

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)

Энергосбережение и энергоаудит

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка системы электроснабжения поликлиники с составлением
энергопаспорта здания

Обучающийся

В.Г.Скрябин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Консультант

М.В. Дайнеко

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

Тольятти 2023

Аннотация

Бакалаврская работа направлена на проектирование надежной и экономичной системы электроснабжения здания поликлиники с обеспечением требований к энергоэффективности и составлением энергопаспорта объекта, который может быть использован при вводе здания в эксплуатацию после строительства.

В работе определены параметры системы внутреннего электроснабжения и электроосвещения здания поликлиники, выполнено обоснование принятой схемы электроснабжения, произведен расчёт нагрузок потребителей. В нормальном режиме суммарная нагрузка составила 367 кВт, в аварийном режиме работы - 369 кВт. Рассмотрены требования к надежности электроснабжения электроприемников в поликлинике, особое внимание уделено электроприемникам особой группы первой категории, для бесперебойного электроснабжения которых предусматривается установка источника бесперебойного питания и дизель-генераторной установки.

Разработаны мероприятия по заземлению и молниезащите как самого здания, так и дизель-генераторной установки. Произведён расчёт необходимого количества светильников для установки в каждом из помещений поликлиники, выбраны типы источников света, проводов и кабелей, как для электроснабжения силового электрооборудования, так и в системе освещения.

Разработаны мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности, рассмотрены вопросы энергоэффективности как в части планировочных решений, так и при потреблении тепловых, водных и электроресурсов. Определены требования к системе учёта потребления энергоресурсов, произведён расчёт параметров для заполнения энергетического паспорта здания поликлиники.

ВКР состоит из записки объемом 62 страниц печатного текста и графической части, выполненной на шести листах формата А1.

Abstract

Bachelor's work is aimed at designing a reliable and economical power supply system for a polyclinic building, meeting energy efficiency requirements and compiling an energy passport for the facility, which can be used when putting the building into operation after construction.

The paper defines the parameters of the system of internal power supply and electric lighting of the polyclinic building, justifies the adopted power supply scheme, and calculates the loads of consumers. In normal mode, the total load was 367 kW, in emergency mode - 369 kW. The requirements for the reliability of power supply of power receivers in the clinic are considered, special attention is paid to power receivers of a special group of the first category, for uninterrupted power supply of which it is planned to install an uninterruptible power supply and a diesel generator set.

Measures have been developed for grounding and lightning protection of both the building itself and the diesel generator set. The calculation of the required number of lamps for installation in each of the premises of the clinic was made, the types of light sources, wires and cables were selected, both for the power supply of power electrical equipment and in the lighting system.

Measures have been developed to ensure compliance with energy efficiency requirements, energy efficiency issues have been considered both in terms of planning decisions and in the consumption of heat, water and electricity resources. The requirements for the accounting system for energy consumption are determined, the parameters for filling out the energy passport of the polyclinic building are calculated.

The WRC consists of a note with a volume of 62 pages of printed text and a graphic part, made on six sheets of A1 format.

Содержание

Введение.....	5
1 Система внутреннего электроснабжения и электроосвещения поликлиники	8
1.1 Обоснование принятой схемы электроснабжения	8
1.2 Определение расчетных нагрузок потребителей.....	10
1.3 Требования к надежности электроснабжения электроприемников поликлиники	13
1.4 Разработка мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите	15
1.5 Выбор проводников и осветительной арматуры	19
1.6 Определение параметров системы рабочего и аварийного освещения ..	20
2 Разработка мероприятий по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности.....	27
2.1 Мероприятия по резервированию электроэнергии	27
2.2 Требования энергетической эффективности, которым должно удовлетворять здание поликлиники.....	28
2.3 Мероприятия по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности.....	30
2.4 Система учета потребления энергоресурсов и применяемые в системе электроснабжения технические средства	33
3 Составление энергопаспорта здания.....	36
3.1 Расчет параметров для энергетического паспорта здания поликлиники	36
3.2 Составление энергетического паспорта поликлиники.....	49
Заключение	55
Список используемой литературы	58

Введение

В работе осуществляется проектирование системы электроснабжения отдельно стоящего здания поликлиники для взрослого населения со структурным подразделением стоматологической поликлиники для обслуживания взрослого населения и детей разной этажности (1-5-ти этажное с подвалом) Г-образной конфигурации в плане, размерами в осях – 87,45×31,20 м.

Проектируемая поликлиника – многопрофильное лечебно-профилактическое учреждение, предназначенное для оказания медицинской, в том числе и специализированной, помощи взрослым пациентам, стоматологической помощи детям и взрослому населению, а при необходимости для обследования и лечения их в амбулаторно-поликлинических условиях и на дому.

«Поликлиника работает по участково-территориальному принципу, за участковым врачом и участковой медсестрой закреплена территория с определенным количеством населения, где они должны проводить все лечебные и профилактические мероприятия, а также вести санитарно-просветительскую работу среди населения» [7].

Мощность поликлиники – 400 посещений.

Основными принципами, положенными в основу проектирования и формирования единой концепции поликлиники, являются: максимальное разделение технологических потоков внутри поликлиники, создание единой среды для обследования и лечения пациентов.

Лечебно-диагностический процесс оказания медицинской помощи должен осуществляться согласно утвержденным государственным стандартам лечения и обследования различных заболеваний, которые являются гарантом необходимости и достаточности объемов медицинской помощи в условиях финансирования, лимитированного обязательным медицинским страхованием граждан России.

Поликлиника выполняет следующие функции:

- оказание первой медицинской помощи при острых и внезапных заболеваниях, травмах;
- лечение пациентов при обращении в поликлинику и на дому;
- экспертиза временной нетрудоспособности, освобождение пациентов от работы;
- направление на ВТЭК лиц с признаками стойкой утраты трудоспособности;
- направление пациентов на санаторно-курортное лечение;
- своевременное направление на госпитализацию нуждающихся в стационарном лечении.

Медицинская помощь взрослому населению и детям при стоматологических заболеваниях оказывается амбулаторно (в условиях, не предусматривающих круглосуточного медицинского наблюдения и лечения) в виде:

- первичной медико-санитарной помощи;
- специализированной медицинской помощи.

Архитектурно-планировочные решения здания и помещений обеспечивают оптимальные условия для медицинской деятельности.

Объемно-планировочные решения обеспечивают:

- поточность процессов с минимальными расстояниями между технологически связанными помещениями;
- максимальную группировку помещений одного класса чистоты;
- рациональное размещение оборудования;
- исключение взаимного пересечения путей следования персонала, пациентов и материалов.

Состав и площади основных и вспомогательных помещений определены по расчетной вместимости здания, в соответствии с заданием на проектирование и в соответствии с требованиями нормативных документов.

Проектируемый объект подключен к городским центральным сетям

теплоснабжения, водоснабжения (горячее и холодное) и водоотведения (канализации). В здании предусмотрены инженерно-технические помещения, предназначенные для обслуживания всего здания: ИТП (индивидуально-тепловой пункт), электрощитовая. Помещения серверных предусмотрены на третьем и четвертом этажах здания. Вентиляционные установки предусмотрены на крыше, пятом этаже и в подвале.

Проектируемый объект обеспечен централизованным резервным горячим водоснабжением. В подвале здания предусмотрена установка резервных электрических водонагревателей в помещении ИТП.

Электроснабжение проектируемого объекта предусмотрено по 2 категории надежности. Системы и установки, обеспечивающие пожарную безопасность на объекте, запроектированы по 1 категории надежности.

Целью работы является проектирование надежной и экономичной системы электроснабжения здания поликлиники с обеспечением требований к энергоэффективности и составление энергопаспорта объекта, который может быть использован при вводе здания в эксплуатацию после строительства.

1 Система внутреннего электроснабжения и электроосвещения поликлиники

Источник электроснабжения – проектируемая двухтрансформаторная подстанция ТП-0,4 кВ, 2×400 кВА (далее ТП), устанавливаемая силами сетевой организации на границе участка, занимаемого поликлиникой.

Категория надежности электроснабжения – II.

Основной источник питания: ПС 110/10кВ первая секция сборных шин 10 кВ.

Резервный источник питания: ПС 110/10кВ вторая секция сборных шин 10 кВ.

Электроснабжение объекта обеспечивается по двум взаимно резервируемым кабельным линиям 0,4 кВ от ТП.

1.1 Обоснование принятой схемы электроснабжения

Схема электроснабжения на напряжение 0,4 кВ выбрана в соответствии категорией электроприемников в пределах одной ТП с резервированием непосредственно на вводных устройствах (ВРУ) здания и удовлетворяет следующим требованиям [2]:

- обеспечивает надежность электроснабжения потребителей;
- обеспечивает возможность проведения ремонтных и эксплуатационных работ на отдельных элементах схемы без отключения соседних присоединений.

Питающая схема выполнена от точки подключения ТП до ВРУ1, ВРУ2 объекта кабельными линиями с прокладкой в траншее.

Питающие линии от ТП до ввода в здание прокладываются в соответствии с типовым проектом А5-92. В проекте применены кабели с алюминиевыми жилами 4×АВБбШв 4×240.

Кабели прокладываются в одной траншее с соблюдением расстояния в 0,5-0,6м между крайними (взаимно резервируемыми) кабелями.

Огнезащита взаимно резервируемых кабелей выполняется при помощи плит ПЗК-240, укладываемых вдоль между кабелями, по всей длине кабельной траншеи.

Вводы кабелей в здание осуществляются в хризотилцементных трубах в заранее подготовленных проходах с уплотнением противопожарной пеной (Hilti CP 620) с обеих сторон и с заделкой песчано-цементным раствором с внутренней стороны.

Прокладка взаимно резервируемых кабелей от устройства кабельного ввода до ВРУ выполняется в помещении электрощитовой в отдельных огнестойких кабельных каналах [3].

Вводно-распределительное устройство здания состоит из вводных устройств с АВР (ВРУ1, ВРУ2), распределительных панелей ШР-1 – ШР-4 и панели противопожарных устройств ППУ с собственным устройством АВР.

Силовые щиты и щиты освещения применяются типа ЩРН (с зашивкой ГКЛ) с предустановленными в них автоматическими выключателями на вводе и на отходящих линиях.

