



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO

INSENERITEADUSKOND

Virumaa kolledž

**AUTOMAATREGULEERIMISEGA KÜTTE- JA
VENTILATSIOONISÜSTEEMI PROJEKT ERAMAJA NÄITEL**

**Ventilation and heating system design taking into
account automatic regulation on the example of a
private house**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Sergei Sobolev

Üliõpilaskood: 178701RDDR

Juhendaja: Sergei Pavlov, lektor



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO

INSENERITEADUSKOND

Virumaa kolledž

**Проект автоматического регулирования отопления и
вентиляции на примере частного дома**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Sergei Sobolev

Üliõpilaskood: 178701RDDR

Juhendaja: Sergei Pavlov, lektor

Kohtla-Järve, 2022

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“09” juuni 2022.

Autor: Sergei Sobolev
/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

“09” juuni 2022.

Juhendaja: Sergei Pavlov
/allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“09” juuni 2022.

Kaitsmiskomisjoni esimees: Sergei Pavlov
/nimi ja alkiri/

LIHTLISENTS LÕUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Sergei Sobolev (sünnikuupäev:18.09.1974)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Mugav valgusallikas, mille juhendaja on Sergei Pavlov,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Sergei Sobolev, 178701

Õppekava, peaariala: RDDR08/17 – Tootmise automatiseerimine

Juhendaja(d): Lektor, Sergei Pavlov, sergei.pavlov@taltech.ee

Konsultant: nimi, amet ettevõtte, telefon, e-post

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Automaatreguleerimisega kütte- ja ventilatsioonisüsteemi projekt eramaja näitel.

(inglise keeles) Ventilation and heating system design taking into account automatic regulation on the example of a private house.

(vene keeles) Проект автоматического регулирования отопления и вентиляции на примере частного дома.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Ventilatsiooni ja küttesüsteemi projekti välja töötamine eramaja näitel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö ülesandelehe esitamise tähtaeg lõpetajatele.	22.02.2022
2.	Asutuse poolt põhjendusega avalduse esitamise tähtaeg töö kinniseks kaitsmiseks.	01.04.2022
3.	Ventilatsiooni süsteemi projekt koostamine.	01.04.2022
4.	Küte süsteemi projekt koostamine	01.04.2022
5.	Eelkaitsmine.	20.05.2022

Töö keel: vene keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: "03" juuni 2022a

Üliõpilane: Sergei Sobolev
/allkiri/

"03" juuni 2022a

Juhendaja: Sergei Pavlov
/allkiri/

"03" juuni 2022a

Konsultant:

/allkiri/

“03” juuni 2022a

Programmijuht: Sergei Pavlov

“03” juuni 2022a

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	7
ПРЕДИСЛОВИЕ	9
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СИМВОЛОВ	10
ВВЕДЕНИЕ	11
1. ОПИСАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЯ	13
2. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ	15
2.1. Электроснабжение и нагрузка.....	15
2.2. Электрощит	16
2.3. Освещение	17
2.4. Электрооборудование.....	17
2.5. Электроинсталляция	18
2.6. Требования безопасности и противопожарная защита	18
2.7. Связь	18
2.8. Пожарная и охранная сигнализация	19
3 СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЯ	21
3.1 Принцип работы приточно-вытяжной вентиляции	21
3.2 Управление режимами вентиляционной установки	24
4 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ	26
4.1 Структура управляемого объекта	26
4.2 Схема управляемого объекта	28
5 РЕШЕНИЯ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЯ ИСХОДЯ ИЗ УСЛОВИЙ ПРОЕКТА	29
5.1 Оборудование использованное для управления	29
5.2 Программное обеспечение	35
5.3 Реализация.....	36
5.4 Управление тёплым полом	37
5.5 Электросхема управления теплым полом	46
5.6 Плюсы и минусы Ардуино	47
6 СТОИМОСТЬ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ДАННОГО ПРОЕКТА	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
КОККУVÕTE	54
SUMMARY	55

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	56
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	59
Приложение №1.0 Архитектурную часть проекта здания. Вид 1	59
№1.1 План первого этажа	63
Приложение №1.2 План второго этажа	64
Приложение №1.3 Архитектурные параметры помещений проекта	65
Приложение №2.1 Схема установки элементов управления системы отопления здания	66
Приложение №3.1 Основные технические 450 V C6M характеристики вентиляционной установки Domekt R	67
Приложение №3.2 Схема подключения вентиляционной установки Domekt R 450 V C6M68	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Тема заключительной работы «Проект автоматического регулирования отопления и вентиляции на примере частного дома» был выбран автором на основании идеи и актуального на сегодняшний день, подхода энергосбережения так называемого «умного дома». Основная задача умного дома – это, обеспечение безопасности и комфорта жильцов частного коттеджа. Его функциональность позволяет управлять с помощью контроллера Arduino различным оборудованием, включая насос отопления фирмы Daikin Altherma EHVX11S18CB3V, вентиляционной установкой Domekt R 450 фирмы Komfovent позволяющей регулировать интенсивность вентиляции и температуру воздуха, а также, осветительные приборы, сигнализацию.

Автор благодарит всех, кто поддержал и помог ему с дипломной работой. Отдельную благодарность хочу выразить своим преподавателям ТаlТeh за полученные знания в процессе обучения.

Ключевые слова: автоматизация, умный дом, вентиляционная система, половое отопление, энергоснабжение, дипломная работа.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СИМВОЛОВ

EVS – Эстонский центр стандартизации

IP - Класс защиты электрооборудования определяет сопротивление оборудования воздействию влаги и твердых частиц

мА – Миллиампер

кГц - Единица измерения частоты колебаний, равная 1000 герц

кВт - Киловатт, мощность

дВ - Децибел, интенсивность звука

бар - Единица давления

ОЗУ - Оперативное запоминающее устройство

ЖКЭ – жидко кристалльный экран

LSD - Liquid Crystal Display – жидкокристаллический дисплей

PLC – Programmable Logic Controller – (ПЛК) Программируемый логический контроллер

USB - Universal Serial Bus – (УСБ) - Универсальная последовательная шина. Последовательный интерфейс для подключения периферийных устройств к оборудованию

Бит/с - Бит в секунду, единица измерения скорости передачи информации

UART - Universal Asynchronous Receiver-Transmitter – (УАПП) - Универсальный асинхронный приёмопередатчик. Преобразует передаваемые данные в последовательный вид так, чтобы было возможно передать их по одной физической цифровой линии другому аналогичному устройству

AC-DC – Преобразователь для переменного напряжения питающей сети в постоянное напряжение, применяется для обеспечения питания различного оборудования

1-Wire - Двухнаправленная шина связи для устройств с низкоскоростной передачей данных, в которой данные передаются по цепи питания (используются два провода – один общий, а второй для питания и данных)

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в Эстонии мало зданий с минимальным потреблением энергии. Разработки, необходимые для перехода на новые требования для зданий с почти нулевым потреблением энергии, только начинают набирать силу.

По мнению Ярека Курницкого, профессора энергоэффективности и внутреннего климата из Таллиннского технического университета, большая часть населения считает, что если стоимость отопления, то есть счет за отопление, низкий, то дом автоматически становится энергоэффективным. Здесь необходимо понимать, что потребление энергии на вентиляцию и освещение также должно быть низким. Энергоэффективность включает в себя хорошую изоляцию дома, теплосберегающие окна, вентиляцию с рекуперацией тепла, эффективное освещение, источники тепла, а кроме того, пассивные меры помогают снизить потребность в энергии как на отопление, так и на охлаждение. [\[1\]](#)

В соответствии с Положением о минимальных требованиях к энергоэффективности здания, энергоэффективность здания выражается в виде показателя энергоэффективности, т. е. общего взвешенного энергопотребления. [\[2\]](#)

Требования по зданиям с почти нулевым потреблением энергии действуют в Эстонии с 2013 года. Зданий, соответствующих классу А, на сегодняшний день построено очень мало. Пассивные дома в Эстонии при строительстве обычно достигают класса В.

Такая ситуация обоснована тем, что сектор недвижимости консервативен, а рабочие процессы и разработки там продолжаются долго. Требования к энергоэффективности зданий основываются на оценках эффективности расходов. Следовательно, основной задачей требований по энергоэффективности зданий является обеспечение снижения расходов именно для конечных пользователей зданий. Одним из таких решений для снижения расходов, является система умного дома.

Целью данной дипломной работы является разработка приемлемого решения, с экономической точки зрения, по автоматизации системы полового отопления и вентиляции позволяющего снизить расходы и улучшить комфортное проживание. Эффективность достигается тем, что предлагаемая система автоматики отключает устройства, которые не используются в текущий момент. Соответственно нагрузка на сеть снижается, а вместе с ней и потребление электроэнергии.

При проектировании и при подборе оборудования, а также при выборе данной автоматизированной системы соблюдены действующие законы, нормы, стандарты и прочие действующие правовые акты Эстонской Республики.

Заключительная работа состоит из следующих основных глав:

- Характеристика здания
- Система электроснабжения здания
- Система вентиляции здания
- Система полового отопления здания
- Решения по автоматизации здания исходя из условий проекта
- Стоимость средств автоматизации для данного проекта
- Заключение

По словам автора, данный проект очень актуален, потому что основной задачей этой работы, является попытка выработки общедоступного решения для проектировщиков автоматизации отопительных и вентиляционных установок с целью найти современное решение для домашней автоматизации, которое позволяет контролировать и управлять своей жилой средой с целью сделать ее значительно более комфортной, автономной, безопасной и экономичной.

1. ОПИСАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЯ

Для выработки решения, автоматизации системы отопления частного дома, за основу взят пример каркасного типа здания, отвечающего требованиям эстонского стандарта EVS 932:2017 [3] и постановлениям министра экономики к требованиям строительного проекта. [4]

Здесь надо пояснить, что в гражданском строительстве существуют разные типы технологий строительства жилых зданий. Такие, например, как каркасный тип зданий считается одним из самых доступных, быстровозводимых и экологически дружелюбных типов жилья в Европе, в том числе и Эстонии. Эстоноземельцы основным требованием к дому считают долговечность и функциональность. Именно функциональность, в контексте данной работы, подразумевает под собой удобства с низкой стоимостью эксплуатации жилого здания.

Необходимо отметить, что каркасный тип здания обладает рядом существенных преимуществ:

- Строительство здания в любое время года
- Несложная разводка инженерных коммуникаций
- Небольшой вес конструкции здания с недорогим фундаментом
- Отличные характеристики теплосбережения
- Большой спектр возможностей архитектурной части
- Отсутствие тяжелой строительной техники на стадии строительства и соответственно существенная экономия всего проекта.

Архитектурную часть проекта здания можно увидеть в приложении №1.0, а основные технические характеристики конструктивных элементов указаны в таблице №1. Для понимания предлагаемых решений в электроснабжении, в системах вентиляции и отопления здания в приложении №1.1 и 1.2 указаны планы этажей дома. В приложении №1.3 указаны архитектурные параметры помещений проекта.

