

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

ПЦК «ЭД»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)

на тему «Разработка проекта электроснабжения частного домовладения в г.
Лысьва с использованием технологии "Умный дом"»
обучающегося группы ЭС9-22-1 СПО по специальности
13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)»

Батырь Никита Олегович

Фамилия имя отчество студента

Руководитель работы: _____ \ Бурцев С.А. \

Консультант по
организационно -экономической части: _____ \ Стругова Л.А. \

Консультант по
охране труда _____ \ Тороцин А.К. \

Рецензент: _____ \ _____ \

Допуск к защите: _____ \ _____ \

Лысьва, 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1. Понятие и сущность системы «Умный дом».....	6
1.2. Классификация по способу управления.	7
1.2.1. Централизованные системы управления.	7
1.2.2. Децентрализованные (распределенные) системы управления.	8
1.2.3. Комбинированные системы управления.....	8
1.3. Классификация по способу передачи информации.	9
1.3.1. Проводные системы.....	9
1.3.2. Беспроводные системы.....	9
1.4. Структура проекта «умный дом».....	11
1.5. Комплексная подсистема безопасности.....	12
1.5.1. Охранная сигнализация и система видеоконтроля.	12
1.5.2. Пожарная безопасность.....	15
1.5.3. Защита от протечек воды.....	16
1.6. Подсистема обеспечения комфорта и энергоэффективности.	18
1.6.1. Управление освещением.....	18
1.6.2. Управление микроклиматом.....	19
1.6.3. Автоматизация жалюзи и рольставней.....	20
1.6.4. Управление системой отопления.....	22
1.7. Выбор коммутационной аппаратуры для щита распределительного.	23
1.8. Применение встраиваемых реле для автоматизации ворот.....	25
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	27
2.1. Описание объекта внедрения и выбор схемы управления.....	27
2.2. Принцип построения и каналы связи.....	28
2.3. Состав и характеристики используемого оборудования.	28
2.3.1. Управляющий хаб.....	28
2.3.2. Защитно-коммутационные аппараты Werkel.....	29
2.3.3. Сенсоры пожарной безопасности.	30

2.3.4. Датчики обнаружения протечек (Fibaro FGFS-101).	31
2.3.5. Управляемые розетки с функцией учёта электроэнергии.....	32
2.3.6. Извещатели открытия дверей и окон.....	33
2.3.7. Датчики движения и освещённости (NEO Coolcam).	34
2.3.8. IP-камеры видеонаблюдения.	35
2.3.9. Звуковой оповещатель (Z-Wave сирена).....	36
2.3.10. Датчики температуры и влажности (BleBox tempSensor AC).....	37
2.3.11. Приточные вентиляционные клапаны (AEROPAC Z-Wave).	38
2.3.12. Модуль управления рольставнями.	40
2.3.13. Система автоматического перекрытия воды (Neptun Smart + TuYa). .	41
2.3.14. Управление отопительным оборудованием.....	42
2.3.15. Управление гаражными воротами (Qubino Flush 1D Relay).	43
3. ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ.....	45
3.1. Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации интеллектуальной системы электроснабжения частного дома.	45
3.2. Мероприятия по обеспечению электробезопасности в доме с системой «Умный дом».....	46
3.3. Экологическая эффективность применения технологии «Умный дом».....	48
4. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	50
4.1. Расчет капитальных затрат (Кумн).....	50
4.2. Расчет годовой экономии на энергоресурсах (ΔЭгод).....	52
4.3. Общая годовая экономия электроэнергии.	53
4.4. Годовой экономический эффект.	54
4.5. Срок окупаемости проекта.	54
4.6. Коэффициент рентабельности инвестиций (ROI).....	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	56

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе экономического развития наблюдается устойчивый рост сектора услуг и ужесточение стандартов качества жизни населения. В данной ситуации вложения в объекты инфраструктуры и интеграция новейших технологических решений выступают в роли основных драйверов конкурентоспособности и бытового удобства. Одним из наиболее стремительно прогрессирующих векторов выступает роботизация жилых пространств, выходящая за рамки элементарного применения бытовых электроприборов и формирующая многокомпонентный инженерный комплекс.

Наиболее ярким примером такой технологии является концепция «Умный дом». Данная система активно развивается и адаптируется под различные типы объектов, от многоквартирных комплексов до индивидуальных домовладений, обеспечивая синергетический эффект от объединения всех инженерных коммуникаций под единым управлением.

«Умное домовладение» представляет собой современную экосистему для диспетчеризации и автоматизации инженерно-технических систем строения. Она аккумулирует в себе измерительные сенсоры, управляющие блоки и исполнительные модули, позволяющие в автоматическом либо полуавтоматическом режиме регулировать освещение, обогрев, воздухообмен, безопасность и прочие функции.

Ключевая задача подобного подхода - организация безупречного уровня комфорта в сочетании с высокой энергетической эффективностью и эксплуатационной надёжностью здания.

Актуальность данного дипломного проекта обусловлена растущим спросом на энергоэффективные и комфортные решения в сфере индивидуального жилищного строительства, в частности, в городе Лысьва. Внедрение технологии умного дома позволяет перейти на качественно новый уровень управления ресурсами, что особенно важно в условиях современной экономики. Разработка проекта электроснабжения на базе данной технологии

является своевременной задачей, отвечающей как запросам потребителей, так и современным тенденциям цифровизации жилого фонда.

Целью дипломного проекта является формирование проектного решения по электроснабжению частного жилого строения, находящегося в городе Лысьва, с внедрением автоматизированной управляющей системы «Умный Дом». Для достижения поставленной цели мне необходимо решить несколько задач:

1. Проанализировать существующие архитектуры систем «Умный дом» и обосновать выбор комбинированной схемы управления для одноэтажного домовладения в г. Лысьва.
2. Разработать однолинейную схему электроснабжения с распределением нагрузок по 11 групповым линиям и подобрать коммутационное оборудование.
3. Сформировать перечень оборудования автоматизации с указанием количества, технических характеристик и мест установки.
4. Выполнить экономический расчёт затрат на реализацию проекта и предложить мероприятия по охране труда при эксплуатации электроустановок.

1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Понятие и сущность системы «Умный дом».

Под термином «Умный дом» понимается совокупность взаимосвязанных, согласованно действующих автоматизированных модулей, отвечающих за функционирование всех инженерных коммуникаций объекта.

Область применения рассматриваемой технологии охватывает сегменты от коммерческой недвижимости до частных жилых строений. Основное предназначение интеллектуальной платформы, это создание максимально удобной среды обитания путём подстройки рабочих параметров под индивидуальные запросы пользователя и организация упрощённого доступа к управлению бытовыми электроприборами. Обеспечение безопасности также входит в перечень приоритетных функций подобных систем.

Функционирование интеллектуальной системы «Умный дом» строится на решении следующих задач:

- организация каналов связи между отдельными устройствами (проводные соединения, протоколы Z-Wave, ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi и другие);
- постоянный контроль текущего состояния всех элементов системы;
- фиксация происходящих событий, их обработка и сохранение в архив;
- исполнение операций согласно заложенным алгоритмам и сценариям.

Управляющие функции могут быть переданы на любой гаджет, на котором установлено соответствующее программное обеспечение. Используя такое устройство, владелец способен самостоятельно конфигурировать параметры работы «Умного дома». Управляющий девайс относится к серверному сегменту, тогда как контроллер выполняет роль посредника между ним и полевыми датчиками, координируя действия подключённого оборудования.

Основополагающая идея концепции заключается в том, что единый управляющий центр согласованно координирует работу всех инженерных подсистем, обеспечивая их взаимодействие по заданным алгоритмам. Это позволяет не только автоматизировать рутинные процессы, но и создавать сложные сценарии поведения системы в зависимости от изменения внешних и внутренних факторов.

Функциональные возможности современных систем автоматизации жилья чрезвычайно разнообразны. Например, к моменту пробуждения жильцов система может обеспечить прогрев полов в санитарных помещениях, активировать музыкальное оборудование, отрегулировать параметры микроклимата до заданных значений, управлять положением жалюзи для оптимального естественного освещения и выполнять множество других операций.

1.2. Классификация по способу управления.

1.2.1. Централизованные системы управления.

В таких системах все процессы контролируются единым программируемым логическим контроллером (ПЛК) высокой производительности. К данному центральному устройству стекается информация от всех датчиков, и от него же исходят команды ко всем исполнительным механизмам. Основными достоинствами централизованной архитектуры являются:

- возможность интеграции оборудования различных производителей;
- единый интерфейс управления всеми подсистемами;
- способность реализовывать многоступенчатые сложные алгоритмы с использованием циклов и логических условий.

Критическим недостатком следует считать высокую зависимость работоспособности всей системы от состояния центрального контроллера. Выход из строя этого элемента приводит к полной остановке автоматизированного управления. Учитывая круглосуточный режим

эксплуатации, к надежности контроллера предъявляются повышенные требования. Пример системы на рисунке 1.

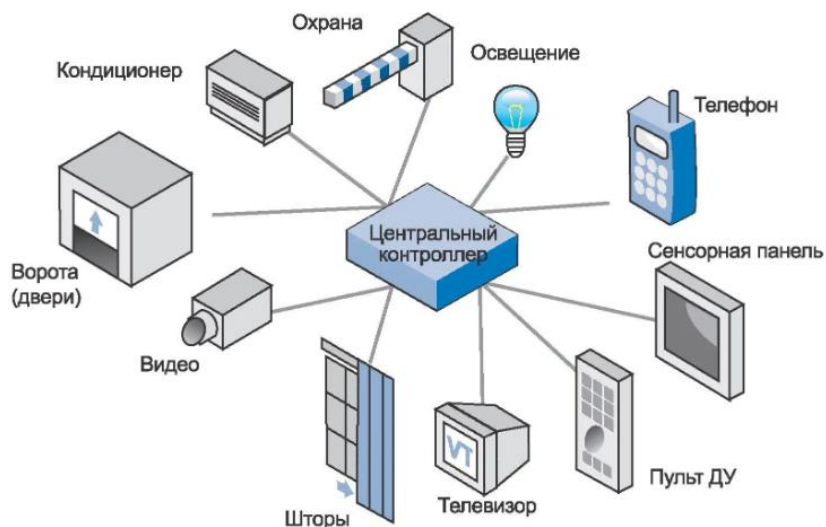


Рисунок 1 — Централизованная система управления.

1.2.2. Децентрализованные (распределенные) системы управления.

В данной архитектуре функции управления распределены между несколькими периферийными контроллерами, каждый из которых отвечает за определенную зону или подсистему (например, управление освещением, климат-контроль, безопасность). Периферийные контроллеры функционируют автономно, обладая собственным питанием и запрограммированной логикой работы.

Преимущества децентрализованной системы:

1. Гибкость и масштабируемость: Добавление или замена устройств происходит без перенастройки центрального контроллера. Каждое устройство работает автономно и само взаимодействует с другими.
2. Отказ одного элемента не парализует систему, остальные устройства продолжают функционировать независимо.
3. Обработка информации на местах минимизирует передачу данных по сети и снижает риски утечек.

Недостатком является сложность организации единого информационного пространства и диагностики состояния системы в целом.