В проекте предусмотрена дизельная электростанция в качестве третьего независимого источника электроснабжения, для обеспечения 1 «особой» категории надежности электроснабжения. Питающий кабель от ДГУ – АВБШв-1 4×240.

ДГУ применена к со следующими параметрами [5]:

- марка ЭС АД-200-Т400;
- резервируемая мощность нагрузки - 200 кВт;
- блочного типа в контейнере «север», без АВР, исполнение - В;
- расход топлива – 45 л/ч;
- степень автоматизации - 2 (автоматический пуск);
- время непрерывной работы (при 100% нагрузке) – 6,5 ч.

Предусматривается ДГУ в качестве третьего независимого источника электроснабжения, для обеспечения 1 «особой» категории надежности электроснабжения.

1.2 Определение расчетных нагрузок потребителей

Расчет нагрузок выполнен методом коэффициентов спроса согласно СП256.1325800.2016.

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [1]:

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

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» [1].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [1]:

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

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

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [1].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [1]:

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

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [1].

«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» [1]:

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

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» [1].

Результаты расчета нагрузок электроприемников в рабочем режиме представлены в таблице 1.

Результаты расчета нагрузок электроприемников в аварийном режиме представлены в таблице 2.

Таблица 1 - Нагрузки электроприемников в рабочем режиме

Наименование	Р _у , кВт	К _с	Р _р , кВт	Примечание
Рабочее освещение	51,1	0,7	35,9	Метод рек МНИИТЗП. 1988 г.
Аварийное освещение	11,6	1,0	11,6	СП256 1325800.2016. п.7.2 2
Силовое электрооборудование	455,7	0,4	182,3	Метод рек. МНИИТЗП, 1988 г.
Рентген	80,0	0,4	32,0	Метод рек МНИИТЗП, 1988 г.
Оборудование операционной	4,5	10	4,5	-
Вентиляция общеобменная	91,0	0,65	59,1	СП256 1325800 2016. таблица 7.5, п.1
Оборудование ВК	19,3	0,6	11,5	СП256 1325800.2016. таблица 7.5
Слаботочное оборудование	5,5	1,0	5,5	СП256 1325800.2016, п. 7.1.9
Наружное освещение	2,0	10	20	ПУЭ, п.6 3 39
Лифты	240	0,8	19,2	СП256 1325800 2016. таблица 7.4
ДГУ (собственные нужды)	3,0	1,0	3,0	-
Шлагбаумы и ворота	1,0	1,0	1,0	-
Итогов	748,7	-	367,6	

Таблица 2 - Нагрузки электроприемников в аварийном режиме

Наименование	Р _у , кВт	К _с	Р _р , кВт	Примечание
Рабочее освещение	51,1	0,7	35,9	Метод рек. МНИИТЗП. 1988 г.
Аварийное освещение	11,6	1,0	11,6	СП25613258002016, п7 2 2
Силовое электрооборудование	342,1	0,4	136,8	(Отключение щита ЩС-5 1)
Рентген	80,0	0,4	32,0	Метод рек. МНИИТЗП. 1988 г.
Оборудование операционной	4,5	1,0	4,5	-
Оборудование ВК	19,3	0,6	11,5	СП256 1325800.2016, таблица 7.5
Слаботочное оборудование	5,5	1,0	5,5	СП2561325800.2016. п 7.1 9

Продолжение таблицы 2

Наименование	Р _у , кВт	К _с	Р _р , кВт	Примечание
Наружное освещение	2,0	1,0	2,0	ПУЭ, п.6.3.39
Лифты	24,0	0,8	19,2	СП256 1325800.2016. таблица 7.4
Шлагбаумы и ворота	1,0	1,0	1,0	-
Вентиляция дымоудаления	106,0	1,0	106,0	СП2561325800 2016, п 7.19
Итого:	650,1	-	369,0	

1.3 Требования к надежности электроснабжения электроприемников поликлиники

В соответствии с СП158.13330.2014 по степени обеспечения надежности электроснабжения потребители электроэнергии проектируемого объекта относятся [4]:

- «особая» группа I категории (класс 0):
 - медицинское оборудование помещений малой операционной;
 - аварийное (резервное) освещение в помещениях группы 2;
- «особая» группа I категории (класс 0,5):
 - аварийное освещение (резервное, эвакуационное);
 - слаботочное оборудование (АПС, СОУЭ, СКУД, АОВ, АВК, ОС, СВН и т.д.);
- «особая» группа I категории (класс >15):
 - лифты;
 - оборудование вентиляции системы дымоудаления;
 - электроприводы противопожарных клапанов;
 - оборудование пожарных насосов;
 - вентиляция помещений малой операционной операционной.
- I категория:

- подъемники МГН;
- ИТП
- II категория:
 - комплекс остальных электроприемников.

«Питание электроприемников I, категории, обеспечивающих противопожарную защиту, в соответствии с требованиями пункта 4.10 СП6.13130.2013 осуществляется от панели противопожарных устройств (ППУ), которая питается от вводной панели вводно-распределительного устройства через собственное устройство автоматического ввода резерва (АВР)» [9]. Фасадная часть панели ППУ имеет красную окраску. Согласно ПУЭ (изд. 7) главы 1.2 п. 1.2.17 «Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения» электроприемники I категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от 2-х независимых взаиморезервируемых источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания [6].

В данной ВКР резервирование электроснабжения электроприемников 2 категории, так же выполняется через АВР вводного устройства, а, следовательно, перерыв их электроснабжения возможен лишь на время срабатывания АВР.

Электроприемники I «особой» категории (класс 0) подключены через отдельную панель противопожарных устройств с резервированием электроэнергии через централизованный источник бесперебойного питания (далее ИБП) на время запуска ДГУ.

В нормальном режиме ВРУ1, ВРУ2 обеспечивается электроэнергией по двум кабельным линиям каждое. В случае аварии на одной из них, питание всего комплекса электроприемников будет автоматически переключено на один из вводов. Время перерыва в работе составит не более 0,5 секунд. Каждый из кабелей рассчитан на полную нагрузку [7].

В случае аварии на всех кабельных линиях от ТП, питание электроприемников I «особой» категории (класс 0) будет переключено на ИБП на время запуска дизельной электростанции.

Для потребителей жилых и общественных зданий компенсация реактивной мощности, как правило, не требуется (п. 7.3.1, СП 256.1325800.2016).

С целью экономии электроэнергии предусмотрены следующие мероприятия [10]:

- частично применение светодиодных светильников в сетях освещения;
- частично автоматическое управление освещением (коридоры, тамбуры, лифтовые холлы, наружное освещение);
- выбор сечения питающих линий по допустимой потере напряжения и прокладка электросетей по кратчайшим трассам.

Для коммерческого учета в проектируемой ТП предусмотрена установка измерительного комплекса, тип которого утвержден федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию и метрологии и внесен в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений [9].

Для технического учета электроэнергии приняты трёхфазные, многотарифные счетчики электрической энергии (активной и реактивной) СЕ303 R33 543-JAZ 5(10)/ 0.5s/0.5 D (трансформаторного включения), СЕ301 R33 146 JAZ (прямого включения). Место установки счетчиков электрической энергии предусмотрено в корпусах ВРУ1, ВРУ2, АВР, расположенных в помещении электрощитовой здания.

1.4 Разработка мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите

Согласно СО153-34.21.122-2003 п.2.2, таблица 2.1 - Примеры

классификации объектов - поликлиника относится к обычным объектам.

Согласно РД34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» п.1.1 таблица I категория молниезащиты - III.

Защита от прямых ударов молнии осуществляется наложением молниеприемной сетки средним шагом 12×12 м из стальной проволоки горячего цинкования $d8$ мм на кровлю здания. Узлы сетки соединяются сваркой. Токоотводы от молниеприемной сетки до заземлителей так же выполняются стальной проволокой горячего цинкования $d8$ мм и располагаются по периметру здания не более чем через 25 м, вблизи углов здания и не ближе 3 м от входов в здание [8].

Контур защитного заземления выполнен вертикальными заземлителями, углубленными на 0,7 м от поверхности земли.

Сопrotивление искусственных заземлителей растеканию токов молнии должно быть не более 10 Ом в любое время года. В качестве вертикальных электродов принята круглая сталь горячего оцинкования $d16$ мм, $l=3500$ мм. Электроды соединяются между собой стальной полосой горячего оцинкования размером 40×5 мм.

Главная заземляющая шина РЕ (ГЗШ) выполнена в отдельно стоящем ящике в электрощитовой. Основная система уравнивания потенциалов соединяет между собой [11]:

- PEN проводники питающих кабелей;
- металлические оболочки телекоммуникационных кабелей;
- металлические элементы каркаса здания;
- заземляющий проводник системы молниезащиты;
- шины РЕ вводных устройств;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления.

В качестве проводников системы уравнивания потенциалов используется провод ПуГВнг(A)-LSLTx и стальные оцинкованные полосы

40×4мм. Все проводящие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением следует присоединить к основной системе уравнивания потенциалов.

Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные к прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники. Металлические трубопроводы, воздухопроводы, корпуса ванн, душевые поддоны, умывальники, мойки, лотки, доступные прикосновению проводящие части строительных конструкций здания и проводящие части прочего оборудования, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции электрооборудования присоединяются к шинам-РЕ соответствующих распределительных электрощитов.

В комнате уборочного инвентаря и сан. узлах обеспечивается выравнивание потенциалов между всеми доступными для прикосновения металлическими частями при помощи коробок с шинами (КУП).

В качестве проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов применяется провод ПуГВнг(А)-LSLTx 1×4. Проводники дополнительной системы уравнивания потенциалов прокладываются скрыто в штробах стен, в лотке и открыто в гофрированных трубах. Все соединения дополнительной системы уравнивания потенциалов должны быть доступны для осмотра и обслуживания [12].

В цепях питания конечных потребителей медицинских помещений группы 1 со значением тока не более 32 А в качестве дополнительной защиты применены устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным дифференциальным током срабатывания не более 30 мА (п. 710.413.1.3, ГОСТ Р 50571.28-2006).

В медицинских помещениях, применяются УЗО типа «В» с номинальным током не более 32А и дифференциальным током срабатывания 30 мА.

В кабинетах физиотерапии, гальванотерапии, прессотерапии, электросветолечения для подключения медицинской аппаратуры применяются физиотерапевтические щитки, оснащенные отдельной РЕ клеммой и подключенные к системе дополнительного уравнивания потенциалов. В данных помещениях предусмотрены контуры заземления на высоте 0,15 м.