Таблица 1 Основные технические характеристики конструктивных элементов проекта

Фундамент	Монолитный бетон; фундаментные блоки Columbia 200 mm; заглубление 1.2 м
Стены	Брус 50x150, 50x100 мм; утепление каменная вата 400 мм
Перекрытия	Гипсокартон 13 мм; каркас 66 мм; пароизоляционная пленка; брус 50x100 мм,

	каменная вата; 100x200мм; 50x200мм; стекловата ISOVER 565 KL-200мм
Полы	Утепление 250 мм; бетонный пол 100 мм с контурами и автоматической регулировкой отопления
Кровля	Брус 50x150 мм; ветрозащита ISOVER VKL-13; дистанционная рейка 25x75 мм; обрешетка 50x50; металлочерепица

2. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ

2.1. Электроснабжение и нагрузка

- Система напряжения 3N ~ 380
- Система проводки в здании TN-S
- Установленная мощность 40,0 кВт
- Расчетная мощность 12,0 кВт
- Главный предохранитель 3x20А

Eesti Energia Jaotusvõrk OÜ производит монтаж измерительной системы на щите подключения и главный предохранитель 3x20А на границе участка для снабжения дома электричеством. Потребитель устанавливает силовой кабель DRAKA AXPК 4G25, показанный на рисунок №2.1, от соединительного щитка до основного щита здания. Укладка кабеля производится в защитную двустенную трубу PVC D110 на глубину 1,0 м на песчаном основании и засыпается слоем песка.



Рис. 2.1 Силовой кабель DRAKA AXPК 4G25 [\[5\]](#)

Элементы конструкции кабеля AXPК 4G25: Токопроводящая жила - круглая, уплотненная алюминиевая жила (16мм²); секторная, многожильная, уплотненная алюминиевая жила (25-300мм²). Изоляция - черный сшитый полиэтилен. Маркировка: фазы - коричневая, черная, серая; PEN-жила - желто-зеленый. Скрутка - 4 изолированных провода скрученных вместе. [\[5\]](#)

Электрооборудование перед счетчиком подлежит опломбированию. Подключение здания к распределительным сетям Eesti Energia Jaotusvõrk OÜ разрешается производить лицом, владеющим компетентностью класса не ниже „В“. [\[6\]](#)

Подача напряжения разрешается после подачи Eesti Energia Jaotusvõrk OÜ уведомления о вводе электроустановки в эксплуатацию.

2.2 Электрощит

Главный распределительный щит JK1 устанавливается в подсобном помещении дома. Щит напольный с классом защиты IP44 компании Jmax показан на рисунке 2.2 [7]. Главный щит снабжен главным выключателем и автоматическими выключателями для защиты отходящих линий.

Все проектируемое электрооборудование устанавливается внутри корпуса щита управления.

Главные распределительные щиты должны быть оборудованы главным выключателем и автоматическими выключателями для защиты отходящих линий. Кроме того, питающие линии освещения, розетки, наружные потребители и влажные помещения защищены устройствами защитного отключения с током с отсечки 30 мА.

Электрические распределительные щиты для специального оборудования устанавливаются соответствующим подрядчиком.



Рис. 2.2 Главный распределительный щит JXJ 24–12 IP44, фирмы Jmax [7]

2.3 Освещение

Для освещения помещений предусмотрены потолочные и настенные светильники. Типы светильников и места установки согласовываются с заказчиком.

Для управления освещением используются локальные выключатели, и есть возможность подключения к дистанционной системе управления.

Степени защиты светильников:

- обычные - IP20
- в санузлах, душевых, на открытом воздухе - IP44

2.4 Электрооборудование

Электрооборудование состоит из электроприборов (тепловой насос, вентиляционная установка, электроплита, стиральная машина, посудомоечная машина, розетки). Схема установки элементов управления системы отопления здания (электронные термостаты) указаны в приложении 2.4. Термостаты монтируются на высоте 1.5 м от пола, в местах, где на них не попадают прямые солнечные лучи и отсутствует сквозняк.

Способ монтажа розеток и выключателей - внутренний. Места установки и высоту уточняются у заказчика.

Высота установки, если на чертеже не указано иное:

- розетки в целом - 0,2 м
- кухонные розетки - 1,1 м
- розетки во влажных помещениях - 1,5 м
- выключатели - 1,0 м

Все оборудование должно быть заземлено.

Степени защиты оборудования:

- обычное размещение - IP20
- в санузлах, душевых, на улице, в технических помещениях - IP44.

2.5 Электроинсталляция

Общая установка производится с помощью медных кабелей AFUX-HFC внутри деревянного каркаса здания. Все групповые линии освещения имеют поперечное сечение 1,5 мм², групповые линии розеток имеют поперечное сечение 2,5 мм².

2.6 Требования безопасности и противопожарная защита

При строительстве здания должно быть установлено заземление, сопротивление которого не должно превышать 30 Ом. Контур заземления монтируется на расстоянии около 1м от здания и на глубину 0,7 м из оцинкованной круглой стали D10 мм из четырёх типовых вертикальных электродов L = 2,5 м. Электроды соединяются с основной шиной заземления медным проводом KORO сечением 25 мм². Заземляющие электроды должны быть установлены таким образом, чтобы обеспечить хороший контакт с землей. При необходимости земля вокруг электрода уплотняется. Основная шина заземления устанавливается на главной панели электрощита и подключается к цепи заземления.

Электрооборудование заземляется через защитный провод кабеля. Для снижения контактного напряжения применяют уравнивание потенциалов, при котором металлические трубы и конструкции с потенциалом земли здания соединяются с защитной шиной электрощита (PE) с помощью медного провода KORO сечением 16 мм².

Для обеспечения огнестойкости основных конструкций здания все кабельные вводы из одной секции противопожарных перегородок в другие герметизируются.

2.7 Связь

В проекте указаны расположения компьютерных розеток. Линии компьютерных розеток осуществляется безгалогеновым кабелем UTP 4x2x0,5 cat 6[8], показанный на рисунке 2.3.

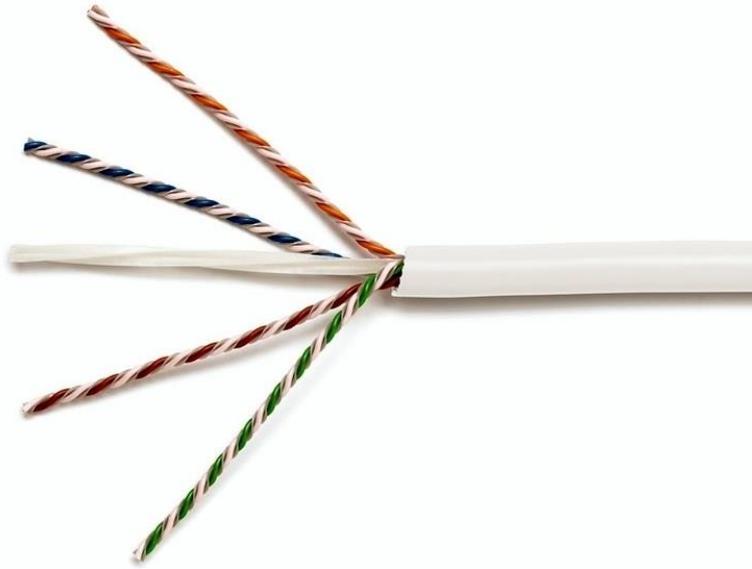


Рис. 2.3 Кабель UTP 4x2x0,5 cat 6 [8]

Блок связи слаботочной части устанавливается в главной панели управления.

Подключение дома к внешней телефонной сети осуществляет подрядчик на соответствующем участке.

2.8 Пожарная и охранная сигнализация

В предлагаемом решении проекта есть возможность установки пожарной и охранной сигнализации.

Охранная сигнализация устанавливается в техническом помещении вместе с автономным питанием (аккумуляторами) для обеспечения бесперебойной работы системы в течение 72 часов. Сигнал тревоги отправляется на телефон и центр тревоги. Пульт управления устанавливается на входе в здание и на втором этаже здания.

Охранная сигнализация охватывает внешний периметр здания и позволяет охранять как все здание, так и части отдельного здания. В системе сигнализации используются инфракрасные датчики движения. На двери установлены магнитные контакты. Прокладка кабеля осуществляется кабелем охранной сигнализации Delta. Все цепи и монтажные коробки снабжены тамперной схемой. [9]

Система пожарной сигнализации может быть спроектирована и установлена таким образом, чтобы обнаруживать пожар и сообщать о нем на самой ранней

стадии. А также обнаруживать и сообщать о неисправностях, препятствующих работе системы.

Здание в основном оборудовано оптическими датчиками дыма на первом и втором этажах, рисунок №2.4 [\[10\]](#) Датчики температуры можно использовать только в помещениях с оптическими детекторами дыма, чтобы не вызывать ложные срабатывания, например, на кухне. Предпочтительны адресные датчики температуры типа DM.

Пожарная сигнализация в здании подается с помощью звукового сопровождения.

При установке датчиков необходимо следить за правильным их расположением по отношению к стенам, вентиляционным отверстиям, светильникам, предметам и конструкциям, препятствующим распространению дыма.



Рис. 2.4 Дымовой оптический датчик AN-0311-3 [\[10\]](#)

3 СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЯ

3.1 Принцип работы приточно-вытяжной вентиляции

Вентиляционная система в зданиях классифицируются по разным критериям:

- способу подачи
- назначению
- способу воздухообмена
- конструктивному исполнению

Тип вентиляции определяется на этапе проектирования здания, где важное значение имеет экономическая и техническая составляющие. В предлагаемом проекте для этого типа зданий предложена приточно-вытяжная схема воздухообмена, принцип работы, которой показан на рисунке 3.1.

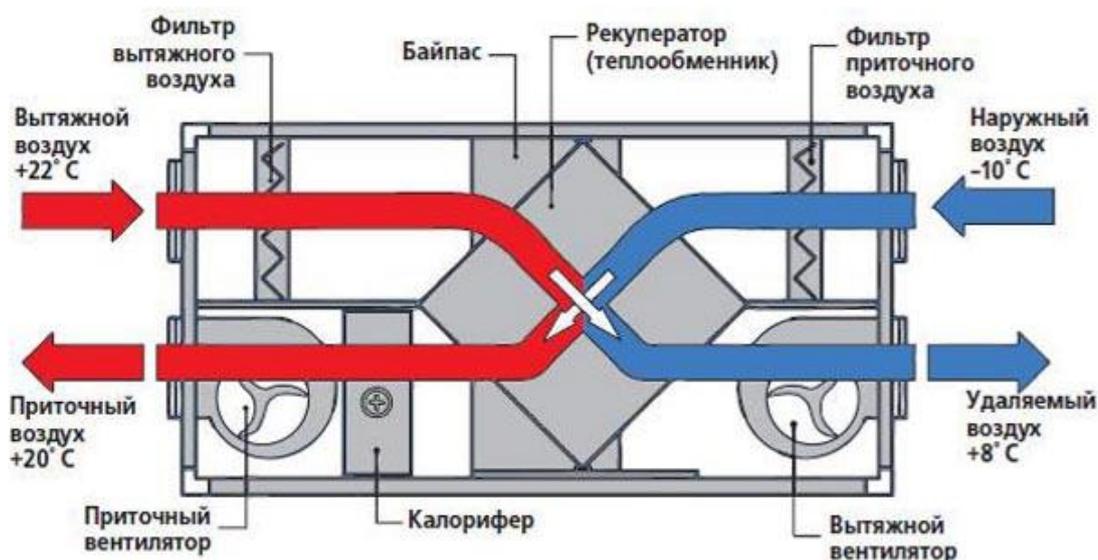


Рис. 3.1 Принцип работы приточно-вытяжной вентиляции [11]

Система приточно-вытяжной вентиляции данного проекта обеспечивается вентиляционной установкой Domekt R фирмы Komforvent [12]. Основные технические характеристики Domekt R можно смотреть в приложении №3.1

В данной вентиляционной установке присутствует ротационный рекуператор (теплообменник). Именно эта функциональная составляющая, повлияли на

выбор этой модели в которой, при вращении барабана ротационного теплообменника он вытягивает тепло или прохладу из воздуха в помещениях и передает их свежему наружному воздуху. Если рекуперация не требуется, вращение ротационного теплообменника прекращается, что положительно влияет на оптимизацию энергосбережения дома.

