

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

**РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ КОТТЕДЖА С ЭЛЕМЕНТАМИ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ**

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

Идентификационный код ВКР: 699

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально–педагогический университет»
Институт инженерно–педагогического образования
Кафедра энергетики и транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующая кафедрой ЭТ
_____ А.О. Прокубовская
« ___ » _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ КОТТЕДЖА С ЭЛЕМЕНТАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ

Идентификационный код ВКР: 699

Исполнитель:
студент группы ДЗЭС–511

Е.В. Фролов

Руководитель:
старший преподаватель кафедры ЭТ

Ю.А. Юксеев

Нормоконтролер:
старший преподаватель кафедры ЭТ

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 57 страницах машинописного текста, содержит 24 рисунка, 7 таблиц, 30 источников литературы, 9 приложений.

Ключевые слова: ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ, АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ, МОЛНИЕЗАЩИТА, ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.

Фролов Е. В. Разработка энергоснабжения коттеджа с элементами интеллектуального здания: выпускная квалификационная работа / Е. В. Фролов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 57 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка энергоснабжения коттеджа с элементами интеллектуального здания».

2. Цель работы: разработать энергоснабжение коттеджа с элементами интеллектуального здания.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, в основной ее части, рассмотрены вопросы энергосбережения, энергоснабжения и автоматизации коммуникаций коттеджа.

В подразделе экономики приведен сравнительный анализ экономической эффективности использования светодиодного осветительного оборудования.

В подразделе безопасности и экологичности рассмотрен вопрос электробезопасности в бытовых условиях.

Разработаны методические указания по замеру сопротивления защитного заземления.

4. Данная разработка ориентирована на инженеров–энергетиков.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ	8
1.1 Энергосбережение в современном мире.....	8
1.2 Рациональное предложение по освещению. Светодиодное освещение и его преимущества.....	8
1.4 «Умный дом». Определение. Функции.....	9
1.5 Беспроводное решение и его преимущества.....	12
1.6 Реализация беспроводного решения	13
2. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ КОТТЕДЖА	16
2.1 Электроснабжение коттеджа.....	16
2.1.1 Основные электроприемники коттеджа	16
2.1.2 Расчет электрических нагрузок	17
2.1.3 Выбор аппаратов защиты.....	18
2.1.4 Выбор марки и сечения кабеля.....	20
2.1.5 Выбор осветительных приборов	21
2.1.6 Выбор комплекта «Умный дом»	24
2.1.7 Расчет заземляющего устройства.....	32
2.1.8 Расчет молниезащиты.....	34
2.2 Теплоснабжение коттеджа	38
2.2.1 Расчет тепловых нагрузок.....	38
2.2.2 Расчет тепловых нагрузок на горячее водоснабжение	41
2.2.3 Годовой график расхода тепла	42
2.2.4 Выбор отопительного котла и нагревательных приборов.....	43
2.3 Раздел экономики.....	46
2.4 Раздел безопасности и экологичности	47
2.4.1 Электробезопасность в бытовых условиях	47
2.4.2 Экологичность проекта	48

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЮ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Схема сети освещения цокольного этажа	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Схема сети освещения первого этажа	
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Схема сети освещения второго этажа	
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Силовая сеть цокольного этажа	
ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Силовая сеть первого этажа	
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Силовая сеть второго этажа	
ПРИЛОЖЕНИЕ И – Система уравнивания потенциалов	
ПРИЛОЖЕНИЕ К – Однолинейная схема	
ПРИЛОЖЕНИЕ Л – Схема заземления	

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика РФ – один из ведущих, в современном мире, секторов экономики. Она определяет общий экономический рост, жизнеобеспечение населения, гарантирует, все нарастающие, потребности. Энергетика включает: производство, передачу, трансформацию, потребление. Основным потребителем – гражданские здания и промышленность. Использование электроэнергии здесь превышает 70 процентов. Развитие энергетики должно учитывать дальнейшую динамику развития промышленности и прироста населения. Новые предприятия, модернизация существующих, внедрение новых технологий во всех отраслях промышленности, строительство жилых массивов ставят перед энергетиками задачу рационального использования электроэнергии.

Распределение электроэнергии должно основываться на использовании современного электротехнического оборудования с широким применением автоматизации, отвечающего современным требованиям эффективного энергопотребления. Это современные энергосберегающие технологии, электрооборудование, обеспечивающее, надежность и безопасность пользования, качество электроэнергии.

Актуальность выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что устаревшее электрооборудование не отвечает современным требованиям экономичного потребления электроэнергии.

Объектом является двухэтажный коттедж с цокольным этажом и гаражом, общей площадью 246,4 кв. м, жилой площадью 118 кв. м. Данный дом – основное и постоянное место проживания.

Дом состоит из террасы, прихожей, гостиной, игровой–детской, кухни–столовой, ванной, санузла, трех спален, холла, гардероба мастерской, склада, бойлерной.

Дом рассчитан на проживание семьи из 5 человек.

Данный потребитель относится к третьей группе надежности. Проектирование энергоснабжения объекта выполняется кабельной линией 0,4 кВт, что обеспечивает надежную и безопасную эксплуатацию

Предмет выпускной квалификационной работы – энергоснабжение коттеджа с применением энергосберегающих технологий, автоматизации освещения, вентиляции, отопления.

Теплоснабжение коттеджа осуществляется автономно с помощью газового котла, в качестве теплоносителя выбрана вода.

Проектирование теплоснабжения осуществляется в соответствии с нормативно–техническими требованиями, нормами и правилами (СНиПы, ГОСТы, СП, СН).

Цель выпускной квалификационной работы – разработать энергоснабжение коттеджа с элементами интеллектуального здания.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- построение системы энергоснабжения двухэтажного коттеджа с применением энергосберегающих технологий, применением современных электротехнических приборов;
- автоматизация коммуникаций коттеджа для обеспечения безопасности проживания, экономии электроэнергии и сокращении затрат.

1. АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

1.1 Энергосбережение в современном мире

Рациональное потребление энергоресурсов, в наше время, становится важнейшим условием развития экономики, промышленности, сельского хозяйства и других отраслей жизнедеятельности человека.

Уменьшение потребления топлива и энергии возможно достичь за счет внедрения энергосберегающих технологий, модернизации существующей производственной базы, заменив устаревшее электрооборудования на более эффективное.

Современному обществу необходимы принципиальные изменения в сфере энергопотребления, соответствующие современным реалиям. Необходим баланс между уровнем энергообеспечения и содержанием экологического ресурса, таких как вода, природные ископаемые, воздух. Это направление становится приоритетным в динамично развивающемся мире. Это должно стать задачей каждого энергопотребителя для более эффективного пользования энергоресурсами, без ущерба как себе самому, так и окружающей среде.

Требуется формирование новых отношений между потребителем и производителем электроэнергии. В этом смогут помочь образовательные программы, по эффективному использованию энергоресурсов и энергосбережению. Сложится определенная система знаний, способствующая преодолеть энергетический кризис.

1.2 Рациональное предложение по освещению. Светодиодное освещение и его преимущества

Энергосберегающие лампы позволяют значительно снизить потребление электроэнергии. В настоящее время рынок предлагает большой выбор ламп.

Мы остановимся на энергосберегающих светодиодных лампах, так как они отвечают современным требованиям и имеют ряд преимуществ по сравнению с лампами накаливания. Светодиодные лампы с белым светом, лучшим образом, подойдут для освещения подсобных помещений.

Преимущества светодиодного освещения:

- энергоэффективность. В лампах накаливания соотношение светового потока к мощности составляет до 30 люмен на ватт. Для люминесцентных и энергосберегающих ламп до 90 люмен на ватт. Для светодиодов значения составляют 150–180 люмен на ватт;
- экологическая безопасность и отсутствие специальной утилизации (отсутствие паров ртути);
- небольшое тепловыделение;
- высокий коэффициент полезного действия;
- мгновенный выход на полную рабочую мощность;
- прочность. (отсутствие стеклянной колбы);
- срок службы 50000 часов (для сравнения: лампы накаливания – 1000 часов, энергосберегающие лампы – до 10000 часов).

Можно сделать вывод, что система светодиодного освещения позволит снизить расход электроэнергии, благодаря низкому энергопотреблению; снизить затраты на обслуживание, благодаря большому сроку службы; снизить расходы на утилизацию.

1.3 «Умный Дом». Определение. Функции

Установка системы «Умный дом» позволит настроить энергоснабжение коттеджа на оптимальный и рациональный режим использования энергоресурсов. Ниже рассмотрим определение и функции «Умного дома».

«Умный дом» (от англ. «Smart House») – жилой дом современного типа, организованный для удобства проживания людей при помощи высокотехнологичных устройств.

Концепция «Интеллектуального здания» определяет совершенно новый подход в организации жизнеобеспечения здания, это достигается путем комплекса программно–аппаратных средств, при которых возрастает эффективность и надежность функционирования всех систем и исполнительных устройств здания.

Основная особенность «Интеллектуального здания» – объединение всех подсистем в единый комплекс управления. Такой комплекс управления умеет распознавать различные события в здании, и соответствующим образом на них реагировать по заранее запрограммированным алгоритмам.

Здание проектируется так, что все системы интегрируются друг с другом, а их обслуживание организовано оптимально. Система предполагает возможность модернизации и внесения изменений в конфигурацию.

К функциям «Умного дома» можно отнести:

1. *Управление освещением.* Система управления позволяет рационально и экономно управлять осветительными приборами. Такое управление может быть выполнено при помощи:

- пульта дистанционного управления. Пульт может быть запрограммирован на любую осветительную группу с возможностью изменения интенсивность свечения;
- датчика присутствия. При нахождении человека в зоне действия датчика включается освещение;
- таймера, с возможностью установки время включения и выключения;
- персонального компьютера или телефона, с возможностью самостоятельно программировать и указывать настройки для осветительных приборов.

При этом достигается экономия электроэнергии, в размере от 30 до 50 процентов, за счет:

- автоматического отключения света при отсутствии человека на объекте;
- автоматической регулировки мощности, в зависимости времени суток, при использовании диммера и датчика освещенности;

- управление в автоматическом режиме. Включение или отключение по заданному алгоритму, в зависимости от календарного времени, ночной режим, праздничные дни и т.д.

