

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ  
ЗАГОРОДНОГО ДОМА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение  
(по отраслям)  
профилю подготовки «Энергетика»  
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и  
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 145

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующая кафедрой ЭС  
\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

### **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗАГОРОДНОГО ДОМА**

Исполнитель:  
студент группы ЭС-402

В.С. Сисамбаева

Руководитель:  
старший преподаватель кафедры ЭС

И.М. Морозова

Нормоконтролер:  
старший преподаватель

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 59 страниц, содержит 30 рисунков, 11 таблиц, 27 источников литературы, а также приложения на 7 страницах.

Ключевые слова: ЗАГОРОДНЫЙ ДОМ, СИСТЕМА «УМНЫЙ ДОМ», ЭЛЕКТРОПРИЕМНИК.

Сисамбаева В. С. Разработка проекта системы энергоснабжения загородного дома: выпускная квалификационная работа / В. С. Сисамбаева; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. электрооборудования и энергоснабжения. – Екатеринбург, 2017. – 66 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка проекта системы энергоснабжения загородного дома». В работе рассмотрен проект процесса выполнения системы энергоснабжения загородного дома, с использованием технологии «умный дом».

2. Цель работы: разработать проект системы энергоснабжения загородного дома.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы рассчитаны электрические нагрузки загородного дома, выбраны марки и рассчитано сечение проводов и кабелей для электроснабжения, выбраны аппараты защиты, произведен выбор и расчёт заземляющего устройства и молниезащиты, выбран автономный источник теплоснабжения загородного дома.

4. Благодаря современным технологиям возможно сокращение расходов на строительство и содержание дома. В данной выпускной квалификационной работе выполнен проект системы энергоснабжения загородного дома с использованием современных энергосберегающих технологий.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1.ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗАГОРОДНОГО ДОМА.....	6
1.1 Характеристика системы «умный дом» .....	6
1.2 Краткая характеристика объекта.....	16
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ .....	20
2.1 Светотехнический расчет.....	20
2.2 Расчет электрических нагрузок .....	21
2.3 Выбор сечения проводов и кабелей .....	23
2.4 Выбор аппаратов защиты.....	26
2.5 Расчет и выбор защитного заземления и молниезащиты .....	28
2.6 Выбор автономного источника теплоснабжения .....	35
2.7 Сценарии системы «умный дом» .....	47
3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ А	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	
ПРИЛОЖЕНИЕ В	
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	

## ВВЕДЕНИЕ

Екатеринбург является одним из крупнейших городов Уральского региона, с наибольшим уровнем загазованности воздуха и шума. Город обладает огромным потоком автотранспорта и большим количеством промышленных предприятий, основными отраслями которых являются металлургия и машиностроение. По итогам весны 2017 г. Общероссийской общественной организацией «Зеленый патруль» был составлен рейтинг российских регионов. В ходе составления данного рейтинга учитывалось: состояние воздуха, воды, выбросов и сбросов. Свердловская область заняла 84 место, из 85 мест [13].

Одной из причин загрязнения атмосферы Екатеринбурга являются старые машины (старше 10 лет). Последствием расположения города на склоне Уральских гор является недостаточная вентиляция воздушного бассейна. Плохой атмосферный воздух вызывает пагубное влияние на здоровье жителей Екатеринбурга. Уменьшая уровень загрязнения воздуха можно избежать таких болезней как: рак легких, астма, хронические и острые респираторные заболевания. Как показывает статистика, чем больше атмосферных загрязнений в городе, тем больше число обращений граждан в скорую помощь и последующую госпитализацию с заболеваниями дыхательной системы.

Исходя из этих факторов, создаются не очень благоприятные условия для проживания людей. Поэтому многие горожане стараются уехать жить за город в частные жилые дома. В связи с этим все большее распространение имеет индивидуальное жилищное строительство.

В современном мире появляются новые строительные технологии, благодаря которым возможно сокращение расходов на строительство жилого дома. В данной выпускной квалификационной работе будет произведена система энергоснабжения загородного дома с использованием современных энергосберегающих технологий.

*Объектом исследования* является загородный дом.

*Предметом исследования* является электрооборудование загородного дома.

*Цель работы* – разработать проект системы энергоснабжения загородного дома.

*Задачи:*

- рассчитать электрические нагрузки загородного дома;
- рассчитать сечение и выбрать марки проводов и кабелей;
- выбрать аппараты защиты;
- рассчитать заземляющие устройства и молниезащиту;
- выбрать источник теплоснабжения загородного дома.

# **1. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗАГОРОДНОГО ДОМА**

## **1.1 Характеристика системы «умный дом»**

Система «умный дом» – это система, позволяющая объединить все коммуникации в одну, управляется искусственным интеллектом, настраиваемым под потребности хозяина дома. Целью системы является создание взаимосвязанных систем, которые объединяют оборудование и технологии разных производителей. Человек задает желаемую обстановку одной кнопкой в систему, а автоматика отслеживает режимы работы всех инженерных систем и электроприборов в соответствии с условиями. Система распознает конкретные ситуации, происходящие в доме, и реагирует на них согласно заложенной программе. Нет необходимости в использовании нескольких пультов и блоков при управлении разными модулями. Благодаря системе «умный дом» возможна экономия электроэнергии. В связи с этим при проектировании учитываем электроснабжение с использованием системы «умный дом».

В систему можно заложить несколько сценариев, по которым система будет реагировать на ту или иную ситуацию. По выбранному сценарию можно настроить работу всех модулей с учетом индивидуальных потребностей хозяина, с учетом времени суток, погодных условий, местонахождения, естественной освещенности. Смену сценариев возможно установить по времени или по расписанию.

В единую систему управления возможно интегрирование всех основных систем жизнеобеспечения, путем добавления разных модулей. Например: система освещения, отопления, кондиционирования, видеонаблюдения, сигнализации, протечек воды и утечек газа. Так же может входить управление электроприборами, управление аудио и видео техникой, GSM-мониторинг, и управление механизмами и всеми системами

автоматизации. Создаются подсистемы с разными функциональными особенностями. Например, существует несколько распространенных подсистем:

- подсистема управления светом. Возможность менять яркость освещения, включать и отключать освещение в комнатах одновременно, при создании световых сценариев возможность включать с различной яркостью или с задержкой освещения, имитируя эффект «бегущих огней». Возможность автоматического включения и отключения света в зависимости от времени суток и присутствия людей;

- подсистема управления микроклиматом. Постоянное измерение температуры в каждой комнате и поддержание температуры на заданном уровне. Возможность управлять клапанами радиаторов, заслонками кондиционеров или автоматическое включение и выключение вентиляции. Создание таких сценариев как ночной режим, комфортный режим, «никого нет дома» поможет сэкономить много финансовых средств. При установке межрамного контакта, система отопления или кондиционирования выключится, если окна будут открыты. Совмещение с электрическим теплым полом, даст возможность регулирования температуры нагрева полов;

- подсистема жалюзи. В летний период времени внутрь комнаты попадает меньшее количество света, за счет автоматического поворота ламелей под определенным углом. Нагрев помещения уменьшается, от этого кондиционер работает меньше и меньше расходуется электроэнергия;

- подсистема охраны. За счет установки видеонаблюдения, система отчитается, кто и когда приходил, сколько времени провел человек в доме. Так как лица и действия зафиксированы в памяти, система распознает, какие подозрительные личности находились возле дома. Нежданных гостей может ослепить ярким светом и включится звуковая сирена. Дополнительно придет смс оповещение на телефон о проникновении в дом и вызовет охрану;

- подсистема аварийных ситуаций. При возникновении аварийной ситуации, система проинформирует хозяина, вызовет соответствующую

службу, но и предпримет меры для устранения такой ситуации. Например, при протечке воды, прекратит подачу водоснабжения;

- подсистема присутствия. В отсутствие хозяев, система будет имитировать привычный образ жизни хозяев, включит свет, музыку по вечерам.

Эти и многие другие подсистемы, возможно, установить в системе «умный дом». Дополнительными, но не менее важными и удобными, функциями является установка визуализирующей программы на телефоне и компьютере, чтобы управлять системой через персональные устройства, не вставая с дивана. Достаточно использовать связь через интернет, возможно, отключить свет, либо установить необходимую температуру.

Существует возможность формировать систему «умный дом», учитывая только необходимые компоненты и функции, следовательно, можно создавать системы невысокой стоимости. В проекте загородного дома собираем систему «умный дом» исходя из потребностей хозяев. Соответственно, необходимы подсистемы: освещения, микроклимата и управление шторами.

Внедряются подсистемы поэтапно. Для начала создается подсистема микроклимата, следующий этап создание подсистемы освещения, и последний этап создание подсистемы управления шторами. Используя данные подсистемы, появляется возможность сэкономить от 10-40% электроэнергии.

С помощью применения контроллеров происходит управление подсистемами через компьютер. Координация работы происходит за счет сенсорных панелей и через Интернет. Контролируются инженерные сети благодаря датчикам движения, датчикам температуры, диммерам освещения, модулю управления фанкойлами, моторизованными карнизами для штор.

Рассмотрим бельгийскую систему автоматизации – Domintel. Данная система автоматизации отличается простотой в установке и наладке. Все устройства объединяются одним кабелем, что позволяет сократить кабельное

хозяйство и легко наращивать функции. Система полностью настраивается и модифицируется по желанию хозяина. Всеми функциями в системе можно управлять с телефона и с дистанционного пульта. Система автоматизации Domintel позволяет интегрировать различные подсистемы, обеспечивая их слаженную работу и высокую функциональность всего комплекса. Для выбора оборудования воспользуемся каталогом Domintel [24].

Выбираем управляющий контроллер DGDQ01 (рисунок 1). Управляющий контроллер обеспечивает интеллектуальное управление всей системой Domintell. Содержит часы реального времени для программирования временных задержек, таймеров и других функций, связанных со временем. Контроллер имеет USB-интерфейс, предназначенный только для конфигурирования с помощью ПК. Может обслуживать максимально 600 модулей в одном сегменте. Имеет символьный ЖК-дисплей для отображения состояния контроллера.



Рисунок 1 – Управляющий контроллер Domintel DGDQ01

Для контролирования подсистемы управления микроклиматом выбираем термостаты, датчики температуры, и модули управления фанкойлами.

Выбираем термостат с дисплеем DTEM02 (рисунок 2). Термостат предназначен для контроля и управления температурой окружающей среды. Используется для регулирования комнатной температуры. Управление и установка температуры происходит за счет двух кнопок. Термостат имеет три рабочих режима:

- ручной режим – температура устанавливается с помощью кнопок на модуле;
- автоматический режим – используется предустановленное значение температуры;
- режим отсутствия – используется предустановленное значение температуры для режима отсутствия.

Имеет диапазон измеряемых температур  $+5^{\circ}\text{C}$  -  $+40^{\circ}\text{C}$ , с точностью измерения  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Имеет ЖК дисплей с черно-синей подсветкой, по 16 символов в 2 строках.



Рисунок 2 – Термостат с дисплеем

Выбираем DTEM01 - Температурный модуль с датчиком температуры (рисунок 3). Модуль измеряет температуру с датчика DSTE01. Диапазон измеряемых температур:  $+5^{\circ}\text{C}$  -  $+40^{\circ}\text{C}$  с точностью  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Подключается один датчик температуры DSTE01, который идет в комплекте.



Рисунок 3 – Температурный модуль с датчиком температуры

Выбираем DFAN01 - модуль управления фанкойлами (рисунок 4). Имеет 3 релейных выхода для управления скоростью вентилятора, 2 релейных выхода для управления приводами холодного и горячего теплоносителя. Регуляция и настройка температурных параметров выполняется в конфигурационном программном обеспечении. Модуль оснащён светодиодами для индикации о состоянии выходных реле.



Рисунок 4 – Модуль управления фанкойлами

Устанавливаем подсистему управления микроклиматом в: гостевой, прихожей, кухне-столовой, гостиной, спальне 1, спальне 2, спальне 3, холле. За счет контролирования электрического пола через температурный модуль, контролирования кондиционеров через модуль управления фанкойлами, и использование термостатов, возможно управление микроклиматом и настройка микроклимата через управляющий контроллер. Дополнительно устанавливаем в: санузле 1 этажа и второго этажа, в ванной, и душевой температурный модуль для управления электрическим полом.

Для контролирования подсистемы управления освещением выбираем датчики движения, диммер, и модуль управления диммерами.

Выбираем диммер DD750 (рисунок 5). Диммер предназначен для плавной регулировки мощности, управления уровнем освещенности. Это позволяет создавать различные световые сцены, определенные управляющим контроллером или нажатием кнопки пользователем. Классическая функция

диммера по умолчанию: короткое нажатие клавиши - включение/отключение освещения, нажатие и удерживание – установка яркости. Подключается к модулю управления диммерами DDIM01.



Рисунок 5 – Диммер

Выбираем модуль управления диммерами DDIM01 (рисунок 6). Реализует управление устройствами по интерфейсу DMX 512. Модуль управляет 8 устройствами с максимальным количеством каналов 8. Светодиодная подсветка RGB, управление LED светильниками.



Рисунок 6 – Модуль управления диммерами

Выбираем датчик движения DTMOV03 (рисунок 7). Пассивный ИК датчик движения работает за счет сенсора, чувствительному к инфракрасному излучению в диапазоне 5–15 мкм, обнаруживает тепловое излучение от человеческого тела. Имеет программную настройку чувствительности. Угол обзора: 100° горизонтальный, 80° вертикальный. Дальность действия: 6 м.