Установка Domekt R забирает свежий воздух с улицы, пропускает через воздушный фильтр, очищает, подогревает с помощью рекуператора и подает его в помещения дома до необходимого температурного уровня. В то же время установка вытягивает отработанный воздух из помещений дома. Domekt R собирает влажный спертый воздух из всех помещений, пропускает его через систему рекуперации, где забирает необходимое для подогрева входящего воздуха количество тепла, а затем выбрасывает охлажденный отработанный воздух на улицу. Потоки воздуха в системе, свежий и отработанный, циркулируют по воздуховодам одновременно, но при этом они не смешиваются. В теплообменнике, горячий отработанный воздух, выходя из помещений дома, отдает 90% своего тепла встречному входящему потоку. Следовательно, практически полностью отпадает необходимость в подогреве холодного воздуха. [\[14\]](#)

Решения по схеме прокладки воздуховодов приточно-вытяжной вентиляции на первом и втором этажах указаны на рисунке №3.2 и №3.3. На схемах указан рассчитанный диаметр воздуховодов исходя из норм воздухообмена и объемов конкретных помещений и отвечающим требованиям стандарта EVS 932 „Ehitusprojekt“. [\[3\]](#), [\[15\]](#).

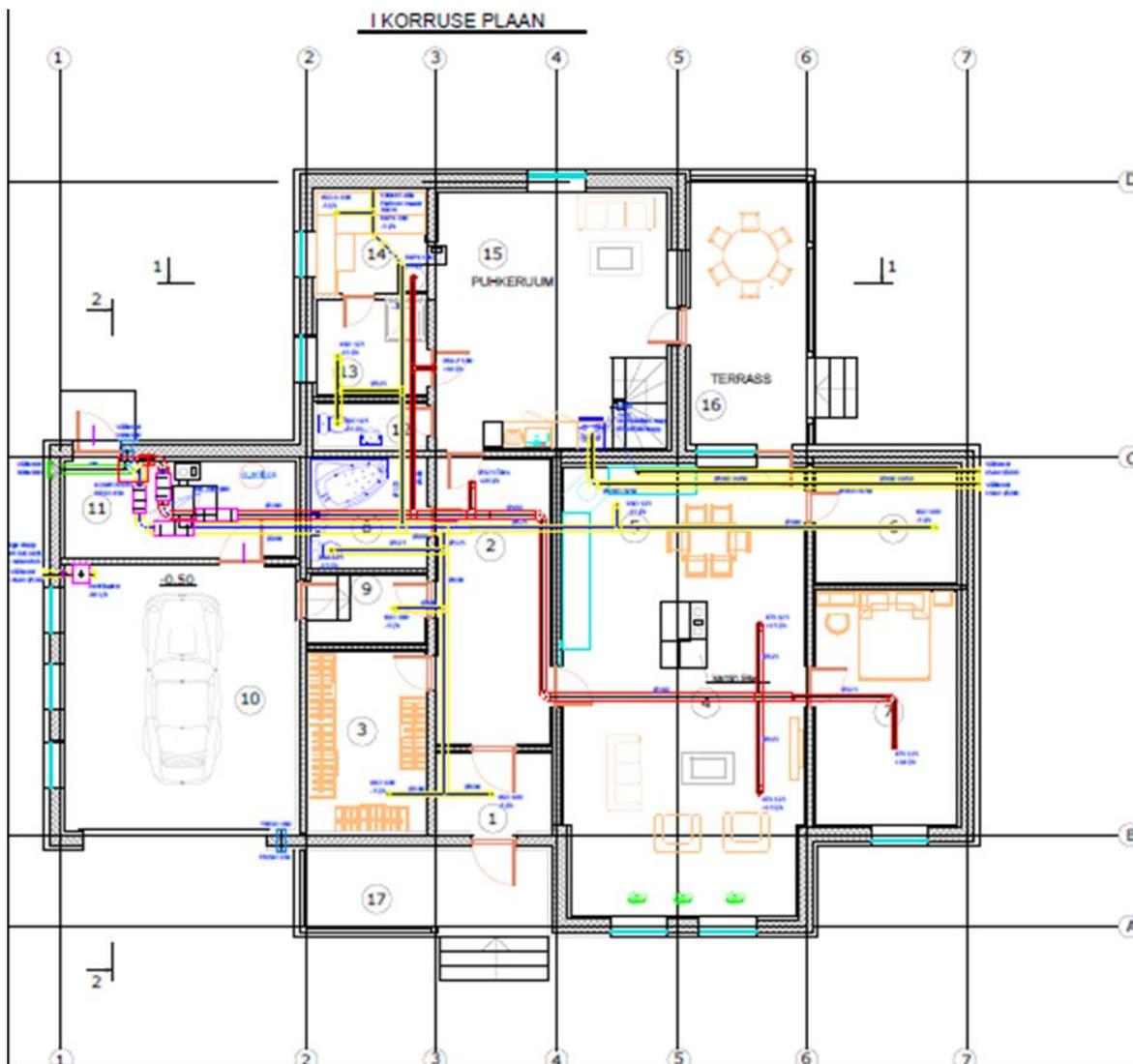


Рис. 3.2 Схема прокладки воздуховодов приточно-вытяжной вентиляции на первом этаже дома

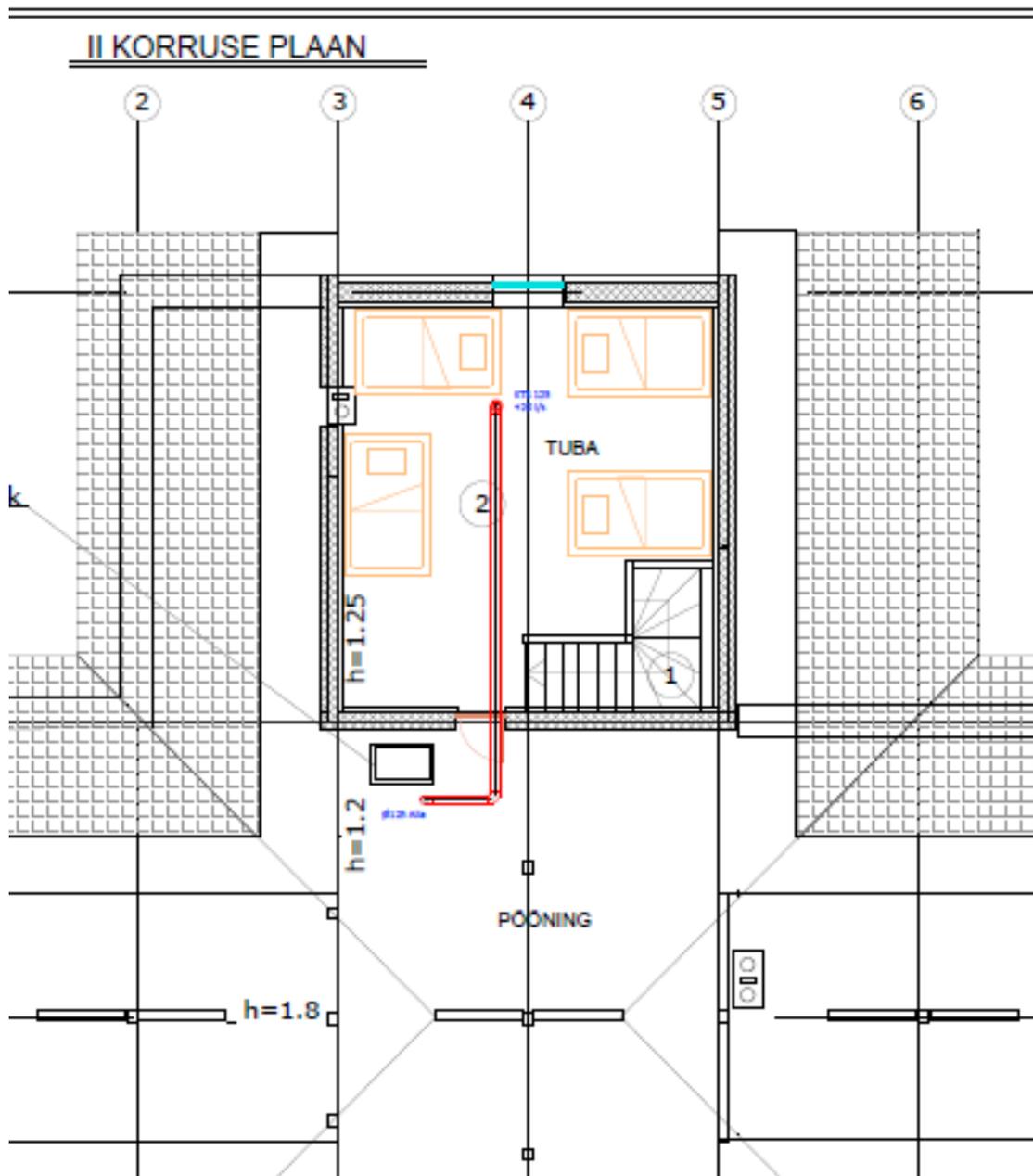


Рис. 3.2 Схема прокладки воздуховодов приточно-вытяжной вентиляции на втором этаже дома

3.2 Управление режимами вентиляционной установки

Схема подключения Domekt R представлена в приложении №3.2. Вентиляционной установкой Domekt R можно управлять при помощи пульта управления и

мобильного приложения. Алгоритм работы контроллера Domekt R и его протоколы подключения позволяют интегрироваться в управляющие систему теплого пола здания.

Для режимов вентиляции можно задать скорость потока, температуру приточного и вытяжного воздуха, а также выключить или включить электрический нагреватель. В случае выключения нагревателя он не включится даже если не будут достигнуты нужные температуры помещений, отслеживаемых датчиками температуры и термостатами водяного отопления пола. Схема установки электронных термостатов указаны в приложении 2.4. Согласно алгоритму включения нагревателя вентиляционной установки, он включится в работу только тогда, когда возвращаемого рекуператором тепла будет недостаточно для достижения необходимой температуры дома.