2. *Управление климатом.* Сюда входит: отопление (котлы, теплые полы и т.п.), кондиционер, вентиляция. Могут применяться как датчики температуры, так и по настройке контроллера.

3. *Управление шторами, жалюзи.* Дистанционное управление или с панели, от датчиков или по алгоритму.

4. *Управление дверьми и воротами.* Дистанционное управление, а также при постановке на охрану.

5. *Контроль и управление энергоснабжением объекта* (вода, газ, электричество). Установленные датчики протечки воды, утечки газа, при срабатывании, перекроют подачу воды, газа. С контроллера будет отправлен тревожный сигнал, по доступным средствам связи, владельцу.

6. *Система управления аудио и видео техникой.* Передача аудио и видео сигнала по всему объекту и владельцу на мобильное устройство. Управление с пультов или панелей, от датчиков или по сценарию.

7. *Дистанционное управление бытовыми приборами.* С пультов, панелей, по телефону, по программе.

8. *Дистанционное включение сауны, бассейна.* С пульта, панели, по телефону. Контроль температуры, ее поддержка. Управление автополивом от датчика влажности или по сценарию

9. *Домофонная связь.* Использование видеотелефона внутри здания, домофонная связь на входе.

10. *Система охранной сигнализации.* Использовании датчиков движения, датчиков разбития стекла, тревожной кнопки и т.д. При срабатывании охранной сигнализации выдается сигнал «Тревога» на телефон владельца, на пульт охраны. Также возможна имитация присутствия в здании, при которой автоматически включаются – выключаются электроприборы по сценарию.

11. Система пожарной сигнализации, использующая температурные и дымовые датчики. При срабатывании пожарной сигнализации выдается сигнал «Тревога» на телефон владельца, на пульт охраны, включается сирена, система дымоудаления.

Преимущества системы «Умный дом»:

- удобное управление аудио и видео техникой, которая может располагаться в отдельных помещениях и объединена в единую систему. Управление может осуществляться как дистанционно с пультов и телефонов, так и с общей панели;
- круглосуточный контроль охранной пожарной сигнализацией. Владелец может при помощи видеокамер, мобильного телефона или персонального компьютера, удаленно наблюдать за происходящим на объекте, отслеживать состояние всевозможных датчиков;
- простое управление инфраструктурой здания (отоплением, освещением, шторами, воротами, сауной и т.п.);
- удобное управления с единого пульта, мобильного устройства.

1.4 Беспроводное решение и его преимущества

Проект системы «Умный дом» предполагает большие затраты на оборудование, монтаж. Выход, в данном случае, беспроводные технологии.

Преимущества беспроводной системы:

- небольшая стоимость;
- меньше времени на монтаж;
- отсутствие дополнительных проводов;
- датчики можно устанавливать на готовый ремонт;
- экономия в потреблении электричества;
- большое разнообразие устанавливаемых устройств.

Беспроводная система позволяет снизить затраты на монтаж и установку оборудования до 50 процентов, по сравнению с проводными системами. Уста-

новка беспроводных систем позволяет в любое время провести модификацию, установить дополнительные датчики, устройства без серьезных вложений и сил.

1.5 Реализация беспроводного решения

При разработке данного проекта, была выбрана беспроводная система, использующая технологии «Z-Wave» и «WIFI».

«Z-Wave» – это стандарт беспроводной связи, который дает возможность создавать беспроводные сети с поддержкой батарейных автономных узлов.

Сети, на основе «Z-Wave», обеспечивают надежную доставку пакетов и надежную защиту передачи информации.

Данный стандарт передачи данных работает на частоте 868 МГц. Так же будут использованы частоты 433 и 2400 МГц. Расстояние между узлами может составлять десятки метров.

Топологии сети «Z-Wave» ячеистая, которая позволяет связываться устройствам напрямую или через промежуточные узлы (рисунок 1), что повышает надежность передачи данных в случае выхода из строя одного из узлов.

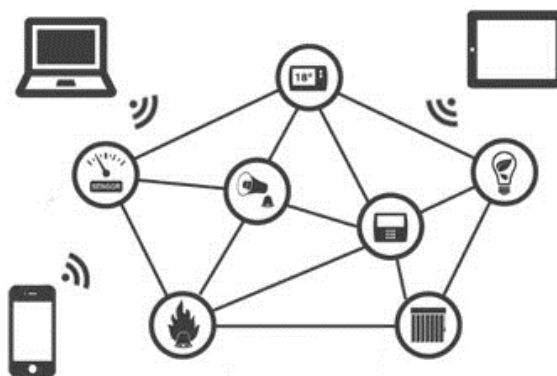


Рисунок 1 – Топология сети «Z-Wave»

В сети четыре типа узлов: координатор, маршрутизатор, спящее устройство, мобильное устройство.

Главное устройство – координатор. Координатор выполняет функции по формированию сети. Он является доверительным центром и устанавливает политику безопасности, задает настройки.

Спящие, мобильные устройства используют режим низкого энергопотребления. Это узлы с батарейным питанием. Это датчики или контроллеры.

Маршрутизатор осуществляет передачу пакетов по сети и должен быть готов к работе в любой момент времени, поэтому эти узлы используют стационарное питание.

Преимущества стандарта «Z-Wave»:

- низкое энергопотребление;
- надежная связь;
- небольшая стоимость.

В данной дипломной работе будут рассмотрены: автоматизация освещения, автоматизация отопления, автоматизация вентиляции.

В проекте используются светодиодные светильники с возможностью дистанционного включения, от датчиков движения, а также по сценарию. Система может быть настроена на включение или выключение света, в зависимости от нахождения или отсутствия человека в помещении. Управление может осуществляться, как с пульта дистанционного управления, так и мобильного телефона.

В здании присутствует вентиляция, которая работает в пассивном и активном режимах. В пассивном режиме происходит естественная циркуляция воздуха. В активном режиме задействуются вытяжной и приточные вентиляторы при помощи подачи радиосигнала на реле. Система, также может реагировать на датчики температуры и влажности по заданному в программе сценарию. Система работает, как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Автоматизация отопления может быть реализована при помощи установленных датчиков температуры, как снаружи, так и внутри здания. Есть возможность установки сценария по временам года и интенсивности прогрева помещения.

мещений. За автоматизацию отопления отвечает термостат, который регулирует подачу горячей воды в радиаторы при помощи клапана–здвижки.

Все исполнительные устройства (реле, датчики, приемопередатчики) могут быть размещены в узловых коробках, светильниках, розетках.

В качестве управляющих устройств могут быть использованы: пульт дистанционного управления, планшет, мобильный телефон. Пульт дистанционного управления может быть настроен на любую программу выполнения.

Для управления всей системой используется контроллер, на который устанавливается программа «MajorDoMo». Сама программа – гибкий инструмент для точной настройки управления, контроля всей автоматизации здания.

2. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ КОТТЕДЖА

2.1 Электроснабжение коттеджа

2.1.1 Основные электроприемники коттеджа

При проектировании, электроустановки разделили на три группы потребителей:

Первая группа – освещение:

- освещение цокольного этажа и гаража (13×20 Вт);
- уличное освещение: прожекторы (3×20 Вт);
- освещение жилых помещений, террасы, балкона (19×18 Вт);
- освещение санузла, ванной, гардероба (3×6 Вт).

Вторая группа – розеточная сеть:

- бытовая розеточная сеть (9 кВт).

Третья группа – силовые электроприемники:

- кухонная электроплита (5 кВт);
- стиральная машина (2,5 кВт);
- посудомоечная машина (2,5 кВт);
- вентиляционные электродвигатели (2×58 Вт);
- водяной клапан (0,5 Вт);
- оборудование «умного дома» (5 Вт);
- газовый котел (135 Вт);
- привод автоматических ворот (0,2 кВт);
- резерв: сварочная станция, слесарный станок (9 кВт).

Общее количество розеток 33 штук.

2.1.2 Расчет электрических нагрузок

В проектах электроснабжения электрические нагрузки зданий (квартир), районов (микрорайонов) застройки и элементов городской распределительной сети (линий 0,38 – 10 кВ, ТП, РП и ЦП) определяются по нормативам Инструкции по проектированию городских электрических сетей РД 34.20.185–94.

Указанные нормативы составлены на основании анализа режимов электропотребления. Учитывались данные по установленной мощности электропотребления, определялся суточный расход электроэнергии, возможное время работы каждого прибора.

Расчетная нагрузка питающей линии, ввода и на шинах РУ–0,4 кВ ТП от электроприемников объекта ($P_{P.KB}$) определяем по формуле, кВт:

$$P_{P.KB} = P_{KB} \cdot K_C, \quad (1)$$

где P_{KB} – нагрузка электроприемников, кВт;

K_C – коэффициент спроса, $K_C = 0,62$ [22, с.177].

Заявленная мощность определяется как сумма общей расчетной нагрузки. Суммарная расчетная нагрузка сведена в таблицу 1.

Таблица 1 – Суммарная расчетная нагрузка

Группы электроприборов	Номинальная мощность, кВт
Освещение	0,76
Розеточная сеть	9
Силовые электроприемники	19,8
Итого:	29,6

Выполним расчет по формуле (1):

$$P_{P.KB} = 29,6 \cdot 0,62 = 18,4 \text{ кВт.}$$

Определим расчетную нагрузку розеточной сети:

$$P_{P.P.} = P_{уд} \cdot n_P \cdot K_{OP}, \quad (2)$$

где $P_{уд}$ – удельная мощность на одну розетку, $P_{уд} = 0,1$ [22, с.3];

n_P – число розеток, шт;

K_{OP} – коэффициент одновременности, $K_{OP} = 0,8$ [22, с.4].

Выполним расчет по формуле (2):

$$P_{P.P.} = 0,1 \cdot 33 \cdot 0,8 = 2,64 \text{ кВт.}$$

Нагрузка на освещение определяется по формуле:

$$P_{OP} = K_C \cdot P_{уст}, \quad (3)$$

где K_C – коэффициент спроса, принимаемый равным 1.