1.2.3. Комбинированные системы управления.

Комбинированный подход позволяет объединить достоинства обоих типов систем, минимизируя их недостатки. Такие решения становятся все более популярными, поскольку современные технологии стирают грань между «чисто» проводными и беспроводными системами. Суть гибридной архитектуры заключается в использовании контроллера, способного одновременно работать с устройствами, подключенными по проводной сети (например, RS-485 с протоколом Modbus), и с беспроводными устройствами (например, по Zigbee или Z-Wave).

Недостатком является повышенная сложность программирования и наладки.

1.3. Классификация по способу передачи информации.

1.3.1. Проводные системы.

Проводные системы представляют собой классический и наиболее надежный подход к автоматизации зданий, при котором все компоненты, а именно: датчики, исполнительные устройства и контроллеры соединяются между собой с помощью физических кабелей. В качестве среды передачи данных могут использоваться специализированные шины (например, RS-485, KNX, Modbus), витая пара (Ethernet) или стандартные электрические провода.

Управление в таких системах чаще всего осуществляется централизованно через главный контроллер или сервер, который физически располагается в доме, нередко в специально выделенном помещении по типу серверной

Достоинства проводных систем: высокая надежность, стабильность сигнала, защищенность от помех, высокие скорости обмена данными. Основным недостатком является необходимость прокладки кабелей на этапе строительства или капитального ремонта, высокая трудоемкость монтажа и сложность последующей модернизации.

1.3.2. Беспроводные системы.

В беспроводных системах обмен данными между устройствами происходит по радиоканалу с использованием таких протоколов, как Wi-Fi,

Zigbee, Z-Wave, Bluetooth, Thread и других. Центральным элементом, как правило, выступает хаб или шлюз, хотя некоторые Wi-Fi устройства могут подключаться напрямую к роутеру. Благодаря отсутствию проводов монтаж таких систем предельно прост и не требует специальной подготовки, а устройства можно установить и настроить самостоятельно в уже готовом интерьере.

Главные достоинства беспроводных решений - гибкость и доступность. Их легко масштабировать, добавляя новые компоненты в любой момент, а при необходимости устройства можно перенести в другое место или даже забрать с собой при переезде. Стоимость оборудования значительно ниже проводных аналогов.

Современные технологии и качественные бренды обеспечивают высокую стабильность и отказоустойчивость таких систем, например, благодаря ячеистой топологии (mesh-сетям) протоколов Zigbee и Z-Wave, где каждое устройство может выступать ретранслятором сигнала.

Недостатки беспроводных систем связаны с их физической природой. Работа устройств зависит от качества радиосигнала и может подвергаться помехам от бытовых приборов или строительных конструкций, что иногда приводит к появлению «слепых зон». Многие датчики питаются от батареек, которые требуют периодической замены. Кроме того, при большом количестве устройств возможны конфликты и задержки, а уровень защиты от перехвата сигнала у беспроводных систем объективно ниже, чем у проводных. Пример беспроводной системы на рисунке 2.



Рисунок 2 — Беспроводная система подключения датчиков.

В современных системах «Умный дом» используется несколько основных беспроводных протоколов. Выбор протокола определяет совместимость устройств разных производителей.

Wi-Fi: использует прямое подключение устройств к роутеру. Обеспечивает высокую скорость передачи данных, что идеально для видеокamer, но требует большого энергопотребления, что ограничивает использование в батарейных датчиках.

Bluetooth (в т.ч. BLE): протокол для прямой связи на коротких расстояниях. Часто используется для первоначальной настройки устройств или в связке с телефонами. Mesh-версии (Bluetooth Mesh) начинают применяться в автоматизации, но менее распространены.

ZigBee и Z-Wave: это два самых популярных протокола для Умного дома. Их ключевая особенность, это ячеистая топология (Mesh-сеть). Каждое устройство (даже работающее от батарейки) может выступать ретранслятором сигнала для других, что значительно увеличивает зону покрытия и надежность сети. Они характеризуются сверхнизким энергопотреблением, что позволяет датчикам работать годами от одной батарейки.

1.4. Структура проекта «умный дом».

Современная система «Умный дом» представляет собой сложный многоуровневый комплекс, целью которого является обеспечение безопасности, комфорта и энергоэффективности объекта. Пример на рисунке 3.

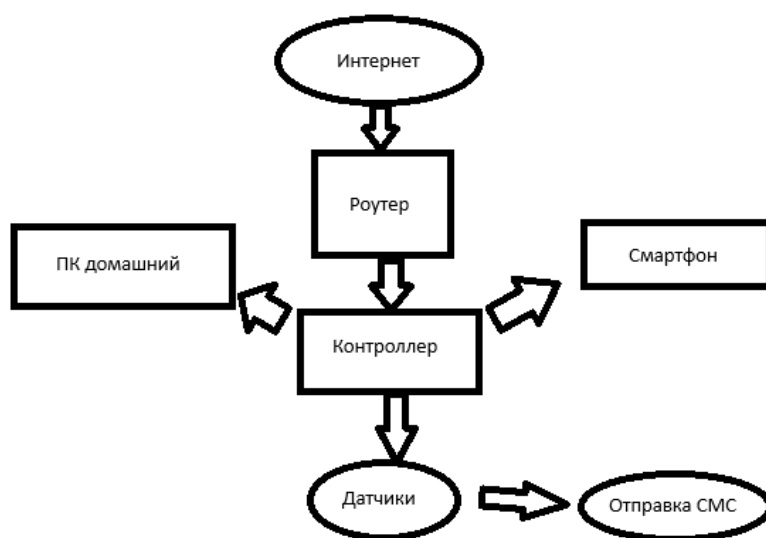


Рисунок 3 — Структура умного дома

Архитектура любой такой системы, независимо от её сложности, базируется на взаимодействии трех основных компонентов:

- сенсоры (датчики), собирающие первичную информацию;
- контроллеры, обрабатывающие информацию с датчиков и принимающие решения;
- исполнительные устройства (актуаторы), непосредственно реализующие команды.

В зависимости от решаемых задач, все компоненты системы могут быть сгруппированы в функциональные подсистемы.

1.5. Комплексная подсистема безопасности.

Для частного дома, расположенного на обособленном участке, вопросы безопасности выходят на первый план. Подсистема безопасности должна обеспечивать защиту как от внешних угроз (проникновение), так и от внутренних аварийных ситуаций (пожар, протечка воды).

1.5.1. Охранная сигнализация и система видеоконтроля.

Одной из ключевых задач при проектировании интеллектуальной системы безопасности является реализация гибкой логики управления, учитывающей различные жизненные сценарии пользователя. В отличие от традиционных охранных систем, предлагающих лишь два состояния «Охрана» и «Снято». Современные платформы «Умного дома» позволяют реализовать многоуровневую систему с несколькими специализированными режимами. В рамках данной работы для управления охранной сигнализацией используется приложение Heimdall. Данное приложение предназначено для превращения контроллера в полноценную систему наблюдения и поддерживает гибкую настройку режимов охраны.

Heimdall предоставляет возможность создания трех основных режимов наблюдения, которые могут быть адаптированы под потребности пользователя:

- Режим «Снято» (Disarmed). Все датчики деактивированы, система не реагирует на срабатывания. Используется в моменты, когда кто-то находится дома и активен.

- Режим «Полная охрана» (Armed). Активируются все подключенные датчики: открытия дверей и окон, движения, освещенности. Предназначен для периода отсутствия жильцов.

- Режим «Частичная охрана» (Partially Armed). Активируется ограниченный набор датчиков, обычно исключая зоны, где могут находиться люди ночью (например, датчики движения в спальне или коридоре при ночном походе на кухню). Данный режим особенно актуален для ночного времени.

Разграничение режимов позволяет избежать ложных срабатываний и делает систему удобной для ежедневного использования, что является важным требованием к современным охранным системам.

Охрана периметра и внутренних помещений дома строится на многоуровневом принципе, где каждый следующий рубеж срабатывает, если предыдущий был преодолен, а именно:

Датчики открытия дверей и окон (магнитоконтактные).

Первым рубежом защиты являются датчики открытия, устанавливаемые на все точки потенциального проникновения. Принцип их действия основан на замыкании или размыкании геркона под воздействием магнитного поля. Датчик состоит из двух частей: магнита на подвижной части (створка окна, дверное полотно) и геркона на неподвижной части (рама, дверная коробка).

В закрытом состоянии контакты геркона замкнуты. При открытии окна или двери магнит удаляется, контакты размыкаются, и датчик мгновенно отправляет по Z-Wave радиоканалу сигнал тревоги на центральный контроллер. Установка этих датчиков позволит контролировать входную дверь, окна первого этажа, а также, при необходимости, окна второго этажа, доступные с козырька или приставной лестницы.

Важным преимуществом выбранного типа датчиков является наличие встроенного датчика температуры, что позволяет использовать их для дополнительного контроля микроклимата (например, фиксации открытого окна зимой для отключения отопления в этой зоне).

Датчики движения и освещенности.

Для контроля внутреннего объема помещений используются комбинированные датчики движения и освещенности. Их работа базируется на пироэлектрическом инфракрасном сенсоре (PIR), который реагирует на изменение теплового излучения от движущегося человека. Специальная линза Френеля разбивает пространство на сектора, обеспечивая широкий угол обзора (до 110 градусов) и дальность обнаружения до 7 метров.

Встроенный датчик освещенности (фоторезистор) позволяет использовать устройство не только в охранных целях, но и для автоматизации освещения. Типовые сценарии для частного дома:

– Охранный режим (ночью или в отсутствие хозяев): «ЕСЛИ датчик движения в гостиной сработал, И режим «Охрана» включен, ТО включить сирену, отправить push-уведомление владельцу и начать запись на IP-камеры».

– Комфортный режим (вечером): «ЕСЛИ датчик движения в коридоре сработал, и освещенность ниже порога, ТО включить свет в коридоре на 30% яркости на 3 минуты».

IP-камеры видеонаблюдения.

Визуальный контроль является важнейшим элементом доказательной базы и мониторинга. В проекте используются IP-камеры. Их ключевые преимущества для частного дома:

– Цифровой сигнал: высокое разрешение и возможность удаленного доступа через интернет.

– Поддержка PoE (Power over Ethernet): питание и передача данных по одному кабелю Ethernet, что упрощает монтаж и повышает надежность.

– Ночной режим: ИК-подсветка обеспечивает качественную съемку в полной темноте.

– Интеграция с центральным контроллером позволяет реализовать сценарии: «ЕСЛИ сработал датчик движения на улице, ТО включить запись на камере, повернуть ее в сторону сработавшего датчика и отправить снимок на телефон владельца».

Сирена.

Завершающим элементом охранной подсистемы является Z-Wave сирена Everspring SE812. Ее задачей является мощное звуковое (до 100 дБ) и световое оповещение о тревоге. В частном доме это важно, как для отпугивания злоумышленников, так и для оповещения жильцов о пожаре. Работа от батарей гарантирует функционирование сирены даже при отключении электроэнергии, что актуально для загородного жилья.

1.5.2. Пожарная безопасность.

