А)-HFЛТх 3×1,5 мм<sup>2</sup>, 3×2,5 мм<sup>2</sup>, прокладываемыми: в перегородках в негорючих трубах ПВХ. Опуски к выключателям, розеткам и групповым щитам выполняются в пустотах перегородок. Трубы ПВХ должны соответствовать нормам пожарной безопасности (НПБ 246-97) и иметь сертификат пожарной безопасности. Групповая сеть внутреннего аварийного освещения выполняется кабелем ППГнг(А)-FRHFЛТх.

Прокладка кабелей групповых линий аварийного освещения осуществляется на независимых от рабочего освещения металлических кабельных лотках, тем самым разделяя сети аварийного освещения от рабочего. Высота установки выключателей 1,3 м.

Аварийное освещение (резервное) предусматривается в тепловых пунктах, насосных, электрощитовых, на постах постоянной охраны и в помещениях с электроприемниками 1-й категории. «При этом освещенность должна составлять не менее 30% уровня, нормируемого для рабочего освещения при системе общего освещения» [14].

Аварийное (эвакуационное) освещение предусматривается в коридорах, холлах и вестибюлях, на лестницах, служащих для эвакуации людей из здания.

Аварийное освещение может быть включено в постоянном режиме одновременно с рабочим освещением, и в непостоянном (автоматически включаться при нарушении питания в сети рабочего освещения с выполнением требований СП 52.13330 ко времени включения) согласно СП 256.1325800.2016, пункт 8.12.1.

Для обеспечения I особой категории надежности аварийного освещения в «нечистых помещениях» применяется блок аварийного питания (БАП) марки Emergency CONVERSION KIT POWER LED со степенью защиты IP65 и автономной работой 1 час. БАП питает драйвер светильника, подавая на него 220В постоянного тока. «Устройство переключает питание светильника на аккумулятор при полном отключении рабочего напряжения или падении напряжения ниже 160 В» [14]. Монтируется в щиток аварийного освещения

(ЩАО), либо в пространство за подвесным потолком.

«Питание цепей рабочего освещения осуществляется от этажных щитов ЩО. Питание цепей аварийного освещения осуществляется через щиты освещения аварийные ЩАО» [14].

«Для аварийного освещения на путях эвакуации используются огнестойкие кабели для обеспечения работоспособности в условиях пожара в течение времени, необходимого для полной эвакуации людей в безопасную зону.

На путях эвакуации людей в системе аварийного освещения предусматривается установка световых указателей «Выход» и указателей направления движения, имеющих время автономной работы от аккумуляторной батареи не менее 1 ч. Указатели включены постоянно» [14].

В соответствии с ФЗ-123 на -2 и -1 этажах для дистанционного тестирования и управления аварийными указателями «Выход» и указателями направления движения используется устройство TELECONTROL.

К сети эвакуационного освещения подключено табло «Станция пожаротушения».

«В помещениях венткамер, насосных, электрощитовых и других помещениях, имеющих технологическое оборудование, для ремонта которого недостаточно общего освещения, предусматривается ремонтное (переносное) электроосвещение напряжением 36В. Ремонтное освещение запитывается от сети рабочего освещения 220В через понижающий трансформатор 220/36В. Исполнение розеток сети ремонтного освещения должно отличаться от розеточной сети 220В.

В работе предусматривается дистанционное управление рабочим и аварийным освещением на лестничных клетках, в коридорах, на входе в здание и в других помещениях, где это необходимо, при этом аппараты управления доступны только обслуживающему персоналу.

Светильники, подключаемые к сети аварийного освещения, включаются одновременно со светильниками сети рабочего освещения. Предусмотрено

дистанционное автоматическое включение аварийного освещения по управляемому сигналу от автоматической пожарной сигнализации» [29].

Перечень помещений, в которых предусматривается управление с использованием системы централизованного программного управления должен быть решен совместно с организацией технологического процесса.