Внутренняя осветительная нагрузка: $P_{PO_{внутр}} = 1 \cdot 0,7 = 0,7$ кВт.

Внешняя осветительная нагрузка: $P_{PO_{внеш}} = 1 \cdot 0,06 = 0,06$ кВт.

2.1.3 Выбор аппаратов защиты

Автоматический выключатель (АВ) – это механический коммутационный аппарат. В функции АВ входит: включать, проводить и отключать токи, при нормальном состоянии электрической цепи, а также автоматически отключать токи в цепи (при коротком замыкании).

АВ является токоограничивающим устройством. Такие аппараты защиты имеют малое время срабатывания, при котором ток короткого замыкания не успевает достичь критических значений.

АВ бытового назначения предназначены для защиты от сверхтоков, выхода из строя электрооборудования, поражения человека электрическим током.

При заземлении типа TN–С, TN–S и TN–С–S, АВ может быть использован для защиты от косвенного прикосновения человека, домашних животных к токоведущим частям или при поражении изоляции электропроводки. В нашем проекте мы используем систему защитного заземления типа TN–С.

Для АВ устанавливаются нормативные условия эксплуатации от производителя.

Для выбора аппарата защиты необходимо знать ток в линии и число фаз.

Расчет трехфазного вводного аппарата защиты РУ:

$$I_{PV} = \frac{S_{MPV}}{\sqrt{3} \cdot U_{HPV}}, \quad (4)$$

где S_{MPY} – максимальная расчетная мощность РУ, кВА;

U_{HPY} – номинальное напряжение РУ, кВ.

Выполним расчет по формуле (4):

$$I_{PY} = \frac{18,4}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 26,7 \text{ А,}$$

т.к. $I_{HA} \geq I_{PY}$, то выбираем трехфазный АВ EZ9F14332, 32А, 4,5кА, 400В.

Аналогично выбираем однофазные АВ для других групп электроприемников. Устройства защиты выбираем от «Schneider Electric». Данные сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Выбор автоматических выключателей по группам

№ группы	Наименование группы	Марка, тип, количество полюсов автомата	Расчетный номинальный ток ($I_{на}$), А
1	2	3	4
	Вводной автоматический выключатель распределительного устройства	EZ9F34332 С 3П	(27),32А
1	Освещение цоколь	EZ9F34106 С 1П	(0,9),6А
2	Освещение 1 этаж	EZ9F34106 С 1П	(1,2),6А
3	Освещение 2 этаж	EZ9F34106 С 1П	(0,9),6А
	Групповое устройство защитного отключения	EZ9R74240 2П	(2),40А
4	Освещение гараж	EZ9F34106 С 1П	(0,6),6А
5	Розетки цоколь	EZ9F34116 С 1П	(13,7),16А
6	Розетки 1 этаж, гараж	EZ9F34116 С 1П	(13,7),16А
	Групповое устройство защитного отключения	EZ9R74240 2П	(28),40А
7	Розетки 2 этаж	EZ9F34116 С 1П	(13,7),16А
8	Котел, вентиляция, ворота	EZ9F34116 С 1П	(2,5),6А
9	«Умный дом»	EZ9F34106 С 1П	(2),6А
	Групповое устройство защитного отключения	EZ9R74240 2П	(18),40А

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
10	Розетка 380 В цоколь	EZ9F34316 С 3П	(8),16А
11	Розетка 380 В гараж	EZ9F34316 С 3П	(8),16А
12	Розетка 380 В кухня	EZ9F34316 С 3П	(8),16А
Групповое устройство защитного отключения		EZ9R34440 С 4П	(36),40А

2.1.4 Выбор марки и сечения кабеля

Выбор кабельной линии осуществляется по току нагрева.

Расчет тока нагрева по формуле:

$$I_{\text{нагр}} = \frac{P_{\text{рас}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (5)$$

где $P_{\text{рас}}$ – расчетная нагрузка группы электроприемников, кВт;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение, кВ.

Выполним расчет по формуле (5):

$$I_{\text{нагр}} = 18,4/0,4 = 46 \text{ А.}$$

Выполним расчет по формуле (5) для всех групп электроприемников.

Данные сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Выбор марки, количества жил и сечения кабелей

№ группы	Наименование группы	Марка и сечение кабеля	Ток нагрева ($I_{\text{на}}$), А
1	2	3	4
Вводной автоматический выключатель распределительного устройства		ВВГнг LS 5×10	46
1	Освещение цоколь	ВВГнг LS 3×1,5	0,9
2	Освещение 1 этаж	ВВГнг LS 3×1,5	1,2
3	Освещение 2 этаж	ВВГнг LS 3×1,5	0,9
4	Освещение гараж	ВВГнг LS 3×1,5	0,6
5	Розетки цоколь	ВВГнг LS 3×2,5	13,6

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
6	Розетки 1 этаж, гараж	ВВГнг LS 3×2,5	13,6
7	Розетки 2 этаж	ВВГнг LS 3×2,5	13,6
8	Котел, вентиляция, ворота	ВВГнг LS 3×2,5	2,5
9	«Умный дом»	ВВГнг LS 3×1,5	2
10	Розетка 380 В Цоколь	ВВГнг–LS 5х4	15,7
11	Розетка 380 В Кухня	ВВГнг–LS 5х4	15,7
12	Розетка 380 В Гараж	ВВГнг–LS 5х4	15,7

2.1.5 Выбор осветительных приборов

Уличное освещение будет обеспечиваться тремя светодиодными прожекторами. Прожекторы могут включаться как автоматически по расписанию, так и с выключателя или мобильного устройства.

Прожекторы будут использоваться фирмы «Camelion» LFL–2010–NW C02 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Внешний вид прожектора «Camelion» LFL–2010–NW C02

Технические характеристики прожектора «Camelion» LFL–2010–NW C02:

- тип: светодиодный;
- напряжение/частота, В, Гц: 220/50;
- степень защиты: IP54;
- мощность: 20Вт;
- цветовая температура: 4200К;
- световой поток: 1300лм;

- материал корпуса: металл;
- размеры, мм: 183×100×165.

Количество: 3 шт.

Стоимость: $1800 \times 3 = 5.400$ рублей.

Освещение цокольного этажа и гаража будет осуществляться с использованием энергосберегающих светодиодных ламп в защитном корпусе, с белым свечением, так как в данных помещениях требуется хорошая яркость и надежный корпус для предотвращения попадания пыли и влаги.

Для реализации поставленных задач были выбраны лампы «Camelion» LED20–A65/865/E27 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Внешний вид лампы «Camelion» LED20–A65/865/E27

Технические характеристики лампы «Camelion» LED20–A65/865/E27:

- тип: светодиодная;
- цоколь: E27;
- напряжение/частота, В, Гц: 220/50;
- мощность, Вт: 20;
- световой поток, лм: 1870;
- цветовая температура, К: 6500;
- срок службы, часов: 30000.

Количество: 13 шт.

Стоимость: $205 \times 13 = 2.665$ рублей.

Влагозащищенный светильник «Camelion» 1102S (рисунок 4).



Рисунок 4 – Внешний вид светильника «Camelion» 1102S

Технические характеристики светильника «Camelion» 1102S:

- напряжение/частота, В, Гц: 220/50;
- степень защиты: IP54;
- цоколь: E27;
- мощность лампы, Вт: 100;
- габариты, мм: 235×100.

Количество: 13 шт.

Стоимость: $721 \times 13 = 9.373$ рубля.

Освещение жилых помещений, террасы, балкона, прихожей будет осуществлено с помощью светодиодных светильников «Camelion» LBS-0102 LED (рисунок 5).



Рисунок 5 – Внешний вид светильника «Camelion» LBS-0102 LED

Технические характеристики светильника «Camelion» LBS-0102 LED:

- тип: светодиодный;
- напряжение/частота, В, Гц: 230/50;
- степень защиты: IP30;
- мощность, Вт: 18;
- цветовая температура, К: 4500;

- световой поток, лм: 1440;
- размеры, мм: 330×80;
- материал корпуса: пластик.

Количество: 19 шт.

Стоимость: $472 \times 19 = 8.968$ рублей.

Освещение санузла, ванной, гардероба будут выполнены светодиодными светильниками небольшой мощности во влагозащищенном корпусе. Были выбраны светильники «Camelion» LBL-0112-NW (рисунок 6).



Рисунок 6 – Внешний вид светильника «Camelion» LBL-0112-NW

Технические характеристики светильника «Camelion» LBL-0112-NW:

- тип: светодиодный;
- напряжение/частота, В, Гц: 220/50;
- мощность, Вт: 6;
- степень защиты: IP 65;
- материал: пластик;
- размеры, мм: 78×180;

Количество: 3 шт.

Стоимость: $760 \times 3 = 2.280$ рублей.

Итого: стоимость осветительного оборудования составила 28.686 рублей.

2.1.6 Выбор комплекта «Умный дом»

Главное устройство – контроллер, который выполняет управление и коммутацию всех устройств, подключенных к системе. Для данного проекта был выбран контроллер «Raspberry Pi» (рисунок 7).



Рисунок 7 – Внешний вид контроллера «Raspberry Pi»

Это полноценный компьютер с возможностью подключения любых внешних устройств, а также выходом в интернет. Мощность устройства позволяет справляться с большим объемом задач.

Технические характеристики контроллера «Raspberry Pi»:

- платформа: Broadcom BCM2837;
- процессор: 4×ARM Cortex–A53, 1,2 ГГц;
- видеоускоритель: Broadcom VideoCore IV;
- оперативная память: 1 ГБ LPDDR2 (900 МГц);
- сеть: Ethernet (10/100 Мбит); WIFI: 2,4 ГГц; Bluetooth 4.1 (LE);
- память: microSD;
- питание, В: 5.

Количество: 1 шт.

Стоимость: 3.500 рублей.

Датчики – устройства, которые осуществляют сбор информации о погоде, освещенности, влажности и т.д., отправляют эту информацию на головное устройство.

Датчик температуры и влажности DHT22 (рисунок 8).