Расчетные показатели замеров были сделаны при следующих температурах: в здании температура $+25^{\circ}\text{C}$, на улице -15°C . Воздух из дома и улицы поступает в установку, где происходит теплообмен. После процесса рекуперации тепла воздух с улицы поступает в помещения здания нагретым до $+23^{\circ}\text{C}$ в то время, как отработанный воздух выводится из помещений охлажденным до -13°C . Энергопотребление процесса воздухообмена практически нулевое. [\[14\]](#)

4 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ

4.1 Структура управляемого объекта

Обогрев помещений здания происходит с помощью теплого водяного пола мощностью 4,8 кВт, за счет передачи тепловой энергии от воды, проходящей по трубам WIRSBO диаметра 20 мм с температурой 45/40°C, в окружающее пространство. Проектирование системы теплого пола для решения автоматизации данного проекта отвечает требованиям эстонского стандарта EVS 844:2022 Hoonete kütte projekteerimine. [15] Нагрев воды осуществляется с помощью теплового насоса Daikin Altherma EHVX11S18CB3V [16], который использует наружный воздух в качестве источника возобновляемой энергии и передает его с помощью спирального инверторного компрессора по системе фреоновых труб в теплообменник. Данная модель теплового насоса, указанная на рисунке 4.1, работает на дружелюбном к окружающей среде хладагенте R-32. [17] и производит из 1 кВт затраченной электроэнергии 4,6 кВт тепловой энергии на 200 квадратных метров жилой площади.



Рис. 4.1 Тепловой насос воздух-вода Daikin Altherma [16]

Технические параметры теплового насоса Daikin Altherma EHVX11S18CB3V отвечающие требованиям проекта [\[16\]](#):

- Класс энергоэффективности: A+++
- Объем встроенного бойлера: 180 л
- Максимальная тепловая мощность -25/35°C: 11,38 кВт
- Отапливаемая площадь: 200 м²
- Диапазон рабочих температура: -25/35 °C
- Уровень шума (наружная часть): 51 dB
- Встроенный Wi-Fi: да
- Максимальное рабочее давление в контуре отопления: 3 бар
- Температура воды контура отопления: +15/+55 °C
- Потребляемая мощность для нагрева: 2430 Вт

Устройство теплого водяного пола может выступать в качестве дополнительной системы обогрева здания, а также как единственный источник тепла в доме.

Для равномерного распределения теплоносителя по контурам в системе управления отопления дома предусмотрены распределительные коллекторы. На всех контурах коллекторов установлены термклапаны с функцией программирования, с помощью которых, можно менять температуру в каждом помещении, и регуляторы расхода. Такая конструкция, в комплекте с температурными датчиками, позволяет поддерживать необходимый температурный режим.

4.2 Схема управляемого объекта

На рисунке 4.2 показана схема системы отопления здания с двумя распределительными коллекторами.

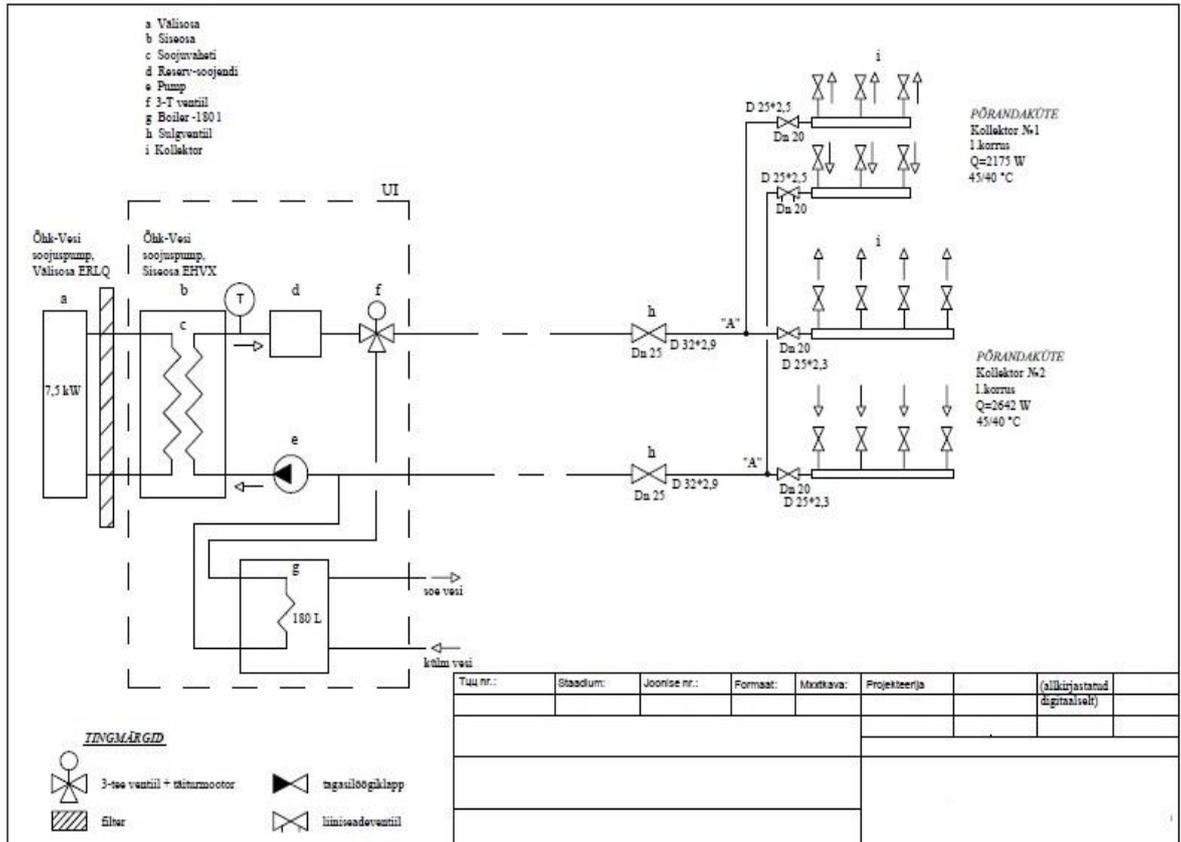


Рис. 4.2 Схема системы отопления здания

5 РЕШЕНИЯ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЯ ИСХОДЯ ИЗ УСЛОВИЙ ПРОЕКТА

5.1 Оборудование использованное для управления

1. Arduino Mega 2560 показан на рисунке 5.1 [\[18\]](#).



Рис. 5.1 Плата Arduino Mega 2560 [\[18\]](#)

В проекте используется Arduino Mega 2560 [\[18\]](#), построенная на микроконтроллере ATmega2560. Плата имеет 54 цифровых входа/выходов (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, USB коннектор, разъем питания, разъем ICSP и кнопка перезагрузки.

Краткие характеристики:

- Микроконтроллер: ATmega 2560
- Рабочее напряжение: 5 В
- Входное напряжение: 7-12 В
- Входное предельное напряжение: 6-20 В
- Цифровые входы/выходы: 54 (14 из которых могут работат также как

выходы ШИМ)

- Аналоговые входы: 16
- Постоянный ток через вход/выход: 40 мА
- Постоянный ток для вывода 3,3 В: 50 мА
- Флеш-память: 256 КВ (из которых 8 КВ используются для загрузчика)
- ОЗУ: 8 КВ
- Энергозависимая память 4 КВ
- Тактовая частота: 16 МГц

Микроконтроллер ATmega2560 имеет: 256 кБ флеш-памяти для хранения кода программы (4 кБ используется для хранения загрузчика), 8 кБ ОЗУ и 4 КБ EEPROM. EEPROM (англ. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) – электрически стираемое перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство, она же энергонезависимая память.

2. Энкодер с кнопкой KY-040 [\[19\]](#) показан на рисунке 5.2.



Рис. 5.2 Энкодер с кнопкой KY-040 [\[19\]](#)

Модуль энкодера KY-040 - это тип датчика, который преобразует угловое вращение ручки в цифровой сигнал. Благодаря своей надежности и точному управлению, энкодер используются во многих устройствах, таких как в робототехнике, станках с ЧПУ и принтерах.

- Длина вращающейся части вала: 12мм
- Полная длина вала: 20мм
- Диаметр вала: 6мм
- Размер: 13 x 11 x 25 мм
- Выход: 2-битный код Грея
- Closed Circuit сопротивление: 3 Ом
- Максимальный ток: 10 мА при 5 В постоянного тока
- Диапазон рабочих температур: от -30 до +70 градусов по Цельсию

- Диапазон температур хранения: от -40 до +85 градусов по Цельсию
- Количества циклов вращения: 30000 циклов минимум
- Количество циклов переключения: 20000 циклов минимум

3. Реле KY-019 [\[20\]](#) показан на рисунке 5.3.



Рис 5.3 Реле KY-019 [\[20\]](#)

Одноканальное реле 5V Arduino KY-019 — 1-канальный модуль реле, имеет один нормально-замкнутый и один нормально-разомкнутый контакты. Устройство может работать как с платами Arduino, так и с другими микроконтроллерами. Применяется для включения/выключения устройств в доме. [\[21\]](#)

Технические характеристики [\[20\]](#):

- Управляющий сигнал: +3,5...12 В постоянного тока
- Максимальный переменный ток и напряжение для контактов реле: 10 А/250 В
- Максимальный постоянный ток и напряжение для контактов реле: 10 А/30 В

4. Символьный дисплей LCD1602 I2C [\[22\]](#) показан на рисунке 5.4.

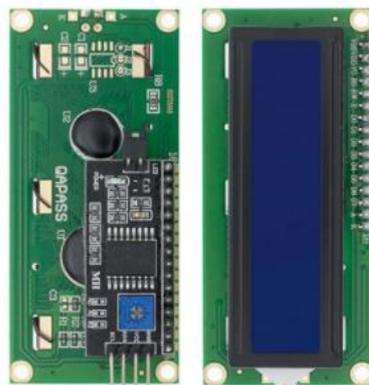


Рис. 5.4 Дисплей LCD1602 I2C [\[22\]](#)

Символьный дисплей LCD1602 с голубой подсветкой - жидкокристаллический дисплей (Liquid Crystal Display) экран которого, способен отображать одновременно до 32 символов (16 столбцов, 02 строки). Подключение к Arduino осуществляется по синхронному 8-битному параллельному интерфейсу.

Характеристики [\[22\]](#):

- Тип выводимой информации: символьный;
- Язык в ПЗУ дисплея: латиница;
- Возможность загрузки собственных символов: есть;
- Формат выводимой информации: 16×02 символов;
- Тип дисплея: LCD;
- Технология дисплея: STN;
- Угол обзора: 180°;
- Тип подсветки: LED;
- Цвет подсветки: синий;
- Цвет символов: белый;
- Контроллер: HD44780;
- Интерфейс: синхронный, 8-битный, параллельный;
- Напряжение питания 5 В;
- Рабочая температура: -20 ... +70 °С;

- Габариты: 80x36 мм.
5. Часы реального времени DS3231 [\[23\]](#) показаны на рисунке 5.5.