«В остальных помещениях управление происходит через стационарные выключатели, установленные в самих помещениях. Выключатели осветительных цепей выносятся из влажных зон (санитарные узлы, моечные и т.д.)» [25].

Здание оборудуется световыми указателями мест расположения пожарных гидрантов, пожарных кранов для подключения передвижной пожарной техники. В работе предусматривается подключение световых информационных указателей, расположенных на фасаде здания. Световые указатели «ПП», «ПК», фасадные информационные указатели, входы в здания освещаются светильниками, присоединенными в сети аварийного освещения.

«Для фасадного освещения использованы светодиодные светильники» [25].

В системе управления фасадным освещением предусмотрено управление со щита ЩНО в автоматическом режиме по сигналу от астрономического реле, по временным программам управления, а также ручное управление с лицевой панели щита.

Светильники и световые указатели наружной установки, архитектурного освещения и рекламы должны подключаться к групповым сетям гибкими проводами и кабелями.

Предусматривается приём в систему сигналов о текущем состоянии (включено/выключено) каждой группы освещения (сигнал - ответ пускателя).

Выводы по разделу.

«В работе предусматриваются следующие виды освещения: рабочее освещение (общее равномерное и комбинированное), аварийное эвакуационное освещение и аварийное резервное освещение» [28].

Расчет освещения выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования светового потока, что позволило определить количество светильников в каждом из помещений НПК.

Для создания освещения предполагается использовать светодиодные светильники.

Групповая сеть внутреннего аварийного освещения выполняется кабелем ППГнг(А)-FRHFЛТх.

Для обеспечения I особой категории надежности аварийного освещения в «нечистых помещениях» применяется блок аварийного питания (БАП) марки Emergency CONVERSION KIT POWER LED со степенью защиты IP65 и автономной работой 1 час.

«Светильники, подключаемые к сети аварийного освещения, включаются одновременно со светильниками сети рабочего освещения» [29].

Для фасадного освещения также использованы светодиодные светильники, управление которыми осуществляется со щита ЩНО в автоматическом режиме по сигналу от астрономического реле или вручную с лицевой панели щита.

## **7 Выбор дополнительных и резервных источников электроэнергии**

Третьим независимым источником питания является дизельная электростанция (ДЭС).

Резервным источником питания для потребителей «Особой» группы I категории класса 0 и 0,5 является ИБП.

«Обеспечение потребителей электроэнергией по I категории надежности электроснабжения, осуществляется посредством установки в электрощитовой устройств АВР, осуществляющих в автоматическом режиме переключение между вводами» [1].

Здание имеет 1 пожарный отсек.

Щит ГРЩ устанавливается в электрощитовой здания.

ЩБП – щит бесперебойного питания для потребителей особой группы I категории электроснабжения, не допускающих перерыва в электроснабжении.

На рисунке 3 приведена схема ЩБП.