Рисунок 7 – Датчик движения

Устанавливаем диммеры для контролирования освещением в: гостевой, прихожей, кухне-столовой, гостиной, спальне 1, спальне 2, спальне 3, холле. Управляем диммерами за счет установки одного модуля управления диммерами. Настройка освещения происходит за счет управляющего контроллера. Дополнительно устанавливаем по одному датчику движения в: санузле 1 этажа и второго этажа, в душевой, гардеробная 1, тамбур, и бойлерная. Устанавливаем два датчика движения в ванную, так как радиус действия у датчика 6м. Через контроллер программируем датчик, чтобы при входе человека в помещение свет включался автоматически. Дополнительно программируем, что бы при входе человека в санузлы 1 и 2 этажа, в душевую и в ванную – автоматически включается теплый пол, на заданную температуру, используя температурный модуль.

Для контролирования подсистемы управления шторами выбираем моторизированный карниз для штор, ИК датчик, и пульт управления.

Автоматические шторы могут открываться и закрываться самостоятельно. А управление может быть как с пульта, так и по таймеру в системе умный дом. Остается возможность ручного открытия и закрытия. Для этого используем декорированный моторизированный карниз (рисунок 8). Двигатель можно включить, легко потянув рукой за штору. Функция «Touch control» позволяет открывать и закрывать штору, легко потянув за ее край, или поводок для шторы (стандартная опция). Встроенная система аварийного управления обеспечивает возможность перемещения шторы

вручную при возникновении проблем с электропитанием. Очень низкая шумность мотора при рабочей скорости 15 см в секунду. Полностью автоматическая настройка крайних положений шторы; Возможность запрограммировать промежуточные положения. Два уровня чувствительности «Touch control» в зависимости от веса шторы; Возможность регулировать расстояние отката шторы назад после её открытия, чтобы не допускать смятия ткани. Дополнительно существует отключение функции «Touch control».



Рисунок 8 – Моторизированный карниз для штор

Выбираем ИК-приёмник DAXDIR04 (рисунок 9). Используем для приема до 32 команд от ИК-пульта дистанционного управления.

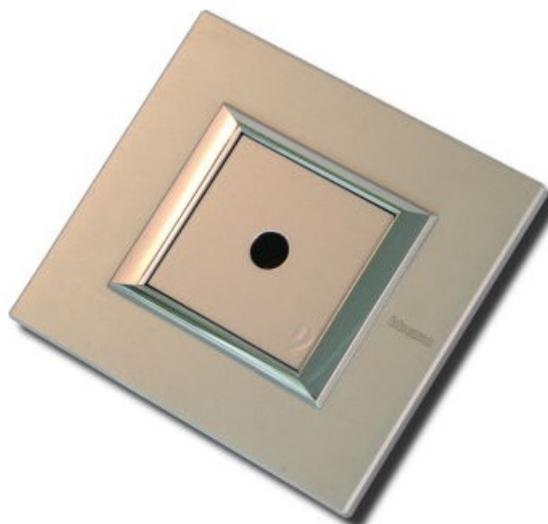


Рисунок 9 – ИК-приемник

Выбираем ИК-пульт дистанционного управления DCDI03 (рисунок 10).



Рисунок 10 – ИК-пульт дистанционного управления

Устанавливаем моторизированные карнизы для контролирования положение штор на каждое окно в: гостиной, кухне-столовой, гостиной, спальне 1, спальне 2, спальне 3, холле. Устанавливаем ИК-приемник в каждой комнате, где находится карниз. За счет управляющего контроллера возможно управление через установку таймера или сценариев. За счет ИК-приемника возможно управление через ИК пульт. На каждый этаж приходится по одному пульту, благодаря которому возможно управление всеми шторами на этаже.

Для управления и визуализации всей системой Domintel установим на первом этаже сенсорный ЖК-дисплей DTSC02 (рисунок 11). Отображает состояние выходов набором иконок, позволяет управлять всеми устройствами в системе, получать и отправлять SMS-сообщения через GSM-модуль, управляет климатом в доме (климат-контроль). Устанавливается в прихожей на первом этаже.



Рисунок 11 – сенсорный ЖК-дисплей

Для управления системой с компьютера устанавливаем коммуникационный модуль для визуализации и управления на ПК DGRAPH01 (рисунок 12).



Рисунок 12 – Коммуникационный модуль для визуализации и управления на ПК

После установления необходимого программного обеспечения на компьютере и телефоне появляется возможность управлять системой «умный дом» с телефона, через управляющий контроллер. Существует возможность заведения необходимых таймеров или сценариев.

## 1.2 Краткая характеристика объекта

В данной выпускной квалификационной работе выполняется проект системы энергоснабжения загородного дома, план которого приведен в приложении 1 [14], с общей площадью 232,1 м<sup>2</sup>, обогреваемая площадь 219,4 м<sup>2</sup>.

Местоположение данного загородного дома в коттеджном поселке Зуброво, 17 км. от города Екатеринбурга. Относится к 3 климатическому району, с умеренно теплым и незначительно засушливым климатом.

Электроснабжение осуществляется от ТП 0,4/10 кВ, проводом марки СИП от ВЛ 0,4 кВ. Точкой подключения является щит нагрузки ЩН, установленный на опоре ВЛ 0,4 кВ, находящейся на расстоянии от дома 5 м.

Отопление загородного дома осуществляется от электрической котельной установки. Электроснабжение установки осуществляется от отдельного щита, подключенного к электрощиту жилого дома. Водоснабжение осуществляется от автономной системы. Водоотведение производится в автономную систему канализации с накоплением сточных вод в накопитель. Газоснабжение происходит централизованно от газораспределительной станции.

Дом оснащен системой «умный дом», которая позволит управлять шторами, освещением, и климатом.

Строение состоит из 2 этажей. На первом этаже располагается: бойлерная, душевая, 2 гардеробных, тамбур, санузел, гостевая, прихожая, кухня-столовая, гостиная. На втором этаже: ванная, холл, 3 спальни, лоджия, санузел. Поэтажный план дома предоставлен в приложении 1.

Учитывая требования к электроустановкам современных квартир и коттеджей [23] предусматриваем:

- установка в кухнях не менее четырех розеток на ток 10 (16) А;
- установка в жилых (и других комнатах) квартир, многоквартирных домов не менее одной розетки на ток 10 (16) А на каждые полные и неполные 4 м<sup>2</sup> периметра комнаты;
- установка во внутриквартирных коридорах, холлах, прихожих не менее одной розетки – на каждые полные и неполные 10 м<sup>2</sup>. Розеточная сеть выполняется трехпроводной (фаза, основной или рабочий нулевой проводник и защитный нулевой проводник).

В доме устанавливаем сплит-систему кондиционирования, мощность кондиционеров рассчитываем через онлайн калькулятор [17].

В таблице 1 представлены все электроприемники загородного дома, без электрического освещения.

Таблица 1 – Электроприемники загородного дома

Номер этажа	Помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Устанавливаемые электробытовые приборы	Номинальная мощность, кВт
Первый	Бойлерная	4,6	Электрический котёл	24
			Насосы и бойлер	2
			4 розетки	0,4
	Душевая	5	Теплый пол	0,4
	С/у 1	1,8	Теплый пол	0,14
	Гостевая	14,7	Теплый пол	0,88
			Кондиционер	0,8
			4 розетки	0,4
			Телевизор	0,2
	Кухня-столовая	26,8	Теплый пол	1,6
			Кондиционер	2,2
			7 розеток	0,7
			Холодильник с морозильной камерой	0,6
			Духовой шкаф	2,2
			Посудомоечная машина	2,2
			Микроволновая печь	2,3
			Телевизор	0,2
	Гостиная	34,2	Теплый пол	2,1
			Кондиционер	1,8
9 розеток			0,9	
Домашний кинотеатр			0,8	
Прихожая	22,2	Теплый пол	1,33	
		Кондиционер	1,1	
		3 розетки	0,3	
Второй	Ванная	11,6	Теплый пол	0,93
			Стиральная машина	2,2
			3 розетки	0,3
	С/У 2	3,2	Теплый пол	0,25
	Спальня 1 / спальня 2 / спальня 3	26,7/22,9/18,8	Теплый пол	1,6/1,37/1,13
			Кондиционер	1,5/1,3/1,1
			Телевизор	0,2/0,2/0,2
			Персональный компьютер	0,5/0,5/0,5
			7/6/3 розетки	0,7/0,6/0,3
	Холл	17,6	Теплый пол	1,05
2 розетки			0,2	
Кондиционер			0,9	

Электроприемники системы «умный дом» приведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Электроприемники системы «умный дом»

Наименование электроприёмника	Номинальная мощность на 1 единицу, кВт	Количество, шт
Управляющий контроллер	0,022	1
Датчик движения	0,0033	8
Сенсорный ЖК-дисплей	0,57	1
Модуль для визуализации и управления на ПК	0,066	1
Температурный модуль с датчиком температуры	0,022	12
Термостат с дисплеем	0,011	8
Модуль управления фанкойлами	0,0209	8
Моторизированный карниз для штор	0,06	10
Модуль для управления устройствами по интерфейсу	0,0055	2

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

### 2.1 Светотехнический расчет

Неоценимую роль, в нашей жизни, играет электрическое освещение. Без него люди бы походили на пещерных людей, которые сидят в темноте или под светом свечи. Оно обеспечивает возможность нормальной жизни и деятельности людей вне зависимости от солнечного света.

В проекте будет использоваться только светодиодное освещение. Светодиодное освещение обладает двумя основными достоинствами:

1. Электропотребление в 10 раз меньше, чем у ламп накаливания.
2. Срок службы около 11 лет непрерывной работы.

Дополнительно светодиодное освещение прекрасно совмещается с использованием диммеров, для регулирования освещенности в помещениях. Он формирует питание в виде импульсов. Чем меньше частота импульса, тем тусклее горит диод, и наоборот, чем частота выше, тем он ярче.

Расчет в помещении необходимой совокупной величины светового потока выполняем, с учетом нормы освещенности СП 23-05-95 [21], по формуле:

$$\Phi = E \cdot S, \quad (1)$$

где  $\Phi$  – световой поток, лм;

$E$  – освещенность, лк;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>.

Воспользуемся таблицей 3, где указаны значения мощности светодиодных ламп и сопоставимые им значения по световому потоку, и рассчитаем количество светодиодных ламп:

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_l}, \quad (2)$$

где  $n$  – количество светодиодных ламп, штук;

$\Phi_l$  – световой поток лампы, лм.

Таблица 3 – Значение светового потока светодиодных ламп разной мощности

Мощность светодиодной лампы, Вт	Величина светового потока, лм
3-4	250-300
4-6	300-450
6-8	450-600
8-10	600-900
10-12	900-1100
12-14	1100-1250
14-16	1250-1400

Рассчитываем номинальную мощность освещения помещения:

$$P_{н.о} = n \cdot P_{л}, \quad (3)$$

где  $P_{н.о}$  – номинальная мощность электрического освещения помещения, Вт;

$P_{л}$  – номинальная мощность светодиодной лампы, Вт.

Все расчеты сводим все в таблицу 4.

Таблица 4 – Освещение помещений загородного дома

Помещение	Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Освещенность, лк	Световой поток, лм	Мощность ламп, Вт	Кол-во ламп, шт	Номинальная мощность освещения, Вт
Бойлерная	4,6	30	138	3	1	3
Душевая	5	50	250	3	1	3
Гардероб 1	3,7	75	277,5	3	1	3
Гардероб 2	1,9	75	142,5	3	1	3
Тамбур	3,7	50	185	3	1	3
С/у 1	1,8	50	90	3	1	3
Гостевая	34,2	150	5130	10	7	70
Прихожая	22,2	50	1110	8	2	16
Кухня-столовая	26,8	150	4020	10	6	60
Гостиная	34,2	150	5130	10	5	50
Ванная	11,6	50	580	3	2	6
С/у 2	3,2	50	160	3	1	3
Холл	17,6	50	880	4	2	8
Спальня1/	26,7	150	4005	10	6	60
Спальня2/	22,9		3435	10	5	50
Спальня3	18,8		2820	10	4	40

## 2.2 Расчет электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок производим с учетом таблицы электроприемников (таблица 1), таблицы электроприемников системы умный

дом (таблица 2), и освещение помещений загородного дом (таблица 4) Для этого составляется сводная ведомость нагрузок (приложение А) по загородному дому с учетом коэффициентов спроса  $K_c$ , коэффициентов мощности  $\cos\varphi$  и  $\operatorname{tg}\varphi$ , и мощности. Используем табличный метод коэффициента спроса.

*Коэффициентом спроса* является отношение расчетной электрической нагрузки к номинальной (установленной) мощности электроприемников:

$$K_c = P_p / P_n, \quad (4)$$

где  $P_p$  – расчетная электрическая нагрузка, кВт;

$P_n$  – номинальная мощность электроприемников, кВт.