Рис. 5.5 Часы реального времени DS3231 [\[23\]](#)

Модуль RTC (Real Time Clock - часы реального времени) DS3231 — является высокоточным энергонезависимым модулем, который можно использовать в таких проектах как часы, будильник, секундомер, а также, с его помощью, можно запускать процессы по расписанию. [\[23\]](#)

Характеристики [\[23\]](#):

- Чип: DS3231;
 - Питание модуля: 3,3 В или 5 В (оба напряжения входят в диапазон допустимых значений);
 - Потребляемый ток (в режиме ожидания): до 170 мкА;
 - Потребляемый ток (во время передачи данных): до 300 мкА;
 - Потребляемый ток (во время резервного питания, без передачи данных): до 3,5 мкА;
 - Тактовая частота шины I2C: до 400 кГц;
 - Уровень «0» на шине I2C: $-0,3 \dots 0,3 * V_{cc}$ В;
 - Уровень «1» на шине I2C: $0,7 * V_{cc} \dots V_{cc} + 0,3$ В;
 - Напряжение питания батареи: 2,3 .. 5,5 В (номинально 3,0 В);
 - Рабочая температура: 0 ... 70 °С;
 - Точность хода: ± 2 ppm (примерно ± 1 минута в год).
6. Датчик температуры DS18B20 [\[24\]](#) показан на рисунке 5.6



Рис. 5.6 Датчик температуры DS18B20 [24]

DS18B20 – это полноценный цифровой термометр, способный измерять температуру в диапазоне от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ с программируемой точностью 9-12 бит. При изготовлении на производстве, каждому датчику присваивается свой уникальной 64-битный адрес, а обмен информацией с ведущим устройством (микроконтроллером или платой Arduino) осуществляется по шине 1-wire. Такой подход позволяет подключать к одной линии целую группу датчиков, вплоть до 2^{64} . [24]

7. Модуль питания AC/DC convertot 220-5V [25] показан на рисунке 5.7.

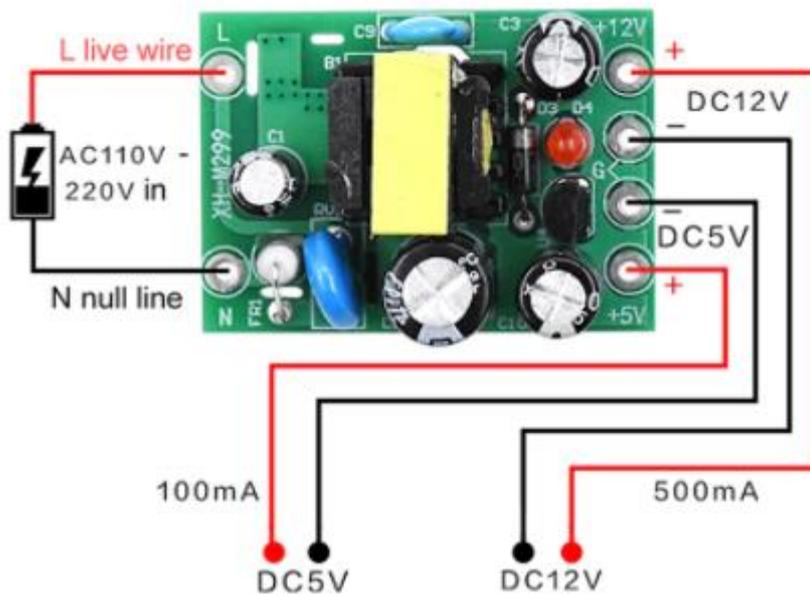


Рис. 5.7 Модуль питания переменного тока [25]

Это модуль питания переменного тока в постоянный с изолированным источником питания, двойным выходом и сильными помехоустойчивыми характеристиками. Входное напряжение AC110 ~ 220VV, двойной выход DC5V

и DC12V, а максимальный выходной ток 100 мА / 500 мА, максимальная мощность 0,5 Вт и 6 Вт.

8. Кнопки [\[26\]](#) показаны на рисунке 5.8.



Рис. 5.8 Кнопки для управления микроконтроллером [\[26\]](#)

Кнопка является простейшим устройством, при помощи которого можно управлять ходом программы на микроконтроллере, но физически она выполняет очень простую функцию: замыкает и размыкает контакт. Кнопки бывают нескольких типов:

- С фиксацией – кнопка остаётся нажатой после отпущения, без фиксации – отключается обратно. [\[27\]](#)
- Нормально разомкнутая (*Normal Open, NO*) – при нажатии замыкает контакты. Нормально замкнутая (*Normal Closed, NC*) – при нажатии размыкает контакты. [\[27\]](#)
- Тактовые кнопки – замыкают или размыкают контакт. Переключатели – обычно имеют три контакта: общий COM, нормально открытый NO и нормально закрытый NC. При отпущенной кнопке замкнута цепь COM-NC, при нажатой замыкается COM-NO. [\[27\]](#)

5.2 Программное обеспечение

Arduino – аппаратно-программные средства для построения систем автоматики и робототехники. Главным достоинством есть то, что платформа ориентирована на непрофессиональных пользователей. То есть любой может создать своего робота вне зависимости от знаний программирования и собственных навыков. [\[28\]](#)

Создание проекта на Arduino состояло из 3 главных основных этапов: написание кода, прототипирование (макетирование) и прошивка. Для того, чтоб написать код, а потом прошить плату мне понадобилась среда разработки, которых существует

немало, но программирование данного проекта велось в среде – Arduino IDE. Сам код написан на языке программирования C++ [29], адаптированным под Arduino.

5.3 Реализация

Для реализации проекта сначала был написан алгоритм общей работы программы показанный на рисунке 5.9.

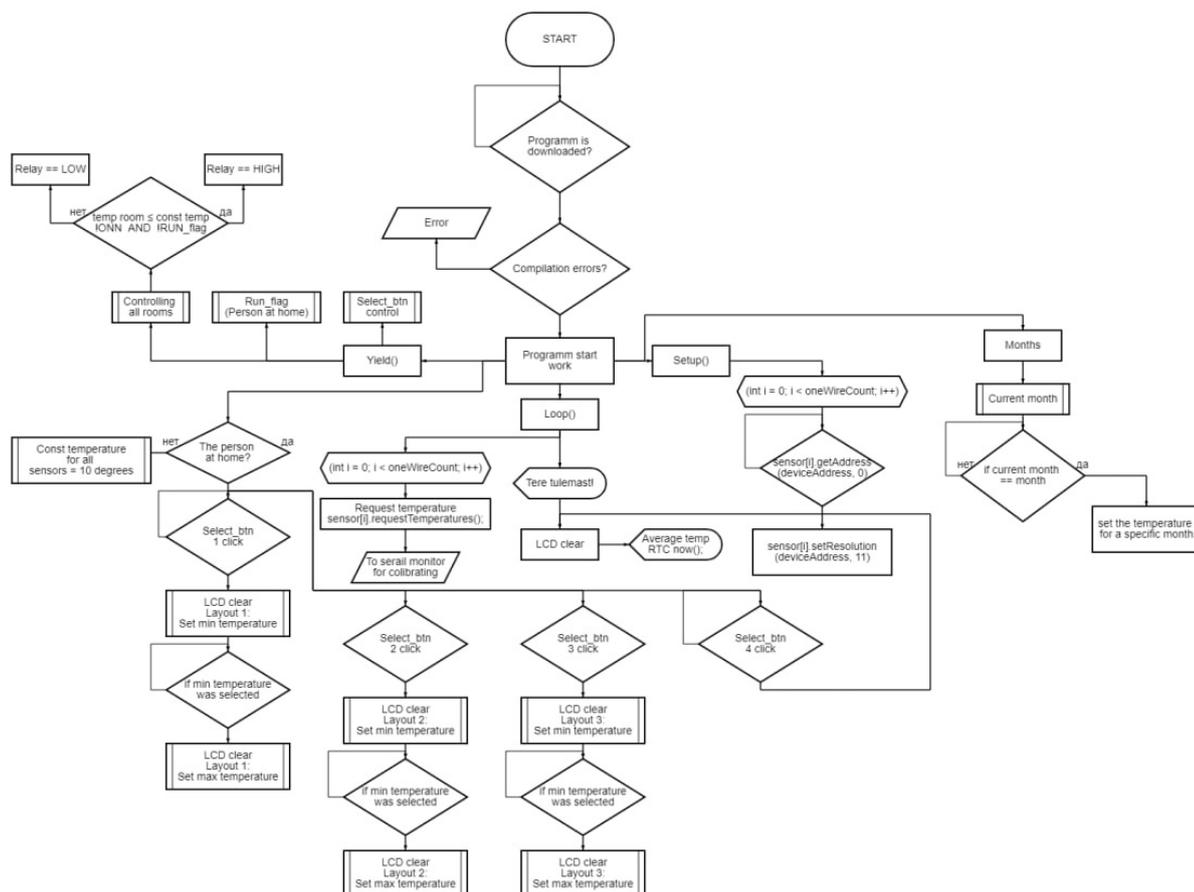


Рис. 5.9 Алгоритм общей работы программы

Работа алгоритма

Сама работа начинается с компиляции скетча. При удачной компиляции сперва загружаются все настроечные данные, после начинает работать основная программа.

Для отладки работы датчиков, их показания выводятся в монитор порта, чтобы была возможность отследить их показания. Данные для отладки выводятся при помощи цикла for.

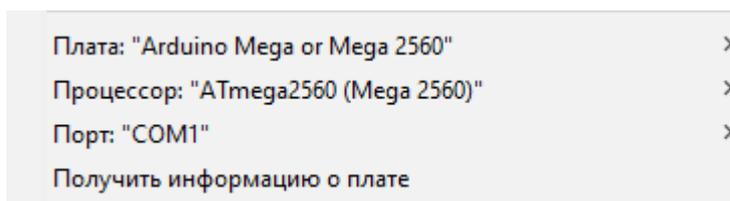
Для контроля работы коллекторов водяного пола, прописаны функции. Если температура меньше, определённый сигнал с микроконтроллера пойдёт на реле,

замкнёт его и коллектор начнёт нагревать данный участок контура здания. Если температура будет выше определённой, реле выключится и коллектор прекратит свою работу. Для принудительного включения обогрева дома вынесена отдельная кнопка, при её нажатии весь дом начинает отапливаться до указанной в настроечных данных максимальной температуры, при её достижении обогрев прекратится и контроль температуры будет работать в штатном режиме. Так же вынесена кнопка наличия человека в доме. Если человек вошёл в дом и нажал её, программа будет работать в штатном режиме, если она отключена, в доме будет поддерживаться минимальная температуры, - это 10 градусов цельсия. Так же на экран выводятся основные параметры в виде температуры в основных комнатах и текущий. От текущего месяца будут меняться максимальные и минимальные значения температуры. Так же можно перевести программу в ручной режим и задать минимальные и максимальные температуры для основных комнат дома.

5.4 Управление тёплым полом

Управление тёплым полом осуществляется при помощи Arduino Mega 2560, в программе Arduino IDE. Период жизни чипа микроконтроллера прописан в datasheet, технической спецификации продукта, и составляет от 20 до 25 лет. [\[30\]](#)

Для работы с платой во вкладке «Инструменты» необходимо выбрать модель нужного контроллера, а так же выбрать порт к которому подключён микроконтроллер.