Рисунок 8 – Внешний вид датчика DHT22

Технические характеристики датчика DHT22:

- питание, В: от 3 до 5;

- диапазон измерения влажности, %: от 0 до 100;
- точность измерения влажности: от 2 до 5 %;
- диапазон измерения температуры, °С: от минус 40 до плюс 125;
- точность измерения температуры, °С: $\pm 0,5$;
- размеры, мм: 15,1×25×7,7.

Количество: 1 шт.

Стоимость: 240 рублей.

Для контроля температуры наружного воздуха используется датчик DS18B20 в защитном корпусе (рисунок 9).



Рисунок 9 – Внешний вид уличного датчика температуры DS18B20

Технические характеристики датчика температуры DS18B20:

- диапазон измеряемых температур, °С: от минус 55 до плюс 125;
- точность, °С: $\pm 0,5$;
- напряжение питания, В: от 3 до 5,5;
- потребляемый ток при бездействии, нА: 750;
- потребляемый ток при опросе, мА: 1.

Количество: 1 шт.

Стоимость: 320 рублей.

Датчика протечки будет находиться во влажной среде, поэтому беспроводной – лучший выбор. Датчик «Marlboze» JY-D-02 (рисунок 10) работает от батареи 12V23A до полугода.



Рисунок 10 – Внешний вид датчика протечки «Marlboze» JY-D-02

Технические характеристики датчика протечки «Marlboze» JY-D-02:

- батарея: 12v23a;
- дальность действия, метров: ≥ 50 ;
- частота связи, МГц: 433.

Количество: 3 шт.

Стоимость: $277 \times 3 = 831$ рубль.

Беспроводной датчик движения «Fuers Motion sensor» (рисунок 11). Используется для включения освещения, а также выполняет охранную функцию. Работает по сети WIFI.



Рисунок 11 – Внешний вид датчика движения «Fuers Motion sensor»

Технические характеристики датчика движения «Fuers Motion sensor»:

- напряжение, В: 9;
- ток тревоги, мА: менее 15;
- рабочая температура, °С: от минус 10 до плюс 50;
- режим установки: настенный;
- высота установки, метров: 2;
- расстояние обнаружения, метров: от 9 до 18;

- угол обнаружения, градусов: 110.

Количество: 4 шт.

Стоимость: $310 \times 4 = 1.240$ рублей.

Исполнительные устройства – устройства, которые производят переключение питания, отправляют команды по ИК или радиоканалу. В качестве реле используются одноканальные реле до 10 А. Используется реле «Sonoff» (рисунок 12) от компании «ITEAD». Это реле управляется по WIFI сети и имеет возможность подключать различные датчики.



Рисунок 12 – Внешний вид реле «Sonoff»

Технические характеристики реле «Sonoff»:

- напряжение/частота, В, Гц: 220/50;
- максимальный ток, А: 10;
- максимальная мощность, Вт: 2200;
- размеры, мм: 88×38×23;
- влажность, %: от 5 до 95;
- протоколы WIFI: 802.11. b/g/n;
- рабочая температура, °С: от минус 20 до плюс 75.

Количество: 6 шт.

Стоимость: $271 \times 6 = 1.626$ рублей.

Радиочастотный WIFI приемопередатчик ESP01 (рисунок 13) для получения данных с датчиков и отправки их на контроллер.

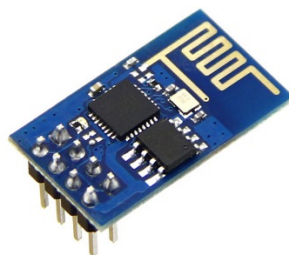


Рисунок 13 – Внешний вид модуля ESP01

Технические характеристики модуля ESP01:

- сеть: WIFI 802.11 b/g/n;
- режимы: клиент, точка доступа;
- выходная мощность, дБ: 19,5;
- напряжение питания, В: от 1.8 до 3.6;
- ток потребления, мА: 220;
- портов GPIO: 4;
- тактовая частота процессора, МГц: 80;
- оперативная память, кб: 96;
- размеры, мм: 13×21.

Количество: 1 шт.

Стоимость: 470 рублей.

Для управления модулем ESP01 потребуется преобразователь напряжения, который может быть вмонтирован в светильник. Используется HLK-PM01 (рисунок 14).



Рисунок 14 – Внешний вид преобразователя HLK-PM01

Технические характеристики преобразователя HLK-PM01:

- входное напряжение, В: 100–240 постоянное;
- максимальный ток, А: $\leq 0,2$;

- КПД, %: 70;
- выходное напряжение, В: 5;
- максимальный выходной ток, А: 0,6;
- рабочий диапазон температур, °С: от минус 20 до плюс 60;
- размеры, мм: 34×20×20;
- масса, грамм: 20.

Количество: 7 шт.

Стоимость: $270 \times 7 = 1.890$ рублей.

Термостат и водопроводный клапан для управления отопительной системой по беспроводной технологии.

В качестве термостата для управления котлом используется SEC–SRT322 (рисунок 15). Реле устанавливается непосредственно на котел, а термостат в помещении. В термостате имеется встроенный датчик температуры.



Рисунок 15 – Внешний вид термостата SEC–SRT322

Технические характеристики термостата SEC–SRT322:

- рабочая частота, МГц: 868;
- тип устройства: портативный контроллер;
- питание: 2×AAA батареи;
- размеры, мм: 86×86×36,25;
- точность температуры, °С: ± 0.5 ;
- диапазон температуры управления, °С: от плюс 5 до плюс 30;
- номинальное импульсное напряжение, В: 1–1500;
- степень защиты: IP30;

- рабочая температура, °С: от плюс 5 до плюс 40;
- изоляция: двойная;
- тип резервной батареи: литиевая.

Количество: 1 шт.

Стоимость: 8.514 рублей.

Для регулирования подачи горячей воды в отопительную систему выбран водопроводный клапан «DEFARO» DAV–101 (рисунок 16) и питающий блок.



Рисунок 16 – Внешний вид клапана «DEFARO» DAV–101

Технические характеристики водяного клапана «DEFARO» DAV–101:

- напряжение/частота, В, Гц: 220/50;
- температура эксплуатации, °С: от минус 10 до плюс 60;
- температура жидкости, °С: от плюс 2 до плюс 90;
- максимальное давление, Мпа: 1;
- протокол: «Z-Wave»;
- мощность радиосигнала, мВт: 2;
- радиус действия в помещении, м: до 45;
- потребляемая мощность в режиме активации, Вт: <0,72;
- потребляемая мощность в режиме ожидания, Вт: <0.2;
- размеры крана с электроприводом, мм: 93×66×65;
- диаметр трубы, мм: 15;
- степень защиты: IP65;

Технические характеристики блока питания:

- напряжение/частота, В, Гц: 220/50;
- выходное номинальное напряжение, В: 5;

- выходной ток, мА: 1000;
- степень защиты: IP50.

Количество: 1 шт.

Стоимость: 8.500 рублей.

Для обеспечения безопасного пользования газовым котлом используем систему контроля утечки газа с клапаном «Sapsan» (рисунок 17).



Рисунок 17 – Внешний вид газового датчика и клапана «Sapsan»

Технические характеристики газового датчика и клапана «Sapsan»:

- напряжение/частота сети: 220В/50Гц;
- потребляемый ток, мА: 110;
- диапазон рабочих температур, °С: от минус 10 до плюс 50.

Количество: 1 шт.

Стоимость: 3100 рублей.

Итого: стоимость оборудования «умного дома» составила 30231 рубль.

2.1.7 Расчет заземляющего устройства

При расчетах заземляющего устройства (ЗУ) с изолированной нейтралью, определяют расчетный ток замыкания на землю I_3 , сопротивление заземляющего устройства R_3 , расчетное сопротивление грунта ρ_p , выбирают электроды, рассчитывают их сопротивление.

Определим R_3 и I_3 по формуле:

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3}, \quad (6)$$

где R_3 – сопротивление заземляющего устройства, Ом, $R_3 \leq 10$ Ом;

I_3 – расчетный ток замыкания на землю, А, $I_3 \leq 500$ А.

Расчетный ток замыкания на землю принимается приближенно.

$$I_3 = \frac{U_H \cdot (35 \cdot L_{KL} + L_{ВЛ})}{350}, \quad (7)$$

где U_H – номинальное линейное напряжение сети, кВ, $U_H = 0,4$ кВ;

$L_{KL}, L_{ВЛ}$ – длина воздушной и кабельной линии, км, $L_{KL} = 50$ м.

Выполним расчет по формуле (7):

$$I_3 = \frac{0,4 \cdot (35 \cdot 0,005 + 0)}{350} = 0,0002 \text{ А,}$$

$$R_{3У1} \leq \frac{250}{0,0002} = 1250000 \text{ Ом.}$$

В электроустановках до 1 кВ $R_3 \leq \frac{250}{I_3}$ не более 4 Ом.

Следовательно, $R_{3У1} = 4$ Ом.

Определим сопротивление грунта по формуле:

$$\rho_p = K_{сез} \cdot \rho, \quad (8)$$

где $K_{сез}$ – коэффициент сезонности, $K_{сез} = 1,9$ для 1 климатической зоны [22, с.40];

ρ – удельное сопротивление грунта, $\rho = 50$ Ом [22, с.41].

Выполним расчет по формуле (8):

$$\rho_p = 1,9 \cdot 50 = 95 \text{ Ом.}$$

Выбор и расчет сопротивления электродов.

Выбираем горизонтальный электрод – стальная полоса 40×4 мм, вертикальный электрод – стальной уголок 50×50×5 [22, с.41].

Сопротивление одиночного вертикального электрода рассчитываем по формуле:

$$r_B = 0,3 \cdot \rho_p, \quad (9)$$

$$r_B = 0,3 \cdot 95 = 28,5 \text{ Ом.}$$

Сопротивление горизонтального электрода рассчитываем по формуле:

$$r_{\Gamma} = \frac{0,4 \cdot \rho_p}{L_{\Pi}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{\Pi}^2}{b \cdot t}, \quad (10)$$

где L_{Π} — длина полосы, м;
 b — ширина полосы, м;
 t — глубина заложения, м.