Расчетная активная мощность (кВт) каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$P_p = P_n \cdot K_c. \quad (5)$$

Расчетная реактивная мощность (квар) каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$Q = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi. \quad (6)$$

Полная мощность (кВА) каждой группы электроприемников определяются по формуле:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q^2}. \quad (7)$$

Так как все электроприемники (кроме электрического котла) однофазные, а питающая сеть трехфазная, то расчетный ток (А) для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{P_p}{1,73 \cdot 0,38 \cdot \cos\varphi}. \quad (8)$$

Величина максимального расчетного тока (А) для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$I_{p.\max} = \frac{P_y}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{P_y}{1,73 \cdot 0,38 \cdot \cos\varphi}. \quad (9)$$

## 2.3 Выбор сечения проводов и кабелей

Проектирование электропроводок заключается в выборе типа используемого провода или кабеля и сечения токопроводящего проводника, а также способов их прокладки. В пределах жилых зданий используются, как правило, изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1000В.

Выбор проводников должен следовать следующим условиям:

- проводить, не перегреваясь, расчетный ток нагрузки, а также выдерживать кратковременные перегрузки;
- падение напряжения в проводнике не должно превышать нормированных значений.

В Правилах устройства электроустановок [16] предписывается использование проводов и кабелей с медными жилами для внутренних электропроводок зданий, которые выполняются по трехпроводной либо пятипроводной системе. В соответствии с этим, и учитывая рекомендации технической коллекции Schneider Electric [23] выбираем:

- для трёхфазных электроприемников – кабель марки ВВГнг-LS с пятью медными жилами, характеризующийся по изоляции как «винил-винил-голый», нг – пониженной горючести; LS – при попадании в открытый огонь выделяет в атмосферу малую концентрацию отравляющих веществ от плавления изоляции.

- для однофазных электроприемников – кабель марки ВВГнг-LS-П с тремя медными жилами, характеристики по изоляции – те же, что у ВВГнг-LS, «П» - плоский.

Для внешнего электроснабжения загородного дома, осуществляемого от щита ЩН, установленного на опоре 0,4 кВ, учитывая прокладку в земле, в соответствии с рекомендациями Шеховцова [27], выбираем кабель с медными жилами марки ВБбШв.

Сечение при прокладке внутри выбирается по максимальному расчетному току нагрузки:

$$I_{д.н.} \geq I_{р.мах}, \quad (10)$$

где  $I_{д.н.}$  – допустимый номинальный ток нагрузки проводника при расчетной температуре, А;

$I_{р.мах}$  – максимальный расчетный ток нагрузки, А.

При прокладке внутри помещений допустимый ток проводника зависит от таких факторов как:

- способ прокладки;
- температура окружающей среды;
- взаимное влияние проложенных рядом электрических цепей.

Учет каждого из этих факторов производится с помощью коэффициентов  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ , определяющих их влияние на величину допустимого тока, откуда формула для расчета тока нагрузки проводника принимает вид:

$$I_{д.н.} \geq \frac{I_{р.мах}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}, \quad (11)$$

где  $K_1$  – учитывает влияние температуры окружающей среды;

$K_2$  – учитывает влияние способа прокладки;

$K_3$  – учитывает взаимное влияние проложенных рядом кабелей.

Чтобы произвести выбор сечения проводников, необходимо принять температуру окружающей среды в бойлерной  $t_{о.с.}=+40^{\circ}\text{C}$ , температуру окружающей среды в жилом доме  $t_{о.с.}=+25^{\circ}\text{C}$ .

При выборе сечения жил кабеля, прокладываемого в земле, формула для расчета тока нагрузки проводника:

$$I_{д.н.} \geq \frac{I_{р.мах}}{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4}, \quad (12)$$

где  $\beta_1$  – коэффициент, учитывающий температуру почвы;

$\beta_2$  – коэффициент, учитывающий влияние способа прокладки;

$\beta_3$  – коэффициент, учитывающий взаимное влияние проложенных рядом кабелей (расстояние между кабелями менее двух диаметров большего из двух кабелей);

$\beta_4$  – коэффициент, учитывающий влияние свойств и состояния почвы, определяющих ее теплопроводность.

Производим выбор коэффициентов:

- для кабелей в поливинилхлоридной изоляции:

- при  $t_{o.c.}=+40^{\circ}\text{C}$   $K_1 = 0,79$  [23];
- при  $t_{o.c.}=+25^{\circ}\text{C}$   $K_1 = 1,0$  [23].

- для кабелей в трубах, проложенных в термоизолирующем материале (штукатурке),  $K_2 = 0,77$  [23];

- для одного кабеля, замоноличенного в стене,  $K_3 = 1,0$  [23];

- для двух кабелей, замоноличенных в стене,  $K_3 = 0,8$  [23].

- для кабелей в поливинилхлоридной изоляции при температуре почвы  $t_{п.}=+15^{\circ}\text{C}$ :

$\beta_1 = 1,05$  [23];

- для кабелей, непосредственно проложенных в земле

$\beta_2 = 1,0$  [23];

- для одного кабеля, проложенного в один слой

$\beta_3 = 1,0$  [23];

- для очень сухой почвы

$\beta_4 = 0,86$  [23].

Учитывая выбранные коэффициенты, формулы для расчета токов нагрузки принимают вид:

- для проводников котельной

$$I_{д.н.} \geq \frac{I_{p.max}}{0,79 \cdot 0,77 \cdot 1}; \quad (13)$$

- для проводников жилого дома

$$I_{д.н.} \geq \frac{I_{p.max}}{1 \cdot 0,77 \cdot 0,8}; \quad (14)$$

- для кабеля внешнего электроснабжения

$$I_{д.н.} \geq \frac{I_{р.мах}}{1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,86}. \quad (15)$$

Произведем расчет и выбор проводников по полученным формулам. Максимальный расчетный ток нагрузки  $I_{р.мах}$  определяем по таблице 3. Сечения проводников определяем по ПУЭ [16]. Результаты расчетов и выбор проводников сведём в таблицу 5.

Таблица 5 – Выбор проводников

Обозначение	Потребители электроэнергии	$I_{д.н.}$	Марка кабеля, кол-во и сечение жил, мм <sup>2</sup>	$I_{доп.}, А$
<b>ЩР-Кот</b>				
QF1	Электрический котел	63,1	ВВГнг-LS 5×16	80
<b>ЩР-Д</b>				
QF1	ЩР-Кот	63,1	ВВГнг-LS 5×16	80
QF2	Освещение	1,1	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF3	Бытовая розеточная сеть	12,6	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF4	Кондиционеры 1 этаж	18,2	ВВГнг-LS 3×2	19
QF5	Кондиционеры 2 этаж	14,8	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF6	Теплый пол 1 этаж	17,7	ВВГнг-LS 3×2	19
QF7	Теплый пол 2 этаж	17,4	ВВГнг-LS 3×2	19
QF8	Телевизоры	3,1	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF9	Персональные компьютеры	5,7	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF10	Стиральная машина	6,8	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF11	Домашний кинотеатр	2,5	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF12	Микроволновая печь	7,1	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF13	Холодильник	1,7	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF14	Посудомоечная машина	6,8	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF15	Духовой шкаф	6,0	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF16	Насосы и бойлер	6,6	ВВГнг-LS 3×1,5	15
QF17	Система «умный дом»	4,7	ВВГнг-LS 3×1,5	15
<b>ЩН</b>				
QFN	ЩР-Д	133	ВББШв 4х29	135

## 2.4 Выбор аппаратов защиты

Любое защитное устройство, защищающее кабель от перегрузки, должно отвечать условию:

$$I_{н.з.} \geq I_{д.н.}, \quad (16)$$

где  $I_{д.н.}$  – допустимый номинальный ток нагрузки проводника, А;

$I_{н.з.}$  – номинальный ток устройства защиты, А.

В проектируемом загородном доме в качестве устройства защиты с учетом ГОСТ Р 50345-2010 [7] и СП31-110-2003 [20] принимаем автоматические выключатели, следовательно условие принимает вид:

$$I_{н.а.} \geq I_{д.н.}, \quad (17)$$

где  $I_{н.а.}$  – номинальный ток автоматического выключателя, А.

В каталогах приводится номинальный ток выключателя для температуры окружающей среды  $+30^{\circ}\text{C}$ . Повышение температуры сверх  $30^{\circ}\text{C}$  приводит к преждевременному срабатыванию теплового расцепителя, так как его температура достигает уровня срабатывания при меньших значениях тока. Выбор автоматических выключателей в тех случаях, когда температура окружающей среды больше или меньше  $30^{\circ}\text{C}$ , производится с использованием температурного коэффициента  $K_t$  по формуле:

$$I_{н.а.} \geq I_{н.р.} \cdot K_t \geq I_{д.н.}, \quad (18)$$

$$I_{н.а.} \geq \frac{I_{д.н.}}{K_t}, \quad (19)$$

где  $I_{н.р.}$  – номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, А;  
 $K_t$  – температурный коэффициент.

Для выключателей бытового назначения ориентировочные значения величины  $K_t$  в зависимости от температуры окружающей среды в месте установки приняты по [23] и приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Значение температурного коэффициента  $K_t$

$T_{о.с.}, ^{\circ}\text{C}$	20	30	35	40	45	50	55	60
$K_t$	1,05	1	0,97	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84

Принятые к установке автоматические выключатели бытового назначения являются модульного исполнения, т.е. устанавливаются в щитах рядом друг с другом на DIN-рейках. Вследствие этого для расчетов вместо величины  $K_t$  следует использовать величину  $0,8 K_t$  [23], откуда формула выбора автоматического выключателя принимает вид:

$$I_{н.а.} \geq \frac{I_{д.н.}}{0,8 \cdot K_t}. \quad (20)$$

Производим расчет и выбор автоматических выключателей. Данные по номинальным допустимым токам проводников берем из таблицы 5. Температура окружающей среды в котельной  $t_{o.c}=+40^{\circ}\text{C}$ , температура окружающей среды в жилом доме  $t_{o.c}=+25^{\circ}\text{C}$ . Выбор автоматических выключателей производим по каталогу [11] и сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – Выбор автоматических выключателей

Обозначение	Потребитель электроэнергии	Наименование АВ	Номинальный ток, А
ЩР – Кот			
QF1	Электрический котел	ВА88-32	63
ЩР – Д			
QF1	ЩР-Кот	ВА88-32	63
QF2	Освещение	ВА88-32	12,5
QF3	Бытовая розеточная сеть	ВА88-32	16
QF4	Кондиционеры 1 этаж	ВА88-32	25
QF5	Кондиционеры 2 этаж	ВА88-32	25
QF6	Теплый пол 1 этаж	ВА88-32	25
QF7	Теплый пол 2 этаж	ВА88-32	25
QF8	Телевизоры	ВА88-32	12,5
QF9	Персональные компьютеры	ВА88-32	12,5
QF10	Стиральная машина	ВА88-32	12,5
QF11	Домашний кинотеатр	ВА88-32	12,5
QF12	Микроволновая печь	ВА88-32	12,5
QF13	Холодильник	ВА88-32	12,5
QF14	Посудомоечная машина	ВА88-32	12,5
QF15	Духовой шкаф	ВА88-32	12,5
QF16	Насосы и бойлер	ВА88-32	12,5
QF17	Система «умный дом»	ВА88-32	12,5
ЩН			
QF	ЩР-Д	ВА88-33	160

## 2.5 Расчет и выбор защитного заземления и молниезащиты

По определению правил устройства электроустановок, заземление – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством, а защитное заземление – заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

В ГОСТ Р 50571.2-94 [8] и в разделе 1.7 ПУЭ [16] приведена классификация систем заземления, которые определяют общую характеристику питающей сети и электроустановки здания. В соответствии с указанной классификацией принята система заземления проектируемого жилого дома имеет обозначение TN-C-S. Электрическая схема данной системы представлена на рисунке 13.

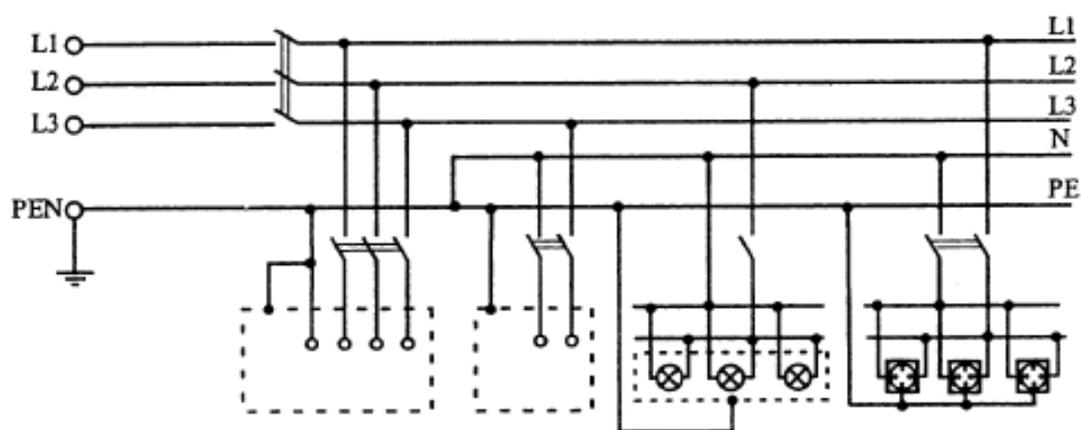


Рисунок 13 – Система заземления TN-C-S

В системе TN-C-S источник питания имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с точкой заземления источника питания.

Для обеспечения этой связи на участке питающей электрической сети и (или) электрической цепи применяется совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник (PEN), в остальной части электрической цепи - отдельный нулевой защитный проводник (PE).