Малая операционная имеет горячеоцинкованную шину заземления по контуру помещения.

Электрооборудование малой операционной подключается через разделительный трансформатор с устройством индикации и проверки работоспособности. В операционной предусмотрены два операционных щитка с комплектом розеток и заземляющих контактов. Электрооборудование и электроосвещение операционной выполнено с учетом требований РТМ 42-2-4-80.

Защита ДГУ от прямых ударов молнии осуществляется наложением молниеприемника (пруток $d=8$ мм + два молниеприемных стержня с держателями) на крышу блок-крантейнера ДГУ при помощи универсальных держателей. Все узлы соединяются специальными зажимами [13, 14].

Молниеприемник на кровле соединяется с молниеприемными стержнями и заземлителями.

Контур защитного заземления ДГУ выполняется вертикальными заземлителями, углубленными на 0.7 м от поверхности земли. В качестве вертикальных электродов принята круглая сталь горячего цинкования 16 мм, $l=3500$ мм. Электроды соединяются между собой стальной полосой горячего оцинкования размером 40×4 мм.

ГЗШ электрощита ДГУ соединяется с контуром заземления молниезащиты стальной полосой горячего оцинкования 40×4 мм.

Для заземления оборудования ДГУ, внутри блок-контейнера выполняется монтаж стальной полосы горячего оцинкования по периметру на высоте 0,3 м от чистого пола.

1.5 Выбор проводников и осветительной арматуры

Прокладка кабельных линий выполнена в пространстве подвесного потолка в металлических перфорированных лотках, гофрированных трубах (одиночная прокладка за подвесным потолком вне лотков), скрыто в штробах (без гофры). Подъем кабельных линий от щитов на уровень горизонтальной прокладки выполнен в металлических листовых лотках. Рабочие и аварийные кабели располагаются в разных лотках.

Для прокладки групповых и магистральных линий приняты негорючие кабели пониженной пожарной опасности с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнгLSLTx. В противопожарных системах - ВВГнг FRLSLTx [16].

Кабельные линии и электропроводка систем противопожарной защиты, средств обеспечения деятельности подразделений пожарной охраны, систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, аварийного освещения на путях эвакуации, прокладываются в специальных огнестойких кабельных линиях «ДКС-КабэксLine», выполненных на базе кабеленесущих систем и креплений производства АО «ДКС», а также кабельной продукции производства ООО «Кабельный завод Кабэкс».

Огнестойкая кабельная линия в данном составе имеет сертификат соответствия № АПБ.RU.OC002/3.Н.01328.

Все металлические лотки «ДКС» сертифицированы согласно ГОСТ 30247.0-94 (Конструкции строительные методы испытаний на огнестойкость).

Предусматриваются огнестойкие противопожарные кабельные проходки через стены и перекрытия: выполняется заделка мест проходки

кабелей противопожарной пеной, огнестойкость которой соответствует огнестойкости пересекаемых стен и перекрытий.

Прокладка кабелей групповых линий рабочего освещения с групповыми линиями аварийного освещения выполняется в разных огнестойких каналах.

Источники света и типы светильников приняты в зависимости от среды помещений, характера проводимых в них работ и высоты подвеса светильников [15].

Нормы освещенности помещений приняты в соответствии с СП 52.13330-2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95».

В проекте предусмотрена система обогрева воронок, выполненная на базе терморегулятора ETR/F-1447A в шкафу автоматики (ШОВ). Сами воронки имеют встроенный нагревательный элемент. Помимо этого, вокруг каждой воронки на кровле закладывается греющий кабель (1 м²).

1.6 Определение параметров системы рабочего и аварийного освещения

В работе предусмотрено рабочее и аварийное освещение.

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования [14].

«Индекс помещения i определяется по выражению» [3]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (5)$$

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [3].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [3]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_n \cdot \eta}, \quad (6)$$

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_n - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [4].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [3]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (7)$$

где « P_{nl} - мощность одной лампы» [13].

Освещение выполнено светодиодными светильниками.

В основных функциональных медицинских помещениях применены светильники с люминесцентными лампами.

В медицинских помещениях над кушетками установлены розетки для подключения переносных светильников. В палатах над кроватями установлены специальные светильники с розеточными консолями для осмотра пациента и подключения переносного медицинского оборудования.

Светильники общего и местного освещения предусмотрены со сплошными рассеивателями, позволяющими осуществлять влажную очистку светильников (п. 5.13, СП 2.1.3678 - 20).

Конструкция светильников в малой операционной полностью исключает возможность попадания на операционное поле осколков от лампы в случае ее разрушения (п. 2.3.2, РТМ 42-2-4-80)

В технических помещениях устанавливаются трансформаторы ремонтного освещения (24В).

В помещениях, где предусматривается установка бактерицидного облучателя с открытой нижней лампой, выключатели нижних ламп устанавливаются перед входом в облучаемое помещение и блокируются со световым сигналом «ОСТОРОЖНО УФ».

Управление освещением в основных помещениях осуществляется от выключателей и переключателей по месту. Управление освещением подъездов, коридоров и тамбуров, лифтовых холлов выполняется при помощи шкафов автоматики ШУО1 и ШУО2 [17].

Аварийное освещение на путях эвакуации предусматривается в лифтовых холлах, тамбурах, коридорах, в проходных помещениях.

Аварийное резервное освещение (для продолжения работ) предусматривается в помещениях с учетом требований п. 7.7.2.1.2, СП 158.13330.2014.

Указатели «Выход» на путях эвакуации подключаются по схеме «Горит постоянно».

Для обозначения первичных средств пожаротушения, медицинских аптек и средств связи предусмотрены световые указатели со встроенными пиктограммами.

В качестве третьего независимого источника питания аварийного освещения в проекте предусмотрен централизованный источник бесперебойного питания, который обеспечивает автономную работу всего внутреннего аварийного освещения в течении времени, необходимого для запуска ДГУ.

В работе предусмотрена схема, при которой аварийное освещение включается при нарушении работы основного (рабочего) освещения. Пуск

аварийного освещения выполняется контактором на вводе ЩАО при нарушении сети в ЩО (группы коридоров и тамбуров, лифтовых холлов) (Рисунок 1).

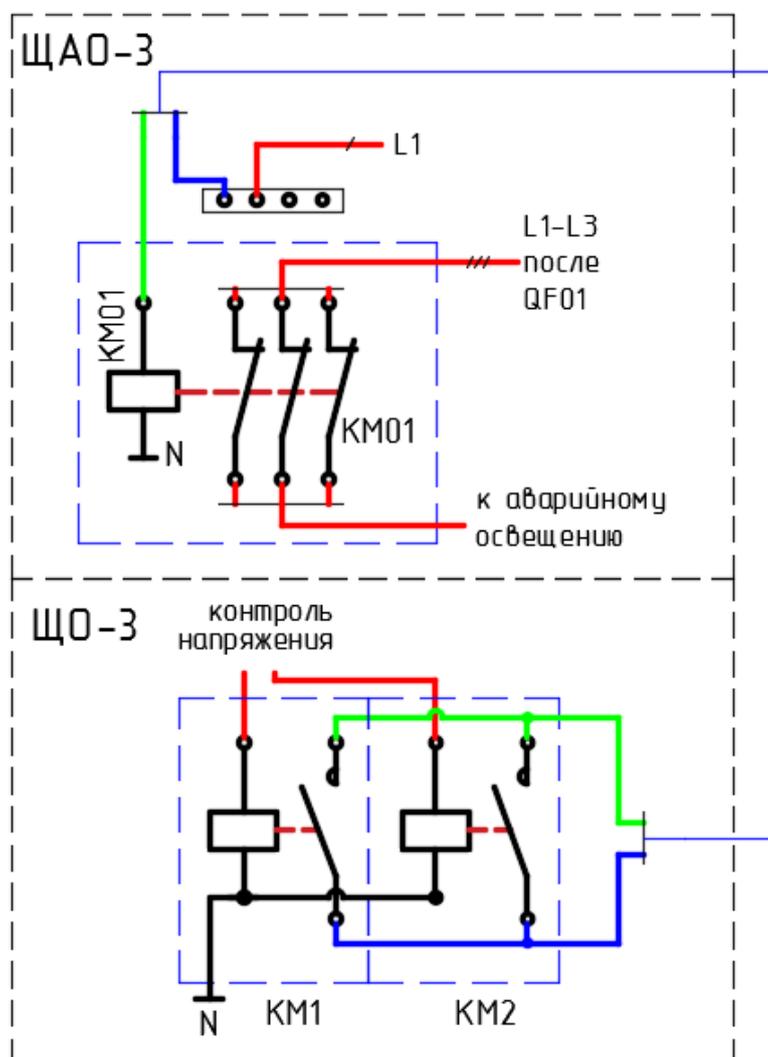


Рисунок 1 – Схема контроля напряжения групп рабочего электроосвещения

Осветительные приборы аварийного освещения выполнены в корпусах, отличных от осветительных приборов рабочего освещения (кроме операционной) и помечены специальной буквой «А» красного цвета.

Освещение картотек, картоохранилищ выполнено пылевлагозащитными линейными светильниками, установленными по оси проходов между стеллажами [19].

Выключатели устанавливаются на высоте 0,85м (п.6.4.2, СП 59.13330.2020).

Выключатели освещения для влажных помещений устанавливаются вблизи расположенных помещений с нормальной средой.

В помещениях, где установлено более четырех светильников, предусматривается две и более групп включения освещения.

Нормируемые уровни освещенности (согл. СП 52.13330.2016) указаны на планах освещения.

Уровень искусственного освещения увеличен на 1 ступень в помещениях с недостаточным расчетным коэффициентом естественного освещения.

Освещенность на путях эвакуации (в том числе в начале и конце пути) и в местах оказания услуг для МГН увеличена на 1 ступень (п. 6.2.32, СП 59.13330.2016).

Наружное освещение проездов, парковок, пешеходных дорожек, элементов благоустройства выполнено консольными светодиодными светильниками на опорах (9 м) и торшерными осветительными комплексами (2,9 м).

Светильники наружного освещения подключены к щиту наружного освещения (ЩНО), установленного в электрощитовой проектируемого здания [18].