Программа начинаться с установки необходимых библиотек. Все библиотеки находятся в открытом доступе, их можно скачать из открытых источников или установить непосредственно из самой среды разработки при помощи «Менеджера библиотек», рисунок №5.4

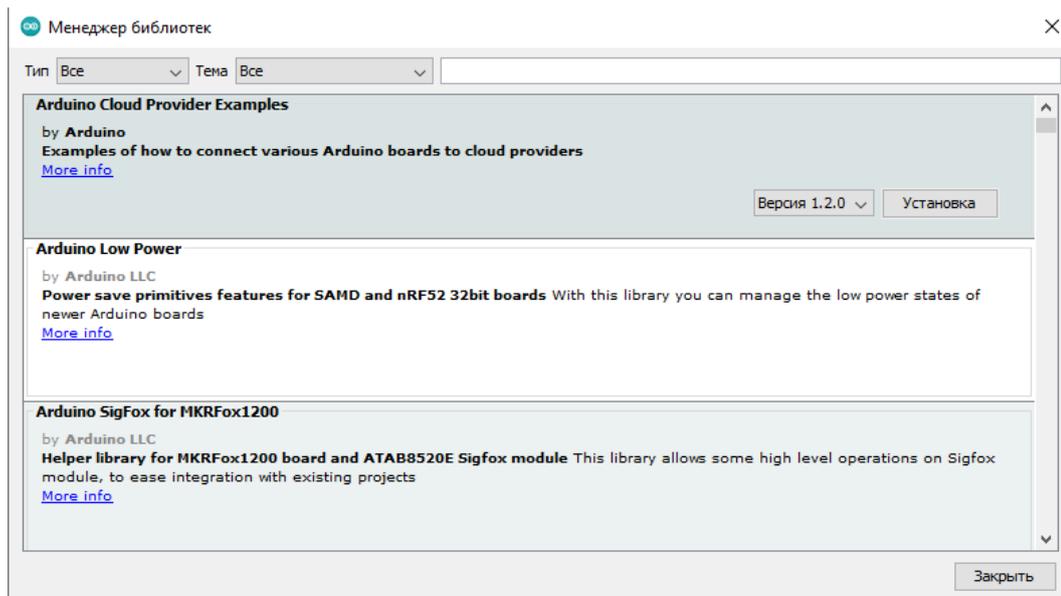


Рис. 5.4 Менеджер библиотек

Далее скаченные библиотеки необходимо подключить.

```
#include <TimeLib.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DS3231.h>
#include <Wire.h>
#include <OneButton.h>
RTClib myRTC;
```

В данном участке кода подключаются библиотеки для работы с устройствами, такими как: часы реального времени, ЖКЭ с шиной I2C и датчиками температуры DS18B20.

Библиотека для работы с временем.

- 1) библиотека для работы с доступом к датчикам температуры 1-wire.
- 2) библиотека для работы с датчиками DS18B20.
- 3) библиотека для работы с ЖКЭ
- 4) библиотека для работы с часами реального времени типа DS3231
- 5) библиотека для общения по I2C
- 6) библиотека Arduino для улучшения использования одной кнопки ввода. Он поддерживает обнаружение таких событий, как одиночные, двойные, множественные клики и длительное нажатие.

```

#define potent_pinA 33 //max potent
#define potent_pinB 34 //min potent
#define SW 35 //кнопка на потенциометре
#define relay_kamin 36 // for collector
#define relay_tuba 37 // for collector
#define relay_puhke 38 // for collector
#define relay_garaaz 39 // for collector
#define relay_koridor 40 // for collector
#define relay_abiruum 41 // for collector
#define relay_sansqlm 42 // for collector
#define relay_koridor_2 43 // for collector
#define relay_wc 44 // for collector
#define relay_pesemis 45 // for collector
#define relay_garderob 46 // for collector
#define ONN 47 // ON flor
#define SDA A4 //lcd display
#define SCL A5 //lcd display
#define SDA_t A6 //ds3231
#define SCL_t A7 //ds3231
#define select_btn 48 // for room selecting at lcd
#define RUN 49 // btn - human at home
#define garaaz 22
#define koridor 23
#define garderob 24
#define kaminsaal 25
#define abiruum 26
#define tuba 27
#define sansqlm 28
#define koridor2 29
#define wcruum 30
#define pesemisruum 31
#define puhkeruum 32

```

Далее необходимо прописать переменные и дать им определённый пин с которым они будут работать.

Датчики температуры используют протокол 1-Wire, что обеспечивает их возможность подключения к одному проводу. Данный протокол будет использоваться в случае расширения и улучшения возможностей данной программы. [\[31\]](#)

В программе данного проекта, их подключение сделано к разным пинам для удобства обращения к датчикам.

`#define` - это удобная директива, который позволяет дать имя константе перед тем как программа будет скомпилирована. Определенные этой директивой константы не занимают программной памяти, поскольку компилятор заменяет все обращения к ним их значениями на этапе компиляции, соответственно они

служат исключительно для удобства программиста и улучшения читаемости текста программы.

```
float average_temp;
unsigned long last_press;
int min_temp_puhke = 23;
int max_temp_puhke = 25;
int min_temp_kamin = 23;
int max_temp_kamin = 25;
int min_temp_tuba = 23;
int max_temp_tuba = 25;
int Set_temperature;
int aLastState;
int aState;
static int Counter = 0; //counter
boolean winter = false;
boolean summer = false;
boolean fall = false;
boolean spring = false;
boolean man_mode = false;
boolean flag = false;
boolean ONN_flag = false;
boolean RUN_flag = false;
```

Подключение переменных, которые участвуют в программе. В основном это константные переменные, такие как min/max temp.

```
OneWire ds18x20[] = {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12}; //11 temperature sensors at home
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
const int oneWireCount = sizeof(ds18x20) / sizeof(OneWire);
DallasTemperature sensor[oneWireCount];
```

Перечисляем в массиве пины, которые подключены датчикам температуры. Далее подключаем ЖКЭ и датчик типа ds18b20. Для работы с температурой присваиваем переменную sensor. В массиве OneWire перечислены пины к которым подключаются датчики температуры.

```

void setup() {
  pinMode(SW, INPUT);
  pinMode(potent_pinA, INPUT);
  pinMode(potent_pinB, INPUT);
  pinMode(OMN, INPUT);
  pinMode(select_btn, INPUT);
  pinMode(relay_kamin, OUTPUT);
  pinMode(relay_tuba, OUTPUT);
  pinMode(relay_puhke, OUTPUT);
  // start serial port
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("=====Ready with ");
  Serial.print(oneWireCount);
  Serial.println(" Sensors=====");

  // Start up the library on all defined bus-wires
  DeviceAddress deviceAddress;
  for (int i = 0; i < oneWireCount; i++) {
    sensor[i].setOneWire(&dsl8x20[i]);
    sensor[i].begin();
    if (sensor[i].getAddress(deviceAddress, 0)) sensor[i].setResolution(deviceAddress, 12);
  }
  aLastState = digitalRead(potent_pinA);

  // Устанавливаем размер экрана
  // Количество столбцов и строк
  lcd.begin(16, 2);
  // Устанавливаем курсор в колонку 0 и строку 0
  lcd.setCursor(0, 0);
  // Печатаем первую строку
  lcd.print("Tere tulemast!");
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
}

```

В цикле setup записываются настройки. Цикл запускается 1 раз, при успешной загрузке программы в микроконтроллер.

pinMode- функция для установки режима работы заданного пина, то есть будет ли он выдавать сигнал или принимать его.

Serial.begin – задаётся скорость передачи данных в бит/с. Одно из самых распространенных, это 9600, 115200.

Далее с помощью цикла for подключаются датчики к пинам, которые указаны в массиве. При удачной загрузке программы на экране появится надпись Tere tulemast!

```

void loop() {
  Serial.print("Requesting temperatures...");
  for (int i = 0; i < oneWireCount; i++) { //ищем датчики и опрашиваем
    sensor[i].requestTemperatures();
  }
  Serial.println("DONE");
  delay(1000);
  for (int i = 0; i < oneWireCount; i++) { // получаем значения температур
    float temperature = sensor[i].getTempCByIndex(0);

    Serial.print("Temperature for the sensor "); // проверка всех датчиков температуры
    Serial.print(i);
    Serial.print(" is ");
    Serial.println( );
    Serial.println();
  }
  DateTime now = myRTC.now(); // проверка текущей даты (отладка)
  Serial.print(now.year(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.month(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.day(), DEC);
  Serial.print(' ');
  Serial.println();

  average_temp = tuba + kaminsaal + puhkeruum;
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Temp is: ");
  lcd.setCursor(9, 1); //после напечатанного текста перевести курсор на пустое поле
  lcd.print(average_temp);
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("Month: ");
  lcd.setCursor(7, 2);
  lcd.print(now.month());
}

```

Цикл loop выполняется постоянно, пока плата Ардуино находится в работе.

Для отладки с помощью цикла for опрашиваются датчики температуры и выводятся монитор порта так же при помощи цикла for. Так же выводятся текущее время.

Регулировка температуры происходит в 3 основных комнатах, где люди находятся чаще всего, это каминный зал, комната отдыха и спальня. Температуру данных комнат можно регулировать, в остальных помещениях она константная.

```

void months() {
    DateTime now = myRTC.now();
    if (now.month() == 12 || 1 || 2 && !man_mode) {
        winter = true;
        summer = false;
        fall = false;
        spring = false;
        if (winter) {
            //lcd.print(winterS);
            int min_temp_puhke = 24;
            int max_temp_puhke = 26;
            int min_temp_kamin = 24;
            int max_temp_kamin = 26;
            int min_temp_tuba = 24;
            int max_temp_tuba = 26;
        }
    }
    if (now.month() == 3 || 4 || 5 && !man_mode) {
        winter = false;
        summer = false;
        fall = false;
        spring = true ;
        if (spring) {
            //lcd.print(springS);
            int min_temp_puhke = 22;
            int max_temp_puhke = 25;
            int min_temp_kamin = 22;
            int max_temp_kamin = 25;
            int min_temp_tuba = 22;
            int max_temp_tuba = 25;
        }
    }
    if (now.month() == 6 || 7 || 8 && !man_mode) {
        winter = false;
        summer = true;
        fall = false;
        spring = false ;
        if (summer) {
            //lcd.print(summerS);
            int min_temp_puhke = 18;
            int max_temp_puhke = 22;
            int min_temp_kamin = 18;
            int max_temp_kamin = 22;
            int min_temp_tuba = 18;
            int max_temp_tuba = 22;
        }
    }
}

```

```

if (now.month() == 9 || 10 || 11 && !man_mode) {
    winter = false;
    summer = false;
    fall = true;
    spring = false ;
    if (fall) {
        // lcd.print(fallS);
        int min_temp_puhke = 20;
        int max_temp_puhke = 22;
        int min_temp_kamin = 20;
        int max_temp_kamin = 22;
        int min_temp_tuba = 20;
        int max_temp_tuba = 22;
    }
}
}
}

```

В данной функции определяется текущий месяц при помощи часов реального времени.