В системе TN-C-S совмещенный нулевой и рабочий проводник PEN разделяется на нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники во вводном устройстве. При этом нулевой защитный проводник PE соединен со всеми открытыми проводящими частями и может быть многократно заземлен, в то время как нулевой рабочий проводник N не должен иметь соединения с землей.

Важным условием обеспечения электробезопасности является наличие системы уравнивания потенциалов, заключающейся в подсоединении всех подлежащих заземлению проводящих частей к общей шине (ГЗШ) для достижения равенства их потенциалов.

Системы заземления и уравнивания потенциалов реализуются с помощью заземляющих устройств, представляющих собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

В данном загородном доме в качестве заземлителя приняты два контура заземления:

- контур заземления жилого дома (щита ЩР-Д) – замкнутый;
- контур заземления котельной (щита ЩР-Кот) – рядный.

В качестве ГЗШ в работе предусмотрено использование шин РЕ щитов ЩР-Д и ЩР-Кот.

Система уравнивания потенциалов жилого дома включает в себя подключение к шине РЕ щита ЩР-Д следующих проводников:

- заземляющего проводника, подключенного к контуру заземления жилого дома;
- защитных проводников осветительных установок;
- защитных проводников штепсельных розеток.

Система уравнивания потенциалов котельной включает в себя подключение к шине РЕ щита ЩР-Кот следующих проводников:

- проводника РЕ питающего кабеля;
- заземляющего проводника, подключенного к контуру заземления котельной;
- заземляющего проводника трубы газоснабжения;
- заземляющих проводников труб отопления;
- заземляющего проводника трубы водоснабжения;
- защитного проводника электрического котла (в составе кабеля).

Произведем расчёт заземляющего устройства (ЗУ) жилого дома. Для расчета используем методику, представленную В.П. Шеховцовым [26].

Для расчета ЗУ жилого дома используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- тип ЗУ – контурное, у стены дома на расстоянии 1м от стены дома;
- климатическая зона – III (исходные данные);
- грунт – глина, земля садовая (исходные данные),  $\rho = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;
- вертикальный заземлитель – стальной уголок 50x50x5мм,  $L=2\text{м}$ ;
- количество вертикальных заземлителей  $N_B = 4$ ;
- горизонтальный заземлитель – стальная полоса 40x5мм;
- глубина заложения ЗУ в грунт  $t = 0,5\text{м}$ .

Устанавливаем необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства. Контур заземления жилого дома является контуром повторного заземления PEN-проводника питающей линии, и поэтому, согласно ПУЭ [16] его величина не нормируется. Однако, согласно тем же правилам ПУЭ [16], общее сопротивление растеканию заземлителей всех повторных заземлений PEN-проводника в любое время года должно быть не более 10 Ом при линейном напряжении 380В источника трехфазного тока. Окончательно принимаем  $R_{\Pi} = 10 \text{ Ом}$ .

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта с учётом коэффициента сезонности  $K_{\text{сез}} = 1,5$  [26].

$$\rho_{\rho} = K_{\text{сез}} \cdot \rho = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (21)$$

Определяем расчетное сопротивление одного вертикального электрода:

$$r_B = 0,3 \cdot \rho_{\rho} = 0,3 \cdot 60 = 180 \text{ Ом}. \quad (22)$$

Выбираем отношение  $a/L = 1$ , откуда для  $N_B=4$  и контурного ЗУ определяем  $\eta_B=0,69$  [26].

Определяем длину горизонтального заземлителя (полосы).

Так как отношение  $a/L = 1$ , то расстояние между вертикальными электродами  $a = 1 \times L = 1 \times 2 = 2\text{м}$ , откуда длина полосы для контурного ЗУ

$$L_{\Pi} = 4 \cdot a = 4 \cdot 2 = 8 \text{ Ом}. \quad (23)$$

Определяем коэффициент использования горизонтального заземлителя.

Для контурного ЗУ при  $N_B=4$  и  $a/L = 1$   $\eta_r=0,45$  [26].

Определяем коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя.

Для климатической зоны III  $K_{сез.г.} = 2,3$  [26].

Определяем сопротивления электродов.

Сопротивление вертикальных электродов:

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B} = \frac{18}{4 \cdot 0,69} = 6,520 \text{ м.} \quad (24)$$

Сопротивление горизонтального заземлителя (полосы):

$$R_r = \frac{0,4}{L_r \eta_r} \cdot \rho \cdot K_{сез.г.} \cdot \log_{10} \frac{2 \cdot L_r^2}{b t} = \frac{0,4}{8 \cdot 0,45} \cdot 40 \cdot 2,3 \cdot \log_{10} \frac{2 \times 8^2}{40 \times 10^{-3} \times 0,5} = 38,9 \text{ Ом,} \quad (25)$$

где  $b$  – ширина горизонтального заземлителя (полосы), м.

Определяем фактическое значение контура заземления:

$$R_{з.у} = \frac{R_B R_r}{R_B + R_r} = \frac{6,52 \cdot 38,9}{6,52 + 38,9} = 5,580 \text{ м,} \quad (26)$$

$$R_{з.у} = 5,580 \text{ м} < R_{и} = 100 \text{ м.} \quad (27)$$

Выполним расчет заземляющего устройства (контура заземления) котельной. Методика расчета та же, что и в расчете ЗУ в жилом доме.

Для расчета ЗУ котельной используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- тип ЗУ – рядное;
- количество вертикальных заземлителей  $N_B=4$ .

Остальные данные для расчета берем из данных для расчета ЗУ жилого дома.

Устанавливаем необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства  $R_{и} = 10 \text{ Ом}$ .

Определяем расчетное удельное сопротивление грунта с учетом коэффициента сезонности  $K_{сез} = 1,5$

$$\rho_p = K_{сез} \cdot \rho = 600 \text{ м} \cdot \text{м.} \quad (28)$$

Выбираем отношение  $a/L = 1$ , откуда по [26] для  $N_B=4$  и рядного ЗУ определяем  $\eta_B=0,74$ .

Определяем длину горизонтального заземлителя (полосы).

Так как отношение  $a/L = 1$ , то расстояние между вертикальными электродами  $a = 1 \times L = 1 \times 2 = 2$  м, откуда длина полосы для рядного ЗУ:

$$L_{\Pi} = \alpha \cdot (N_B - 1) = 2 \cdot (4 - 1) = 6 \text{ м.} \quad (29)$$

Определяем коэффициент использования горизонтального заземлителя.

Для рядного ЗУ при  $N_B=4$  и  $a/L = 1$   $\eta_r=0,77$ .

Определяем коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя. Для климатической зоны III  $K_{\text{сез.г.}} = 2,3$ .

Определяем сопротивления электродов.

Сопротивление вертикальных электродов:

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B} = \frac{18}{4 \cdot 0,74} = 6,08 \text{ Ом.} \quad (30)$$

Сопротивление горизонтального заземлителя (полосы):

$$R_r = \frac{0,4}{L_{\Pi} \eta_r} \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.г.}} \cdot \log_{10} \frac{2 \cdot L_{\Pi}^2}{b t} = \frac{0,4}{6 \cdot 0,77} \cdot 40 \cdot 2,3 \cdot \log_{10} \frac{2 \times 6^2}{40 \times 10^{-3} \times 0,5} = 28,32 \text{ Ом,} \quad (31)$$

где  $b$  – ширина горизонтального заземлителя (полосы), м.

Определяем фактическое значение контура заземления:

$$R_{3,y} = \frac{R_B R_r}{R_B + R_r} = \frac{6,08 \cdot 28,32}{6,08 + 28,32} = 5,01 \text{ Ом,} \quad (32)$$

$$R_{3,y} = 5,01 \text{ Ом} < R_{\text{и}} = 100 \text{ Ом.} \quad (33)$$

Приступим к расчету и выбору молниезащиты.

В данном проекте мы принимаем к установке систему внешней молниезащиты.

По [18] определяем, что проектируемый жилой дом по классификации зданий и сооружений по устройству молниезащиты относится к обычным объектам.

По [18] определяем уровень защиты проектируемого дома от прямых ударов молнии – III, при этом надёжность защиты от прямых ударов молнии – 0,90.

В качестве внешней молниезащиты для проектируемого жилого дома принимаем к установке одиночный стержневой молниеотвод, заземлителем которого является контур заземления котельной.

Произведем расчет зоны защиты принятого к установке одиночного стержневого молниеотвода, предоставленного рисунке 14. Для расчета воспользуемся формулами для объекта при высоте молниеотвода до 100м [18].

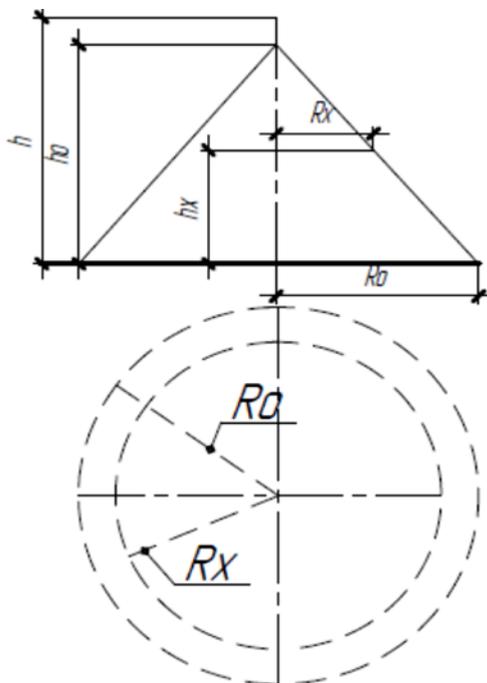


Рисунок 14 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Для расчета определяем следующие данные:

- высота проектируемого жилого дома  $h_x = 7,5\text{м}$ ;
- высота молниеприёмника  $h = 19\text{м}$ ;
- размеры защищаемого объекта (жилого дома)  $A \times B = 12,3 \times 13,1\text{м}$ .

Определяем высоту вершины конуса молниеотвода  $h_0$ :

$$h_0 = 0,85 \cdot h = 0,85 \cdot 19 = 16,15\text{м}. \quad (34)$$

Определяем радиус защиты на уровне земли  $R_0$ :

$$R_0 = 1,2 \cdot h = 1,2 \cdot 19 = 22,8\text{м}. \quad (35)$$

Определяем радиус защиты на высоте жилого дома  $R_x$ :

$$R_x = \frac{R_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{22,8 \cdot (16,15 - 7,5)}{16,15} = 12,21\text{м}. \quad (36)$$

На основании проведенного расчета определяем, что выбранная одиночная стержневая молниезащита по всем параметрам удовлетворяет защищаемый объект (загородный дом).

## 2.6 Выбор автономного источника теплоснабжения

Для отопления частных домов используют водяную систему отопления.

Система водяного отопления – представляет собой замкнутую цепь, которая состоит из котла, трубопроводной системы и батарей. В системе постоянно циркулирует антифриз или вода.

Что бы нагревать воду можно использовать: дрова, природный газ или керосин, уголь, электроснабжение. Обычно в систему добавляют такие компоненты как: терморегуляторы, насосы циркуляции, манометр, автоматический отводчик воздуха, расширительный бак.

Система водяного отопления существуют с тремя вариантами разводки труб: коллекторная, однотрубная, двухтрубная.

Однотрубная разводка – нагретая вода от котла идет последовательно от одной батареи к другой. Соответственно в последней батарее будет минимальная температура. Если придется перекрывать доступ носителя тепла в один из радиаторов, то придется перекрывать доступ и к остальным. Однотрубная разводка представлена на рисунке 15.

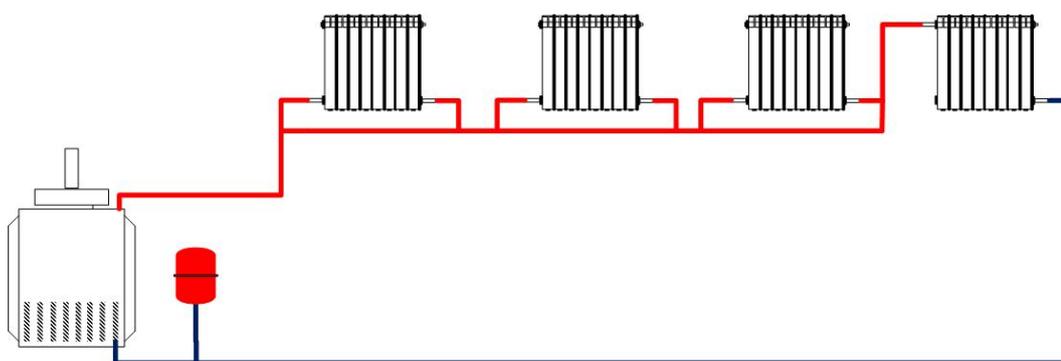


Рисунок 15 – Однотрубная разводка

Двухтрубная разводка – к каждому отопительному прибору подводится труба горячей и труба холодной воды. Труба с горячей водой поступает в батарею, а труба с холодной водой уходит, при этом температура каждой батареи одинаковая. Двухтрубная разводка представлена на рисунке 16.