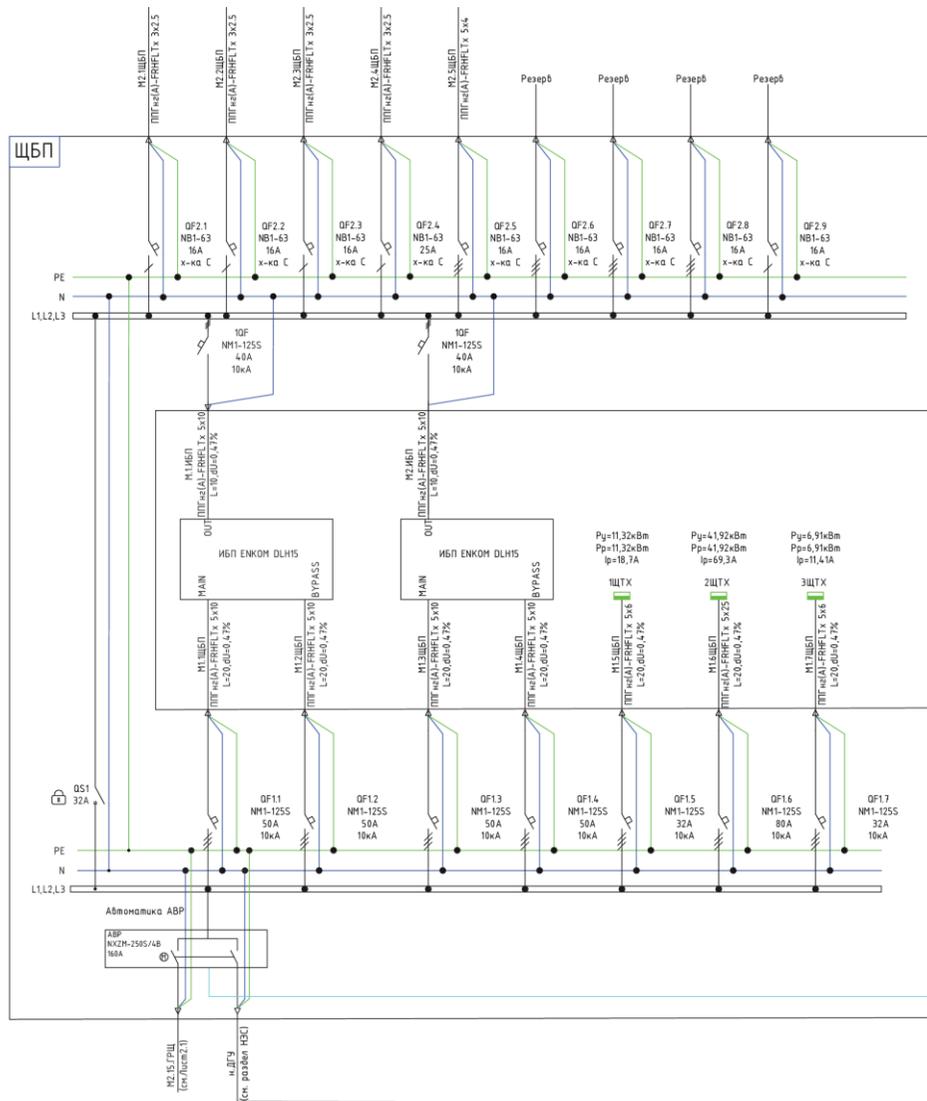
Для распределения электроэнергии на каждом этаже устанавливаются распределительные щиты.

«Сеть низковольтного электроснабжения потребителей выполняется с глухим заземлением нейтрали, напряжением 380/220В, частотой 50Гц.

Распределение электроэнергии выполняется по пятипроводной системе TN-S (3 фазы, N, PE)» [21].

Отдельно-устанавливаемая главная заземляющая шина (медная шина 120×10мм) находится в помещении электрощитовой здания. «Точка разделения нулевого и рабочего защитных проводников выполняется на шинах ГРЩ.

На вводах ГРЩ установлены приборы контроля качества электроэнергии» [24].



Рабочий режим при отказе систем ИБП-1,2		Рабочий режим при отказе систем ИБП-1,2		Режим заряда батарей при отказе систем ИБП-1,2	
$P_{уст}$	10,1 кВт	$P_{уст}$	10,1 кВт	$P_{уст}$	10,1 кВт
$P_{расч}$	10,1 кВт	$P_{расч} \cdot P_{расч}/КПД$	10,5 кВт	$P_{расч} \cdot (P_{расч} + N + P_{зар})/КПД$	12,6 кВт
$I_{расч}$	$I_{расч} = \frac{P_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi}$ 18,3 А	$I_{расч} = \frac{P_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi}$ 16,3 А		$I_{расч} = \frac{P_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi}$ 19,6 А	
$\cos \varphi$	0,84	$\cos \varphi$	0,98	$\cos \varphi$	0,98
		КПД	0,96	$P_{зар}$	2,0 кВт
				$N$	1,0