Уровень искусственной освещённости в темное время суток принят не менее значений, указанных в СП 52.13330.2016:

- основные проезды - 10 Лк;
- пеш. дорожки - 4 Лк;
- зоны отдыха - 10 Лк;
- главные входы – не менее 6 Лк.

Выводы по разделу.

Электроснабжение объекта обеспечивается по двум взаимно резервируемым кабельным линиям 0,4 кВ кабелем АВБбШв 4×240 от ТП, которая в свою очередь получает питание от разных секций шин ПС 110/10кВ.

Вводно-распределительное устройство здания состоит из вводных устройств с АВР (ВРУ1, ВРУ2), распределительных панелей ШР-1 – ШР-4 и панели противопожарных устройств ППУ с собственным устройством АВР.

Силовые щиты и щиты освещения применяются типа ЩРН с предустановленными в них автоматическими выключателями на вводе и на отходящих линиях.

В качестве третьего независимого источника электроснабжения выбрана дизельная электростанция для обеспечения I «особой» категории надежности электроснабжения.

Электроприемники I «особой» категории (класс 0) подключены через отдельную панель противопожарных устройств с резервированием электроэнергии через централизованный источник бесперебойного питания на время запуска ДГУ.

Выполнено определение расчетных нагрузок, так в рабочем режиме работы расчетная нагрузка поликлиники составляет 367,6 кВт, а в аварийном режиме – 369 кВт.

Защита от прямых ударов молнии осуществляется наложением молниеприемной сетки из стальной на кровлю здания. Все проводящие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением присоединяются к основной системе уравнивания потенциалов.

Для прокладки групповых и магистральных линий приняты негорючие кабели пониженной пожарной опасности с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнгLSLTx. Выбраны сечения кабелей для каждой линии.

В работе предусмотрено рабочее и аварийное освещение. Для каждого помещения выполнен расчет необходимого количества светильников, с целью

обеспечения нормируемого уровня освещенности. Освещение выполнено светодиодными светильниками.

В помещениях, где установлено более четырех светильников, предусматривается две и более групп включения освещения.

Пуск аварийного освещения выполняется контактором на вводе ЩАО при нарушении сети в ЩО.

Управление освещением подъездов, коридоров и тамбуров, лифтовых холлов выполняется при помощи шкафов автоматики ШУО1 и ШУО2.

Наружное освещение проездов, парковок, пешеходных дорожек, элементов благоустройства выполнено консольными светодиодными светильниками на опорах (9 м) и торшерными осветительными комплексами (2,9 м).

Выключатели устанавливаются на высоте 0,85м от пола.

2 Разработка мероприятий по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности

2.1 Мероприятия по резервированию электроэнергии

Схема электроснабжения на напряжение 0,4 кВ выбрана в соответствии категорией электроприемников в пределах одной ТП с резервированием непосредственно на вводных устройствах (ВРУ) здания и удовлетворяет следующим требованиям [20]:

- обеспечивает надежность электроснабжения потребителей;
- обеспечивает возможность проведения ремонтных и эксплуатационных работ на отдельных элементах схемы без отключения соседних присоединений.

Питающая схема выполнена от точки подключения ТП до ВРУ1, ВРУ2 объекта кабельными линиями с прокладкой в траншее.

Питающие линии от ТП до ввода в здание прокладываются в соответствии с типовым проектом А5-92. Кабели прокладываются в одной траншее с соблюдением расстояния в 0,5-0,6м между крайними (взаимно резервируемыми) кабелями.

Огнезащита взаимно резервируемых кабелей выполняется при помощи плит ПЗК-240, укладываемых вдоль между кабелями, по всей длине кабельной траншеи.

Вводы кабелей в здание осуществляются в хризотилцементных трубах в заранее подготовленных проходах с уплотнением противопожарной пеной (Hilti CP 620) с обеих сторон и с заделкой песчано-цементным раствором с внутренней стороны.

Прокладка взаимно резервируемых кабелей от устройства кабельного ввода до ВРУ выполняется в помещении электрощитовой в отдельных огнестойких кабельных каналах.

Вводно-распределительное устройство здания состоит из вводных устройств с АВР (ВРУ1, ВРУ2), распределительных панелей ШР-1-ШР-4 и панели противопожарных устройств ППУ с собственным устройством АВР.

Силовые щиты и щиты освещения применяются типа ЩРН (с зашивкой ГКЛ) с предустановленными в них автоматическими выключателями на вводе и на отходящих линиях.

В работе предусмотрена дизельная электростанция (ДГУ) в качестве третьего независимого источника электроснабжения.

ДГУ применена контейнерного типа со следующими параметрами:

- номинальная мощность - 200 кВт;
- исполнение - В;
- степень автоматизации - 2 (автоматический пуск);
- время непрерывной работы (при 100% нагрузке) – 10,2 ч.

В нормальном режиме ВРУ1 обеспечивается электроэнергией по двум кабельным линиям. В случае аварии на одной из них, питание всего комплекса электроприемников будет автоматически переключено на один из вводов. Время перерыва в работе составит не более 0,5 секунд. Каждый из кабелей рассчитан на полную нагрузку.

2.2 Требования энергетической эффективности, которым должно удовлетворять здание поликлиники

Согласно требованиям, установленных ФЗ №384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», в течении всего жизненного цикла проектируемого здания обеспечивается эффективное использование энергетических ресурсов и исключался нерациональный расход таких ресурсов.

Ответственность за соблюдение требований энергетической эффективности несет застройщик в течении 5 лет после ввода здания в эксплуатацию, далее ответственность несет собственник. При этом, на

застройщике лежит обязанность проведения обязательного расчетно-инструментального контроля нормируемых энергетических показателей дома как при вводе дома в эксплуатацию, так и последующего их подтверждения не реже, чем один раз в пять лет.

В период ввода здания в эксплуатацию в здании должны быть установлены все приборы учета тепла и электроэнергии [21]:

- плиты утеплителя в составе наружных стен и в перекрытии должны быть приняты в соответствии с проектом или аналоги.
- входные двери, окна и двери должны иметь сертификаты, подтверждающий их теплотехнические характеристики.

При разработке принципиальных решений систем отопления и вентиляции в соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» для обеспечения эффективного использования энергетических ресурсов в проекте приняты следующие решения:

- а) в соответствии со статьей 29 Федерального закона № 384-ФЗ предусмотрено устройство эффективных наружных ограждающих конструкций и заполнений световых проемов согласно СП 50.13330.2012 по нормам приведенных сопротивлений теплопередаче;
- б) в соответствии со статьей 13 Федерального закона № 384-ФЗ и в целях экономии теплоты предусмотрены следующие мероприятия:
 - 1) устройство индивидуальных тепловых пунктов, снижающих затраты энергии на циркуляцию в системах горячего водоснабжения и оснащенных автоматизированными системами управления и учета потребления энергоресурсов, горячей и холодной воды;

- 2) «выбор эффективных материалов по теплозащите ограждающих конструкций;
- 3) применение эффективной трубной изоляции, качественной запорной и регулировочной арматуры;
- 4) при проектировании ограждающие конструкции приняты в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012;
- 5) для уменьшения теплопотерь через входные двери и ворота они оборудуются приборами принудительного закрывания дверей (доводчиками)» [17].

«В целях обеспечения энергоэффективности по использованию электрической энергии в проектируемом здании предусмотрено» [17]:

- применение энергосберегающих систем освещения общедомовых помещений, оснащенных датчиками движения и освещенности;
- применение устройств компенсации реактивной мощности двигателей лифтового хозяйства, насосного и вентиляционного оборудования;
- применение счётчиков электроэнергии с дифференцированными по зонам суток тарифами.

2.3 Мероприятия по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности

2.3.1 Эффективность объемно-планировочных решений

Мероприятия, обеспечивающие соблюдение установленных требований энергетической эффективности к архитектурным решениям, обоснованы расчетом энергоэффективности и установленным классом энергетической эффективности.

Наружные стены здания – однослойная кладка из газобетонных блоков с наружным утеплением.

Наружные двери - металлические утепленные, алюминиевые.

Все наружные двери оборудуются устройствами для самозакрывания. При всех наружных входах в здание предусмотрены тамбуры.

Окна устанавливаются из металлопластикового профиля с двухкамерным стеклопакетом и тройным остеклением, с поворотнo-откидным открыванием. Открывание створок окон выполнено во внутрь помещений. На всех открывающихся створках предусмотрены москитные сетки. Все окна оборудованы подоконными досками ПВХ [22].

Габариты световых проемов обеспечивают требования к естественному освещению помещений.

Кровля плоская, мембранная. Водосток внутренний, организованный.

Конструктивная система здания – здание каркасное монолитное железобетонное. «Конструктивная система здания представляет собой совокупность взаимосвязанных несущих конструктивных элементов, обеспечивающих его прочность, устойчивость и необходимый уровень эксплуатационных качеств.

Несущие конструктивные элементы монолитного железобетонного здания: ростверки на свайном основании, опирающиеся на них вертикальные несущие элементы (колонны, диафрагмы жесткости) и объединяющие их в единую пространственную систему горизонтальные элементы (плиты перекрытий и покрытия)» [18].

Материалы ограждающих конструкций применены с учетом требований энергетической эффективности здания.

Архитектурные решения обеспечивают соответствие здания установленным требованиям энергетической эффективности в применяемых многослойных конструкциях и современных энергоэффективных материалах.

2.3.2 Эффективность использования водных ресурсов

Для рационального использования воды, в работе предусмотрена установка на вводе счетчика воды. Также необходимо:

- следить за давлением в системе водоснабжения;
- следить за качеством трубопроводов в системе водоснабжения;

- экстренно реагировать на утечки в системе водоснабжения.

2.3.3 Эффективность использования электроэнергии

«В целях эффективного использования электроэнергии в работе предусмотрены следующие мероприятия:

- неравномерность нагрузки при распределении по фазам не превышает 30%;
- применение для электроосвещения энергосберегающих ламп;
- порядное управление светильниками параллельно естественному освещению;
- применение высокоэффективного электрооборудования» [20].

2.3.4 Эффективность использования систем вентиляции и кондиционирования

Для исключения нерационального расхода тепловой энергии предусмотрено:

- отопительные приборы устанавливаются под оконными проемами
- установка регулирующей арматуры на подводках к отопительным приборам;
- система отопления с погодозависимым регулированием;
- использование строительных конструкций с сопротивлением теплопередаче выше требуемого, для снижения теплопотерь.