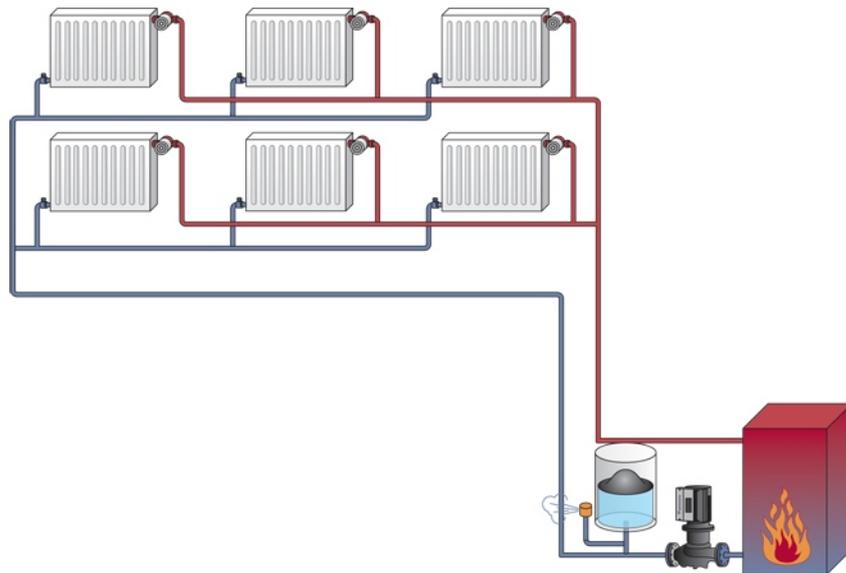


Рисунок 16 – Двухтрубная разводка

Коллекторная (лучевая) разводка – от коллектора к каждому прибору подводится две трубки: прямая, обратная. Коллектор напоминает устройство собирающее воду. Электрические моторы поддерживают заданную температуру в помещениях. Можно устанавливать скрытую проводку труб. Коллекторная разводка представлена на рисунке 17.

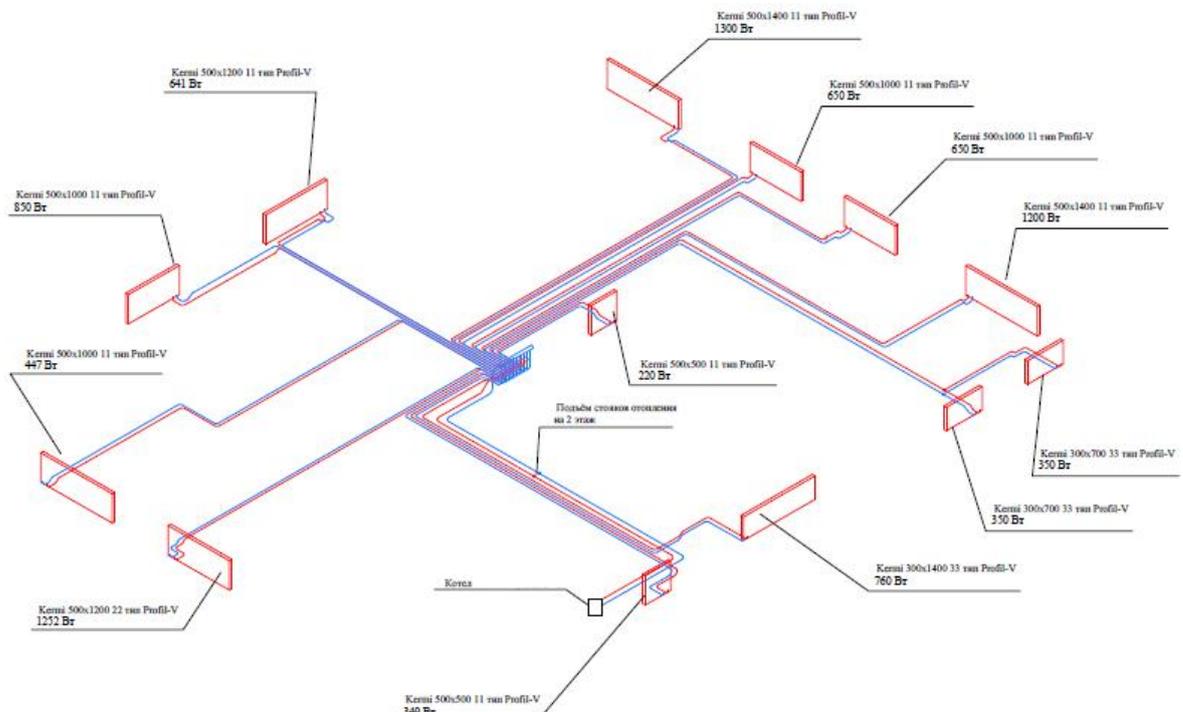


Рисунок 17 – Коллекторная разводка труб

В проекте выбираем двухтрубную разводку для водяной системы отопления. При монтаже двухтрубной системы учитываем такие правила как:

- система состоит из двух контуров. Верхний контур для подачи горячей воды к радиаторам, нижний для оттока охлажденной воды;

- трубы прокладываем с небольшим уклоном, выполненным в сторону последнего радиатора системы;

- верхняя магистраль параллельна нижней магистрали;

- центральный стояк утепляем, чтобы не происходила потеря теплоносителя при перемещении к радиаторам;

- трубопровод содержит как можно меньше углов.

Для водяного отопления необходимо выбрать материал изготовления труб. Популярные типы материалов:

- стальные – подвергаются коррозии;

- оцинкованные стальные и нержавеющие – при установке применяется резьбовое соединение;

- медные – выносят очень высокие температурные режимы, высокое давление. Соединяются высокотемпературной пайкой серебросодержащим припоем.

- полимерные (металлопластик, полиэтилен, армированные алюминием) – не откладывается осадок внутри труб. Соединяются при помощи резьбовых или прессовых соединений.

Наиболее надежными трубами являются медные, поэтому именно их выбираем для построения долговечной системы водяного отопления.

Одним из главных компонентов отопительной системы является котел. Котлы бывают разных видов, в зависимости от типа топлива: газовые, электрические, работающие на твердом типе топлива или на жидком типе топлива. Для выбора отопительного котла, рассмотрим все варианты.

Газовый котел – один из самых распространенных, так как газ является самым дешевым энергоресурсом (рисунок 18). Существуют разные варианты газовых котлов, такие как:

- нагревательный котел с естественной или принудительной циркуляцией – отсутствие или наличие циркуляционного насоса является

главной чертой. Насос обычно входит в конструкцию самого котла, либо в конструкцию системы;

- энергонезависимые или энергозависимые – либо используются приборы от электротока, либо нет;

- особенности дымохода – либо турбинные, либо дымоходные. С помощью вентилятора устроенного в дымоход, можно удалять продукты горения в турбинных приборах;

- особенности горелки – от горелки зависит эффективность работы всей отопительной системы, поэтому она является важной частью газового котла. Горелки делятся на два вида – с наддувом и атмосферные. Атмосферная горелка – за счет естественных физических процессов воздух попадает в топочную камеру. Обладает низкой стоимостью, простой конструкцией и бесшумной работой. Горелка с наддувом – обладает высоким коэффициентом полезного действия и компактностью. Но существенными минусами является то, что она дорогая, сложная по конструкции, и при работе очень шумит.



Рисунок 18 – Газовый котел

Электрический котел – занимает второе место по распространению, работает от электрической сети (рисунок 19). Чаще всего используют электрические котлы, когда нет возможности подключиться к газовой магистрали. Такие котлы обладают рядом плюсов, таких как:

- экологически безопасные – не имеют продуктов сгорания и не используют кислород;
- бесшумная работа;
- простота конструкции – теплоноситель нагревается от трубчатого электронагревателя (ТЭН);
- легкая установка.



Рисунок 19 – Электрический котел

Электродный котел – вместо ТЭНов в теплоноситель установлен электрод (рисунок 20). Не очень распространены, но если сравнивать с электрическим котлом, то они безопаснее и с более продолжительным сроком эксплуатации. Электроды создают процесс ионизации воды, тепловая энергия выделяет за счет того, что ионы идут к электроду. Эффективность данных котлов зависит от качества носителя тепла, поэтому необходимо постоянно перенастраивать оборудование, чтобы качество воды было высоким. Параметры работы будут зависеть от параметров воды.



Рисунок 20 – Электродные котлы

Твердотопливные котлы – почти не используются, необходимо позаботиться о месте хранения топлива, о доставке топлива, и необходимо постоянно следить за котлом (рисунок 21). Разделяются на подвиды в зависимости от материала: дрова, кокс, уголь, и комбинированные. Такой котел необходимо выбирать со всей строгостью и ответственностью.



Рисунок 21 – Твердотопливный котел

Жидкотопливный котел – функционирует на дизельном топливе, цена которого постоянно растет (рисунок 22). Для хранения солярке необходимо отдельное помещение в соответствии с нормами и правилами хранения. Значительным плюсом является высокая теплоотдача при сгорании топлива, поэтому жидкотопливный котел обладает высокой эффективностью. Однако такой вид котлов обладает низким уровнем экологичности, так как продукты сгорания непосредственно попадают в атмосферу.

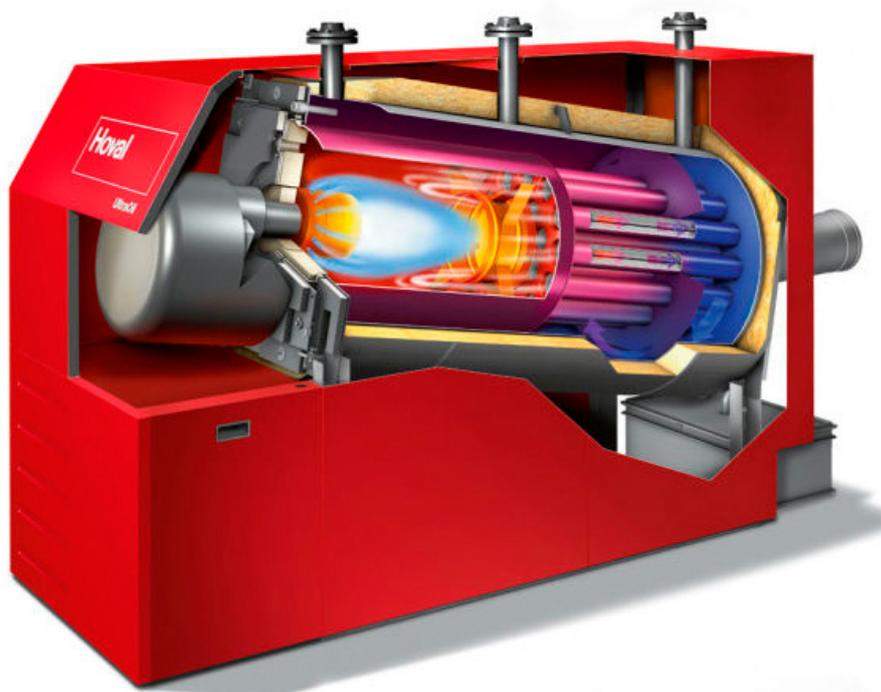


Рисунок 22 – Жидкотопливный котел

При выборе котла необходимо соблюдать несколько правил:

1. Обязательно убедиться, что котел относится к брендовым изделиям, так как такие компании зачастую гарантируют качество товара.
2. Обязательно наличие сертификата качества у котла.
3. Предварительно просмотреть отзывы о фирмах и котлах.
4. Найти сервисную службу данной компании в своем городе, чтобы воспользоваться службой при ремонте или обслуживании.

Учитывая все плюсы и минусы отопительных котлов, в проекте устанавливаем электрический котел. Конвекторы отопления не устанавливают в помещениях без окон и на балконах, коими являются в

проекте: гардеробная 1, санузел 1, прихожая, тамбур, лоджия. Следовательно  $S_{\text{жил}} = 219,4 \text{ м}^2$ , то отапливаемая площадь занимает  $189,8 \text{ м}^2$ . Котел выбираем исходя из площади отапливаемых помещений. Выбираем электрический котел VAILLANT eIoBLOCK VE 24 24кВ [1]. Основной функцией данного котла является обогрев жилых помещений. Выполнен из высококачественной стали, имеет возможность подключить бойлер косвенного нагрева. Присутствует для котла и бойлера система защиты от замерзания, модуль погодозависимого управления, Индикация настроек выводится на светодиодный дисплей.

Технические характеристики представлены в таблице 8. Электрический котел VAILLANT eIoBLOCK VE 24 24кВ представлен на рисунке 23.

Таблица 8 – технические характеристики электрического котла VAILLANT eIoBLOCK VE 24 24кВ

Наименование параметра	Котел VAILLANT eIoBLOCK VE 24
Мощность, кВт	24
Напряжение, В	380
Длина, мм	310
Ширина, мм	410
Высота, мм	740
Тип установки	Настенный
Количество контуров	одноконтурный
Гарантия	12 месяцев
Теплоноситель	Вода водопроводная ГОСТ 2874



Рисунок 23 – Электрический котел VAILLANT eIoBLOCK VE 24

Электрический котел VAILLANT eIoBLOCK VE 24 является одноконтурным, следовательно, он обеспечивает только отопление загородного дома. Данный котел имеет возможность подключения бойлера косвенного нагрева. Подключив накопитель, возможно, обеспечить горячим водоснабжением загородный дом. Расположенный внутри бойлера змеевик, обычно сделанный из латуни или стали, нагревает воду. В накопителе устанавливается датчик, контролирующей температуру воды. Управление процессом происходит от электронного блока теплогенератора, который управляет электроприводом трехходового клапана. Пока вода не достигла необходимой температуры отопления, трехходовой клапан по команде контроллера направляет поток к радиаторам, но в остальное время переключается на змеевик бойлера. Поэтому мощности на обеспечение теплом будет хватать всем системам. Схема подключения бойлера косвенного нагрева к электрическому котлу представлена на рисунке 24.