Выполним расчет по формуле (10):

$$r_{\Gamma} = \frac{0,4 \cdot 95}{12} \cdot \lg \frac{2 \cdot 144}{0,4 \cdot 0,6} = 9,75 \text{ Ом.}$$

Определим сопротивление с учетом коэффициента использования по формулам:

$$R_B = \frac{r_B}{\eta_B}, \quad R_{\Gamma} = \frac{r_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}}, \quad (11)$$

где R_B и R_{Γ} — сопротивление вертикального и горизонтального электродов с учетом коэффициента использования, Ом;
 η_B и η_{Γ} — коэффициенты использования вертикального и горизонтального электродов [22, с.42].

Выполним расчет по формулам (11):

$$R_B = \frac{28,5}{0,69} = 41,3 \text{ Ом;}$$

$$R_{\Gamma} = \frac{9,75}{0,45} = 21,7 \text{ Ом.}$$

Определим сопротивление вертикальных заземлителей с учетом соединительной полосы по формуле:

$$R_B \leq \frac{R_{\Gamma} \cdot R_3}{R_{\Gamma} - R_3}, \quad (12)$$

Выполним расчет:

$$R_B \leq \frac{21,7 \cdot 4}{21,7 - 4} = 4,9 \text{ Ом.}$$

Определяем число вертикальных электродов по формуле:

$$N'_B = \frac{R_B}{R_B \cdot \eta_B}, \quad (13)$$

Выполним расчет:

$$N'_B = \frac{4,9}{4 \cdot 0,69} = 1,78.$$

Достаточное количество электродов – 4. Расположение – квадрат.

2.1.8 Расчет молниезащиты

Согласно «Инструкции по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений», здания и сооружения подразделяются на три категории.

Проектируемый объект относится к третьей категории.

Исходные данные для расчетов:

$$h = 30 \text{ м}, h_x = 8 \text{ м}, B = 12 \text{ м}, n = 4,$$

где h – высота стержневого молниеотвода, м;

h_x – высота защищаемого объекта, м;

B – ширина проектируемого объекта, м;

n – среднегодовое число ударов молнии земной поверхности в месте нахождения объекта (1 км²/год).

Определим параметры молниезащиты для зоны А:

$$h_0 = h \cdot 0,85, \quad (14)$$

$$h_0 = 30 \cdot 0,85 = 25,5 \text{ м.}$$

$$r_0 = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot h) \cdot h, \quad (15)$$

$$r_0 = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 30) \cdot 30 = 31 \text{ м.}$$

$$r_x = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot h) \cdot (h - 1,2 \cdot h_x), \quad (16)$$

$$r_x = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 30) \cdot (30 - 1,2 \cdot 8) = 21,22 \text{ м.}$$

$$h_m = h - h_0, \quad (17)$$

$$h_m = 30 - 25,5 = 4,5 \text{ м.}$$

$$h_a = h - h_x, \quad (18)$$

$$h_a = 30 - 5 = 25 \text{ м.}$$

$$\alpha^2 = \operatorname{arctg} \frac{r_0}{h_0}, \quad (19)$$

$$\operatorname{arctg} \frac{31}{25,5} = 51^\circ.$$

Определим параметры молниезащиты для зоны Б:

$$h_0 = h \cdot 0,92, \quad (20)$$

$$h_0 = 30 \cdot 0,92 = 27,6 \text{ м.}$$

$$r_0 = 1,5 \cdot h, \quad (21)$$

$$r_0 = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ м.}$$

$$r_x = 1,5 \cdot (h - 1,1 \cdot h_x), \quad (22)$$

$$r_x = 1,5 \cdot (30 - 1,1 \cdot 8) = 31,8 \text{ м.}$$

$$h_m = h - h_0, \quad (23)$$

$$h_m = 30 - 27,6 = 2,4 \text{ м.}$$

$$h_a = h - h_x, \quad (24)$$

$$h_a = 30 - 5 = 25 \text{ м.}$$

$$\alpha^2 = \operatorname{arctg} \frac{r_0}{h_0}, \quad (25)$$

$$\operatorname{arctg} \frac{31}{27,6} = 58^\circ.$$

Определим габаритные размеры объекта для каждой зоны молниезащиты (рисунок 18).

Для этого на расстоянии $\frac{B}{2}$ от средней линии параллельно проводится линия до пересечения с окружностью r_x .

Зона А:

$$\varphi^A = \arcsin \frac{B}{2r_x^A}, \quad (26)$$

$$\arcsin \frac{12}{2 \cdot 21,22} = 16^\circ,$$

$$\cos \varphi^A = \cos 16 = 0,96,$$

$$A^A = 2r_x^A \cos \varphi^A, \quad (27)$$

$$2 \cdot 21,22 \cdot 0,96 = 40,7 \text{ м},$$

$$A \cdot B \cdot h_x = 40,7 \cdot 12 \cdot 8.$$

Зона Б:

$$\varphi^B = \arcsin \frac{B}{2r_x^B}, \quad (28)$$

$$\arcsin \frac{12}{2 \cdot 31,8} = 11^\circ,$$

$$\cos \varphi^B = \cos 11 = 0,98;$$

$$A^B = 2r_x^B \cos \varphi^B, \quad (29)$$

$$2 \cdot 31,8 \cdot 0,98 = 62,3 \text{ м},$$

$$A \cdot B \cdot h_x = 62,3 \cdot 12 \cdot 8.$$

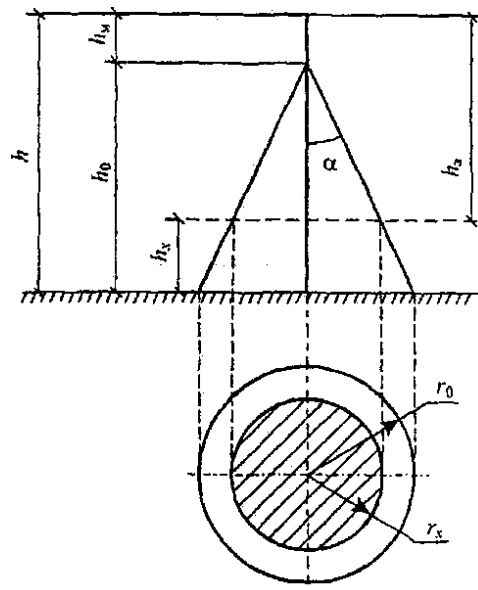


Рисунок 18 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

2.2 Теплоснабжение коттеджа

2.2.1 Расчет тепловых нагрузок

При проектировании учитываются тепловые нагрузки и изменение их в течении времени суток и времени года.

Проектирование осуществляется в соответствии со строительными нормами и правилами:

- СНиП II – 3 – 79 Строительная теплотехника (с Изменениями N 1–4);
- СНиП 2.01.01 – 82 Строительная климатология и геофизика;
- СНиП 2.04.01 – 85 Внутренний водопровод и канализация зданий;
- СНиП 2.04.07 – 86 Тепловые сети;
- СНиП 2.04.05 – 91 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

Система отопления предназначена для поддержания комфортной температуры в помещении.

Необходимая температура обеспечивается равновесием между теплопотерями и поступлением теплоты в здание. Это равновесие определяется как:

$$Q = Q_0 + Q_{\text{вн}}, \quad (30)$$

где Q – суммарные теплопотери здания, Гкал/час;

Q_0 – приток тепла в здание через отопительную систему, Гкал/час;

$Q_{\text{вн}}$ – внутренние источники тепла, Гкал/час.

Для жилых помещений $Q_{\text{вн}} = 0$.

Рассчитаем отопительные нагрузки для отдельных элементов здания:

$$Q = \alpha q_0 V (t_{\text{вр}} - t_{\text{нро}}) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/час}, \quad (31)$$

где q_0 – удельная отопительная характеристика здания, ккал/(м²·ч·К), для жилого дома $q_0 = 0,92$ [22, с.70];

V – объем элемента здания, м³;

$t_{\text{вр}}$ – расчетная температура согласно СанПиН;

$t_{\text{нро}}$ – расчетная температура наружного воздуха, $t_{\text{нро}} = -35^\circ\text{C}$ [22, с.74];

$\acute{\alpha}$ – поправочный коэффициент, учитывающий нелинейность зависимости Q_0 и $(t_{ep} - t_{про})$, $\alpha = 0,95$ [22, с.76].

Выполним расчет по формуле (31) для спальни объемом 36,4 м³:

$$Q = \acute{\alpha}q_0V(t_{ep} - t_{про}) \cdot 10^{-6} = 0,95 \cdot 0,92 \cdot 36,4 \cdot (10 - (-35)) \cdot 10^{-6} = 0,0014 \text{ Гкал/ч.}$$

Выполним расчет для остальных элементов здания. Данные сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Отопительная нагрузка здания

Наименование	Спальня	Гостиная	Кухня	Детская	Ванная	С/У	Холл	Мастерская
$\acute{\alpha} = 0,95$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
q_0 , ккал/(м ² чК)	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
V , м ³	36,4	52	52	36,4	10,4	7,8	57,2	78
t_{ep} , °С	10	10	15	12	12	12	10	10
$t_{про}$, °С	-35	-35	-35	-35	-35	-35	-35	-35
Q , Гкал/ч	0,0014	0,0021	0,0023	0,0015	0,0043	0,0003	0,0022	0,0032

Рассчитаем максимальную отопительную нагрузку:

$$Q_{max} = (0,0014 \cdot 3) + 0,0021 + 0,0023 + 0,0015 + 0,0043 + 0,0003 + 0,0022 + 0,0032 = 0,0201 \text{ Гкал/ч.}$$

Определим среднегодовой расход теплоты, Гкал:

$$Q_0^c = Q_0^{cp} \cdot n_0, \quad (32)$$

где n_0 – продолжительность отопительного периода, ч, $n_0 = 5472$ часов [22, с.78].

Продолжительность отопительного периода, согласно СНиП 2.01.01–82, определяется по числу дней с устойчивой среднесуточной температурой +8°С и ниже, как правило это пять суток. Эту температуру $t_{но} = 8^\circ\text{C}$ принято считать началом и концом отопительного периода для жилых зданий.