«Для систем отопления и вентиляции энергоэффективный уровень теплопотребления обеспечен следующим набором функций и возможностей:

- автоматическое поддержание температурного графика на вводе в здание;
- качественно-количественное регулирование теплоотдачи системы, включающее терморегулирование на отопительных приборах и стояках;
- автоматическое поддержание требуемого/расчетного распределения потока теплоносителя по всем участкам системы;

- индивидуальный учет тепла, мотивированный оплатой по фактическому потреблению» [14];
- теплоизоляция внутренних трубопроводов;
- применение современных энергоэффективных изоляционных материалов;
- применение современного оборудования в системах вентиляции.

2.4 Система учета потребления энергоресурсов и применяемые в системе электроснабжения технические средства

Для коммерческого учета выполняется установка измерительного комплекса в проектируемом РПУ. При отсутствии в сети 0,4 кВ от ТП (точки подключения РПУ) интеллектуальной (автоматизированной) системы учета электроэнергии – в РПУ будет подключен встроенный или выносной GPRS-модем.

Для технического учета электроэнергии приняты трёхфазные, многотарифные счетчики электрической энергии (активной и реактивной) СЕ303 R33 543-JAZ 5(10)/ 0.5s/0.5 D (трансформаторного включения), СЕ301 R33 146 JAZ (прямого включения). Место установки счетчиков электрической энергии предусмотрено в корпусах ВРУ1, АВР-ППУ2, расположенных в помещении электрощитовой здания.

Общий учет водопотребления расположен на вводе водопровода в помещении ИТП.

Учет воды предусматривает устройство водомерного узла УВ14 по типовой серии 5.901-1 со счетчиком холодной воды ЭРСВ-540ф Ду-32, с обводной линией с электродвигателем.

Для учета расхода горячей воды и циркуляции предусмотрены водомерные узлы с счетчиками ЭРСВ-540ф Ду-25 и Ду-20 соответственно.

Все счетчики имеют возможность передачи показаний на диспетчерский пункт.

Узел учета тепловой энергии расположен в ИТП.

Прокладка кабельных линий выполнена в пространстве подвесного потолка в металлических перфорированных лотках, гофрированных трубах (одиночная прокладка за подвесным потолком вне лотков), скрыто в штробах (без гофры). Подъем кабельных линий от щитов на уровень горизонтальной прокладки выполнен в металлических листовых лотках. Рабочие и аварийные кабели располагаются в разных лотках.

Для прокладки групповых и магистральных линий приняты негорючие кабели пониженной пожарной опасности с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнгLSLTx. В противопожарных системах - ВВГнг FRLSLTx.

Кабельные линии и электропроводка систем противопожарной защиты, средств обеспечения деятельности подразделений пожарной охраны, систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, аварийного освещения на путях эвакуации, прокладываются в специальных огнестойких кабельных линиях «ДКС-КабэксLine», выполненных на базе кабеленесущих систем и креплений производства АО «ДКС», а также кабельной продукции производства ООО «Кабельный завод Кабэкс».

Огнестойкая кабельная линия в данном составе имеет сертификат соответствия № АПБ.RU.OC002/3.Н.01328.

Все металлические лотки «ДКС» сертифицированы согласно ГОСТ 30247.0-94 (Конструкции строительные методы испытаний на огнестойкость).

В работе предусматриваются огнестойкие противопожарные кабельные проходки через стены и перекрытия: выполняется заделка мест проходки кабелей противопожарной пеной, огнестойкость которой соответствует огнестойкости пересекаемых стен и перекрытий [23].

Прокладка кабелей групповых линий рабочего освещения с групповыми линиями аварийного освещения выполняется в разных огнестойких каналах.

Источники света и типы светильников приняты в зависимости от среды помещений, характера проводимых в них работ и высоты подвеса светильников.

Нормы освещенности помещений приняты в соответствии с СП 52.13330-2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95».

Выводы по разделу.

В работе рассмотрены мероприятия по резервированию электроэнергии, требования энергетической эффективности, которым должно удовлетворять здание поликлиники. Разработаны мероприятия по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности в части объемно-планировочных решений, использования водных, тепловых ресурсов и электроэнергии.

В целях эффективного использования электроэнергии в работе предусмотрены следующие мероприятия:

- неравномерность нагрузки при распределении по фазам не превышает 30%;
- применение для электроосвещения энергосберегающих ламп;
- порядное управление светильниками параллельно естественному освещению;
- применение высокоэффективного электрооборудования.

3 Составление энергопаспорта здания

Для составления энергетического паспорта здания поликлиники был произведен сбор необходимой информации по материалам проектной документации и выполнен ряд расчетов.

3.1 Расчет параметров для энергетического паспорта здания поликлиники

3.1.1 Исходные данные

Исходные климатические данные:

- средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 $t_{Н, 5} = -35$ °С;
- продолжительность отопительного периода для периода со средней суточной температурой воздуха не более 8 °С $z_{от, 8} = 249$ сут;
- средняя температура наружного воздуха для периода со средней суточной температурой воздуха не более 8 °С $t_{от, 8} = -6,7$ °С;
- продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой воздуха не более 10°С $z_{от, 10} = 270$ сут;
- средняя температура наружного воздуха для периода со средней суточной температурой воздуха не более 10°С $t_{от, 10} = -5,6$ °С;
- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь $n = 3,8$ м/с.

Воздух внутри помещения [24]:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20$ °С;
- температура внутреннего воздуха в технических помещениях и лестнично-лифтовых узлах $t_{ЛЛУ} = 18$ °С;
- температура воздуха в подвале $t_{под} = 5$ °С;

Солнечная радиация:

- средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность $I_{гор} = 1286 \text{ МДж/м}^2$;
- средняя за отопит. период величина солнечной радиации на вертикальной поверхности с северо-восточной ориентацией $I_{СВ} = 795 \text{ МДж/м}^2$;
- средняя за отопит. период величина солнечной радиации на вертикальной поверхности с юго-западной ориентацией $I_{ЮЗ} = 1430 \text{ МДж/м}^2$;
- средняя за отопит. период величина солнечной радиации на вертикальной поверхности с северо-восточной ориентацией $I_{СЗ} = 790 \text{ МДж/м}^2$;
- средняя за отопит. период величина солнечной радиации на вертикальной поверхности с юго-восточной ориентацией $I_{ЮВ} = 1434 \text{ МДж/м}^2$;
- средняя за отопит. период величина солнечной радиации на вертикальной поверхности с северной ориентацией $I_C = 713 \text{ МДж/м}^2$;
- средняя за отопит. период величина солнечной радиации на вертикальной поверхности с южной ориентацией $I_{Ю} = 1606 \text{ МДж/м}^2$;
- средняя за отопит. период величина солнечной радиации на вертикальной поверхности с западной ориентацией $I_З = 1046 \text{ МДж/м}^2$;
- средняя за отопит. период величина солнечной радиации на вертикальной поверхности с восточной ориентацией $I_В = 1043 \text{ МДж/м}^2$.

Площади светопроемов фасадов:

- площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по северному направлению $A_{ок, С} = 72 \text{ м}^2$;
- площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по восточному направлению $A_{ок, В} = 470 \text{ м}^2$;
- площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по южному направлению $A_{ок, Ю} = 36 \text{ м}^2$;
- площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по западному направлению $A_{ок, З} = 488,4 \text{ м}^2$;
- площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по северо-западному направлению $A_{ок, СЗ} = 0 \text{ м}^2$;

- площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по северо-восточному направлению $A_{ок, СВ} = 0 \text{ м}^2$;
- площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по юго-восточному направлению $A_{ок, ЮВ} = 0 \text{ м}^2$;
- площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по юго-западному направлению $A_{ок, ЮЗ} = 0 \text{ м}^2$.

Параметры для расчета отопления [25]:

- расчетное число людей, находящихся в здании $m_{л} = 232 \text{ чел}$;
- число рабочих часов в неделю $n_w = 66 \text{ ч}$;
- число этажей $x = 5$;
- расчетная площадь (полезная) общественных и административных зданий согласно СП 117.13330 $A_p = 5021,5 \text{ м}^2$;
- отапливаемый объем здания $V_{от} = 26038 \text{ м}^3$;
- число часов работы механической вентиляции в течение недели в общественной части здания $n_{вент, общ} = 66 \text{ ч}$;
- мощность освещения $q_{ос} = 10 \text{ Вт/м}^2$;
- коэффициент эффективности рекуператора $k_{эф} = 0$;
- коэффициент относительного проникания солнечной радиации окон $g_l = 0,85$;
- коэффициент затенения светового проема окон $t_{2l} = 0,75$.

Высота здания:

- высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты) $H = 2100 \text{ см} = 2100 / 100 = 21 \text{ м}$.

3.1.2 Результаты расчета

3.1.2.1 Комплексное требование к зданию

Тип здания или помещения - общественные.

Тип здания или помещения - лечебно-профилактические.

Средняя температура наружного воздуха: $t_{от} = t_{от, 10} = -5,6 \text{ }^\circ\text{С}$.

Продолжительность отопительного периода: $z_{от} = z_{от, 10} = 270 \text{ сут}$.

Градусо-сутки отопительного периода:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) Z_{\text{от}}, \quad (8)$$

$$\text{ГСОП} = (20 - 5,6) \cdot 270 = 6912 \text{ }^\circ\text{C сут/год.}$$

Т.к. $V_{\text{от}} > 960 \text{ м}^3$:

Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания:

$$k_{\text{ТРОб}} = (0,16 + 10/V_{\text{от}})/(0,00013 \text{ ГСОП} + 0,61), \quad (9)$$

$$k_{\text{ТРОб}} = (0,16 + 10/26038)/(0,00013 \cdot 6912 + 0,61) = 0,14714 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \text{ }^\circ\text{C}).$$

3.1.2.2 Расчет удельной теплозащитной характеристики здания

Средняя температура внутреннего воздуха для данного помещения:

$$t_{\text{в}}^* = t_{\text{ЛЛУ}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней температуры лестнично-лифтовых узлов от температуры жилых помещений:

$$n_{\text{ЛЛУ}} = (t_{\text{в}}^* - t_{\text{от}})/(t_{\text{в}} - t_{\text{от}}), \quad (10)$$

$$n_{\text{ЛЛУ}} = (18 - 5,6)/(20 - 5,6) = 0,92188.$$

Средняя температура наружного воздуха для данного помещения:

$$t_{\text{от}}^* = t_{\text{под}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней температуры подвала от температуры наружного воздуха:

$$n_{\text{под}} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}^*)/(t_{\text{в}} - t_{\text{от}}), \quad (11)$$

$$n_{\text{под}} = (20 - 5)/(20 - 5,6) = 0,58594.$$

3.1.2.3 Расчет удельной теплозащитной характеристики частей здания

Расчет удельной теплозащитной характеристики основной части здания.