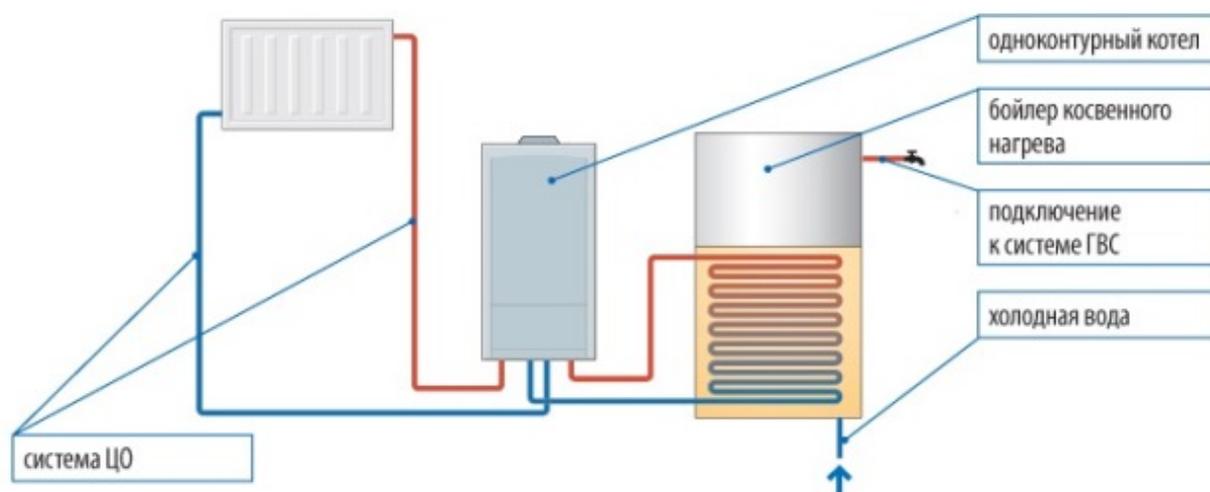


Рисунок 24 – Схема подключения бойлера к электрическому котлу

Чтобы правильно выбрать бойлер косвенного нагрева необходимо обратить внимание на такие параметры как:

- объем – на одного человека в среднем необходимо 80-100 литров горячей воды в день;

- конструкция – открытый металл говорит о не качественной сборке.

Необходимо, чтобы бойлер был выполнен из стали и покрыт полимерами;

- электрический котел обязательно должен иметь возможность подключения бойлера косвенного нагрева.

Учитывая все вышеуказанные рекомендации, выбираем бойлер косвенного нагрева FE 200/6 BM [4]. Бойлер выполнен в цилиндрической форме, с номинальным объемом 184 литра (рисунок 25). В бойлере присутствует функция поддержания температуры технические характеристики бойлера указаны в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики бойлера косвенного нагрева FE 200/6 BM

Наименование параметра	Бойлер FE 200/6 BM
Номинальный объем бойлера, л	184
Площадь теплообменника, м <sup>2</sup>	1
Время нагрева бойлера от 10 <sup>0</sup> С до 60 <sup>0</sup> С, мин	30,8
Объем горячей воды, л/мин	32,6
Температура нагрева воды, <sup>0</sup> С	80
Напряжение/частота ,В/Гц	230/50
Потребление, кВт	0,25
Класс защиты	IP-40



Рисунок 25 – Бойлер косвенного нагрева FE 200/6 BM

При подключении бойлера косвенного нагрева к одноконтурному электрическому котлу обеспечиваем дом горячим водоснабжением и отоплением. Учитывая размеры бойлера и электрического котла, устанавливаем оборудование в бойлерной.

Заключающим звеном автономной системы отопления загородного дома являются радиаторы отопления или батареи. Существует несколько видов радиаторов:

- алюминиевые радиаторы – обладают отличной теплопроводностью и высокой эффективностью. 50% тепла отдают за счет излучения, 50% тепла за счет конвекции. Отличаются высокой прочностью, эстетичностью, и легкостью. Алюминиевый радиатор представлен на рисунке 26.

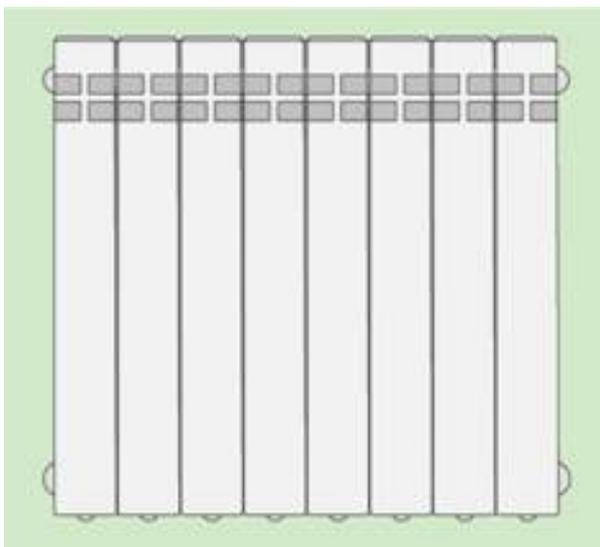


Рисунок 26 – Алюминиевый радиатор отопления

- стальные радиаторы – отличаются малой инерционностью и простой конструкцией. Две стальные пластины, толщиной 1,25 мм, с выштампованными углублениями, образуют коллекторы и соединительные каналы. Главным плюсом является быстрая реакция на изменение температуры носителя. Но значительным недостатком остается то, что ржавеет при сливе носителя и не выдерживает давления при гидравлических испытаниях. Стальной радиатор изображен на рисунке 27.

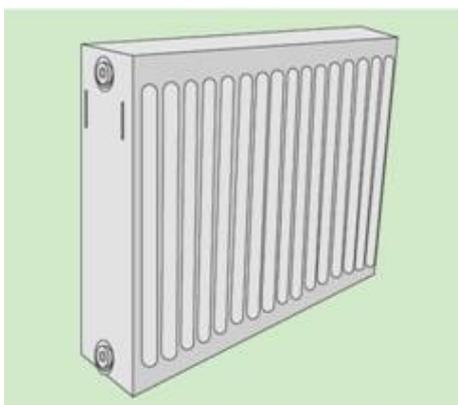


Рисунок 27 – Стальной радиатор отопления

- биметаллические радиаторы – сочетают положительные стороны стальных и алюминиевых радиаторов. От алюминиевых радиаторов взяли отличную теплопроводность и способность выдерживать большое напряжение, а от стальных взяли прочность и стойкость к коррозии. Достойным плюсом является долгий срок службы – 20 лет. Биметаллический радиатор отопления представлен на рисунке 28.



Рисунок 28 – Биметаллический радиатор отопления

- чугунные радиаторы – устойчивость к коррозии металлов и высокому давлению. Обладают высокой износостойкостью и простотой в использовании. Но имеют высокий вес, долго нагреваются, низкая теплоотдача, не позволяют быстро менять температуру и интенсивность нагрева и не обладают конвекцией. Представлен чугунный радиатор отопления на рисунке 29.

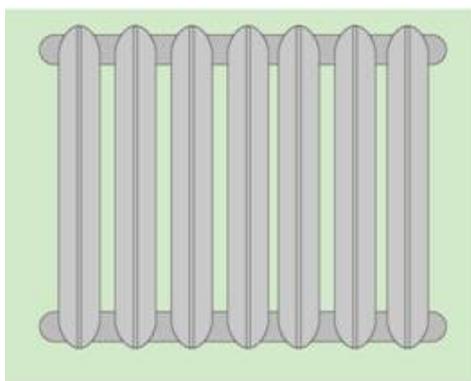


Рисунок 29 – Чугунный радиатор отопления

Учитывая характеристики системы отопления, выбираем алюминиевые радиаторы отопления.

## 2.7 Сценарии системы «умный дом»

Сценарий системы «умный дом» - это заранее запрограммированное поведение системы на то или иное событие [25].

Событием может быть определённое нажатие на клавишу (например, короткое или долгое нажатие), сигнал с датчика (например, движение, температура, уровень яркости света), команда с пульта управления или компьютера, срабатывание по таймеру времени или расписанию. После получения практических навыков эксплуатации системы создание сценариев станет развлечением для детей и взрослых. Содержание сценариев в первую очередь определяется образом жизни и фантазии хозяев и зависит от конфигурации системы и задания.

Например, в «библиотеку сценариев» могут входить следующие сценарии:

- никого нет (повсюду выключается свет, перекрывается вода, климат-контроль устанавливается на экономичный режим);
- пришел взрослый (включается освещение в прихожей, кофеварка на кухне, музыкальный центр и кондиционер в гостиной и др.);

- пришел ребенок (блокируется включение электроплиты, кухонного комбайна, домашнего кинотеатра, и воспроизводится аудио-видео сообщение родителей);

- выключить все. Использование функции выключения одним действием всех включенных светильников, аппаратуры, нагревательных приборов, потенциально опасных электроприборов, которые могут быть забыты при уходе из дома;

- режим долгого отсутствия (отпуск). Полное отключение большинства систем. Остаются работать система охраны, видеонаблюдения и регистрации, поддержания инженерных сетей в исправном состоянии;

- режим приход в дом. Нет необходимости включать весь свет и отключенные при выходе кондиционеры, лучше включить свет только в холле и вывести статус систем на экран панели или голосом сообщить о количестве звонков в домофон, телефон;

- присутствие в доме гостей. Выводятся из режима энергосбережения системы обогрева, отопления, кондиционирования в гостевых комнатах;

- световые сцены. Заранее продуманные сценарии включения светильников помогут создать удобство и комфорт при различных ситуациях: «Праздник», «Вечер», «Ночь», «Уборка» т. п. Сценарное освещение созданное из большого количества управляемых групп, позволяет преобразовать вид Вашего интерьера по Вашему желанию.

Сценарии системы, используемые в загородном доме:

- режим утро – включается обогрев полов, кондиционеры обеспечивают теплый климат, по будильнику открываются шторы;

- режим день – кондиционеры работают в режиме дня, шторы открыты;

- режим вечер – свет в коридорах приглушён, кондиционеры переходят в вечерний режим, включаются специальные световые сцены, шторы закрываются;

- режим ночь – работает только габаритная подсветка, кондиционеры уходят в режим экономии электроэнергии, включается будильник;
- режим отсутствие – кондиционеры и теплый пол переходят в режим экономии, свет выключается во всем доме, шторы закрыты.

Использование данных сценариев является наиболее эффективным, по отношению энергоресурсов, и совместимы для удобства хозяев дома.

### 3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В связи с повышением стоимости на энергоресурсы все чаще приходится размышлять над экономией финансов. В большей степени это касается учебных заведений и различных предприятий, потому что стоимость электроэнергии на предприятиях значительно больше, чем в квартирах или частных домах. Для правильного расчета по энергосбережению студентам просто необходимо знать основы светотехники, чтобы выбрать самое экономически выгодное освещение.

Разрабатываем практическое занятие по теме «Основные понятия и определения светотехники» для студентов СПО по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий».

Цель занятия: приобретение знаний по изучению освещенностей помещений образовательных организаций, изучение приборов и измерение параметров освещенности.

Задание: измерить уровень освещенности в помещениях образовательной организации и сравнить с нормами СП [21].

Краткие теоретические сведения: измерение освещенности в практической работе будет производиться при помощи люксметра Ю-116. Люксметр Ю-116 состоит из измерителя люксметра и отдельного фотоэлемента с насадками. Прибор магнитоэлектрической системы имеет две шкалы: 0-100 и 0-30. На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений: на шкале 0-30 точка находится над отметкой 5. Прибор имеет корректор для установки стрелки в нулевое состояние. На боковой стенке корпуса измерителя расположена вилка для присоединения селенового фотоэлемента. Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, она обозначена буквой К. Эта насадка применяется не самостоятельно, а совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначение М, Р, Т. Каждая из этих трех насадок совместно с насадкой К

образует три поглотителя с коэффициентом ослабления 10, 100, 1000 и применяется для расширения диапазонов измерений.

Наименьшую погрешность измерения прибор дает, работая в горизонтальном положении. Во время работы люксметра необходимо периодически проверять установку стрелки измерителя на "0" и в случае необходимости выверять это положение корректором. Принцип отсчета значения измеряемой освещенности состоит в следующем: против нажатой кнопки определяют выбранное с помощью насадок наибольшее значение диапазонов измерений. При нажатой правой кнопке следует пользоваться для отсчета показаний шкалой 0-100. При нажатой левой кнопке следует пользоваться шкалой 0-30. Показания прибора в делениях по соответствующей шкале умножают на коэффициент пересчета шкалы, указанный на применяемой насадке. Например, на фотоэлементе установлены насадки К, Р, нажата левая кнопка, стрелка показывает 10 делений по шкале 0-30. Измеряемая освещенность равна  $10 \cdot 100 = 1000$  ЛК.

Практическое занятие оценивается бальной системой. Баллы выставляются по каждому из критериев оценивания практического занятия, которые указаны в таблице 10. Максимальное количество баллов 20.

Таблица 10 – Критерии оценивания практического занятия

Количество баллов	Критерии оценивания
10 баллов	Логичность и правильность заполнения таблицы
5 баллов	Правильность использования терминов светотехники
5 баллов	Сравнение результатов измерения освещения с нормами СП

При получении от 18 -20 баллов ставится оценка отлично, от 13-17 оценка хорошо, от 10-12 оценка удовлетворительно.