Среднегодовая нагрузка за отопительный период определяется по формуле:

$$Q_0 = Q_0 \cdot \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{срн}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{нро}}} \text{ Гкал/ч}, \quad (33)$$

где $t_{\text{срн}}$ – средняя за отопительный период наружная температура воздуха, принимается как $t_{\text{срн}} = -6,4^\circ\text{C}$, согласно СНиП 2.01.01–82.

Выполним расчет по формуле (33):

$$Q_0^{\text{ср}} = 0,0201 \cdot \frac{14 - (-6,4)}{14 - (-35)} = 0,0084 \text{ Гкал/ч},$$

Выполним расчет по формуле (32):

$$Q_0^2 = 0,0084 \cdot 5472 = 45,96 \text{ Гкал}.$$

Для расчета средней тепловой нагрузки для данной климатической зоны по месяцам воспользуемся коэффициентами пересчета на среднюю температуру периода [22, с.77]:

$$Q_0^{\text{ср}} = K Q_0, \quad (34)$$

где
$$K = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{ср}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{нро}}}.$$

Выполним расчет средней тепловой нагрузки данной климатической зоны для января по формуле (34):

$$Q_0^{\text{ср}} = 0,598 \cdot 0,0201 = 0,012 \text{ Гкал/ч}.$$

Аналогично выполним расчеты тепловых нагрузок данной климатической зоны для остальных месяцев. Полученные данные сведем в таблицу 5.

Таблица 5 – Средняя тепловая нагрузка по месяцам

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
K	0,568	0,556	0,435	0,233	0,08	0,259	0,431	0,557
$Q_0^{\text{ср}}$, Гкал/ч	0,012	0,011	0,0087	0,0049	0,0016	0,0052	0,0087	0,011

2.2.2 Расчет тепловых нагрузок на горячее водоснабжение

Расход тепла на горячее водоснабжение (ГВС) рассчитывается по среднесуточному расходу тепла в течении летнего и зимнего периодов по формуле:

$$Q_{\text{звс}}^{\text{сум}} = m_{\text{звс}}^{\text{сум}} \rho_{\text{в}} \bar{C}_{\text{р.в.}} (t_2 - t_x) \cdot 10^{-6} \text{ Гкал/сутки}, \quad (35)$$

Суточный расход горячей воды рассчитывается по формуле:

$$m_{\text{ГВС}}^{\text{сум}} = \frac{n \cdot d_{\text{ср}} \cdot K_{\text{ГВ}}}{1000} \text{ м}^3/\text{сутки}, \quad (36)$$

где $d_{\text{ср}}$ – среднесуточная норма горячей воды на одного потребителя, литров в сутки, $d_{\text{ср}} = 85$ л [22, с.78];

n – расчетное число потребителей, $n = 5$ человек;

$\bar{C}_{\text{р.в.}}$ – удельная теплоемкость воды, $\bar{C}_{\text{р.в.}} = 1$ ккал/(кгК);

t_2 – температура горячей воды в местах водозабора для открытых систем, $t_2 = 60^\circ\text{C}$;

t_x – температура холодной воды для зимнего периода $t_{\text{хз}} = 5^\circ\text{C}$, для летнего $t_{\text{хл}} = 15^\circ\text{C}$;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³;

$K_{\text{ГВ}}$ – коэффициент, учитывающий режим работы, для жителей $K_{\text{ГВ}} = 1$.

Выполним расчет по формуле (36):

$$m_{\text{ГВС}}^{\text{сум}} = \frac{5 \cdot 85 \cdot 1}{1000} = 0,43 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

Рассчитаем среднесуточный расход тепла на ГВС в течении зимнего и летнего периодов по формуле (35):

$$Q_{\text{звсз}}^{\text{сум}} = 0,43 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot (60 - 5) \cdot 10^{-6} = 0,024 \text{ Гкал/сутки};$$

$$Q_{\text{звсл}}^{\text{сум}} = 0,43 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot (60 - 15) \cdot 10^{-6} = 0,019 \text{ Гкал/сутки}.$$

Годовое потребление воды рассчитывается по формуле:

$$m_{\text{ГВС}}^{\text{год}} = \tau_{\text{р}} \cdot m_{\text{ГВС}}^{\text{сум}} \text{ м}^3/\text{год}, \quad (37)$$

где τ_p – число суток работы здания в год, $\tau_p = 365$ дней.

Выполним расчет по формуле (37):

$$m_{ГВС}^{год} = 365 \cdot 0,43 = 157 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Годовой расход тепла на ГВС:

$$Q_{гвсз}^{сут}; Q_{гвсл}^{сут},$$

$$Q_{гвс}^{год} = Q_{гвсз}^{сут} \cdot n_0 + Q_{гвсл}^{сут} \cdot (350 - n_0), \text{ Гкал/год}, \quad (38)$$

где n_0 – продолжительность отопительного периода, выраженное в сутках,

$$n_0 = 228 [22, \text{ с.74}].$$

Выполним расчет по формуле (38):

$$Q_{гвс}^{год} = 0,024 \cdot 228 + 0,019 \cdot (350 - 228) = 7,79 \text{ Гкал/год},$$

Соответственно,

$$Q_{гвсл}^{сут} = Q_{гвсз}^{сут} \cdot \left(\frac{t_2 - t_{хл}}{t_2 - t_{хз}} \right) \cdot K_l, \text{ Гкал/сутки}, \quad (39)$$

где $K_l = 0,8$ в соответствии со СНиП 2.04.07–86*.

Примем продолжительность зимнего периода равной длительности отопительного периода, остальной период летним, выполним расчет по формуле (39):

$$Q_{гвсз}^{сут} = 0,024 \cdot \left(\frac{65 - 15}{60 - 5} \right) \cdot 0,8 = 0,018 \text{ Гкал/сутки}.$$

2.2.3 Годовой график расхода тепла

Построим годовой график расхода тепла на отопление и ГВС в отопительный период.

Таблица 6 – Расход теплоты в отопительный период

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$Q_{гвс}, \text{ Гкал}$	0,72	0,7	0,67	0,46	0,33	0,48	0,55	0,69
$Q_{отп}, \text{ Гкал}$	0,012	0,011	0,0087	0,0049	0,0016	0,0052	0,0087	0,011

Суммируем месячные нагрузки на отопление с нагрузками на ГВС. Сторим график в соотношении суммарной отопительной нагрузки и времени года ежемесячно (рисунок 19).

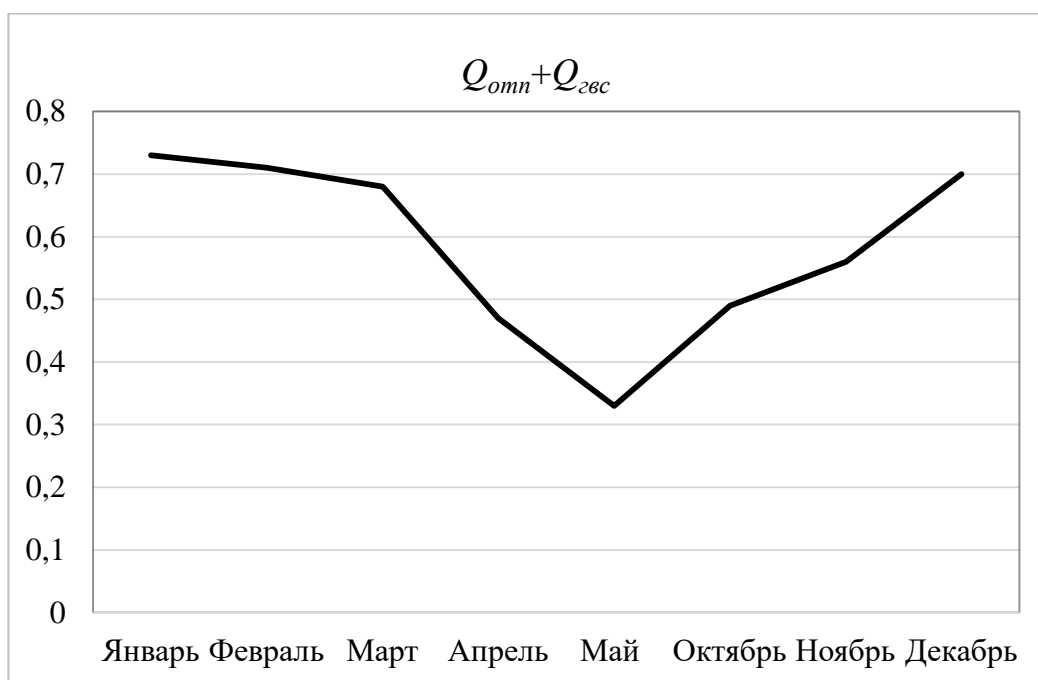


Рисунок 19 – Расход теплоты в отопительный период

Основную часть графика составляет годовая нагрузка на ГВС. Расход тепла на ГВС в отопительный период выше чем в летний.

2.2.4 Выбор отопительного котла и нагревательных приборов

Учитывая расчетные данные максимальной отопительной нагрузки, подбираем отопительный котел соответствующей мощности. Делаем перевод Гкал/ч в кВт. Так как $1 \text{ Ккал/ч} = 1163 \text{ кВт}$, то $0,0201 \text{ Гкал/ч} = 23,4 \text{ кВт}$ – необходимая отопительная мощность.

Выбираем газовый котел THERM 32 TCLN.

Характеристики котла THERM 32 TCLN:

- мощность, кВт: 15–32;
- отапливаемая площадь, м²: 320;
- КПД, %: 90;
- расширительный бак, литров: 10;

- топливо: метан;
- расход топлива, м³/час: 1,89–3,71;
- расход ГВС при Δt=25°C, л/мин.: 16,9;
- расход ГВС при Δt=35°C, л/мин: 12,6;
- диаметр дымохода, мм: 60–100;
- напряжение/частота, В, Гц: 220/50;
- номинальная электрическая мощность на входе, Вт: 120–150;
- габариты, мм (в×ш×д): 830×500×367;
- масса, кг: 42.

Стоимость: 55.000 рублей.

Выбираем нагревательный прибор.