Вид ограждающей конструкции стена:

Количество видов стен основной части здания - 4.

Отношение площади к приведенному сопротивлению теплопередаче стен основной части здания [26]:

$$SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, сті}} = A_{\text{ст1}}/R_{\text{ст1}} + A_{\text{ст2}}/R_{\text{ст2}} + A_{\text{ст3}}/R_{\text{ст3}} + A_{\text{ст4}}/R_{\text{ст4}}, \quad (12)$$

$$SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, сті}} = 2086,1/4,122 + 690,3/4,039 + 210,6/3,509 + \\ + 135,8/3,868 = 772,1236 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Вид ограждающей конструкции окна:

Количество видов окон здания - 1.

Отношение площади к приведенному сопротивлению теплопередаче окон основной части здания:

$$SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, окі}} = A_{\text{ок1}}/R_{\text{ок1}}, \quad (13)$$

$$SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, окі}} = 1066,4/0,645 = 1653,33333 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Перекрытие над проездом - отсутствует.

Отношение площади к приведенному сопротивлению теплопередаче перекрытия над проездом: $SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, прі}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Расчет удельной теплозащитной характеристики в технических помещениях и лестнично-лифтовых узлах здания.

Вид ограждающей конструкции стена:

Отношение площади к приведенному сопротивлению теплопередаче стен технических помещений и ЛЛУ:

$$SA_{\text{фi}}/R_{\text{пpO, cтЛЛЮi}} = A_{\text{cтЛЛЮ1}}/R_{\text{cт1}} + A_{\text{cтЛЛЮ2}}/R_{\text{cт2}} + A_{\text{cтЛЛЮ3}}/R_{\text{cт3}} + A_{\text{cтЛЛЮ4}}/R_{\text{cт4}}, \quad (14)$$

$$SA_{\text{фi}}/R_{\text{пpO, cтЛЛЮi}} = 0/4,122 + 0/4,039 + 0/3,509 + 0/3,868 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Вид ограждающей конструкции покрытие:

Количество видов покрытий здания - 1.

Отношение площади к приведенному сопротивлению теплопередаче покрытий:

$$SA_{\text{фi}}/R_{\text{пpO, покp1}} = A_{\text{покp1}}/R_{\text{покp1}}, \quad (15)$$

$$SA_{\text{фi}}/R_{\text{пpO, покp1}} = 1534,3/7,25 = 211,62759 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Вид ограждающей конструкции окна.

Отношение площади к приведенному сопротивлению теплопередаче окон технических помещений и ЛЛЮ [27]:

$$SA_{\text{фi}}/R_{\text{пpO, окЛЛЮi}} = A_{\text{окЛЛЮ1}}/R_{\text{ок1}}, \quad (16)$$

$$SA_{\text{фi}}/R_{\text{пpO, окЛЛЮi}} = 0/0,645 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Вид ограждающей конструкции входные двери.

Входные двери - одного вида.

Отношение площади к приведенному сопротивлению теплопередаче входных дверей:

$$SA_{\text{фi}}/R_{\text{пpO, двi}} = A_{\text{дв}}/R_{\text{дв}}, \quad (17)$$

$$SA_{\text{фi}}/R_{\text{пpO, двi}} = 39,3/0,95 = 41,36842 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Перекрытие над подвалом - имеется.

Расчет удельной теплозащитной характеристики в подвальных помещениях здания.

Отношение площади к приведенному сопротивлению теплопередаче подвалов:

$$SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, поді}} = A_{\text{под}}/R_{\text{под}}, \quad (18)$$

$$SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, поді}} = 1098/2,442 = 449,63145 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Стены в земле – отсутствуют: $A_{\text{сз}}/R_{\text{сз}} = 0$.

Пол по грунту – имеется: $A_{\text{пг}}/R_{\text{пг}} = 713,9/6,165 = 115,79886$.

Сумма отношений площадей к приведенному сопротивлению фрагментов теплозащитной оболочки здания [25]:

$$S_{\text{nti}}A_{\text{фи}}/R_{\text{прОі}} = n_{\text{осн}} (SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, сті}} + SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, окі}} + SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, покрі}} + SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, дві}}) + n_{\text{под}} (SA_{\text{фи}}/R_{\text{прО, поді}} + A_{\text{сз}}/R_{\text{сз}} + A_{\text{пг}}/R_{\text{пг}}), \quad (19)$$

$$S_{\text{nti}}A_{\text{фи}}/R_{\text{прОі}} = 1 \cdot (772,1236 + 1653,333 + 211,6276 + 41,36842) + 0,58594 \cdot (449,6314 + 0 + 115,7989) = 3009,76085 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Сумма площадей стен здания:

$$SA_{\text{ст}} = A_{\text{ст1}} + A_{\text{ст2}} + A_{\text{ст3}} + A_{\text{ст4}} + A_{\text{стЛЛЮ1}} + A_{\text{стЛЛЮ2}} + A_{\text{стЛЛЮ3}} + A_{\text{стЛЛЮ4}}, \quad (20)$$

$$SA_{\text{ст}} = 2086,1 + 690,3 + 210,6 + 135,8 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3122,8 \text{ м}^2.$$

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции:

$$n_t = (t_{\text{в1}} - t_{\text{от}})/(t_{\text{в}} - t_{\text{от}}), \quad (21)$$

$$n_t = (20 - 5,6)/(20 - 5,6) = 1.$$

Технические помещения и ЛЛУ здания - имеются.

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции:

$$n_t = (t_{B2}-t_{OT})/(t_B-t_{OT}), \quad (22)$$
$$n_t = (20-5,6)/(20-5,6) = 1.$$

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции:

$$n_t = (t_{B3}-t_{OT})/(t_B-t_{OT}), \quad (23)$$
$$n_t = (20-5,6)/(20-5,6) = 1.$$

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции:

$$n_t = (t_{B4}-t_{OT})/(t_B-t_{OT}), \quad (24)$$
$$n_t = (20-5,6)/(20-5,6) = 1.$$

Сумма площадей покрытия: $S_{A_{\text{пок}}} = A_{\text{пок}1} = 1534,3 \text{ м}^2$.

Сумма площадей окон здания:

$$S_{A_{\text{ок}}} = A_{\text{ок}1} + A_{\text{ок}ЛЛУ1}, \quad (25)$$
$$S_{A_{\text{ок}}} = 1066,4 + 0 = 1066,4 \text{ м}^2.$$

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции:

$$n_t = (t_{B1}-t_{OT})/(t_B-t_{OT}), \quad (26)$$

$$n_t = (20-5,6)/(20-5,6) = 1.$$

Площадь перекрытия над проездом: $A_{\text{пр}} = 0 \text{ м}^2$.

Площадь стен в земле: $A_{\text{сз}} = 0 \text{ м}^2$.

Сумма площадей по внутреннему обмеру всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания:

$$A_{\text{сумН}} = SA_{\text{ст}} + SA_{\text{ок}} + SA_{\text{покр}} + A_{\text{дв}} + A_{\text{под}} + A_{\text{пр}} + A_{\text{сз}} + A_{\text{пг}}, \quad (27)$$

$$A_{\text{сумН}} = 3122,8 + 1066,4 + 1534,3 + 39,3 + 1098 + 0 + 0 + 713,9 = 7574,7 \text{ м}^2.$$

Коэффициент компактности здания:

$$K_{\text{комп}} = A_{\text{сумН}} / V_{\text{от}}, \quad (28)$$

$$K_{\text{комп}} = 7574,7 / 26038 = 0,29091 \text{ 1/м}.$$

Общий коэффициент теплопередачи здания:

$$K_{\text{общ}} = 1 / A_{\text{сумН}} \sum \alpha_i / R_{\text{пр}oi}, \quad (29)$$

$$K_{\text{общ}} = 1 / 7574,7 \cdot 3009,761 = 0,39734 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}).$$

Удельная теплозащитная характеристика здания:

$$k_{\text{об}} = K_{\text{комп}} K_{\text{общ}}, \quad (30)$$

$$k_{\text{об}} = 0,29091 \cdot 0,39734 = 0,11559 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}).$$

$k_{\text{об}} = 0,11559$ и $k_{\text{пр}об} = 0,14714$ (78,55784% от предельного значения) - условие выполнено.

3.1.2.4 Проверка условий расхода тепловой энергии на отопление

Средняя температура наружного воздуха: $t_{OT} = t_{OT, 10} = -5,6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Продолжительность отопительного периода: $z_{OT} = z_{OT, 10} = 270 \text{ сут}$.

Градусо-сутки отопительного периода:

$$\text{ГСОП} = (t_B - t_{OT}) z_{OT}, \quad (31)$$

$$\text{ГСОП} = (20 - 5,6) \cdot 270 = 6912 \text{ }^\circ\text{C сут/год}.$$

3.1.2.5 Определение расхода тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода

Определение удельной вентиляционной характеристики здания.

Удельная теплоемкость воздуха: $c = 1 \text{ кДж/(кг }^\circ\text{C)}$.

Коэффициент снижения объема воздуха в здании: $b_V = 0,85$.

Средняя плотность приточного воздуха за отопительный период:

$$\rho_{\text{ВЕНТ}_B} = 353 / (273 + t_{OT}), \quad (32)$$

$$\rho_{\text{ВЕНТ}_B} = 353 / (273 + -5,6) = 1,32012 \text{ кг/м}^3.$$

Удельный вес наружного воздуха:

$$g_{OT} = 3463 / (273 + t_{OT}), \quad (33)$$

$$g_{OT} = 3463 / (273 + -5,6) = 12,95064 \text{ Н/м}^3.$$

Удельный вес наружного воздуха: $g_H = g_{OT} = 12,95064 \text{ Н/м}^3$.