Для обнаружения возгорания на ранней стадии в каждой жилой комнате, кухне и коридорах устанавливаются оптические датчики дыма. Принцип их действия основан на регистрации рассеивания инфракрасного излучения частицами дыма. Внутри камеры датчика находятся светодиод и фотоприемник, расположенные под углом. В чистом воздухе луч не попадает

на приемник, но при появлении дыма свет рассеивается и фиксируется сенсором.

Помимо оптического сенсора, датчик оснащен термодатчиком, который срабатывает при резком повышении температуры выше 60°C. Это позволяет обнаруживать пожары с «чистым» горением (без дыма). При срабатывании датчик активирует собственную встроенную сирену, отправляет сигнал на контроллер. Контроллер, в свою очередь, может включить основные сирены, разблокировать двери для эвакуации, отключить вентиляцию (чтобы не нагнетать кислород в очаг возгорания) и отправить тревожные сообщения владельцу и, при настройке, в службу спасения.

1.5.3. Защита от протечек воды.

Для индивидуального жилого дома с собственной системой водоснабжения или подключением к центральному водопроводу, аварии, связанные с протечкой воды, могут привести к серьезным последствиям и значительному материальному ущербу. Затопление может произойти из-за разрыва шланга стиральной машины, поломки смесителя, протечки радиатора отопления или разгерметизации труб. Поэтому подсистема защиты от протечек является одним из ключевых элементов обеспечения безопасности.

В разрабатываемом проекте для детектирования и локализации протечек используется комплексное решение на базе модуля управления шаровых кранов с электроприводом и совместимых датчиков протечки.

Функционально система защиты от протечек включает три категории устройств: датчики (сенсоры), контроллер (логический модуль) и исполнительные устройства (краны с сервоприводами).

Для обнаружения воды используются проводные и/или беспроводные датчики, которые размещаются в зонах потенциального риска: на полу под стиральной и посудомоечной машиной, под раковиной и ванной, у унитаза, рядом с бойлером и радиаторами отопления, за унитазом.

Принцип работы датчиков основан на измерении электропроводности среды. Контакты датчика находятся в нормально разомкнутом состоянии. При

попадании воды цепь между контактами замыкается, так как вода (особенно водопроводная с растворенными солями) является проводником электрического тока. Датчик мгновенно регистрирует это замыкание и передает сигнал на модуль управления.

Модуль управления является центральным процессорным элементом подсистемы. Он получает сигналы от всех подключенных датчиков протечки, обрабатывает их и отдает команды на открытие или закрытие шаровых кранов.

В данном проекте выбран модуль Neptun Smart + Tuuya, который обладает расширенным функционалом по сравнению с базовыми версиями. В качестве исполнительного устройства, непосредственно перекрывающего подачу воды, используются шаровые краны Neptun Bugatti Pro с электроприводом на 220В. Выбор именно этой модели обусловлен ее высокой надежностью и техническими характеристиками.

Принцип действия: внутри корпуса крана находится шар с сквозным отверстием. В открытом положении шар повернут так, что отверстие совпадает с осью трубы, и вода проходит свободно. При поступлении команды от модуля управления на электропривод встроенный электродвигатель (через редуктор) поворачивает шар на 90 градусов, перекрывая отверстие. Время полного закрытия крана составляет около 21 секунды.

Работа всей подсистемы выглядит следующим образом:

1. Обнаружение протечки: Вода попадает на контакты датчика (например, на датчик, установленный под стиральной машиной). Цепь замыкается.
2. Передача сигнала: Датчик передает сигнал тревоги на контроллер защиты от протечек (по проводам или по радио).
3. Обработка и оповещение: Модуль мгновенно (менее чем за 4 секунды) обрабатывает сигнал, одновременно отправляя команду на закрытие крана на вводе водоснабжения в дом.
4. Push-уведомление на смартфон владельца: «Обнаружена протечка! Кран перекрыт».

5. Локализация аварии: Электропривод крана поворачивает шаровый кран в закрытое положение. Подача воды в дом прекращается. Дальнейшее затопление предотвращено.

6. Действия владельца: Владелец, получив уведомление, может (в том числе удаленно через приложение) проверить статус системы (какой именно датчик сработал, закрыт ли кран). Прибыв на место, устранить причину протечки (заменить шланг, подтянуть соединение). После устранения неисправности дать команду на открытие крана через приложение или нажатием кнопки на модуле.

1.6. Подсистема обеспечения комфорта и энергоэффективности.

Для владельца частного дома эта подсистема является не менее важной, чем безопасность, так как она напрямую влияет на качество жизни и ежемесячные расходы на энергоресурсы.

1.6.1. Управление освещением.

Освещение в доме организовано с использованием комбинации умных устройств, обеспечивающих гибкость и удобство.

Умные розетки.

Умные розетки используются для управления практически любыми электроприборами: от обычных ламп, торшеров и телевизоров до обогревателей и увлажнителей воздуха. Ключевой особенностью этих розеток является наличие встроенного измерителя мощности. Это дает владельцу возможность:

- Контролировать энергопотребление каждого прибора в режиме реального времени.
- Получать статистику и анализировать, какие устройства «накручивают» счетчик.
- Настраивать автоматическое отключение мощных приборов при превышении порога потребления, защищая проводку.

Умные выключатели.

Умных выключателей сохраняют привычный тактильный способ управления, но расширяют его функционал. Беспроводные выключатели можно разместить в любом удобном месте (например, у кровати) и запрограммировать их не только на включение света, но и на запуск целых сценариев (длинное нажатие на выключателе у входной двери активирует сценарий «Уход из дома», то есть выключение всего света, закрытие жалюзи и включение охраны).

1.6.2. Управление микроклиматом.

Для комфортного проживания критически важны качество воздуха и температура. Именно эта подсистема в частном доме дает наибольший экономический эффект.

Датчики температуры и влажности.

Для поддержания комфортной температуры в жилых помещениях индивидуального дома необходимо не только иметь эффективную систему отопления, но и возможность точного контроля текущих параметров среды. В проекте для сбора данных о температуре в ключевых зонах (спальня, детская, гостиная, кухня) используются проводные датчики, интегрированные с центральным контроллером.

Например, если в спальне температура выше 24°C, а время позднее, контроллер может приоткрыть окна с помощью электроприводов или уменьшить подачу тепла в эту комнату.

Приточные вентиляционные клапаны.

Приточные клапаны - это сердце системы умной вентиляции. В отличие от обычных стеновых клапанов, такие клапаны оснащены датчиком CO₂ и VOC (летучих органических соединений), а также управляемым вентилятором и заслонкой.

Принцип работы:

1. Датчик внутри клапана постоянно измеряет уровень CO₂ (выдыхаемый людьми газ) и VOC (запахи от готовки, бытовой химии, мебели).

2. Как только концентрация превышает заданный порог (например, 800 ppm по CO₂), клапан автоматически открывает заслонку и включает вентилятор на нужную скорость.

3. Свежий воздух поступает в помещение. Как только качество воздуха нормализуется, клапан закрывается, чтобы не выпускать тепло зимой и не впускать жару летом. Интеграция контроллером CC1 позволяет создавать сложные сценарии, связывая вентиляцию с отоплением. Например, если на улице -20°C, контроллер может запретить работу вентилятора на полную мощность, чтобы не выстудить дом, или, наоборот, если на улице жарко, а внутри работает кондиционер, клапаны будут закрыты, чтобы не впускать теплый воздух.

1.6.3. Автоматизация жалюзи и рольставней.

В современном понимании «Умного дома» автоматизация управления светом не ограничивается только включением и выключением ламп. Не менее важную роль играет управление естественным освещением, солнечным светом, проникающим через окна. Именно для этой цели служат системы автоматизированного управления шторами, жалюзи, рольставнями и карнизами.

Возможность дистанционно или автоматически открывать и закрывать шторы, опускать и поднимать жалюзи, менять угол наклона ламелей открывает перед владельцем дома широкие возможности:

- **Повышение комфорта.** Вместо того чтобы каждый день вручную подходить к каждому окну, пользователь может управлять всеми шторами в доме одной кнопкой на смартфоне, пульте или голосовой командой. Также можно настроить автоматическое открытие штор утром к пробуждению и закрытие вечером после заката.

- **Энергоэффективность и защита от перегрева.** В летний период солнечные лучи, проникая через окна, нагревают воздух в помещении, что заставляет систему кондиционирования работать интенсивнее и потреблять больше электроэнергии. Автоматическое закрытие жалюзи или штор в самые

жаркие часы дня позволяет снизить нагрузку на климатическую технику и сэкономить электроэнергию. Зимой, наоборот, автоматическое открытие штор в солнечные дни способствует пассивному нагреву помещений за счет солнечной энергии, что снижает расходы на отопление.

– Защита интерьера и приватность. Прямые солнечные лучи могут со временем выцветать обои, мебель, напольные покрытия и предметы интерьера. Своевременное автоматическое затемнение окон защищает имущество от выгорания. Кроме того, с наступлением сумерек система может автоматически закрывать шторы на окнах первого этажа, обеспечивая приватность жильцов от взглядов с улицы.

– Безопасность и имитация присутствия. В режиме, когда хозяева отсутствуют (например, в отпуске или командировке), «Умный дом» может имитировать присутствие людей в доме: шторы будут открываться утром и закрываться вечером по обычному расписанию. Это создает у наблюдателей с улицы иллюзию, что в доме кто-то живет, и снижает риски проникновения злоумышленников.

Выбор в пользу специализированных Z-Wave модулей управления шторами, таких как FIBARO Roller Shutter 2, обусловлен рядом факторов. Z-Wave технология, в отличие от Wi-Fi и Bluetooth, изначально проектировалась для задач домашней автоматизации и обладает ячеистой топологией сети: каждое устройство, работающее от сети (не от батарейки), может выступать ретранслятором сигнала для соседних устройств. Это обеспечивает стабильную связь даже в доме с толстыми стенами и на удалении от центрального контроллера.

Кроме того, Z-Wave устройства потребляют минимальное количество электроэнергии в режиме ожидания, а передача команд происходит практически мгновенно. Модуль FIBARO дополнительно имеет встроенную защиту от перегрузки и перегрева, что продлевает срок службы как самого модуля, так и подключенного к нему электропривода. При достижении

температуры выше 105°C модуль автоматически отключает нагрузку, предотвращая возгорание или выход оборудования из строя.

1.6.4. Управление системой отопления.

Одной из ключевых подсистем индивидуального жилого дома, требующих автоматизации, является система отопления. Именно она в значительной степени определяет комфорт проживания в холодный период года и вносит основной вклад в расходы на электроэнергию. Поэтому внедрение интеллектуального управления тепловыми процессами позволяет не только поддерживать оптимальный микроклимат в каждой комнате, но и существенно сократить эксплуатационные расходы.

В рамках данного проекта для обогрева дома выбран тепловой насос типа «воздух-вода» Midea MSHP-24N8D0. Принцип работы теплового насоса основан на переносе тепловой энергии от источника с более низкой температурой (наружный воздух) к теплоносителю системы отопления с более высокой температурой. Для этого используется замкнутый холодильный контур с хладагентом, в котором происходят процессы испарения, сжатия, конденсации и расширения. В наружном блоке хладагент испаряется, забирая тепло у уличного воздуха, затем компрессор сжимает его, повышая температуру, после чего в конденсаторе хладагент отдает тепло воде, циркулирующей в системе отопления дома.