ЩБП	
$P_{уст}$	101,35 кВт
$K_{сх}$	0,80
$P_{рас}$	86,2 кВт
$I_{рас}$	142,0 А
$\cos \varphi$	0,92

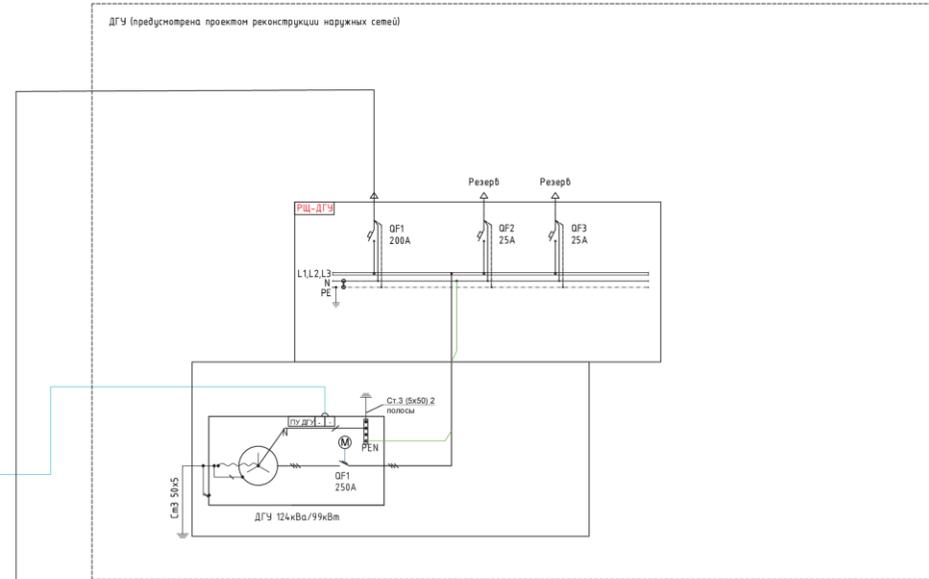


Рисунок 3 – Схема однолинейная принципиальная щита ЩБП

«Для электроснабжения электроприемников системы противопожарной безопасности, центрального высокотехнологичного оборудования, чувствительного к ухудшению качества электрической энергии: компьютеров службы охраны и диспетчерской АСУ, активного оборудования вычислительных сетей, телекоммуникационной аппаратуры, систем безопасности, системы пожарной безопасности и оповещения и т.п., - предусмотрена установка источника бесперебойного питания (ИБП) с аккумуляторными батареями» [29].

Каждый этаж здания поделен на функциональные зоны, подключаемые от групп электрических щитов.

«Распределительные пункты и групповые щиты имеют отдельные питающие сети (по назначению) с поэтажной разводкой для следующих основных групп потребителей» [25]:

- розеточная сеть общего назначения - щиты с маркировкой ЩС.
- рабочее освещение и система управления освещением - щиты с маркировкой ЩО. Аварийное (эвакуационное) освещение зон общего пользования - щиты с маркировкой ЩАО;
- щит ИБП – щит с маркировкой ЩБП.

Электрощитовое оборудование выполняется на базе шкафов SHINT и имеют кассетно- модульную конструкцию, изолированную систему шин и выделенные отсеки для подключения отходящих кабелей, содержат оборудование для компенсации реактивной мощности.

«В щитах ЩС, ЩСк и ЩТХ для розеточных групп предусмотрены УЗО с током утечки 30 мА. Розеточные группы расфазированы с учетом равномерной загрузки фаз. На вводе распределительных щитов устанавливаются противопожарные селективные УЗО.

Во всех распределительных пунктах и осветительных щитах предусмотрены резервные автоматические выключатели в количестве 20%, но не менее одного выключателя» [22].