Удельный вес внутреннего воздуха:

$$g_B = 3463 / (273 + t_B), \quad (34)$$

$$g_B = 3463 / (273 + 20) = 11,81911 \text{ Н/м}^3.$$

Расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха для окон и балконных дверей:

$$DP_{ок} = 0,28 H (g_H - g_B) + 0,03 g_H n^2, \quad (35)$$

$$DP_{ок} = 0,28 \cdot 21 \cdot (12,95064 - 11,81911) + 0,03 \cdot 12,95064 \cdot 3,8^2 = 12,26361 \text{ Па.}$$

Тип ограждающей конструкции - окна в пластмассовых или алюминиевых переплетах.

Нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций: $G_H = 5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ ч})$.

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачных ограждающих конструкций: $DP_0 = 10 \text{ Па}$.

Нормируемое сопротивление воздухопроницанию:

$$R_{трИ} = (1/G_H) (DP/DP_0)^{(2/3)}, \quad (36)$$

$$R_{трИ} = (1/5) \cdot (12,26361/10)^{(2/3)} = 0,22914 \text{ м}^2 \text{ ч Па}/\text{кг.}$$

$$t_B = t_{ЛЛУ} = 18 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Удельный вес внутреннего воздуха:

$$g_B = 3463/(273 + t_B), \quad (37)$$

$$g_B = 3463/(273 + 18) = 11,90034 \text{ Н}/\text{м}^3.$$

$$DP_{окЛЛУ} = 0,28 H (g_H - g_B) + 0,03 g_H n^2, \quad (38)$$

$$DP_{окЛЛУ} = 0,28 \cdot 21 \cdot (12,95064 - 11,90034) + 0,03 \cdot 12,95064 \cdot 3,8^2 = 11,78598 \text{ Па}$$

$$R_{трИ, окЛЛУ} = (1/G_H) (DP_{окЛЛУ}/DP_0)^{(2/3)}, \quad (39)$$

$$R_{трИ, окЛЛУ} = (1/5) \cdot (11,78598/10)^{(2/3)} = 0,22316 \text{ м}^2 \text{ ч}/\text{кг}$$

Расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха для входных дверей:

$$DP_{дв} = 0,55 H (g_H - g_B) + 0,03 g_H n^2, \quad (40)$$

$$DP_{дв} = 0,55 \cdot 21 \cdot (12,95064 - 11,90034) + 0,03 \cdot 12,95064 \cdot 3,8^2 = 17,74118 \text{ Па.}$$

Нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций: $G_H = 7 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ ч})$.

Сопротивление воздухопроницания входных наружных дверей:

$$R_{тр, дв} = DP_{дв}/G_H = 17,74118/7 = 2,53445 \text{ м}^2 \text{ ч Па}/\text{кг.}$$

3.1.2.6 Средняя кратность воздухообмена общественных, административных или бытовых помещений здания

В общественной, административной или бытовой части здания вентиляция - механическая.

Число часов учета инфильтрации в течение недели в общественной части здания:

$$n_{инф, общ} = 168 - n_{вент, общ}, \quad (41)$$

$$n_{инф, общ} = 168 - 66 = 102 \text{ ч.}$$

3.1.2.7 Определение средней кратности воздухообмена здания за отопительный период

Помещения - без естественного проветривания.

Помещения, в которых люди находятся - более 2 ч непрерывно.

Минимальный расход наружного воздуха на одного человека: $L = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Количество приточного воздуха в здание:

$$L_{вент} = L \cdot n_{об}, \quad (42)$$

$$L_{вент} = 60 \cdot 432 = 25920 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции:

$$G_{\text{инф}} = (A_{\text{ок, общ}}/R_{\text{тр, ок}}) (DP_{\text{ок}}/10)^{(2/3)}, \quad (43)$$

$$G_{\text{инф}} = (1066,4/0,22914) \cdot (12,26361/10)^{(2/3)} = 5332,0979 \text{ кг/ч.}$$

Средняя кратность воздухообмена общественных помещений здания за отопительный период:

$$n_{\text{в, общ}} = ((L_{\text{вент}} n_{\text{вент}})/168 + (G_{\text{инф}} n_{\text{инф}})/(168 \cdot r_{\text{вент}})) / (b_{\text{в}} V_{\text{от}}), \quad (44)$$

$$n_{\text{в, общ}} = ((25920 \cdot 66)/168 + (5332,098 \cdot 102)/(168 \cdot 1,32012)) / (0,85 \cdot 26038) = 0,57089 \text{ 1/ч.}$$

Удельная вентиляционная характеристика в ЛЛУ здания:

$$k_{\text{вент, общ}} = 0,28 \cdot (L_{\text{вент}} \cdot r_{\text{вент}} \cdot n_{\text{вент}} \cdot (1 - k_{\text{эф}}) + G_{\text{инф}} \cdot n_{\text{инф}}) / (168 \cdot V_{\text{от}}), \quad (45)$$

$$k_{\text{вент, общ}} = 0,28 \cdot 1 \cdot (25920 \cdot 1,32012 \cdot 66 \cdot (1 - 0) + 5332,098 \cdot 102) / (168 \cdot 26038) = 0,17937 \text{ Вт/(м}^3 \text{ }^\circ\text{C)}.$$

Средняя кратность воздухообмена в технических помещениях и лестнично-лифтовых узлах.

Число часов учета инфильтрации в течение недели в ЛЛУ: $n_{\text{инф, ЛЛУ}} = 168 \text{ ч.}$

Количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции:

$$G_{\text{инф}} = (A_{\text{ок, ЛЛУ}}/R_{\text{тр, окЛЛУ}}) (DP_{\text{окЛЛУ}}/10)^{(2/3)} + (A_{\text{дв}}/R_{\text{тр, дв}}) (DP_{\text{дв}}/10)^{(1/2)}, \quad (46)$$

$$G_{\text{инф}} = (0/0,22316) \cdot (11,78598/10)^{(2/3)} +$$

$$+(39,3/2,53445) \cdot (17,74118/10) (1/2) = 20,65381 \text{ кг/ч.}$$

Средняя кратность воздухообмена ЛЛУ за отопительный период:

$$n_{в, \text{ ЛЛУ}} = ((G_{\text{инф}} \cdot \eta_{\text{инф}})/(168 \cdot r_{\text{вентв}}))/(b_v \cdot V_{\text{от}}), \quad (47)$$

$$n_{в, \text{ ЛЛУ}} = ((20,65381 \cdot 168)/(168 \cdot 1,32012))/(0,85 \cdot 26038) = 0,00071 \text{ 1/ч.}$$

Удельная вентиляционная характеристика в общественной части здания:

$$k_{\text{вент, ЛЛУ}} = 0,28 \cdot G_{\text{инф}} \cdot \eta_{\text{инф}}/(168 \cdot V_{\text{от}}), \quad (48)$$

$$k_{\text{вент, ЛЛУ}} = 0,28 \cdot 1 \cdot 20,65381 \cdot 168 / (168 \cdot 26038) = 0,000222101 \text{ Вт/(м}^3 \text{ }^\circ\text{C)}.$$

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период:

$$n_{в} = n_{в, \text{ общ}} + n_{в, \text{ ЛЛУ}}, \quad (49)$$

$$n_{в} = 0,57089 + 0,00071 = 0,5716 \text{ ч}^{-1}.$$

Удельная вентиляционная характеристика здания:

$$k_{\text{вент}} = k_{\text{вент, общ}} + k_{\text{вент, ЛЛУ}}, \quad (50)$$

$$k_{\text{вент}} = 0,17937 + 0,000222101 = 0,17959 \text{ Вт/(м}^3 \text{ }^\circ\text{C)}.$$

3.2 Составление энергетического паспорта поликлиники

В таблицах 3-11 представлены формы энергетического паспорта поликлиники.

Таблица 3 - Общая информация

Назначение здания, серия	Лечебно-профилактическое
Этажность, количество секций	5 этажей
Количество квартир	нет
Расчетное количество жителей	нет
Размещение в застройке	Отдельностоящее
Конструктивное решение	<p>Конструктивная система – здание каркасное монолитное железобетонное. Конструктивная система здания представляет собой совокупность взаимосвязанных несущих конструктивных элементов, обеспечивающих его прочность, устойчивость и необходимый уровень эксплуатационных качеств.</p> <p>Наружные стены от цоколя до плит покрытия - однослойная кладка с наружным утеплением минераловатными плитами и устройством вентилируемого фасада. Кладка наружных стен выполняется из стеновых блоков из ячеистого бетона D600 толщиной 250 мм.</p> <p>Оконные блоки – металлопластиковые.</p> <p>Двери наружные – металлические утепленные, металлопластиковые.</p> <p>Крыша – плоская, рулонная с внутренним водостоком.</p>

Таблица 4 - Расчетные условия

Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	t_n	°С	-35
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	-5,6
Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	сут/год	270
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С сут/год	6912
Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	t_v	°С	20
Расчетная температура чердака	$t_{черд}$	°С	нет
Расчетная температура техподполья	$t_{подп}$	°С	+5

Таблица 5 - Показатели геометрические

Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
Сумма площадей этажей здания	$V_{от}, м^2$	7335,7	-
Площадь жилых помещений	$A_{ж}, м^2$	-	-
Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_{р}, м^2$	5021,5	-
Отапливаемый объем	$V_{от}, м^3$	26038,4	-
Коэффициент остекленности фасада здания	f	0,252	-
Показатель компактности здания	$K_{комп}$	0,291	-
Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$A_{н}^{сум}, м^2$	7574,7	-
фасадов	$A_{фас}$	4228,5	-
стен (тип 1)	$A_{ст1}$	2086,1	-
стен (тип 2)	$A_{ст2}$	690,3	-
стен (тип 3)	$A_{ст3}$	210,6	-
стен (тип 4)	$A_{ст4}$	135,8	-
окон и балконных дверей витражей	$A_{ок.1}$	948,9	-
фонарей	$A_{ок.2}$	117,5	-
окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{ок.3}$	-	-
балконных дверей наружных переходов	$A_{ок.4}$	-	-
входных дверей и ворот (раздельно)	$A_{дв}$	-	-
покрытий (совмещенных)	$A_{дв}$	39,3	-
чердачных перекрытий	$A_{покр}$	1534,3	-
покрытий теплых чердаков с $t_{intg}=+15^{\circ}C$	$A_{черд}$	-	-
перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентная)	$A_{черд.т}$	-	-
перекрытий над проездами или под эркерами	$A_{цок1}$	1098,0	-
стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$A_{цок2}$	-	-
	$A_{цок3}$	П _{общ} =713,9 П _I =140,0 П _{II} =138,0 П _{III} =137,3 П _{IV} =298,6	-