Тепловой насос подключается к центру управления CC1 по протоколу Modbus RTU (RS-485). Управление осуществляется на основании показаний датчиков температуры BleBox tempSensor AC, установленных в каждой комнате.

Интеграция теплового насоса в систему «Умный дом» через протокол Modbus открывает возможности, недоступные при использовании стандартного программируемого термостата. А именно:

- Снижение температуры в отсутствие жильцов. Датчики движения или геолокация смартфонов определяют, что хозяева уехали. Контроллер автоматически отправляет команду теплового насоса на переход в дежурный

режим поддержания температуры $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. За 1–2 часа до предполагаемого возвращения система запускает штатный прогрев, возвращая дом к комфортным $22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Комфорт по расписанию. В ночные часы температура в спальне автоматически снижается до $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Утром, за 30 минут до звонка будильника, система запускает прогрев.

- Защита от замерзания. Если температура в доме падает ниже $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (например, при длительном отъезде или отключении основного питания), контроллер удалённо оповещает владельца через приложение и при необходимости запускает тепловой насос в аварийный режим поддержания минимальной положительной температуры во избежание размораживания системы отопления.

- Погодозависимое регулирование. Контроллер, получая данные об уличной температуре (например, от датчика, интегрированного в наружный блок теплового насоса или от отдельного уличного датчика), может корректировать температуру теплоносителя. Чем холоднее на улице, тем выше температура воды в радиаторах, и наоборот. Это предотвращает перегрев помещений в межсезонье и экономит до 15–20 % электроэнергии.

- Защита от перегрева. В сочетании с датчиками температуры, установленными в комнатах, система может отслеживать перегрев помещения. Если солнечным днём температура в комнате поднялась выше $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, контроллер даст команду тепловому насосу снизить нагрев, а также (при наличии интеграции) закроет жалюзи или рольставни.

- Приоритет горячего водоснабжения (ГВС). При подключении к тепловому насосу бойлера косвенного нагрева система автоматически приоритезирует нагрев воды для душа и кранов над отоплением дома, обеспечивая комфортное ГВС в любое время.

1.7. Выбор коммутационной аппаратуры для щита распределительного.

Надёжность и безопасность функционирования любой электроустановки, в том числе и интегрированной с системой «Умный дом», напрямую зависят от качества применяемых защитных и коммутационных устройств. В рамках проектируемого электроснабжения одноэтажного домовладения принято решение использовать модульное оборудование торговой марки Werkel. Данный производитель зарекомендовал себя на российском рынке как поставщик сертифицированной продукции (ЕАС) с соотношением цены и качества, отвечающим требованиям современного жилищного строительства.

В состав вводно-распределительного устройства (ВРУ) проектируемого дома включены следующие категории аппаратов:

1. Вводной двухполюсный автоматический выключатель. На вводе питающей линии в дом устанавливается двухполюсный автомат (2Р), который обеспечивает одновременный разрыв как фазного, так и нулевого рабочего проводника. Это требование обусловлено необходимостью полного отключения электроустановки от внешней сети при проведении ремонтных работ или в аварийных ситуациях. Двухполюсное исполнение с характеристикой расцепителя «С» (универсальной для бытовых сетей) гарантирует защиту внутренней проводки от токов короткого замыкания и длительных перегрузок.

2. Для обеспечения электробезопасности людей и предотвращения возгораний от токов утечки в проекте используются двухполюсные» УЗО.

3. Умный автоматический выключатель. Ключевая особенность УАВ заключается во встроенном сервоприводе, который позволяет механически переключать рычаг включения/отключения по команде со смартфона. Это даёт владельцу следующие возможности:

– Дистанционное отключение питания любой группы электроприборов из любой точки мира при обнаружении нештатной ситуации (например, при срабатывании датчика протечки или задымления);

- Удалённое включение после устранения причины аварии без необходимости физического доступа к электрощиту;
- Мониторинг текущего состояния. В приложении отображается, включен или отключен каждый УАВ в данный момент;
- Создание автоматических сценариев, например, при активации режима «Уход из дома» система автоматически отключает группы потребителей;
- Контроль энергопотребления. Умные аппараты позволяют отслеживать напряжение, силу тока и расход электроэнергии по каждой линии в реальном времени;

4. Автоматические выключатели групповых линий. Для защиты отдельных групповых линий (освещение жилых комнат, розеточные сети гаража и спален, питание датчиков и приводов системы автоматизации) применяются однополюсные автоматические выключатели Werkel. Номиналы этих аппаратов подбираются в строгом соответствии с сечением питающего кабеля и предполагаемой мощностью нагрузки. Использование время-токовой характеристики «С» для всех групповых линий является оптимальным, так как эти автоматы выдерживают кратковременные пусковые перегрузки и при этом мгновенно срабатывают при коротком замыкании.

1.8. Применение встраиваемых реле для автоматизации ворот.

При проектировании интеллектуальной системы управления частным домом особого внимания заслуживает автоматизация въездных групп. Гаражные ворота, как правило, уже оснащены электроприводом и штатной кнопкой управления, однако их интеграция в общую экосистему «Умного дома» требует установки дополнительного коммутационного модуля. Наиболее эффективным решением в данном случае выступают встраиваемые Z-Wave реле с сухим контактом.

Умное реле подключается параллельно штатной кнопке управления воротами. В нормальном состоянии цепь разомкнута. При поступлении команды от контроллера реле замыкает контакты на заданное время (обычно

от 0,5 до 2 секунд), имитируя кратковременное нажатие физической кнопки. Привод ворот воспринимает это как штатную команду и запускает двигатель на открытие или закрытие. Важно отметить, что при таком подключении штатная кнопка у ворот продолжает работать параллельно, дублируя управление.

После установки и включения в сеть реле регистрируется в контроллере как исполнительное устройство. Пользователь получает возможность:

- Открывать и закрывать ворота одной кнопкой в мобильном приложении;
- Настраивать автоматическое закрытие по таймеру (например, если ворота остались открыты дольше 5 минут);
- Создавать геолокационные сценарии (автоматическое открытие при подъезде к дому);
- Получать уведомления о статусе ворот (открыты/закрыты) при подключении датчика положения.

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Описание объекта внедрения и выбор схемы управления.

Для выполнения проектных работ выбран одноэтажный жилой объект, расположенный в административных границах города Лысьва. Здание имеет следующие помещения: две комнаты для сна (спальни), проходную зону (коридор), санитарно-гигиенический узел, помещение для приготовления пищи, а также крытый бокс для автомобиля (гараж). Общая полезная площадь строения составляет 98 м².

Для проектируемого домовладения выбрана комбинированная (гибридная) архитектура построения системы «Умный дом». Данное решение сочетает в себе централизованное управление от основного контроллера и автономную работу критически важных подсистем. Выбор обоснован преимуществами данной архитектуры:

- Критические подсистемы (защита от протечек, управление тепловым насосом) сохраняют автономную работу при потере связи с основным контроллером.
- Не требуется дорогостоящий резервированный контроллер (как в полностью централизованной схеме) и множество периферийных модулей (как в децентрализованной).
- Беспроводные датчики не требуют прокладки кабелей по всему дому, проводные линии остаются только для силовых цепей.
- Новые устройства легко добавляются в существующую Z-Wave сеть без перестройки всей системы.
- Все подсистемы контролируются через одно приложение на смартфоне, несмотря на частичную автономию отдельных узлов.

На начальном этапе проектирования внутренние инженерные сети объекта не содержали элементов автоматизации. Управление освещением производилось с помощью настенных выключателей, отопительная система работала по ручному принципу регулировки, контроль доступа и аварийных ситуаций отсутствовал.

2.2. Принцип построения и каналы связи.

В качестве базовой архитектуры выбрано гибридное решение, совмещающее единый управляющий центр на основе программируемого логического модуля и независимое функционирование наиболее ответственных узлов (система предотвращения затоплений, регулировка теплогенератора).

Плюсами выбранной архитектуры являются:

1. Практически неограниченная интеграция с разным оборудованием;
2. Единый интерфейс управления всеми подсистемами через мобильное приложение;
3. Возможность создания многоступенчатых сценариев автоматизации;
4. Сохранение работоспособности отдельных узлов при выходе из строя основного контроллера.

Для обмена данными между контроллером, сенсорами и актуаторами применён протокол Z-Wave Plus. Выбор обоснован его техническими особенностями:

- Каждый сетевой элемент, питающийся от бытовой сети 230 В, выполняет функцию ретранслятора (ячеистая топология);
- Низкое энергопотребление позволяет батарейным устройствам работать до 36 месяцев без замены элементов питания;
- Рабочий диапазон 868 МГц обеспечивает устойчивость к помехам от Wi-Fi оборудования и бытовой электроники.

2.3. Состав и характеристики используемого оборудования.

2.3.1. Управляющий хаб.

В качестве центрального процессорного элемента применяется Центр управления CC1 производства компании Rubetek (Россия). Данное устройство представляет собой компактный контроллер, предназначенный для построения локальной системы «Умный дом» и интеграции различных

беспроводных устройств в единую экосистему. Устройство показано на рисунке 4.



Рисунок 4 — Центр управления умного дома.

Характеристики хаба:

- Процессор: 4-х ядерный ARM 1,2 ГГц;
- Оперативная память: 1 ГБ;
- Поддерживаемые протоколы: Z-Wave (869 МГц), RF (433 МГц), Wi-Fi (2.4 ГГц), Ethernet;
- Управление: через мобильное приложение Rubetek (iOS/Android), поддержка сценариев;
- Рабочая температура: +5...+40 °С;
- Габариты: 110×80×30 мм.

Хаб устанавливается в любом удобном месте. Рыночная стоимость устройства - около 8 400 рублей.

2.3.2. Защитно-коммутационные аппараты Werkel.

Для обеспечения электробезопасности и диспетчеризации нагрузок используется модульная продукция торговой марки Werkel. Вся аппаратура размещена в щитке на DIN-рейке.

Вводной двухполюсный автомат. На входе питающей линии установлен автоматический выключатель этой же фирмы на 40 А (характеристика «С», 2Р). Устройство обеспечивает размыкание одновременно фазного и нулевого

проводников, что требуется для полного обесточивания дома при ремонтных работах.

УЗО. Для защиты от поражения током и предотвращения возгораний применены три иУЗО Werkel.

Умные автоматические выключатели. Установлены перед каждым УЗО. Аппараты подключаются к Wi-Fi и управляются через приложение. Пользователь может удалённо отключать или включать любую группу, а также отслеживать параметры сети (напряжение, ток, мощность).

Линейные автоматы. Групповые линии защищены однополюсными автоматическими выключателями Werkel номиналом 16 А. Сечение кабеля всех линий $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ (марка ВВГ-нг-LS). Пример на рисунке 5.