Щитовое оборудование, располагаемое на 1, 2 и 3 этажах выполняется

встраиваемого исполнения, в нишах. В помещении электрощитовой и на техническом этаже – щитовое оборудование навесного и напольного исполнения.

Выводы по разделу.

Третьим независимым источником питания является дизельная электростанция (ДЭС).

Резервным источником питания для потребителей «Особой» группы I категории класса 0 и 0,5 является ИБП.

«Обеспечение потребителей электроэнергией по I категории надежности электроснабжения, осуществляется посредством установки в электрощитовой устройств АВР, осуществляющих в автоматическом режиме переключение между вводами» [25].

## Заключение

Целью бакалаврской работы являлось проектирование системы электроснабжения научно-производственного комплекса для обеспечения полного цикла создания лекарственных препаратов на основе СК, включая проведение контроля качества и осуществление научно-исследовательской работы в данной и смежных областях.

Объект представляет собой здание, состоящее из подвального этажа и 4 надземных этажей.

«Для приема и распределения электроэнергии в здании предусмотрена электрощитовая в подвальном этаже, в которой располагается главный распределительный щит ГРЩ, получающий питание от проектируемой блочной 2-х трансформаторной подстанции по взаиморезервируемым кабельным линиям» [21].

Для питания потребителей особой группы предусматривается установка ДГУ и ИБП на период ее запуска.

«Защита питающих линий от токов перегрузки и токов короткого замыкания выполнена автоматическими выключателями.

При выборе автоматических выключателей были учтены рекомендации фирмы-производителя CHINT в виде таблиц селективного отключения автоматических выключателей разных серий» [22].

«Расчет нагрузок по питающим линиям и в целом по зданию выполнен в соответствии с СП 256.1325800» [26].

Установленная мощность ЭП составила 666,92 кВт, а расчетная мощность 334,42 кВт.

«Расчет падения напряжения был выполнен согласно ГОСТ Р 50571.5.52. Падение напряжения от ВРУ до наиболее удаленного электроприемника не превышает для сети освещения 3,0 %, для силовой сети 4,0 %» [10].

«Переключение электроснабжения потребителей I категории

электроснабжения осуществляется автоматически при помощи АВР» [25].

От ГРЩ питаются следующие потребители: силовое технологическое оборудование, щиты рабочего и аварийного освещения, насосы, слаботочные устройства, вентиляция и кондиционирование, системы дымоудаления и подпора воздуха, лифт, отопление, архитектурная подсветка.

«На секциях ГРЩ установлены установки компенсации реактивной мощности, с учетом обеспечения входного коэффициента мощности 0,98» [24]. Компенсация реактивной мощности выполняется двумя конденсаторными установками типа УКМ-58 0.4-60-20 мощностью по 60 квар каждая.

«Распределительные, групповые силовые и осветительные сети выбраны по длительно-допустимой токовой нагрузке, по потере напряжения и по времени срабатывания защиты при однофазных коротких замыканиях» [1].

Для осуществления учета потребляемой электроэнергии были выбраны счетчики ЭЭ и трансформаторы тока.

Определен перечень энергосберегающих мероприятий для реализации в здании НПК.

«Защищаемое сооружение относится к обычным с точки зрения молниезащиты в соответствии с СО и к 3-ей категории согласно РД» [19].

Для защиты от поражения молниями предусматривается молниеприемная сетка на крыше здания, токоотводы до общего контура заземления и молниеприемники-мачты.

Система заземления проектируемой электроустановки на вводе в здание TN-C-S.

Расчетное сопротивление заземляющего устройства составило 1,98 Ом, что меньше требуемого сопротивления 4 Ом.

«Сечения кабелей были выбраны по условию нагрева длительным расчетным током в нормальном и послеаварийном режимах и по потере напряжения. Сети противопожарных устройств прокладываются по обособленным трассам в конструкциях» [18].