Таблица 6 - Показатели теплотехнические

Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_o^{пр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	-	-	-
стен (тип 1)	$R_{o,ст1}^{пр}$	3,819	4,122	-
стен (тип 2)	$R_{o,ст2}^{пр}$	3,819	4,039	-
стен (тип 3)	$R_{o,ст3}^{пр}$	3,371	3,509	-
стен (тип 4)	$R_{o,ст4}^{пр}$	3,819	3,868	-
окон и балконных дверей витражей	$R_{o,ок1}^{пр}$	0,644	0,645	-
фонарей	$R_{o,ок2}^{пр}$	0,644	0,645	-
окон лестнично-лифтовых узлов	$R_{o,ок3}^{пр}$	-	-	-
балконных дверей наружных переходов	$R_{o,ок4}^{пр}$	-	-	-
входных дверей и ворот (раздельно)	$R_{o,дв}^{пр}$	-	-	-
покрытий (совмещенных)	$R_{o,дв}^{пр}$	0,948	0,95	-
чердачных перекрытий	$R_{o,покр}^{пр}$	5,630	7,250	-
покрытий теплых чердаков с $t_{intg}=+15^\circ C$	$R_{o,черд}^{пр}$	-	-	-
перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентное)	$R_{o,черд.т}^{пр}$	-	-	-
перекрытий над проездами или под эркерами	$R_{o,цок1}^{пр}$	2,349	2,442	-
стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$R_{o,цок2}^{пр}$	-	-	-
	$R_{o,цок3}^{пр}$	-	6,165	-

Таблица 7 - Показатели вспомогательные

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_{тр}$, $Вт / (м^2 \cdot ^\circ C)$	-	-
Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	n_v , $ч^{-1}$	-	0,576
Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}$, $Вт / м^2$	-	9,49
Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}$, $руб. / кВт \cdot ч$	-	-

Таблица 8 - Удельные характеристики

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$	0,147	0,1156
Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$	–	0,180
Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$	–	0,0715
Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$	–	0,046

Таблица 9 – Коэффициенты

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя
Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	ζ	0,9
Коэффициент, учитывающий снижение теплотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	ξ	0
Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	–
Коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплотерями	ν	0,7
Коэффициент учета дополнительных теплотерь системы отопления	β_n	1,07

Таблица 10 - Комплексные показатели расхода тепловой энергии

Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Значение показателя
Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q^{тр}_{от}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$ [Вт/(м ² °C)]	0,2132
Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q^{тр}_{от}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$ [Вт/(м ² °C)]	0,287 (базовое значение 0,359)
Класс энергосбережения	-	В, Высокий
Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите	-	ДА

Таблица 11 - Энергетические нагрузки здания

Показатель	Обозначение	Единица измерений	Значение показателя
Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	кВт·ч/(м ³ год) кВт·ч/(м ² год)	35,37 145,49
Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	Q ^{год} _{от}	кВт ч/(год)	920894
Общие теплотери здания за отопительный период	Q ^{год} _{общ}	кВт ч/(год)	1274998

Выводы по разделу.

Выполнен сбор необходимой информации по материалам проектной документации и произведены расчеты для заполнения энергетического паспорта здания поликлиники. Определены исходные климатические данные, площади светопроемов фасадов и параметры здания.

В соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» определены комплексные требования к зданию, произведены расчеты удельной теплозащитной характеристики всего здания и его отдельных частей, выполнена проверка условий расхода тепловой энергии на отопление и определены расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода и средняя кратность воздухообмена общественных, административных или бытовых помещений здания.

По результатам выполненных расчетов заполнены формы энергетического паспорта поликлиники.

Заключение

Целью работы являлось проектирование надежной и экономичной системы электроснабжения здания поликлиники с обеспечением требований к энергоэффективности и составлением энергопаспорта объекта, который может быть использован при вводе здания в эксплуатацию после строительства.

Электроснабжение объекта обеспечивается по двум взаимно резервируемым кабельным линиям 0,4 кВ кабелем АВБбШв 4×240 от ТП, которая в свою очередь получает питание от разных секций шин ПС 110/10кВ.

Вводно-распределительное устройство здания состоит из вводных устройств с АВР (ВРУ1, ВРУ2), распределительных панелей ШР-1 – ШР-4 и панели противопожарных устройств ППУ с собственным устройством АВР.

Силовые щиты и щиты освещения применяются типа ЩРН с предустановленными в них автоматическими выключателями на вводе и на отходящих линиях.

В качестве третьего независимого источника электроснабжения выбрана дизельная электростанция для обеспечения I «особой» категории надежности электроснабжения.

Электроприемники I «особой» категории (класс 0) подключены через отдельную панель противопожарных устройств с резервированием электроэнергии через централизованный источник бесперебойного питания на время запуска ДГУ.

Выполнено определение расчетных нагрузок, так в рабочем режиме работы расчетная нагрузка поликлиники составляет 367,6 кВт, а в аварийном режиме – 369 кВт.

Защита от прямых ударов молнии осуществляется наложением молниеприемной сетки из стальной на кровлю здания. Все проводящие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением присоединяются к основной системе уравнивания потенциалов.

Для прокладки групповых и магистральных линий приняты негорючие кабели пониженной пожарной опасности с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнгLSLTx. Выбраны сечения кабелей для каждой линии.

В работе предусмотрено рабочее и аварийное освещение. Для каждого помещения выполнен расчет необходимого количества светильников, с целью обеспечения нормируемого уровня освещенности. Освещение выполнено светодиодными светильниками.

В помещениях, где установлено более четырех светильников, предусматривается две и более групп включения освещения.

Пуск аварийного освещения выполняется контактором на вводе ЩАО при нарушении сети в ЩО.

Управление освещением подъездов, коридоров и тамбуров, лифтовых холлов выполняется при помощи шкафов автоматики ШУО1 и ШУО2.

Наружное освещение проездов, парковок, пешеходных дорожек, элементов благоустройства выполнено консольными светодиодными светильниками на опорах (9 м) и торшерными осветительными комплексами (2,9 м).

Выключатели устанавливаются на высоте 0,85м от пола.

В работе рассмотрены мероприятия по резервированию электроэнергии, требования энергетической эффективности, которым должно удовлетворять здание поликлиники. Разработаны мероприятия по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности в части объемно-планировочных решений, использования водных, тепловых ресурсов и электроэнергии.

В целях эффективного использования электроэнергии в работе предусмотрены следующие мероприятия:

- неравномерность нагрузки при распределении по фазам не превышает 30%;
- применение для электроосвещения энергосберегающих ламп;

- порядное управление светильниками параллельно естественному освещению;
- применение высокоэффективного электрооборудования.

Выполнен сбор необходимой информации по материалам проектной документации и произведены расчеты для заполнения энергетического паспорта здания поликлиники. Определены исходные климатические данные, площади светопроемов фасадов и параметры здания.

В соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» определены комплексные требования к зданию, произведены расчеты удельной теплозащитной характеристики всего здания и его отдельных частей, выполнена проверка условий расхода тепловой энергии на отопление и определены расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода и средняя кратность воздухообмена общественных, административных или бытовых помещений здания.

По результатам выполненных расчетов заполнены формы энергетического паспорта поликлиники.

Список используемой литературы

1. Иванов А.С. Электроснабжение: практикум для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2020. 116 с.
2. Кудрин Б.И. Электроснабжения промышленных предприятий. М.: Интермет Инжиниринг, 2006. 670 с.
3. Куксин А. В. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 156 с.
4. Лыкин А.В. Электроснабжение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях. Новосибирск: НГТУ, 2013. 115 с.
5. Марченко А.Л. Электротехника: учебное пособие. Москва: ИНФРА-М, 2022. 236 с.
6. Нормы технологического проектирования. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Тяжпромэлектропроект, 1994. 69 с.
7. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2020. 416 с.
8. Плащанский Л.А. Электрооборудование подстанций и осветительные сети предприятий, организаций и учреждений: учебное пособие. Москва: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. 180 с.
9. Поливода Ф.А. Надежность систем теплоснабжения городов и предприятий легкой промышленности: учебник. Москва: ИНФРА-М, 2021. 170 с.
10. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. СПб.: Проспект, 2019. 240 с.
11. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого издания с изменениями и дополнениями. М.: Норматика, 2021. 464 с.

12. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбор электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-97. М.: НЦ ЭНАС. 2002. 149 с.
13. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». СПб.: ЦОТПБСП. 2003. 28 с.
14. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электро-вычислительным машинам и организация работы». СПб.: ЦОТПБСП. 2003. 56 с.
15. Свод правил СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. М., 2011. 74 с.
16. Сибикин Ю. Д. Современные электрические подстанции: учебное пособие. 2-е изд., доп. Москва: ИНФРА-М, 2023. 417 с.
17. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2022. 405 с.
18. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2022. 328 с.
19. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Яшков В.А. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 367 с.
20. Стрельников Н.А. Электроснабжение промышленных предприятий. Новосибирск: НГТУ, 2013. 100 с.
21. Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4–92. М.: Тяжпромэлектропроект, 1993. 25 с.
22. Щербаков Е.Ф., Александров Д.С., Дубов А.Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 495 с.
23. Bobby Rauf S. Electrical Engineering for Non-electrical Engineers. Lulu Press. Inc, 2015. 235 p.

24. IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems. IEEE Std 551. NY: IEEE, 2013. 300 p.
25. Khan S., Khan S., Ahmed G. Industrial power systems. Boca Raton: CRC Press, 2016. 488 p.
26. Usman M., Coppo M., Bignucolo F., Turri R., Cerretti, A. A novel methodology for the management of distribution network based on neutral losses allocation factors // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. 2019. №1. pp. 613-622.
27. Zhang Q., Tang W., Zaccour G., Zhang J. Should a manufacturer give up pricing power in a vertical information-sharing channel // European Journal of Operational Research. 2019. №276, pp. 910-928.