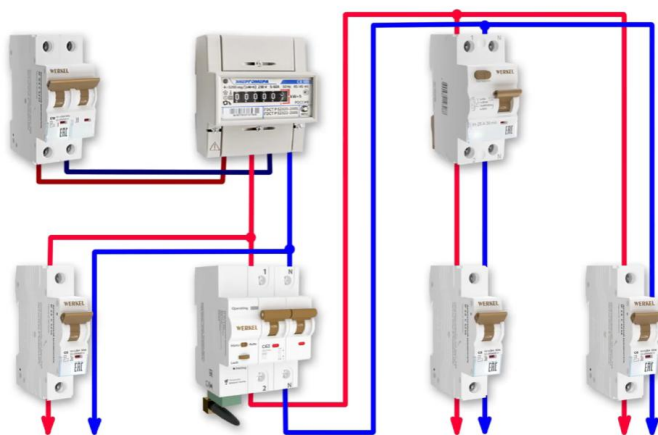


Рисунок 5 — Схема электрического щита для Умного дома.

Распределение нагрузок по одиннадцати линиям показано на однолинейной схеме.

2.3.3. Сенсоры пожарной безопасности.

Для раннего выявления признаков возгорания применяются оптические детекторы дыма модели Neo Coolcam Smoke Sensor. Устройство построено на принципе регистрации рассеивания инфракрасного луча частицами дыма. Работает на частоте 869 МГц (Z-Wave, разрешённая в РФ). При срабатывании активирует встроенную сирену (до 85 дБ), мигающий красный светодиод и отправляет сигнал тревоги на центр управления СС1. Контроллер, в свою

очередь, запускает внешнюю сирену, отключает вентиляцию и отправляет push-уведомление владельцу. Устройство показано на рисунке 6.



Рисунок 6 — Датчик дыма Neo Coolcam Smoke Sensor.

Технические параметры:

- Питание: батарея CR123A (3 В), срок службы до 3 лет
- Радиопrotocol: Z-Wave Plus (869 МГц)
- Рабочий диапазон температур: 0...+40 °C
- Габариты: Ø65×28 мм

Датчики размещаются на потолках в каждой спальне, на кухне, в коридоре и в гараже (всего 7 единиц). Цена одного датчика — 3 500 рублей.

2.3.4. Датчики обнаружения протечек (Fibaro FGFS-101).

Для фиксации появления воды на полу используются модели Fibaro FGFS-101. Принцип действия основан на замыкании электрической цепи между двумя позолоченными телескопическими контактами. При срабатывании активируется встроенная звуковая сигнализация и отправляется радиосигнал на контроллер системы защиты от протечек. Устройство показано на рисунке 7.



Рисунок 7 — Датчик протечки FGFS-101.

Дополнительные возможности устройства:

- встроенный термодатчик (диапазон $-20 \dots +100$ °C);
- RGB-светодиодная индикация;
- датчик наклона (реагирует на перемещение при перестановке);
- защита от вскрытия корпуса (тампер);
- разъёмы для подключения внешних проводных сенсоров.

Технические параметры:

- питание от элемента CR123A либо внешний источник 120-24 В постоянного тока;
- потребляемая мощность 0,4 Вт;
- рабочий диапазон температур от 0 до +40 °C (от -20 до +70 °C при внешнем питании);
- габариты 72×28 мм.

Датчики устанавливаются на полу в санузле. Всего -2 единицы. Цена одного датчика - 6 000 рублей.

2.3.5. Управляемые розетки с функцией учёта электроэнергии.

Применяются розеточные адаптеры модели Redmond SkySocket 100 (или Rubetek RE-3302), включаемые между стационарной розеткой и вилок прибора. Внутри корпуса установлены электромагнитное реле и измерительный блок. Пользователь может дистанционно включать/отключать

нагрузку через приложение Rubetek, а также получать данные о мгновенной мощности (Вт) и накопленном расходе электроэнергии (кВт·ч).

При превышении допустимой нагрузки (более 3300 Вт) устройство автоматически отключает питание, а светодиодный индикатор начинает быстро мигать, сигнализируя о перегрузке. Для сброса требуется выключить и снова включить розетку. Устройство показано на рисунке 8.



Рисунок 8 — Адаптер для управления розетками Redmond SkySocket 100.

Технические параметры:

- максимальная коммутируемая мощность 3300 Вт;
- энергопотребление в режиме ожидания 0,48 Вт;
- диапазон рабочих температур от 0 до +40 °С;
- протокол Z-Wave (869 МГц);
- габариты 58 × 945 × 77 мм;

Розетки распределены по помещениям: по две в каждой спальне, три на кухне, две в гараже, одна в коридоре. Общее количество - 10 штук. Цена одного устройства - 2 250 рублей.

2.3.6. Извещатели открытия дверей и окон.

Для контроля состояния створок используются магнитоконтактные датчики Neo Coolcam Door/Window Sensor. Устройство состоит из геркона (на неподвижной части) и магнита (на подвижной части). В закрытом состоянии контакты замкнуты. При открытии контакты размыкаются, и датчик мгновенно отправляет по Z-Wave каналу сигнал тревоги на контроллер.

Датчик совмещает функциональность геркона, бинарного входа и термометра. Устройство показано на рисунке 9.



Рисунок 9 — Магнитоконтактный датчик открытия двери Neo Coolcam Door/Window Sensor.

Технические параметры:

- Дальность радиосигнала: до 30 м внутри помещений
- Питание: элемент ER14250 (3,6 В)
- Протокол: Z-Wave (869 МГц)
- Габариты: 76×17×19 мм

Датчики устанавливаются на входной двери, гаражных воротах и на всех оконных створках (в спальнях, кухне, коридоре). Всего - 9 единиц. Цена одного датчика - 2 800 рублей.

2.3.7. Датчики движения и освещённости (NEO Coolcam).

Для обнаружения перемещений людей внутри помещений применяются пассивные инфракрасные (PIR) датчики модели NEO Coolcam. Устройство реагирует на изменение теплового излучения, исходящего от движущегося человека. Специальная линза Френеля разбивает пространство на сектора, обеспечивая широкий угол обзора.

При срабатывании светодиود начинает мигать в зоне детектирования, и датчик отправляет сообщение на контроллер. Встроенный фоторезистор измеряет уровень освещённости, что позволяет автоматически включать свет

при наступлении сумерек и наличии движения (например, при входе в коридор). Устройство показано на рисунке 10.



Рисунок 10 — Датчик движения NEO Coolcam.

Технические параметры:

- протокол Z-Wave Plus;
- дальность радиосигнала до 30 м внутри помещений;
- питание от батарейки CR123A × 1;
- ток потребления 15 мкА (срок службы до 1 года);
- дальность детекции движения до 7 м;
- угол обзора 110 градусов;
- рабочий диапазон температур от 0 до +40 °С;
- габариты 45 × 45 × 48 мм.

Датчики монтируются на стене в коридоре у входной двери, на входе в кухню и в гараже у ворот на высоте 2,2 м. Всего - 3 единицы. Цена одного датчика - 3 500 рублей.

2.3.8. IP-камеры видеонаблюдения.

Для визуального контроля помещений применяются поворотные IP-камеры Aqara Camera Hub G5 Pro.

Устройство поддерживает питание и передачу данных через один кабель Ethernet (технология PoE), что упрощает монтаж и повышает надёжность. Матрица 1,3 Мп обеспечивает разрешение видеопотока до 720р. Устройство показано на рисунке 11.



Рисунок 11 — Умная IP-камера видеонаблюдения Aqara Camera Hub G5 Pro.

Дополнительные функции:

- протоколы связи Ethernet IEEE 802.3af, Zigbee, Thread, Bluetooth
- дневное и ночное наблюдение (ИК-подсветка);
- двойной видеопоток с кодированием H.264 и MJPEG;
- поддержка DynDNS для удалённого доступа при динамическом

IP-адресе.

Технические параметры:

- разрешение Quad HD 2688×1520;
- угол обзора 133° (диагональный);
- низкое энергопотребление.

Камеры устанавливаются в коридоре и в гараже. Всего - 2 штуки. Цена одной камеры - 3 000 рублей.

2.3.9. Звуковой оповещатель (Z-Wave сирена).

Для звукового и светового оповещения о тревожных событиях применяется сирена Neo Coolcam Z-Wave Siren. Устройство воспроизводит звуковой сигнал уровнем от 90 до 100 дБ (регулируется) и мигающий красный светодиод. Питание от четырех батарей LR14/C (в комплекте) или от внешнего адаптера 6 В.

При срабатывании любого из датчиков охраны (движения, открытия), пожара или протечки сирена автоматически активируется по команде

контроллера. Через 3 минуты звук отключается автоматически. Устройство показано на рисунке 12.



Рисунок 12 — Умная система оповещения(сирена).

Технические параметры:

- использование только внутри помещений;
- визуальное оповещение мигающий красный светодиод;
- тампер (защита от вскрытия корпуса);
- предупреждение о низком заряде батареи;
- срок работы от батарей до 1 года.

Сирена устанавливается в коридоре в количестве 1 штуки. Цена - 3 100 рублей.

2.3.10. Датчики температуры и влажности (BleBox tempSensor AC).

Для контроля теплового режима внутри помещений и выработки управляющих сигналов для отопительного оборудования применяются проводные измерители температуры модели BleBox tempSensor AC. Данные устройства интегрированы с центральным хабом Rubitek CC1 через беспроводной канал Wi-Fi (диапазон 2,4 ГГц). Выбор проводного сенсора обусловлен необходимостью получения стабильных показаний в зонах с потенциально нестабильным радиосигналом (котельная, технические проходы).

Устройство поставляется в виде компактного контроллера, монтируемого в подрозетник, и выносного чувствительного элемента (термозонда) на кабеле длиной 1 метр. Зонд имеет герметичное исполнение (класс защиты IP54), что допускает его установку во влажных средах. Устройство показано на рисунке 13.



Рисунок 13 — Умный датчик температуры BleBox tempSensor AC.

Основные эксплуатационные характеристики:

- питание осуществляется непосредственно от бытовой сети 230 В, дополнительный адаптер не требуется;
- потребляемая мощность в активном режиме не превышает 1 Вт;
- диапазон регистрируемых температур от -55 до +125 °С;
- погрешность измерений в рабочем диапазоне (от -10 до +85 °С) составляет $\pm 0,5$ °С;
- разрешающая способность 0,1 °С, что достаточно для точной поддержки климатических сценариев;
- один базовый модуль способен опрашивать до четырёх отдельных зондов (дополнительные приобретаются отдельно).

Датчики размещаются в каждой спальне, на кухне и в коридоре. Всего - 5 штук. Цена одного датчика - 2 500 рублей.

2.3.11. Приточные вентиляционные клапаны (AEROPAC Z-Wave).

Для обеспечения притока свежего воздуха и контроля его качества применяются настенные проветриватели AEROPAC Z-Wave. Устройство монтируется в сквозное отверстие в наружной стене и оснащается датчиками, измеряющими концентрацию углекислого газа (CO_2) и летучих органических соединений (VOC).

При превышении заданных пороговых значений (например, 800 ppm по CO_2) клапан автоматически открывает заслонку и включает малошумный вентилятор на нужную скорость. После нормализации показателей подача воздуха прекращается, чтобы зимой не выпускать тепло, а летом не впускать жару. Устройство показано на рисунке 14.