Групповые сети от ВРУ выполняются трехжильным и пятижильным кабелем с медными жилами с изоляцией из полимерной композиции, не содержащей галогенов марок ППГнг(А)-HFLTx и ППГнг(А)-FRHFLTx.

Распределительные и групповые линии за подвесными потолками в коридорах прокладываются в перфорированных металлических лотках, в местах стесненного пересечения с инженерными коммуникациями применяются с крышками. «Все соединения и ответвления выполняются в ответвительных коробках сваркой, опрессовкой в гильзах или с помощью сжимов» [18].

«В работе предусматриваются следующие виды освещения: рабочее освещение (общее равномерное и комбинированное), аварийное эвакуационное освещение и аварийное резервное освещение» [28].

Расчет освещения выполнен по методу удельной мощности и коэффициента использования светового потока, что позволило определить количество светильников в каждом из помещений НПК. Для создания освещения предполагается использовать светодиодные светильники.

Групповая сеть внутреннего аварийного освещения выполняется кабелем ППГнг(А)-FRHFLTx. Для обеспечения I особой категории надежности аварийного освещения в «нечистых помещениях» применяется блок аварийного питания (БАП) марки Emergency CONVERSION KIT POWER LED со степенью защиты IP65 и автономной работой 1 час. «Светильники, подключаемые к сети аварийного освещения, включаются одновременно со светильниками сети рабочего освещения» [29].

Для фасадного освещения также использованы светодиодные светильники, управление которыми осуществляется со щита ЩНО в автоматическом режиме по сигналу от астрономического реле или вручную с лицевой панели щита.

Третьим независимым источником питания является дизельная электростанция (ДЭС). Резервным источником питания для потребителей «Особой» группы I категории класса 0 и 0,5 является ИБП.

## Список используемой литературы и источников

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 86 с.
2. ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007235> (дата обращения 06.03.2024).
3. ГОСТ 12176-89 Кабели, провода и шнуры. Методы проверки на нераспространение горения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004486> (дата обращения 06.03.2024).
4. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003320> (дата обращения 30.12.2023).
5. 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 15.08.2023).
6. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 30.12.2023).
7. 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).
8. ГОСТ 32145-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный

ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104289> (дата обращения 16.01.2024).

9. ГОСТ ИСО 14644-1. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294847/4294847566.htm> (дата обращения 06.03.2024).

10. 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/titles> (дата обращения 06.03.2024).

11. 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).

12. ГОСТ Р 53310-2009 Проходки кабельные, вводы герметичные и проходы шинопроводов. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний на огнестойкость [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071876> (дата обращения 06.03.2024).

13. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707> (дата обращения 06.03.2024).

14. 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](https://docs.cntd.ru/document/1200107497) (дата обращения 15.12.2023).

15. Методические рекомендации по определению расчетных электрических нагрузок учреждений здравоохранения. Минздрав СССР, 1988 [Электронный ресурс]. URL:

[https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30175058](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30175058) (дата обращения 16.01.2024).

16. НПБ 110-03 Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией [Электронный ресурс]: URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/11/11703/index.htm> (дата обращения 06.08.2024).

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

18. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 23.01.2024).

19. 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).

20. Серия А5-92. Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях. Выпуск 1. Материалы для проектирования и рабочие чертежи. [Электронный ресурс]. URL: <https://iolitm.ru/library/62-kabelnye-linii/914-seriya-a5-92> (дата обращения 16.01.2024).

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

22. 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).

23. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения 15.12.2023).

24. Соколов Л.И. Инженерные системы высотных и большепролетных зданий и сооружений: учеб. пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. 604 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1053274> (дата обращения 23.12.2023).

25. СП 158.13330.2014 Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования [Электронный ресурс]. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/1937/> (дата обращения 16.01.2024).

26. 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).

27. 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](https://docs.cntd.ru/document/1200084087) (дата обращения 08.01.2024).

28. 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).

29. 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).

30. 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/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/) (дата обращения 30.12.2023).