Порядок выполнения работы:

1. Обучающиеся разбиваются на 4 бригады и получают задание.
2. Для подготовки к измерению установите измеритель люксметра в горизонтальное положение. Проверьте, находится ли стрелка прибора на

нулевым делении шкалы, для чего фотоэлемент отсоедините от измерителя люксметра.

3. На столе рабочего места (по указанию преподавателя) произведите замер освещенности при полностью включенном искусственном освещении.

4. Результаты измерений и расчетов занесите в таблицу результатов измерений:

Таблица 11 – Результаты измерений

Наименование помещения для замеров освещенности	Плоскость ( Г – горизонтальная, В – вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости над полом, м	Освещенность рабочих поверхностей при общем освещении, лк	
		Измеренное	По нормам СП
Учебный кабинет	На середине доски		
Рекреация	Г		
Актальный зал	Г		
Спортивный зал	Пол		
Классная комната	На середине доски		
Кабинет информатики и вычислительной техники	На рабочих столах и партах		
Кабинет труда для девочек	Г		
Учительская	Г		

5. Сделайте вывод по результатам измерений освещенности помещений образовательных учреждений.

После выполнения практического задания, обучающимся предлагается тест для проверки знаний по пройденной теме. Критерием оценивания теста является количество правильных ответов. Максимальное количество баллов за тест 10 баллов. При получении 10 баллов ставится оценка отлично, от 8 до 9 баллов оценка хорошо, от 6-7 баллов оценка удовлетворительно. Максимальное выполнение теста – 45 минут. Тест выполняется под наблюдением преподавателя.

Тест по теме: Основные понятия светотехники и световые измерения.

Выберите один правильный ответ.

1. Светотехника – это область науки и техники, исследующая

- А) свойство света
- Б) функции света
- В) световые измерения

2. Единицей измерения светового потока является:

- А) люмен
- Б) кандела
- В) ватт

3. Слово кандела переводится на русский язык как

- А) лампочка
- Б) свеча
- В) осветительный прибор

4. Матовые краски имеют характер отражения

- А) диффузный
- Б) зеркальный
- В) направленно-рассеянный

5. Фотометрические измерения принято разделять на

- А) точные и не точные
- Б) объективные и субъективные
- В) яркие и не яркие

Дополните.

6. \_\_\_\_\_ - переносной прибор для измерения освещенности.

7. Единица измерения освещенности называется \_\_\_\_\_.

8. Яркость имеет обозначение \_\_\_\_.

9. Освещенность \_\_\_\_\_ от направления распространения светового потока на поверхность.

10. Лампы \_\_\_\_\_ сильно уступают современным источникам света.

Ключ: 1А; 2А; 3Б; 4А; 5Б; 6 – люксметр; 7 – люкс; 8 – L; 9 – не зависит;  
10 – накаливания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе разработана система энергоснабжения индивидуального жилого дома. В ходе работы проанализирована технология «умного дома», которая выполняется на базе системы автоматизации бельгийской компанией Domintel. Система включает в себя подсистемы управления освещением, управление микроклиматом, управление шторами. Для обеспечения контроля подсистемами выбрано оборудование такое как: датчик освещения, диммер, модуль управления фанкойлами, модуль управления диммерами, термостат, моторизированный карниз для штор, ИК-пульт, ИК-датчик. Управление всей системой происходит за счет главного управляющего контроллера и модуля визуализации ПК. Дополнительно на первом этаже установлен ЖК-дисплей для управления системой внутри дома.

В работе произведен расчет электрических нагрузок, выбраны электроустановочные изделия. В роли светильников выступает светодиодное освещение. Произведен выбор проводов и кабелей для электроснабжения дома марки ВВГнг-LS и ВББШв, выполненные медными жилами. Выбраны провода и кабели с сечением:  $1,5 \text{ мм}^2$ ,  $2 \text{ мм}^2$ ,  $16 \text{ мм}^2$ ,  $29 \text{ мм}^2$ .

На основании выбранных проводов произведен выбор аппаратов защиты. Выбраны автоматические выключатели типа ВА88-32 и ВА88-33.

Произведен расчет заземляющего устройства и молниезащиты. Выбранная система заземления проектируемого жилого дома имеет обозначение TN-C-S. В качестве заземлителя принято два контура заземления. В качестве внешней молниезащиты выбран одиночный стержневой молниеотвод, заземлителем которого является контур заземления котельной.

Произведен выбор автономного источника теплоснабжения, которым является электрический котел VAILLANT eIoBLOCK VE 24. Выбран водяной тип системы отопления. В качестве батарей выбраны алюминиевые

радиаторы. Для передачи тепла от котла к радиаторам используются медные трубы. Выбрана двухтрубная разводка труб. Для обеспечения горячего водоснабжения установлен бойлер косвенного нагрева FE 200/6 VM, который присоединен к электрическому котлу.

Разработано практическое занятие по теме «Основные понятия и определения светотехники» для студентов СПО по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий».

Задачи, поставленные в выпускной квалификационной работе, решены – цель достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 220 Вольт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.220-volt.ru/catalog-205143/#ui-tabs-description> (дата обращения 17.05.2017).
2. Domintel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.domintell.su/> (дата обращения 29.04.2017).
3. Leroy Merlin [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://leroymerlin.ru/advice/vodosnabzhenie/kak-vybrat-radiator-otopleniya/> (дата обращения 15.05.2017).
4. Protherm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.protherm.ru/klientam/produkcija-protherm/fe-200-6-bm-4224.html> (дата обращения 18.05.2017).
5. А.Р.Т.ехнологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aptech.ru/umnyj-dom> (дата обращения 28.04.2017).
6. Алюнов, А.Н. Онлайн Электрик: Интерактивные расчеты систем электроснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://online-electric.ru>. (дата обращения: 14.05.2017).
7. ГОСТ Р 50345-2010. Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения. – Введ. 01.01.2012. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2011.
8. ГОСТ Р 50571.2-94. Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики. – Введ. 10.11.1994. – Москва: Госстандарт РФ; М.: Изд-во Стандартиформ, 2012.
9. ГОСТ Р 51326.1-99. Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. – Введ. 30.06.2000. – Москва: Госстандарт РФ; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2010 – 86 с.
10. ГОСТ Р 51327.1-2010. Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со

встроенной защиты от сверхтоков. – Введ. 30.10.2010. – Москва: Национальный стандарт Российской Федерации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2011 – 100 с.

11. Группа компаний ИЕК [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iek.ru/products/catalog> (дата обращения 4.05.2017).

12. Защитное заземление и зануление электрооборудования. Материалы для проектирования и рабочие чертежи. Шифр А10-93 – Москва:ВНИПИ Тяжпромэлектропроект / под ред. гл. инженера института А.Г. Смирнова. –Москва, 1993 – 41 с.

13. Зеленый патруль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://greenpatrol.ru/ru/stranica-dlya-obshchego-reytinga/ekologicheskii-reyting-subektov-rf?tid=300> (дата обращения 21.04.2017).

14. Интернет магазин проектов Plans [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.plans.ru/project.php?id=1526> (дата обращения 20.04.2017).

15. Магазин светодиодного освещения Svetlix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://svetlix.ru/articles/lighting\\_configurator](http://svetlix.ru/articles/lighting_configurator) (дата обращения 3.05.2017).

16. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск, Сиб.унив.изд-во, 2010. – 464 с., ил.

17. РФК климат системы кондиционирования и вентиляции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rfclimat.ru/htm/con\\_calc.htm](http://www.rfclimat.ru/htm/con_calc.htm) (дата обращения 28.04.2017).

18. СО-153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – Введ. 30.06.2003. – Москва: Минэнерго России, приказ № 380 от 30.06.2003.

19. Современные системы отопления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://otoplenie-doma.org/> (дата обращения 15.05.2017).

20. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Введ. 01.01.2004. – Москва: Госстрой России, 2004.

21. СП 52.13330.2010. Естественное и искусственное освещение. – Введ. 20.05.2011. – Москва: Минрегион РФ, приказ № 783 от 27.12.2010. – 74 с.

22. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – 3-е изд. перераб. и доп. Москва: Знак. – 972 с., ил.

23. Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск № 11 «Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей». Компания «Schneider Electric». – октябрь, 2007. – 240 с., ил.

24. Умный дом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hitech-house.com/catalog/Domintell/equipment/> (дата обращения 29.04.2017).

25. Умный дом от Housecontrol [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.housecontrol.ru/material/88.php> (дата обращения 30.04.2017).

26. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 214 с., ил.

27. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – 2-е изд. – Москва: ФОРУМ, 2011 – 136с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А Поэтажный план здания