Характерным для теплотехнической оценки является «коэффициент перерасчета» – $K_{пер}$, отношение теплоотдачи 1 м² прибора к теплоотдаче 1 экм его поверхности при одинаковых Δt_m (64,5°C) и условиях подачи воды в прибор.

Теплоотдача прибора зависит от разности Δt_m , расхода теплоносителя, типа прибора, способа его установки и т.д., что учитывается различными поправками β_i , т.е.:

$$Q_1 = 435 \cdot \frac{\Delta t_{mi}}{64,5} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4 \text{ ккал/ч}, \quad (40)$$

где 435 – теплоотдача 1 экм при $\Delta t_m=64,5^\circ\text{C}$, ккал/ч;

Δt_{mi} – фактическая средняя разность температур воды и окружающего воздуха, °C;

β_1 – коэффициент, учитывающий зависимость теплоотдачи приборов от Δt_{mi} ,

$$\beta_1 = \sqrt[n]{(\Delta t_{mi} / 64,5)}, \quad (41)$$

при этом $n = 3$ – для радиаторов.

$$\beta_1 = \sqrt[3]{(64,5 / 64,5)} = 1,$$

$\beta_2 = 1,1-1,2$ – при последовательном соединении приборов;

β_3 – коэффициент, учитывающий расположение горизонтальных рядов труб по вертикали: при двухрядной установке, $\beta_3 = 0,95$;

β_4 – коэффициент, зависящий от способа подачи и отвода воды от прибора, $\beta_4 = 0,9$.

Выполним расчет теплоотдачи прибора по формуле (40):

$$Q_1 = 435 \cdot \frac{64,5}{64,5} \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 409,1 \text{ ккал/ч.}$$

Поверхность нагрева приборов определяется по формуле:

$$F = Q_0 / Q_1, \text{ экм,} \quad (42)$$

где Q_0 – расчетная тепловая нагрузка на отопление, ккал/ч.

Выполним расчет:

$$F = Q_0 / Q_1 = 0,00201/409,1 = 4,9 \text{ экм.}$$

Количество секций устанавливаемого типа в приборе:

$$n_c = F / f_c, \quad (43)$$

где f_c – поверхность одной секции, экм.

Выполним расчет:

$$n_c = F / f_c = 4,9/1,25 = 3,9.$$

Согласно полученным данным, выбираем двухлистовые стальные панели типа МЗ–501–2 в количестве 4 шт.

2.3 Раздел экономики

Выполним сравнительный расчет затрат при установке энергосберегающего освещения и ламп накаливания.

Примем к расчету, что работа светильника 10 часов в сутки. 1 Вт светодиодного светильника равен 9 Вт лампы накаливания и люминесцентных ламп: 1 Вт к 5 Вт соответственно.

Таблица 7 – Сравнительная таблица экономической эффективности

Параметры	Лампа накаливания	Люминесцентная лампа	Светодиодная лампа
Количество ламп, шт	10	10	10
Мощность каждой лампы, Вт	100	20	9
Суммарная мощность ламп, Вт	1000	200	90
Суммарное количество работы часов в день/год, часов	100/36500	100/36500	100/36500
Общее потребление энергии в день/год, кВт	10/3650	2/730	0,9/329
Расход на электроэнергию за год, руб (3 рубля за 1кВт)	10.950.	2.190	987
Затраты на покупку ламп, руб (за 10 штук)	100	1500.	9.000
Срок службы ламп, часов	2.000	7.000	50.000
Затраты на покупку новых ламп, вместо перегоревших за год, руб	100	–	–
Итого, расходов за год, руб	11.050	3.690 .	9.987
Затраты на покупку новых ламп, вместо перегоревших за 5 лет, руб	900	3000	–
Итого расходов за 5 лет, руб	55.750	16.950	13.935

2.4 Раздел безопасности и экологичности

2.4.1 Электробезопасность в бытовых условиях

Воздействие электрического тока на организм человека опасно. Поэтому, проведение работ, связанных с электричеством, должны проводиться в строгом соответствии правилами устройства электроустановок и соблюдения техники безопасности.

Выделим основные причины электротравмотизма в быту:

- нарушение техники безопасности;
- неисправные электроприборы;

- ремонт электрооборудования лицом, не имеющим квалификации.

Общие правила пользования электрооборудованием для предотвращения негативных последствий:

1. Причиной электротравматизма может послужить поврежденная изоляция проводки. Для этого следует, периодически делать внешний осмотр, при возможности, проводить замеры сопротивления изоляции.

2. Все электрооборудование в здании должно иметь защитные автоматические выключатели, которые предотвращают перегорание электроприборов, предупреждают возникновение пожара, защищают человека от негативного влияния электрического тока. Автоматические выключатели, как и другие электроприборы должны соответствовать расчетной нагрузке для предотвращения выхода из строя, возникновения пожара.

3. Следить за исправностью установленных приборов: розеток, выключателей.

4. Плохие контакты, между узлами сети, могут давать искрение, что может послужить причиной пожара. Поэтому, следует проверять места соединения токоведущих частей, проверять сетевые шнуры на предмет излома и т.д.

5. Все электроприборы должны быть исправны, иметь сертификаты, удостоверяющие их надежность, соответствовать напряжению и частоте сети. Электрооборудование должно эксплуатироваться в соответствии с заводскими инструкциями.

6. Доверять ремонт и замену электрооборудования квалифицированному персоналу.

7. Выполнять защитное заземление.

8. Не оставлять на долгое время включенные электроприборы в сеть без присмотра.

Соблюдение этих простых правил поможет продлить срок службы электроприборов и обеспечит их безопасную эксплуатацию.

2.4.2 Экологичность проекта

В данной работе отсутствуют источники загрязнения. В светодиодных светильниках отсутствуют пары ртути. Газовое отопление не загрязняет атмосферный воздух. Нет загрязнения гидросферы и почв. Исходя из этого, проект не нуждается в санитарно–технических мероприятиях, направленных на предотвращение загрязнения окружающей среды.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЮ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

По окончании всех электромонтажных работ, необходимо провести замеры сопротивления заземляющего устройства, для соответствия условиям безопасности людей и защиты электрооборудования. Полученные значения должны соответствовать нормативно–технической документации: ПТЭЭП (п.26.4, табл. 35 и табл.36.) и ПУЭ (п.1.7.101 и Глава 1.8, табл.1.8.38).

Меры безопасности

Работы по измерениям заземляющих устройств должны выполняться в соответствии с правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Работы выполняются по нарядам или распоряжениям.

Технические мероприятия

Должны приниматься меры по защите от воздействия электрического тока. Лицо, производящее замер, должен работать в диэлектрических ботах; диэлектрических перчатках; пользоваться инструментом с изолированными ручками.

Подготовка к работе

Перед началом работ необходимо сделать внешний осмотр. Оцениваются контактные соединения, на отсутствие обрывов и других повреждений, проверяются сварные швы и болтовые соединения.

Во время осмотра нужно убедиться в том, что проведенный монтаж, соответствуют правилам устройства электроустановок.

Прибор М416

Замер осуществляется с помощью электроизмерительного прибора М416 (рисунок 20), на основе компенсационного метода с использованием дополнительного заземлителя и потенциального электрода–зонда.

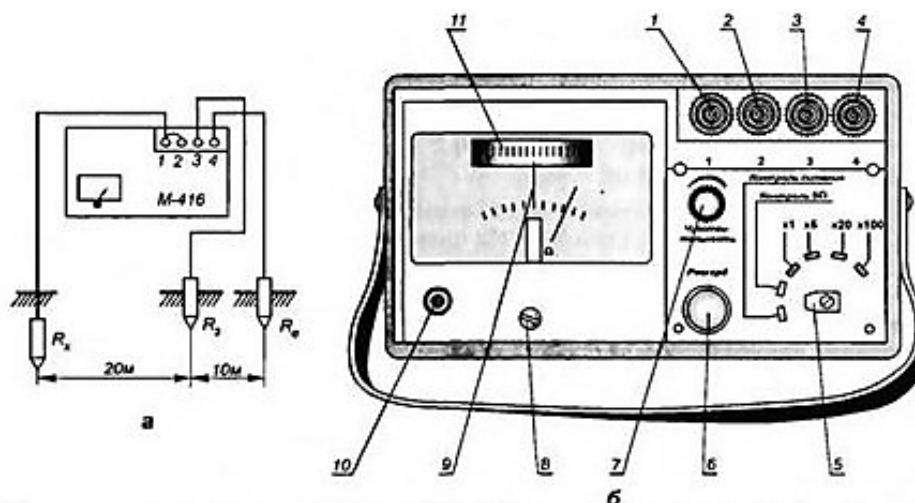
Прибор замеряет:

- сопротивление заземления;

- удельное сопротивление грунта;
- активное сопротивление.

Технические характеристики измерительного прибора М416:

- предел измерений, Ом: от 0,1 до 1000;
- температура эксплуатации, °С: от минус 25 до плюс 60;
- питание, В: 1,5;
- вес, кг: 3;
- размеры, мм: 245×140×160.



Измеритель сопротивления заземлений М—416: а — схема включения прибора; б — внешний вид
 1...4 — зажимы прибора, 5 — переключатель диапазонов измерения и видов контроля, 6 — рукоятка «Реохорд»,
 7 — регулятор чувствительности, 8 — винт корректора стрелочного индикатора, 9 — стрелочный индикатор, 10 —
 кнопка, 11 — шкала реохорда

Рисунок 20 – Измеритель сопротивления заземлений М–416

Время проведения измерений

Замеры следует проводить летом в сухую погоду, при полном просыхании грунта или в зимний период, при полном его промерзании, т.е. при большем удельном сопротивлении (ПТЭЭП, п.2.7.13). Если измерения проводятся при других условиях, то следует вводить поправочный коэффициент.