Рисунок 14 — Умный настенный проветриватель AEROPAC Z-Wave.

В зависимости от потребностей могут применяться различные фильтры:

- фильтр G3 для задержки крупной пыли;
- фильтр F5 для пыльцы и мелкодисперсной пыли;
- угольный фильтр для поглощения выхлопных газов и кухонных запахов.

Технические параметры:

- производительность от 15 до 170 $\text{м}^3/\text{час}$ (в зависимости от фильтра);
- потребляемая мощность 5 Вт при расходе 60 $\text{м}^3/\text{час}$;
- уровень собственного шума 22 дБ при 60 $\text{м}^3/\text{час}$;

- шумоподавление уличного шума до 53 дБ;
- питание 230 В / 50 Гц;
- габариты 467 × 270 × 132 мм.

Клапаны устанавливаются в обеих спальнях и на кухне - всего 3 штуки.

Цена одного устройства - 35 000 рублей.

2.3.12. Модуль управления рольставнями.

Для дистанционного управления оконными приводами применяется микромодуль FIBARO Roller Shutter 2 (модель FGR-222). Устройство монтируется в монтажную коробку (подрозетник) глубиной не менее 50 мм за выключателем или непосредственно рядом с приводом рольставней.

Микромодуль имеет функцию определения текущего положения привода (обратная связь по положению), что позволяет открывать или закрывать рольставни не только полностью, но и на произвольный процент (например, приоткрыть на 50%). Управление осуществляется по командам с контроллера через мобильное приложение, по расписанию или в рамках автоматических сценариев.

Встроенная защита от перегрева отключает нагрузку при достижении температуры 105 °С, предотвращая выход оборудования из строя. Устройство показано на рисунке 15.



Рисунок 15 — Встраиваемый модуль управления жалюзи Fibaro Roller Shutter.

Технические параметры:

- напряжение питания 110-230 В, 50/60 Гц;
- максимальная мощность подключаемого двигателя до 1 кВт;
- диапазон рабочих температур от 10 до +40 °С;
- протокол Z-Wave;
- дальность до 50 м на открытом пространстве, до 30 м внутри помещений;
- габариты 17 × 42 × 37 мм.

Модули установлены на всех оконных проёмах. Всего - 6 штук. Цена одного модуля – 8 000рублей.

2.3.13. Система автоматического перекрытия воды (Neptun Smart + TuYa).

Для локализации аварий, связанных с утечкой воды, применён комплект Neptun Smart + TuYa. В его состав входят:

- управляющий блок с Wi-Fi-интерфейсом (устанавливается рядом с электросчитом);

Устройство показано на рисунке 16.

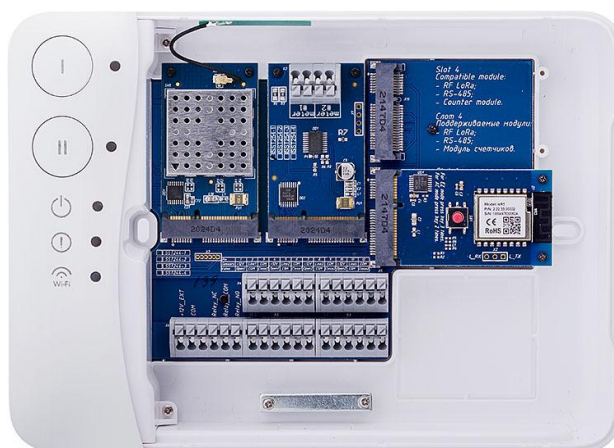


Рисунок 16 — Модуль управления Neptun Smart+ TuYa.

Принцип работы: при попадании жидкости на контакты любого датчика цепь замыкается. Блок управления мгновенно обрабатывает сигнал и подаёт команду на закрытие кранов. Электропривод через редуктор поворачивает

шар внутри крана на 90 градусов, полностью перекрывая подачу воды. Время полного закрытия около 21 секунды.

Одновременно пользователь получает push-уведомление на смартфон с указанием локации протечки. Система функционирует автономно (даже без интернета) и одновременно интегрируется с основным хабом через Wi-Fi для передачи уведомлений и статуса. Датчики размещаются под мойкой на кухне, под стиральной машиной и под раковиной в санузле.

Модуль управления устанавливается рядом с электрошитом. Цена - 15 718 рублей.

2.3.14. Управление отопительным оборудованием.

Для обогрева дома используется тепловой насос «воздух-вода» Midea MSHP-24N8D0-I/MSHP-24N8D0-O. Коэффициент преобразования (COP) составляет 3,9, что означает: на каждые 3,9 кВт тепла, отданных в систему отопления, тратится всего 1 кВт электрической мощности. Тепловой насос подключается к контроллеру по протоколу Modbus (RS-485). Управление осуществляется на основании показаний датчиков температуры BleBox, установленных в помещениях. Устройство показано на рисунке 17.



Рисунок 17 — Сплит система теплового насоса Midea.

Реализованные алгоритмы работы:

- ночное снижение температуры до 18 °С (по расписанию с 23:00 до 06:00);

- поддержание дежурного режима (+10 °С) при отсутствии жильцов;
- автоматический запуск штатного прогрева за 1 час до предполагаемого возвращения.

Наружный блок устанавливается в коридоре. Цена – 178 890 рублей.

2.3.15. Управление гаражными воротами (Qubino Flush 1D Relay).

Для интеграции существующего электропривода секционных гаражных ворот в систему Умного дома выбрано встраиваемое Z-Wave реле с сухим контактом Qubino Flush 1D Relay модель ZMNHND1. Данное устройство специально предназначено для дистанционного управления воротами, рольставнями и другими механизмами с собственным питанием. Устройство показано на рисунке 18.



Рисунок 18 — Одинарное встраиваемое реле для управления воротами.

Технические характеристики:

- протокол Z-wave Plus, частота 869,0 МГц;
- питание 110–230 В AC, 50/60 Гц или 24–30 В DC;
- макс. ток коммутации 10 А (при 230 В AC) / 10 А (при 30 В DC);
- макс. мощность нагрузки 2300 Вт (при 230 В AC) / 240 Вт (при 24 В DC);

- рабочая температура от -10 до $+40$ °С;
- глубина монтажной коробки не менее 60 мм;
- габариты (Ш × В × Г) $41,8 \times 36,8 \times 15,4$ мм.

Реле устанавливается в подрозетнике за штатной кнопкой в количестве одной штуки. Цена – 6 700 рублей.

3. ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

3.1. Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации интеллектуальной системы электроснабжения частного дома.

При эксплуатации системы «Умный дом» в частном жилом строении возникает ряд потенциально опасных и вредных факторов, которые необходимо учитывать на этапе проектирования и монтажа. К числу основных относятся:

1. Поражение электрическим током.

Напряжение питающей сети составляет 220В, что относится к классу опасных для жизни человека. Основные риски возникают при:

- повреждении изоляции кабелей групповых линий;
- нарушении целостности заземляющих проводников РЕ и PEN;
- несанкционированном доступе к распределительному щиту с открытыми токоведущими частями;
- эксплуатации электрооборудования во влажных помещениях;
- самостоятельном вмешательстве в схему неподготовленными лицами.

Особую опасность представляет одновременное нахождение человека в санузле при неисправном УЗО или отсутствии заземления на корпусе стиральной машины. Номинальный дифференциальный ток используемых УЗО Werkel составляет 30 мА, что соответствует требованиям ПУЭ для розеточных сетей жилых зданий, однако при отсутствии исправного заземления защита может сработать не мгновенно.

2. Пожароопасность.

Возгорание электропроводки или подключённых приборов может произойти по следующим причинам:

- перегрузка групповых линий сверх номинала автоматических выключателей;

- ослабление контактных соединений в распределительном щите или монтажных коробках;
- нагрев кабеля из-за несоответствия сечения фактической нагрузке;
- неисправность электроприводов рольставней или гаражных ворот при заклинивании механизма.

Использование кабеля ВВГ-нг-LS снижает риск распространения пламени, поскольку материал оболочки не поддерживает горение и выделяет минимум дыма. Датчики дыма позволяют обнаружить возгорание на ранней стадии, однако не исключают сам факт пожара при грубых нарушениях монтажа.

3. Эксплуатационные ограничения по температуре и влажности.

Многие компоненты системы имеют рабочий диапазон от 0 до +40 °С. Размещение таких устройств в неотапливаемом гараже или на улице без дополнительной защиты может привести к их выходу из строя при отрицательных температурах. Исключение составляет IP-камера Aqara Camera Hub G5 Pro, сертифицированная для работы от –40 до +60 °С.

4. Выход из строя оборудования системы автоматизации.

Устройства Z-Wave чувствительны к перепадам напряжения в сети. Резкие скачки, вызванные грозовыми разрядами или авариями на питающей подстанции, могут вывести из строя встроенные блоки питания и радиочипы, что приведёт к потере управления подсистемами. Кроме того, батарейные датчики требуют периодической замены элементов питания. Разряд батареи ниже критического уровня делает датчик неработоспособным, что в случае протечки или задымления может привести к серьёзным последствиям.

3.2. Мероприятия по обеспечению электробезопасности в доме с системой «Умный дом».

Для минимизации перечисленных рисков в проектируемом доме предусмотрен комплекс организационных и технических мероприятий.

1. Защита от поражения электрическим током.

- Все групповые линии защищены автоматическими выключателями Werkel с номиналами, соответствующими сечению кабеля;
- На розеточных группах установлены УАВ и УЗО Werkel с номинальным дифференциальным током 30 мА, обеспечивающие отключение при утечке на корпус;
- В санузле и на кухне установлены розетки с защитными шторками, исключающими случайное прикосновение к токоведущим частям;
- Все металлические корпуса светильников, розеток и электроприводов подключены к контуру заземления (РЕ-проводник объединён на главной заземляющей шине ГЗШ).

2. Противопожарные мероприятия.

- Кабель всех групповых линий выбран марки ВВГ-нг-LS с медными жилами сечением $3 \times 2,5$ мм², что исключает распространение горения и выделение коррозионно-активных газов при нагреве.
- Автоматические выключатели Werkel имеют тепловые и электромагнитные расцепители, отключающие линию при длительной перегрузке или коротком замыкании.
- Модули управления рольставнями FIBARO FGR-222 оснащены встроенной защитой от перегрева.
- Во всех помещениях установлены оптические датчики дыма Fibaro Smoke Sensor, которые при срабатывании отправляют сигнал на контроллер, включающий внешнюю сирену Everspring SE812.
- В сценарии «Пожар» предусмотрено автоматическое отключение приточной вентиляции AEROPAC для предотвращения нагнетания кислорода в очаг возгорания.

3. Обеспечение надёжности системы автоматизации.

- Критически важные подсистемы сохраняют автономную работу при потере связи с контроллером.

– Предусмотрен ежеквартальный осмотр батарейных датчиков с проверкой уровня заряда и заменой элементов питания CR123A, CR2450, ER14250 в соответствии с регламентом производителя.

3.3. Экологическая эффективность применения технологии «Умный дом».

Внедрение системы «Умный дом» оказывает как прямое, так и косвенное воздействие на окружающую среду. В данном разделе рассмотрены положительные аспекты, а также вопросы утилизации оборудования.