Параметры температуры будут меняться при разных сезонах года, но если у нас состояние ручного управления true, данные участки кода исполняться не будут.

```

void switch_layouts() {
    if (RUN_flag == true)
        switch (Counter) {
            case 1:
                {
                    int btnState = digitalRead(SW);
                    aState = digitalRead(potent_pinA);
                    if (btnState == HIGH && flag == false && millis() - last_press > 1000) { // настройка максим
                        lcd.clear();
                        Set_temperature = digitalRead(potent_pinB);
                        flag = true;
                        last_press = millis();
                        if (digitalRead(potent_pinB) != aState) {
                            digitalWrite(Set_temperature, min_temp_kamin);
                            lcd.setCursor(0, 1);
                            lcd.print("Min temp: ");
                            lcd.setCursor(9, 1);
                            lcd.print(min_temp_kamin);
                        }
                    }
                }
            if (btnState == HIGH && flag == true && millis() - last_press > 250) {
                man_mode = true;
                if (digitalRead(potent_pinB) != aState) {
                    digitalWrite(Set_temperature, max_temp_kamin);
                    lcd.setCursor(0, 2);
                    lcd.print("Max temp: ");
                    lcd.setCursor(9, 2);
                    lcd.print(max_temp_kamin);
                }
            }
            if (btnState == HIGH && flag == true & millis() - last_press > 3000) {
                flag = false;
                man_mode = false;
                lcd.clear();
                break;
            }
        }
}
}

```

Данная функция завязана на флагах и счётчике. При нажатии на кнопку select_btn у нас меняется экран. В первом case при нажатии на кнопку

потенциометра и удерживании её в течении 1 секунды экран стирает всё, что было на нём до этого, записывает в переменную Set_temperature показания потенциометра и состояние flag ставит в true. При повороте ручки потенциометра выставляется минимальная температура для каминного зала. При повторном нажатии на кнопку потенциометра мы будем выставлять значение максимальной температуры для каминного зала и состояние man_mode станет true. Всё точно так же происходит и для других комнат в которых можно регулировать температуру. При нажатии на кнопку счётчика, будут меняться кейсы и комнаты. 1-каминный зал, 2- puhke, 3-tuba. Когда счётчик насчитает 4 нажатия, нас перекинет на самый начальный экран. Для того, чтобы снять ручной режим, нужно снова нажать на select_btn и удерживать кнопку потенциометра 3 секунды.

```
void control_temp_camin() {
  if (kaminsaal <= min_temp_kamin && !ONN && RUN_flag == true) {
    relay_kamin = HIGH;
  }
  if (ONN && RUN_flag == true) { //принудительное включение подогрева
    relay_kamin = HIGH;
  }
}

if (kaminsaal >= max_temp_kamin ) {
  relay_kamin = LOW;
  RUN_flag = false;
}
if(RUN_flag == false && kaminsaal <= 10){
  relay_kamin = HIGH;
}
if(RUN_flag == false && kaminsaal >= 11){
  relay_kamin = LOW ;
}
}

//=====
void control_temp_puhke() {
  if (puhkeruum <= min_temp_puhke && !ONN && RUN_flag == true) {
    relay_kamin = HIGH;
  }
  if (ONN && RUN_flag == true) { //принудительное включение подогрева
    relay_puhke = HIGH;
  }
}

if (puhkeruum >= max_temp_puhke ) {
  relay_puhke = LOW;
  RUN_flag = false;
}
if(RUN_flag == false && puhkeruum <= 10){
  relay_kamin = HIGH;
}
if(RUN_flag == false && puhkeruum >= 11){
  relay_kamin = LOW ;
}
}
```

Далее идут повторяющиеся функции для регулировки температуры в комнатах, если температура меньше выставленной, то сигнал идёт на реле и включается коллектор. Выключается реле, если температура достигла своего максимума. При нажатии на кнопку принудительного включения, начнут работать все коллекторы. Если в доме никого нет, то будет поддерживаться постоянная температура в доме 10 градусов для минимального температурного режима.

```

void yield() {
  last_press = millis();
  control_temp_camin();
  switch_layouts();
  if (select_btn == HIGH & millis() - last_press > 100) { // переключение между экранами
    Counter += 1;
  }
  if (Counter == 4) {
    Counter = 0;
  }

  if (RUN == HIGH && millis() - last_press > 100) { // кнопка о наличии человека в доме с "фиксацией"
    RUN_flag = !RUN_flag;
  }
  control_temp_pesemisruum();
  control_temp_wc();
  control_koridor_2();
  control_temp_sansqlm();
  control_temp_abiruuum();
  control_temp_garderod();
  control_temp_koridor();
  control_temp_garaaz();
}

```

В цикле `yield` у нас обрабатываются все функции с регулировкой температуры и счётчик. `Yield` это цикл схожий с `loop`, так же постоянно выполняется при работе микроконтроллера.

5.5 Электросхема управления теплым полом

На рисунке 5.11 указана электросхема управления теплым полом здания.

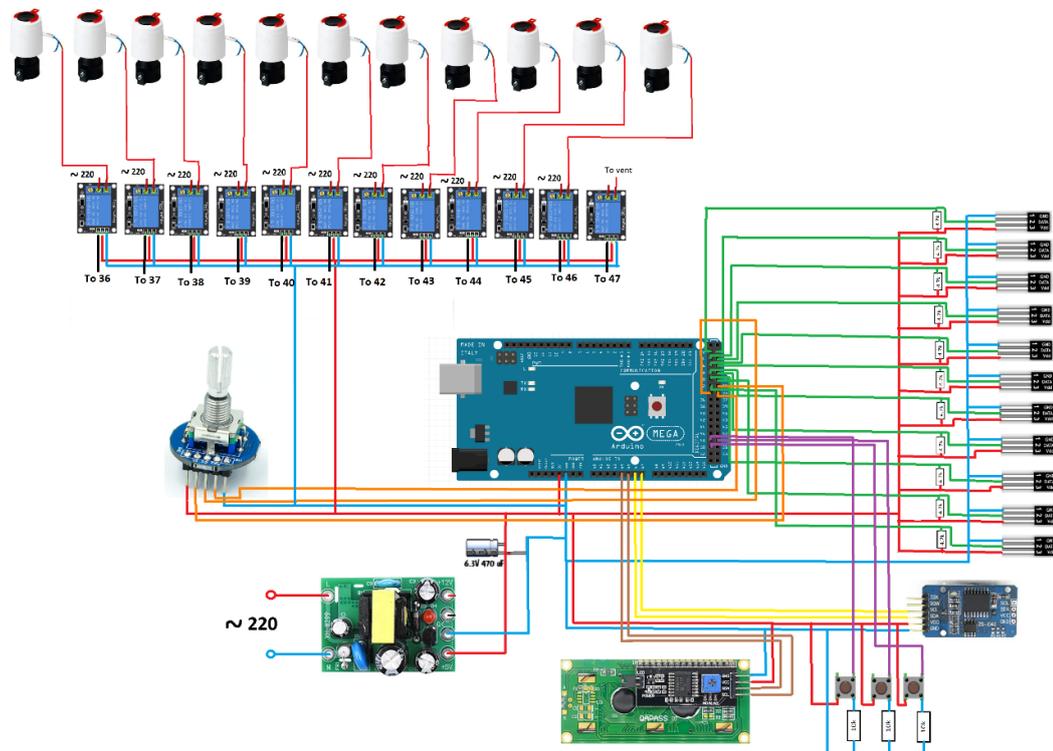


Рис. 5.11 Электросхема управления теплым полом

Конденсатор, который находится в цепи питания нужен для сглаживания пульсаций напряжения, оно обязательно должно быть стабилизировано, что

соблюдается при помощи конденсатора, который сглаживает входное напряжение от AC/DC преобразователя.

Систему можно усовершенствовать сколько угодно. Ардуино считается слабым контроллером, но благодаря многочисленным модулям и библиотекам, программу можно сколько угодно совершенствовать, всё упирается в память микроконтроллера и количество пинов на плате.

Так же по условию при включении отопления, должна включаться вентиляция. Для её подключения используется следующая схема показанная на рисунке 5.12. Для того, чтобы вентиляция работала, нужно в программе прописать условие, что когда человек дома, начинает работать вентиляция и подключить дополнительное реле для этого условия.

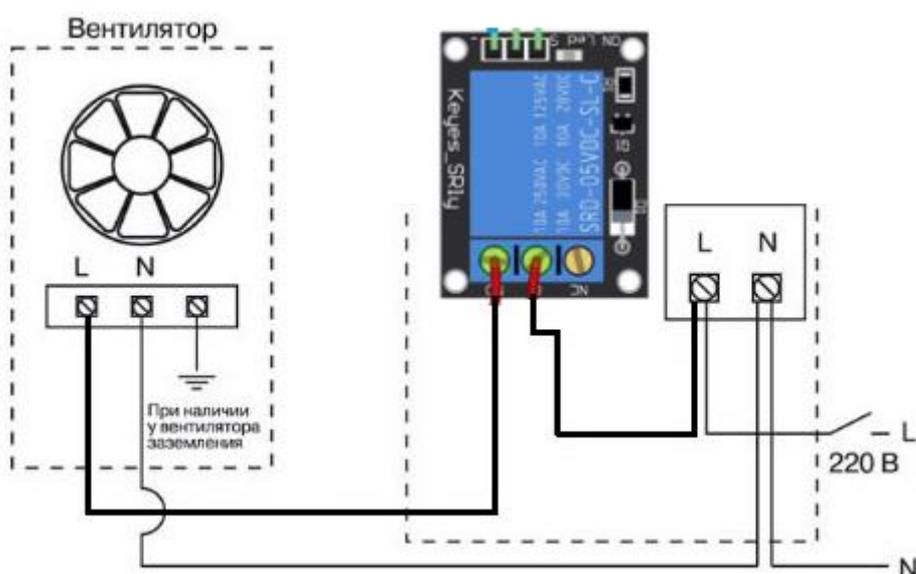


Рис. 5.12 Подключение к электросхеме управления отопления системы вентиляции

5.6 Плюсы и минусы Ардуино

- Arduino - самая популярная платформа любительской и образовательной электроники и робототехники.
- Язык Arduino - это измененный язык программирования C++. Кто знает последний, овладеть Arduino не составит особых трудностей.
- Скорость проектирования на Arduino существенно выше чем у других микроконтроллеров, что обусловлено это простой и отлично проработанной архитектурой.

- Невысокая стоимость и доступность. Arduino Uno можно приобрести в пределах 50 евро, а аналоги от китайских производителей стоят 5 евро.
- Комплектующие. На данный момент существуют тысячи перефирийных устройств и датчиков подключаемых к Arduino, начиная от простых кнопок, заканчивая ЖК экранами. [\[32\]](#)
- Arduino IDE – это самый неудобный редактор кода после «Блокнота». Если пользователь переключается на достойный внешний редактор, тогда ему все равно придется оставить открытой Arduino IDE для программирования устройства.
- Пустой Arduino проект для платформы Arduino UNO занимает 466 Байт и 666 Байт для Arduino Mega2560. Дополнительное расходование ресурсов не устраивает многих.
- Среда разработки Arduino, «скрывает» важные аспекты архитектуры микроконтроллера: регистры, прерывания и таймеры. Их знание просто необходимо. [\[32\]](#)
- Подпрограмма обслуживания прерывания по переполнению таймера запускается через каждые 16000 циклов в фоновом режиме. Это сделано для работы функций millis() и micros(), даже когда они не используются. [\[32\]](#)

6 СТОИМОСТЬ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ДАННОГО ПРОЕКТА

На Эстонском рынке на данный момент существуют несколько производителей термостатов и модулей, такие как: Devireg, Ensto, Busch-Jaeger, Baden, Danfoss. Цена данных терморегуляторов находится в диапазоне от 25 до 200 евро, только за сами терморегуляторы, датчики температуры, тепловые приводы покупаются отдельно. Количество подключаемых датчиков в основном от 1(дешевые варианты) до 4(самый дорогой). На рисунке 6.1 показан модуль на 4 зоны WFHC-40717 Master, Watts стоимостью 25 евро. [\[33\]](#)



Рис. 6.1 Базовый модуль на 4 зоны WFHC-40717 Master, Watts [\[33\]](#)

Ниже показан терморегулятор Danfoss (см. рисунок 6.2), Basic Plus² WT-D, работающий с встроенным датчиком температуры воздуха, и возможностью подключения датчика пола.