Порядок проведение работ с помощью прибора М416

1) установить прибор на ровной поверхности (горизонтальное положение);

2) выполнить калибровку прибора. Переключатель диапазонов измерения ставим в положение «Контроль 5Ω ». Нажимаем на красную кнопку и, вращая ручку реохорда, устанавливаем стрелку прибора на ноль. Если шкала $5\pm 0,3\ \text{Ом}$ – прибор откалиброван;

3) прибор необходимо расположить как можно ближе к измеряемому заземлителю, чтобы уменьшить влияние сопротивления соединительных проводов, между выводами (1), (2) и R_x ;

4) выбрать требуемую схему подключения. Для измерений сопротивления более $5\ \text{Ом}$ или относительно больших сопротивлений, выводы (1) и (2) соединяют перемычкой – соединение трехзажимное (рисунок 21). При такой схеме соединения, результат измерения учитывает сопротивление провода, между R_x и (1) выводами;

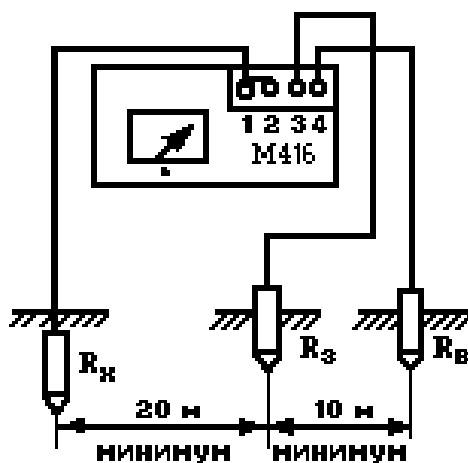


Рисунок 21 – Трехзажимная схема измерения сопротивления:

R_x – измеряемое сопротивление заземляющего устройства; R_z – зонд; R_g – вспомогательный заземлитель

Если необходимы более точные замеры, менее $5\ \text{Ом}$, то следует применять четырехзажимную схему соединения (рисунок 22), сняв перемычку между выводами (1) и (2).

При этом исключается погрешность от соединительных проводов.

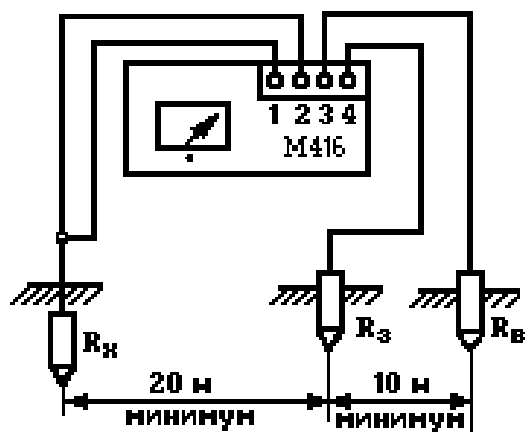


Рисунок 22 – Четырехзажимная схема измерения сопротивления:
 R_x – измеряемое заземляющее устройство; R_z – зонд; R_e – вспомогательный заземлитель

Для сложных заземлителей (рисунок 23, 24), выполняются аналогичные схемы соединения, между R_x и R_z , должно быть расстояние не менее 5-кратного расстояния между двумя более удаленными заземлителями, плюс 20 метров.

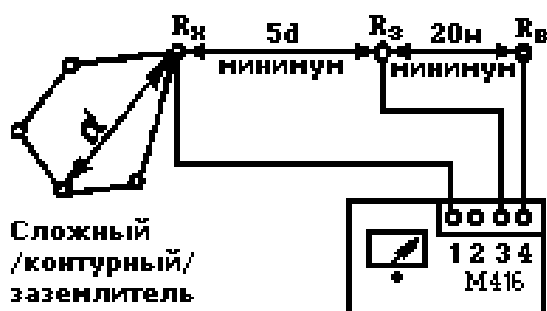


Рисунок 23 – Трехзажимная схема для сложного заземлителя

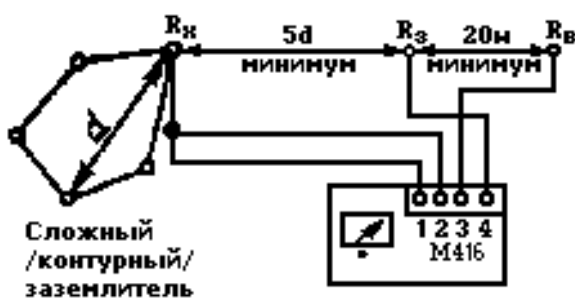


Рисунок 24 – Четырехзажимная схема для сложного заземлителя

5) стержень зонда и вспомогательного заземлителя забить в грунт на глубину не менее, чем на полметра;

7) место соединения следует зачистить;

8) переключить диапазон измерений в положение «×1». Нажимаем на красную кнопку. Вращая реохорд, устанавливаем стрелку на ноль. Если сопротивление заземлителя более 10 Ом, то устанавливаем диапазон в положение «×5», «×20» или «×100»;

9) умножить показания шкалы реохорда на установленное положение переключателя диапазонов «×1», «×5», «×20» или «×100» и получаем результат;

10) после завершения работ занести полученные данные в протокол на основании ГОСТ Р 50571.16–2007.

Периодичность проверки

Периодичность проверки проводится по графику согласно нормам, указанным в ПТЭЭП (п.2.7.8. – 2.7.15). Визуальный осмотр видимых частей заземляющих устройств должен проводиться не реже 1 раза в 6 месяцев. Осмотр с выборочным вскрытием грунта, проводится не реже одного раза в 12 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был разработан проект энергоснабжения коттеджа с элементами интеллектуального здания.

Был произведен расчет электрических нагрузок. Согласно расчетной нагрузке здания, было подобрано электрооборудование: осветительные приборы, выбран кабель, подобраны устройства защитного отключения, выбраны элементы «Умного дома», для автоматизации освещения, отопления, вентиляции.

Были выбраны осветительные приборы с низким энергопотреблением. В проекте использованы светодиодные светильники, для освещения жилых помещений, так и светодиодные лампочки в защитном корпусе, для освещения цокольного этажа и гаража.

Установка комплекса «Умный дом», на беспроводной передаче данных, дает большие возможности по дальнейшей модернизации системы, ее усовершенствование, дополнении, без лишних затрат на установку, так как не требуется прокладка новых кабельных трасс.

В разделе экономики приведен сравнительный анализ светового оборудования, из которого видны преимущества светодиодных энергосберегающих ламп, их экономическая выгода, больший срок работы, отсутствие специальной утилизации, по сравнению с лампами накаливания.

В разделе безопасность были даны рекомендации по безопасному пользованию электрооборудованием в бытовых условиях.

Разработано методическое указание по измерению сопротивления защитного заземления.

При разработке выпускной квалификационной работы, была достигнута цель экономической эффективности, за счет применения новых технологий – использование более эффективного осветительного оборудования, автоматизации коммуникаций здания, использование современных аппаратов и устройств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 31–110–2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.
2. СНиП 23–05–95* Естественное и искусственное освещение.
3. ГОСТ 12.1.019–96 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
4. ГОСТ 12.1.030–96 ССБТ Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
5. ГОСТ 12.1.004–96 Пожарная безопасность общие требования.
6. СНиП 2.04.05–91* Отопление, вентиляция и кондиционирование.
7. Правила устройства электроустановок / Минэнерго РФ – 7-е изд., 2002. – 552 с.
8. СНиП 12–03–2001 Безопасность труда в строительстве.
9. 15.1И1Б 01–03 Правила пожарной безопасности в РФ.
10. СО 153–34.21.122–2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
11. Бурман А.П., Розанов Ю.К., Шкарян Ю.Г. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем: учебное пособие. Москва: Изд. МЭИ, 2012. – 336 с.
12. Беспалов В.И. Системы и источники энергоснабжения: учеб. пособие. – Томск, ТПУ, 2011. – 213 с.
13. Вагин Г.Я., Петрицкий С.А. Энергоснабжение: комплекс учебно-метод. мат – Нижегород. гос. техн. университет, Н. Новгород, 2007. – 92 с.
14. Григораш О.В. Особенности проектирования систем автономного электроснабжения/ О.В. Григораш, Д.В. Мельников, С.В. Мелехов // Промышленная энергетика. -2001.-№12.
15. Гофман Э.Б., Миляев В.М., Смирнова Н.А. Дипломное проектирование. Методические рекомендации по выполнению дипломных проектов (работ). Екатеринбург, 2000. – 48 с.

16. Григорьев В.И., Киреева Э.А., Минтюков А.П., Чохонелидзе А.Н. Электроснабжение и электрооборудование жилых и общественных зданий. М.: Энергоиздат, 2003. – 212 с.
17. Данилов О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: Москва: Московский энергетический институт (Технический университет), 2010. – 226 с.
18. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие. Томск, 2005. – 168 с.
19. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. Часть 2. Расчет токов короткого замыкания в электроустановках до 1000 В: Учеб. пособие. Томск, 2009. – 168 с.
20. Куценко Г.Ф. Охрана труда в электроэнергетике. Практическое пособие. Москва: Дизайн ПРО, 2005. – 784 с.
21. Мансуров В.А. Основы энергосбережения: Учеб. – метод. пособие – Мн.: БГМУ, 2010. – 79 с.
22. Морозова И.М., Кузнецов Ю.В. Проектирование схем энергоснабжения промышленных предприятий и городов: Учеб. пособие. Екатеринбург, 2004.
23. Молодежникова Л.И. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: Учеб. пособие. – Томск, ТПУ, 2011. – 205 с.
24. Павлюченко Д.А., Хохлова С.В. Технология проектирования электрического освещения: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 56с.
25. Нестеренко В. М. Технология электромонтажных работ: учеб. пособие. Москва: Изд. «Академия», 2004. – 592 с.
26. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учеб, для студ. сред. проф. образования / Юрий Дмитриевич Сибикин. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.;

27. Файбисович Д. Л. Справочник по проектированию электрических сетей / под редакцией Д. Л. Файбисовича. – 2-е изд., переработанное и дополненное. Москва: издательство НЦ ЭНАС, 2006. – 352 с.;

28. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети жилых и общественных зданий. Москва: Энергоатомиздат, 2001. – 304 с.;

29. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования / Шеховцов В. П. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 214 с.;

30. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: учеб, пособие для студ. высш. учеб, заведений – Москва: Изд. «Академия», 2007. – 160 с.