Снижение энергопотребления и выбросов CO₂.

Годовая экономия электроэнергии, рассчитанная в разделе 4, составляет 20 709 кВт·ч. Производство 1 кВт·ч электроэнергии на тепловых электростанциях сопровождается выбросом в атмосферу примерно 0,4 кг углекислого газа (CO₂). Таким образом, внедрение системы позволяет сократить выбросы CO₂ на:

$$\Delta \text{CO}_2 = 3\,570 \times 0,4 = 8\,283 \text{ кг/год.} \quad (14)$$

Дополнительное снижение выбросов достигается за счёт сокращения времени работы теплового насоса в дежурном режиме и автоматического закрытия рольставней, уменьшающего теплопотери через окна.

Предотвращение загрязнения окружающей среды при авариях.

Система защиты от протечек Neptun Smart + TuYa с шаровыми кранами Bugatti Pro предотвращает затопление дома. В случае разрыва трубы или шланга вода перекрывается в течение 21 секунды, что исключает утечку сотен литров воды в грунт (при отсутствии центральной канализации). Это особенно актуально для частных домов с собственными скважинами и септиками, где избыточное поступление воды может нарушить работу очистных сооружений.

Вопросы утилизации электронного оборудования.

В состав системы входят устройства, содержащие компоненты, требующие специальной утилизации:

– литиевые батареи (CR123A, CR2450, ER14250) в датчиках Fibaro и NEO Coolcam;

- печатные платы с элементами питания (контроллер, реле Qubino, модули FIBARO);

В соответствии с Федеральным законом № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» и расширенной ответственностью производителя (РОП), все электронные компоненты после выработки ресурса должны передаваться в специализированные организации для утилизации. Захоронение таких отходов на полигонах ТБО запрещено, поскольку литий, свинец и другие металлы могут попадать в почву и грунтовые воды.

Рекомендации для владельца дома:

- отработанные батареи собирать в отдельный контейнер и сдавать в пункты приёма опасных отходов (например, в магазинах электроники или управляющую компанию);

- вышедшие из строя Z-Wave модули и контроллеры передавать в сервисные центры или на утилизацию по программе «Электроника на переработку»;

- светодиодные лампы утилизировать вместе с люминесцентными.

4. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Расчет экономической эффективности дипломного проекта по внедрению системы «Умный дом» базируется на сравнении базового проекта электроснабжения (стандартный электромонтаж) с модернизированным. Экономический эффект достигается за счет энергосбережения, сокращения эксплуатационных расходов и продления срока службы оборудования.

4.1. Расчет капитальных затрат (Кумн).

Для оценки инвестиций суммируется стоимость всех элементов:

$$K_{умн} = C_{об} + C_{п} + C_{м} + C_{пн} \quad (1)$$

$$K_{умн} = 449\,240 + 44\,924 + 89\,848 + 22\,462 = 606\,474 \text{ руб.}$$

где: $C_{об}$ - стоимость оборудования (контроллеры, датчики, приводы, модули). Здесь лучше составить таблицу, в которой перечислить все оборудование, цену и количество, сосчитать сумму затрат на приобретение оборудования.

Таблица 4.1 – Перечень оборудования «Умный дом»

№ пп	Наименование, тип, марка оборудования	Цена за единицу, руб.	Кол-во, ед.	Сумма приобретения, руб.
1	Центр управления CC1	8400	1	8400
2	Автомат вводной Werkel 2P 40A	1 200	1	1 200
3	УЗО Werkel (30 мА, 2P)	2900	3	8700
4	Автоматы линейные Werkel (16A)	350	11	3850
6	Neo Coolcam Smoke Sensor	3500	7	24 500

7	Датчик протечки Fibaro FGFS-101	6 000	2	12 000
8	Redmond SkySocket 100	2 250	10	22 500
9	Датчик открытия NEO Coolcam	2 800	9	25 200
10	Датчик движения NEO Coolcam	3 500	3	10 500
11	IP-камера Aqara Camera Hub G5 Pro	3 000	2	6 000
12	Сирена Everspring SE812	3 100	1	3 100
13	Датчик температуры BleBox tempSensor AC	2 500	5	12 500
14	Проветриватель AEROPAC Z-Wave	35 000	3	105 000
15	Модуль управления рольставнями FIBARO FGR-222	8 000	6	48 000
16	Система защиты от протечек Neptun Smart + Tuуa	15 700	1	15 700
17	Тепловой насос Midea	178 890	1	178 890
18	Реле Qubino Flush 1D Relay	6 700	1	6 700
19	УАВ werkel	17 000	3	51 000
Итого				449 240

Сп - проектные работы (Берутся примерно 10 % от стоимости оборудования):

$$C_{\text{п}} = C_{\text{об}} \times 10\% \quad (2)$$

$$C_{\text{п}} = 449\,240 \times 0,1 = 44\,924 \text{ руб.}$$

См - монтажные и пусконаладочные работы. (20% от стоимости оборудования):

$$C_{\text{м}} = C_{\text{об}} \times 20\% \quad (3)$$

$$C_{\text{м}} = 449\,240 \times 0,2 = 89\,848 \text{ руб.}$$

Спн - затраты на пусконаладку ПО (принимаются в размере 5% от стоимости оборудования):

$$C_{\text{пе}} = C_{\text{об}} \times 5\% \quad (4)$$

$$C_{\text{пн}} = 449\,240 \times 0,05 = 22\,462 \text{ руб.}$$

4.2. Расчет годовой экономии на энергоресурсах ($\Delta E_{\text{год}}$).

Экономия электроэнергии достигается за счёт автоматизации освещения, управления отоплением и отключения приборов в режиме ожидания.

- Тариф на электроэнергию (Пермский край) - 6,4 руб./кВт·ч.
- Отопительный сезон - 200 дней.
- Суммарная мощность ламп 10 шт. $\times$ 9 Вт = 90 Вт (0,09 кВт).

Экономия электроэнергии оценивается по каждой подсистеме:

Освещение: расчет ведется исходя из снижения времени работы ламп благодаря датчикам движения/присутствия.

Коэффициент одновременности работы освещения для жилого дома принимается равным 0,5 (в среднем одновременно горит не более 5 ламп из 10). С учётом этого коэффициента фактическая средняя мощность освещения составляет:

$$P_{\text{факт}} = W_{\text{уст}} \times K_{\text{одн}} \quad (5)$$

$$P_{\text{факт}} = 0,09 \times 0,5 = 0,045 \text{ кВт.}$$

Формула экономии в год:

$$\Delta W_{\text{осв}} = P_{\text{факт}} \times \Delta T \times 365 \quad (6)$$

$$\Delta W_{\text{осв}} = 0,045 \times (5 - 3) \text{ ч} \times 365 = 32,85 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}.$$

Отопление и кондиционирование: экономия от зонального регулирования и режима энергосбережения при отсутствии людей обычно составляет 20% - 50% (8 часов работы в сутки в среднем). До внедрения системы «Умный дом» отопление не отключалось, а при системе «Умный дом» потребление мощности отопления снижается. Возьмем 40%. Тепловой насос Midea MSHP-24N8D0 имеет коэффициент преобразования COP = 3,9, теплопотери дома 7 кВт (Средняя мощность).

1. Режим ожидания: отключение розеточных групп при постановке дома на охрану.

Денежное выражение годовой экономии по электроэнергии:

$$\Delta C_{\text{эл}} = P \times \Delta T \times 200 \quad (7)$$

Где P – мощность теплового насоса за отопительный сезон.

$$\Delta C_{\text{эл}} = 7 \times 0,4 \times 8 \times 200 = 4480 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}.$$

Умные розетки: отключают питание приборов в режиме «Уход из дома» (Телевизор (110 Вт), холодильник, ТВ-приставка (20 Вт), зарядное устройство №1 (18 Вт), Компьютер (850 Вт), кофеварка (700 Вт), электрочайник (1000 Вт), микроволновая печь (850), музыкальная колонка (20 Вт). Суммарная мощность приборов в режиме ожидания - 3578 (3,57 кВт). Время отключения - 12 часов в сутки.

Формула:

$$\Delta C_{\text{ож}} = P \times \Delta T \times n \quad (8)$$

$$\Delta C_{\text{ож}} = 3,57 \times 12 \times 365 = 15\,636,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}.$$

4.3. Общая годовая экономия электроэнергии.

Формула годовой экономии:

$$\Delta E_{\text{год}} = \Delta E_{\text{осв}} + \Delta C_{\text{эл}} + \Delta E_{\text{ож}} \quad (9)$$

$$\Delta E_{\text{год}} = 32,85 + 4480 + 15\,636,6 = 20\,149,45 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}.$$

Денежное выражение годовой экономии при тарифе на электроэнергию для населения в г. Лысьва 6,4 руб./кВт·ч:

$$\Delta C_{\text{год}} = \Delta E_{\text{год}} \times T \quad (10)$$

$$\Delta C_{\text{год}} = 20\,149,45 \times 6,4 = 128\,956,8 \text{ руб./год.}$$

4.4. Годовой экономический эффект.

$$\text{Эг.} = \Delta \text{Э}_{\text{год}} + \text{Ен} * \text{К} \quad (11)$$

$$\text{Эг} = 128\,956,8 + 0,15 * 606\,474 = 219\,927,58 \text{ руб.}$$

4.5. Срок окупаемости проекта.

Простой срок окупаемости (без учёта инфляции и дисконтирования):

$$\text{Ток} = \text{Кумн} / \Delta C_{\text{год}} \quad (12)$$

$$\text{Ток} = 606\,474 / 128\,956,8 \approx 4,7 \text{ года.}$$

4.6. Коэффициент рентабельности инвестиций (ROI).

Показывает отдачу от вложенных средств:

$$\text{ROI} = (\Delta C_{\text{год}} / \text{Кумн}) \times 100\% \quad (13)$$

Где $\Delta C_{\text{год}}$ – годовая экономия на электроэнергии, руб.,

Кумн – капитальные затраты на установку системы «Умный дом», руб.

$$\text{ROI} = (128\,956,8 / 606\,474) \times 100\% \approx 21,2\%.$$

Таблица 4.6. – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатель	Значение
Общая сметная стоимость, руб.	606 474
Годовая экономия, руб.	128 956,8
Годовой экономический эффект, руб.	219 927,58
Простой срок окупаемости, лет	4,7
Рентабельность инвестиций, %	21,2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель дипломного проекта - формирование проектного решения по электроснабжению частного жилого строения в г. Лысьва с внедрением системы «Умный дом» достигнута в полном объёме. Подтверждением служит разработанная и обоснованная архитектура системы, учитывающая особенности конкретного объекта, составленный комплект проектной документации, пригодный для практической реализации, а также расчёты, доказывающие наличие как прямого экономического, так и косвенного эффекта.

В проекте выполнен анализ существующих подходов к автоматизации жилых зданий, на основе которого для одноэтажного дома в г. Лысьва выбрана гибридная схема управления (централизованный хаб + автономные подсистемы). Разработана однолинейная схема электроснабжения с распределением нагрузок, схема самого дома и подобрана защитно-коммутационная аппаратура. Сформирован перечень оборудования автоматизации, охватывающий подсистемы безопасности, комфорта и энергоэффективности. Выполнен расчёт капитальных затрат, годовой экономии электроэнергии и срока окупаемости. В разделе охраны труда и экологии определены основные риски, предложены мероприятия по их минимизации и даны рекомендации по утилизации электронных компонентов.