**Проект 37-18**  
**S = 219,4 кв.м.**

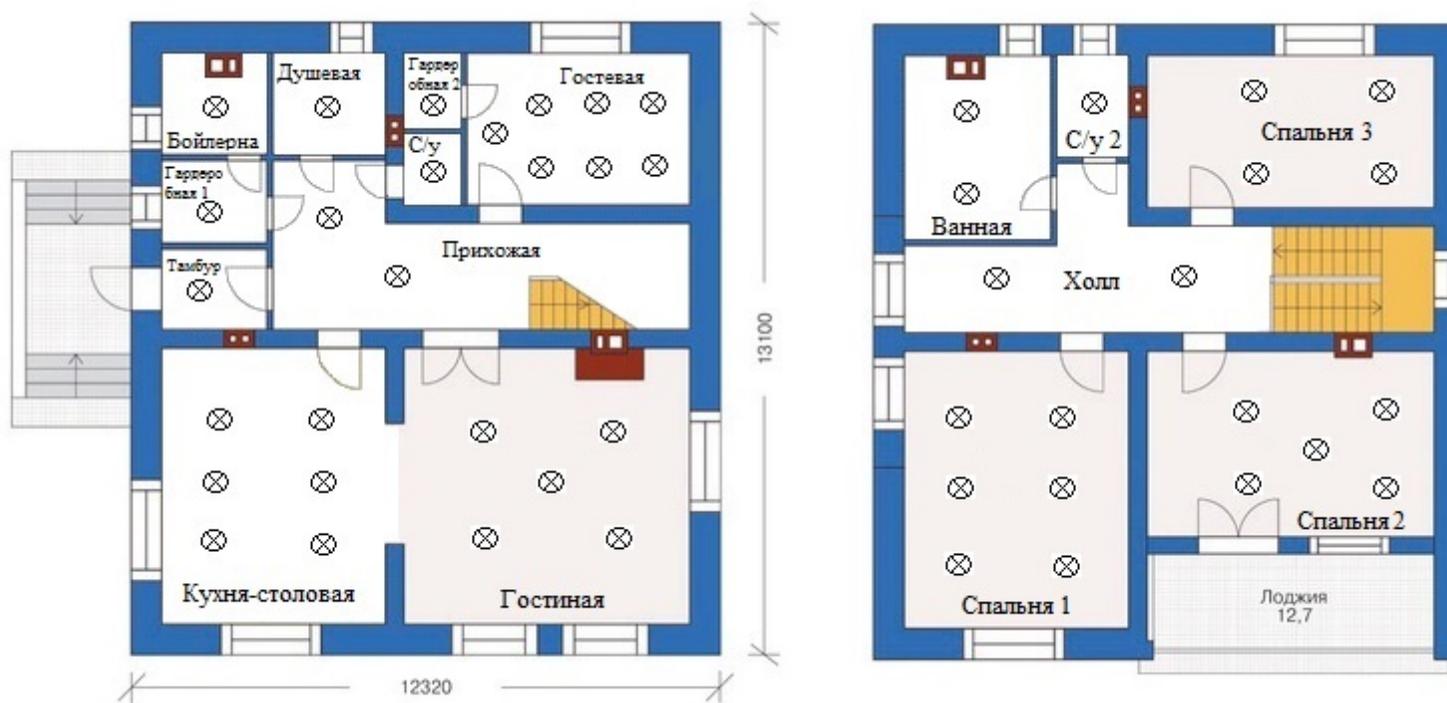


## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

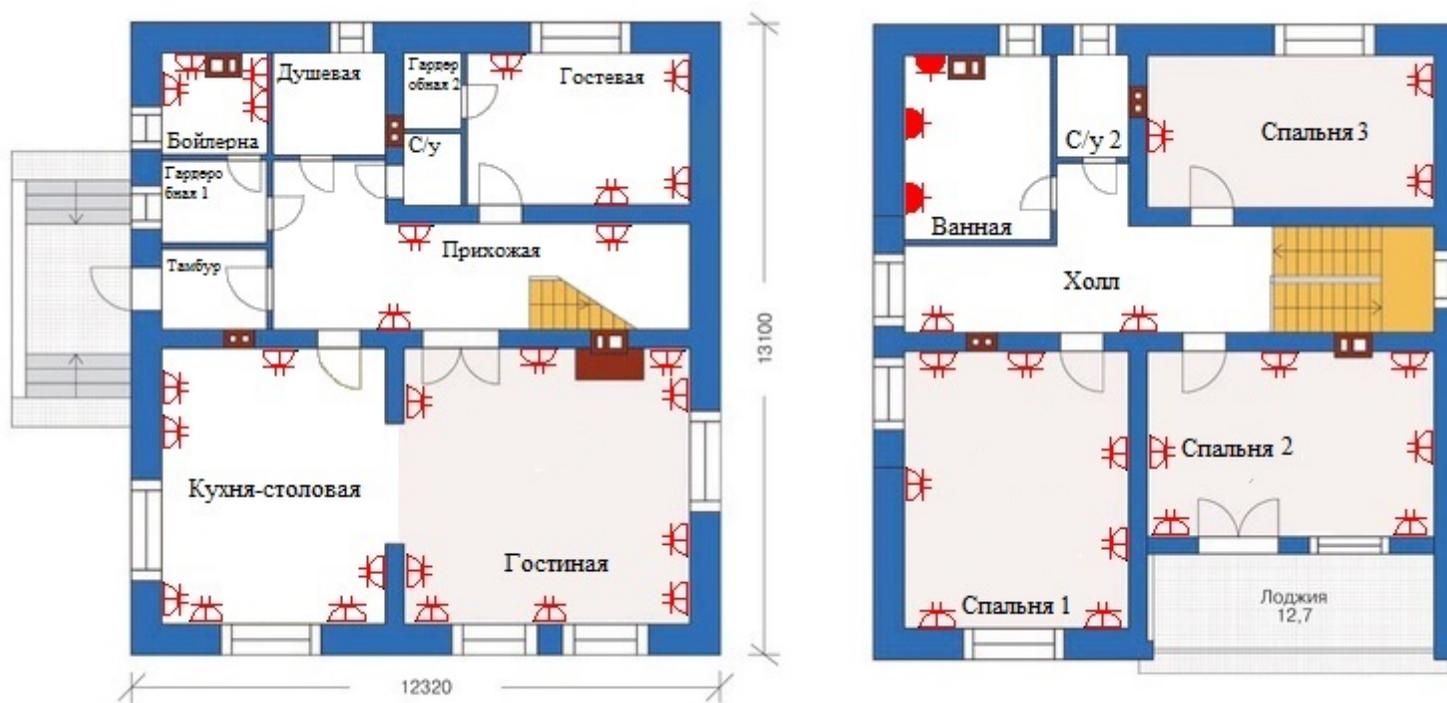
### Сводная ведомость нагрузок по загородному дому

Обозначение	Потребители электроэнергии	Число фаз	Номинальная мощность $P_n$ , кВт	Коэффициенты			Расчетная мощность			Расчетный ток	
				Спроса $K_c$	мощности		Активная, $P_p$ , кВт	Реактивная, $Q$ , квар	Полная, $S$ , кВА	$I_p$ , А	$I_{p,max}$ , А
					$\cos\varphi$	$tg\varphi$					
<b>ЩР-Кот</b>											
QF1	Электрический котел	3	24	0,8	0,95	0,32	19,2	7,68	20,68	30,7	38,43
	Итого по ЩР-Кот	3	24	0,8	0,95	0,32	19,2	7,68	20,68	30,7	38,43
<b>ЩР-Д</b>											
QF1	ЩР-Кот	3	24	0,8	0,95	0,32	19,2	7,68	20,68	30,7	38,43
QF2	Освещение	1	0,4	0,9	0,9	0,48	0,36	0,19	0,41	0,61	0,68
QF3	Бытовая розеточная сеть	1	4,6	1	0,9	0,48	4,6	2,21	5,1	7,77	7,77
QF4	Кондиционеры 1 этаж	1	5,9	0,7	0,8	0,75	4,13	4,43	6,05	7,85	11,22
QF5	Кондиционеры 2 этаж	1	4,8	0,7	0,8	0,75	3,36	3,6	4,92	6,39	9,13
QF6	Теплый пол 1 этаж	1	6,45	0,5	0,9	0,48	3,23	3,1	4,47	5,45	10,9
QF7	Теплый пол 2 этаж	1	6,33	0,5	0,9	0,48	3,17	3,04	4,39	5,35	10,7
QF8	Телевизоры	1	1	0,6	0,8	0,75	0,6	0,75	0,96	1,14	1,9
QF9	Персональные компьютеры	1	1,5	0,6	0,65	1,17	0,9	1,76	1,97	2,1	3,51
QF10	Стиральная машина	1	2,2	0,8	0,8	0,75	1,76	1,65	2,41	3,35	4,18
QF11	Домашний кинотеатр	1	0,8	0,6	0,8	0,75	0,48	0,6	0,77	0,9	1,52
QF12	Микроволновая печь	1	2,3	0,3	0,8	0,75	0,69	1,73	1,86	1,3	4,37
QF13	Холодильник	1	0,6	0,9	0,9	0,48	0,54	0,29	0,61	0,9	1,01
QF14	Посудомоечная машина	1	2,2	0,8	0,8	0,75	1,76	1,65	2,41	3,35	4,18
QF15	Духовой шкаф	1	2,2	0,5	0,9	0,48	1,1	1,06	1,52	1,86	3,72
QF16	Насосы и бойлер	1	2	0,95	0,75	0,88	1,9	1,76	2,59	3,85	4,06
QF17	Система «умный дом»	1	1,69	0,9	0,9	0,48	1,52	0,81	1,72	2,57	2,86
	Итого по ЩР-Д	-	68,97	0,7	0,8	0,75	49,29	36,28	62,86	85,53	120,14

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**План групповой сети освещения**



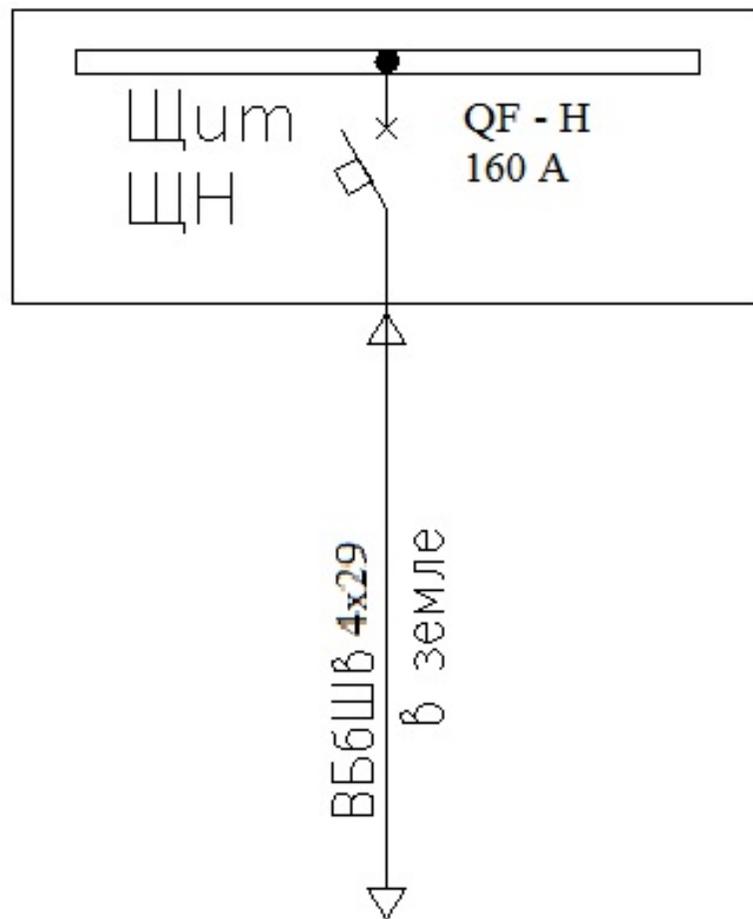
**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
**План групповой розеточной сети**



**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
**Схемы электоснабжения**

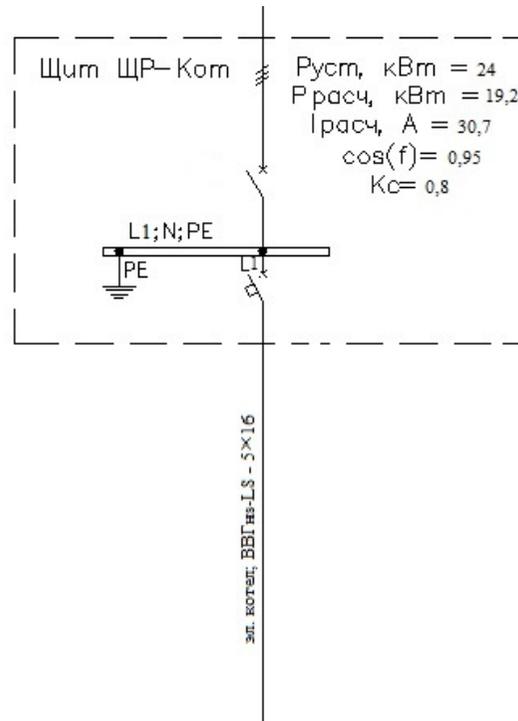
**ПРИЛОЖЕНИЕ Д 1**

Схема электрическая щита подключения дома ЩН, установленного на опоре 0,4 кВ



## ПРИЛОЖЕНИЕ Д 2

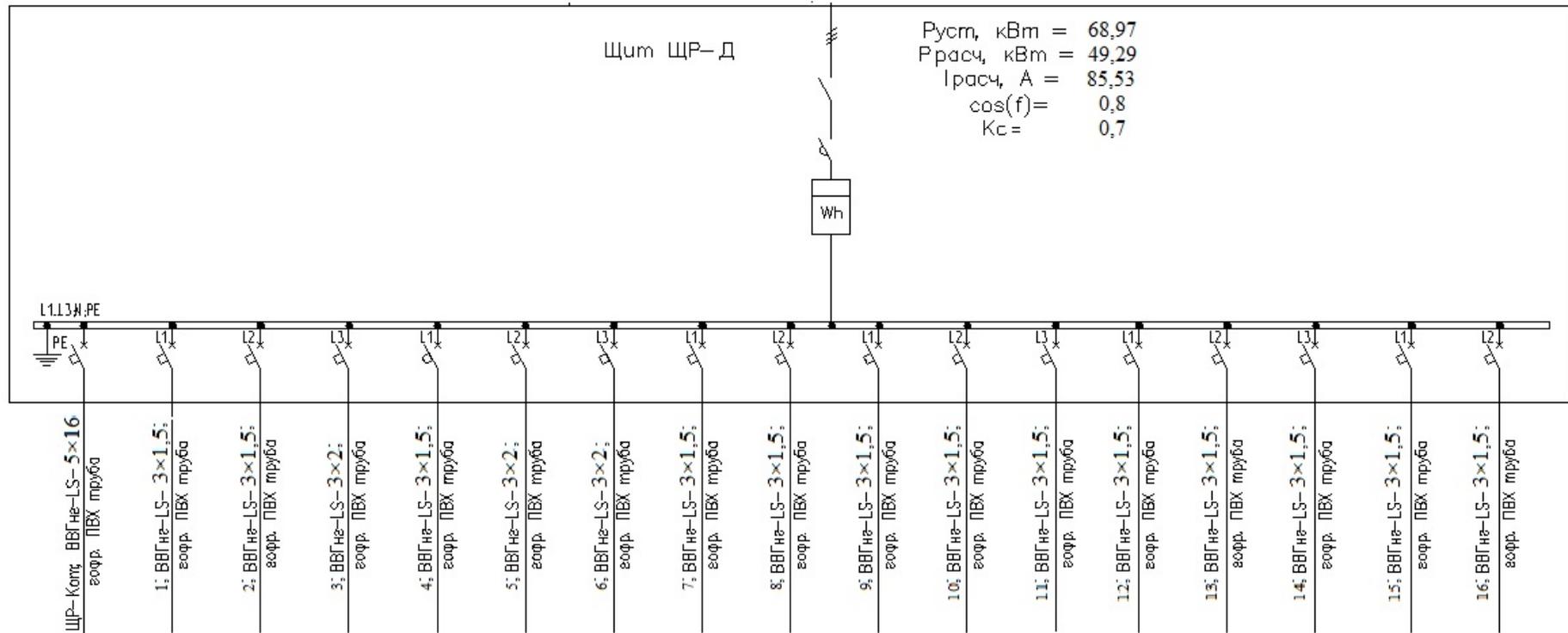
### Схема электрическая щита котельной ЩР-Кот



Обозначение	эл. котел
$P_u, \text{ кВт}$	24
$P_p, \text{ кВт}$	19,2
$I_p, \text{ А}$	30,7
$\cos(\varphi)$	0,95
Наименование	Электрич. котел

### ПРИЛОЖЕНИЕ Д 3

#### Схема электрическая щита дома ЩР-Д



Обозначение	ЩР-Комп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$P_u, \text{ кВт}$	24	0,4	4,6	5,9	4,8	6,45	6,33	1	1,5	2,2	0,8	2,3	0,6	2,2	2,2	2	1,69
$P_p, \text{ кВт}$	19,2	0,36	4,6	4,13	3,36	3,23	3,17	0,6	0,9	1,76	0,48	0,69	0,54	1,76	1,1	1,9	1,52
$I_p, \text{ А}$	30,7	0,61	7,77	7,85	6,39	5,45	5,35	1,14	2,1	3,35	0,9	1,3	0,9	3,35	1,86	3,85	2,57
$\cos(f)$	0,95	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,65	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,75	0,9
Наименование	Щит котельной	Освещение	Розетки	Кондиционеры 1этаж	Кондиционеры 2этаж	Теплый пол 1 этаж	Теплый пол 2 этаж	Телевизоры	ПК	Стиральная машина	Домашний кинотеатр	Микроволновая печь	Холодильник	Посудомоечная машина	Духовой шкаф	Насосы и бойлер	Система "умный дом"