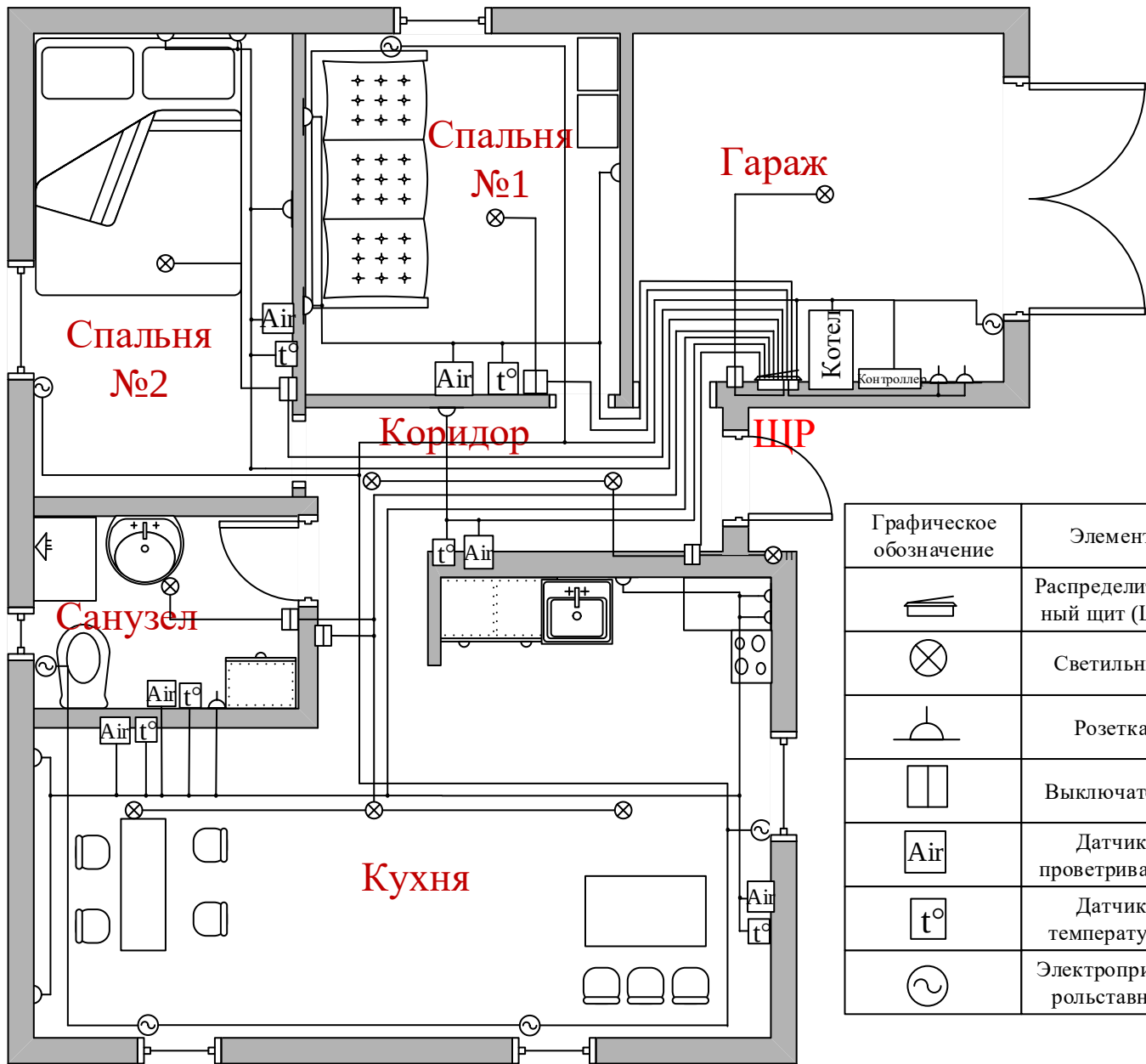
Экономическая значимость работы заключается в том, что внедрение системы обеспечивает ежегодную экономию электроэнергии около 128,9 тыс. руб. при тарифах Пермского края, а также предотвращает значительные убытки от аварий за счёт автоматической локализации. Практическая значимость состоит в том, что предложенные проектные решения готовы к непосредственному применению при строительстве или реконструкции частных домов, могут использоваться в качестве типовой схемы автоматизации для одноэтажных домовладений и обеспечивают владельцу удалённый контроль, безопасность и энергосбережение на современном уровне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. — М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2021. — 512 с.
2. Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» [Текст]: (с изменениями на 28.12.2022).
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — М.: Стандартинформ, 2014. — 20 с.
4. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. — М.: Госстрой России, 2004. — 45 с.
5. Атабеков В.Б. Монтаж электрооборудования промышленных и гражданских зданий [Текст]: учебное пособие / В.Б. Атабеков. — М.: Форум, 2019. — 288 с.
6. Золотарев С.В. Протоколы беспроводной связи в системах «Умный дом»: Z-Wave, ZigBee, Wi-Fi [Текст] / С.В. Золотарев // Современные технологии автоматизации. — 2021. — № 3. — С. 24–31.
7. Технический каталог Werkel. Модульная аппаратура для жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://werkel.ru/catalog> (дата обращения: 10.04.2026).
8. Описание системы защиты от протечек Neptun Smart + Tuuya [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://neptun.ru/smart> (дата обращения: 05.04.2026).
9. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности [Текст]: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков; под общ. ред. С.В. Белова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Высшая школа, 1999. — 448 с.
10. Книга «Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникации в жилищном строительстве» [Электронный ресурс]. — М.:

Издательство «Техносфера». — Режим доступа:
<https://www.technosphaera.ru/lib/book/221> (дата обращения: 01.06.2026).

11. Лебедева Н.А., Алексеева Н.А. Экономическая эффективность внедрения системы «умного дома» [Текст] // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13. № 6А. С. 577-585.



Графическое обозначение	Элемент
	Распределительный щит (ИЩ)
	Светильник
	Розетка
	Выключатель
	Датчик проветривания
	Датчик температуры
	Электропривод рольставней

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист	Масса
Разраб.							Масштаб
Пров.							1:1
Т. Контр.						Лист	Листов
							1
Н. Контр.							
Утв.							

Ввод 220V
Автоматический
выключатель
вводной

УАВ

Групповые УЗО

Автоматические
выключатели
отходящих линий

Марка кабеля,
количество и
сечение жил,
кВ.мм

№

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

Выключатели,
светильники
гараж

Выключатели,
светильники
спальня №1

Выключатели,
светильники
спальня №2

Выключатели,
светильники
(Санузел, кухня)

Выключатели,
светильники
коридор

Розетки гараж

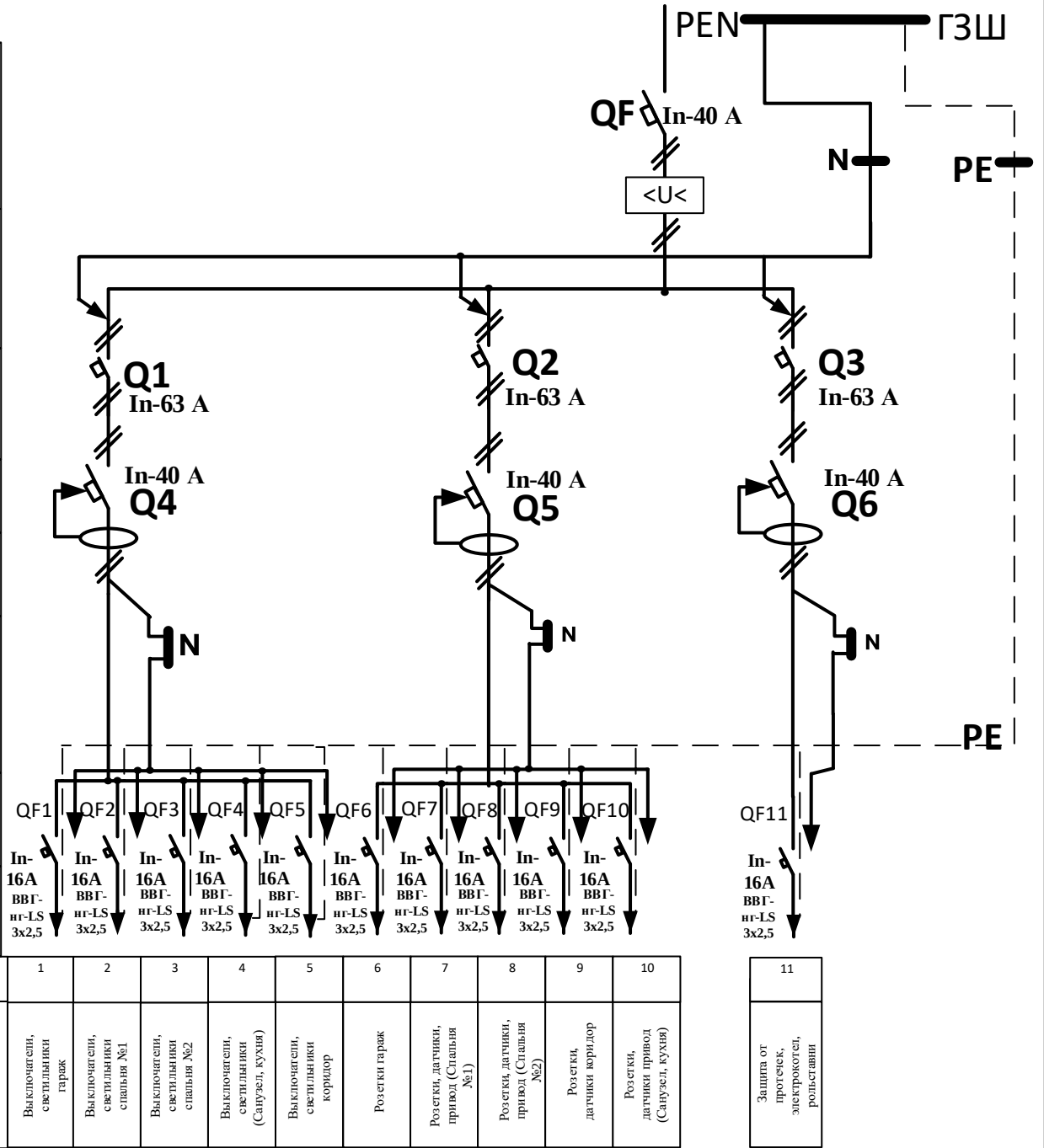
Розетки, датчики,
привод (Спальня
№1)

Розетки, датчики,
привод (Спальня
№2)

Розетки,
датчики коридор

Розетки,
датчики привод
(Санузел, кухня)

Защита от
протечек,
электрокотел,
рольставни



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.							1:1
Пров.					Лист	Листов	1
Т. Констр.							
Н. Констр.							
Утв.							