Рис. 6.2 Терморегулятор Danfoss, Basic Plus² WT-D, 088U0622 [34]

Если понадобится полностью автоматизировать дом, то придётся вложить ощутимую сумму на дополнительные модули. В данной дипломной работе приводится альтернатива для замены термостатов. С помощью платы Ардуино Мега было подключено 11 датчиков температуры, что значительно больше, чем предлагает самый дорогой модуль на Эстонском рынке. Программу этой дипломной работы можно улучшать и расширять на столько, на сколько позволяет память микроконтроллера и количество пинов, в этом наверное самый главный плюс данного предлагаемого решения. Так же существенной частью является дешевизна модулей для расширения возможностей платы Ардуино.

Если же использовать другие контроллеры, такие к примеру как Siemens, то всё упирается в рентабельность данного проекта.

Контроллер Siemens показанный на рисунке 6.3 из серии S7-1200 „6ES7214-1AG40-0XB0“ на эстонском рынке в данный момент стоит практически 400 евро, что превышает себестоимость всей нашей установки почти в 10 раз. [35]



Рис. 6.3 Контроллер 6ES7214-1AG40-0XB0 SIEMENS [35]

Для данной модели необходимо наличие реле, модуля, органа управления, что для решения данной работы не подходит. К тому же, из-за кризиса полупроводников склады пусты и ждать такой контроллер придётся месяцами.

Если взять программируемое реле, показанное на рисунке 6.4, от компании Siemens, LOGO „6ED1052-2CC08-0BA1“, его стоимость за 1 штуку составляет 100 евро. К этому нужно так же будет закупать дополнительное оборудование, что не будет соответствовать бюджетному проекту. [35]



Рис. 6.4 Программируемое реле компании Siemens, LOGO 6ED1052-2CC08-0BA1 [36]

Контроллер FX5U-iQF [\[37\]](#), показанный на рисунке 6.5, универсально ориентирован, подходит для приложений позиционирования, машиностроения, автоматизации зданий. FX5U хорош для небольших проектов, но также является мощным инструментом для управления большими и сложными системами. Но он так же дорог, его стоимость начинается от 250 евро. К нему также необходимо покупать соответствующее оборудование в виде датчиков, кнопок, энкодеров, что ни как не отвечает требованиям для бюджетного проекта.

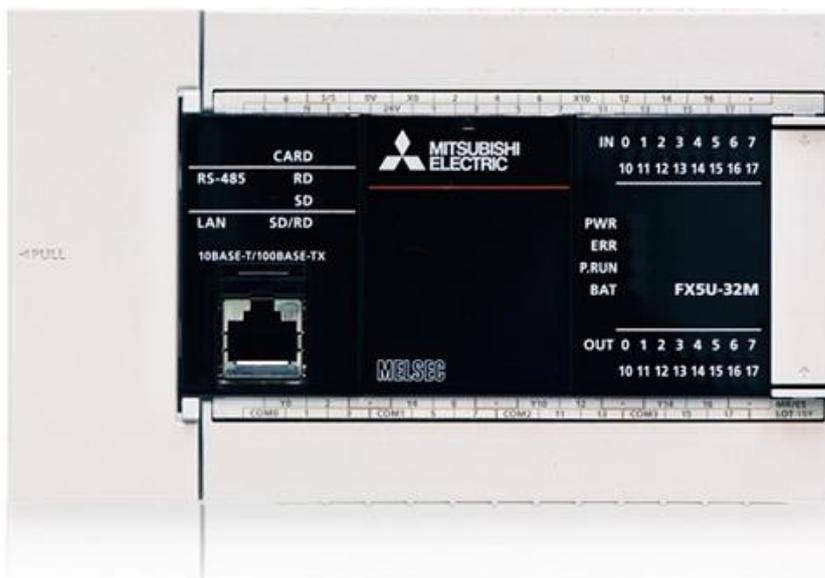


Рис. 6.5 Контроллер FX5U-iQF [\[37\]](#)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей этой работы была попытка выработки общедоступного решения для автоматизации отопительных и вентиляционных установок, в частном строительстве, с целью найти не дорогое решение для домашней автоматизации позволяющее контролировать, управлять своей жилой средой и оптимизировать расходы.

При разработке данного проекта столкнулись со следующими проблемами:

- Небезграничные ресурсы, малый объём памяти для сохранения программ.
- Необходима помехозащищенность.
- В программе не хватает проверки по уровню влажности в комнатах, но эта проблему можно решить путём расширения возможностей программы.

В данной работе выбрано конкретное решение, которое соответствовало имеющимся возможностям и ресурсам, а также поставленным задачам: автоматическое регулирование отопления и вентиляции на примере частного дома с минимальным участием человека в процессе. Данный проект показал, что программу и схему можно усовершенствовать, так как существует огромное количество различных модулей, сенсоров, дисплеев, датчиков для Ардуино, так же доступных для свободного использования.

По себестоимости проект вышел дешевым, так как аналоги на рынке стоят дороже, и они не такие многофункциональные. Существенно, что программная оболочка проекта является достаточно простой в применении для новичков и весьма гибкой для большинства продвинутых пользователей, чтобы оптимально быстро достичь нужного результата под конкретные запросы конечного потребителя.

KOKKUVÕTE

Selle töö põhieesmärgiks - välja töötada lahendus kütte- ja ventilatsioonipaigaldiste automatiseerimiseks eraehituses, et leida odav lahendus koduautomaatikale, mis võimaldab juhtida ja hallata oma elukeskkonda.

Selle projekti arendamisel kokku puutunud järgmiste probleemidega:

- Piiramatud ressursid, väike mälumaht programmide salvestamiseks.
- Elektromagnetiline ühilduvus.
- Programmis puudub ruumide õhuniiskuse taseme kontroll, kuid selle probleemi saab lahendada programmi võimaluste laiendamisega.

Töö käigus valiti lahendus, mis vastas olemasolevatele võimalustele ja ressurssidele ning püstitatud ülesannetele: kütte ja ventilatsiooni automatjuhtimine eramaja näitel minimaalse inimese osalusega protsessis. See projekt näitas, et programmi saab täiustada, kuna arduinole on väga palju tasuta kasutamiseks mooduleid, andureid ja ekraane.

Raha mõttes - project on odav, kuna turul olevad analoogid on palju kallimad ja pole nii multifunktsionaalsed. Oluline on see, et projekti tarkvara on lihtne kasutada.

SUMMARY

The main objective of this work was an attempt to develop a public solution for automating heating and ventilation installations in private house construction. And, so, to find an inexpensive solution for home automation that allows to control and manage the living environment.

While developing this project, we encountered the following problems:

- Limited amount of memory for storing programs.
- There is a need for interference immunity.
- The lack of checking the level of humidity in the rooms in the software, but this problem can be solved by expanding the software utilities.

In the work, it was chosen a specific solution that corresponded to both the available capabilities and resources, as well as the tasks set: i.e. automatic control of heating and ventilation using the example of a private house with minimal human participation in the process. This project showed that the software and the circuit can be improved since there are a huge number of different modules, sensors, displays, and sensors for Arduino, as well as the presence of many libraries for modules, sensors, and displays available for free use.

The cost of the project turned out to be cheap compared to analogs on the market which are much more expensive and less multifunctional. It is essential that the software shell of the project is quite easy to use for beginners and very flexible for advanced users. The shell is well suited for the optimal and quick achievement of the desired result for the specific needs of the end-user.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Spetsialist teeb puust ja punaseks: energiatõhusus ei tähenda ainult väikest küttearvest [Online] <https://rohe.geenius.ee/rubriik/pikk-lugu/spetsialist-teeb-puust-ja-punaseks-energiatohusus-ei-tahenda-ainult-vaikest-kuttearvet/> (09.12.2021). (veebilehekülge)
2. Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele [Online] <https://www.riigiteataja.ee/akt/106052015002?leiaKehtiv> (12.04.2022). (veebilehekülge)
3. Eesti Standart EVS 932:2017 „Hoone ehitusprojekt“ [Online] <https://www.evs.ee/et/evs-932-2017> (09.12.2021). (veebilehekülge)
4. Majandus- ja taristuministri 17.07.2015.a. määrus nr.97 „Nõuded ehitusprojektile“ [Online] <https://www.riigiteataja.ee/akt/118072015007> (09.12.2021). (veebilehekülge)
5. Jõukaabel AXPk 4G25 [Online] <https://www.onninen.ee/draka-joukaabel-axpk-4g25/p/AFE932> (12.04.2022). (veebilehekülge)
6. Компетентность лица электроустановок [Online] <https://ttja.ee/ariklient/ohutus/paigaldised-ja-masinad/elektripaigaldised#isiku-kompetentsus> (21.04.2022). (veebilehekülge)
7. Щит напольный с классом защиты IP44 компании Jumax [Online] <https://www.onninen.ee/jumax-jaotuskilp-jxj-18-18-moodulit-ip44/p/AFH824> (12.04.2022). (veebilehekülge)
8. Безгалогеновый кабель UTP 4x2x0,5 cat 6 [Online] <https://www.onninen.ee/andmesidekaabel-cat6-u-utp-4x2x0-5-b2ca-305m/p/CPS401> (12.04.2022). (veebilehekülge)
9. Что такое тампер? [Online] <https://easy-ops.ru/nemnogo-teorii/tamper> (21.04.2022). (veebilehekülge)
10. Дымовой оптический датчик АН-0311-3 [Online] https://www.elektrikaup.ee/produkcija?product_id=486&type_id=1 (21.04.2022). (veebilehekülge)
11. Приточно-вытяжная вентиляция [Online] <https://www.airfresh.ru/pritочно-vytyazhnye-ustanovki.htm> (10.12.2021). (veebilehekülge)
12. Вентиляционная установка Domekt R 450 V C6M [Online] <https://www.komfovent.ru/ru/produkty/domekt-r-450-v-c6m-742> (10.12.2021). (veebilehekülge)

13. EVS-EN 12237 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsioonikanalid. Ümmarguste spiraalõhukanalite tugevus ja tihedus“ [Online] <https://www.evs.ee/et/evs-en-12237-2003> (10.01.2022). (veebilehekülg)
14. Приточно-вытяжная вентиляция [Online] <https://ventys.ru/articles/pritочно-vytyazhnaya-ventilyaciya/> (26.05.2022). (veebilehekülg)
15. EVS 844:2022 „Hoonete kütte projekteerimine“ [Online] <https://www.evs.ee/et/evs-844-2022> (19.04.2022). (veebilehekülg)
16. Тепловой насос воздух-вода Daikin Altherma [Online] <https://kliimatehnika.eu/ru/ohk-vesi-soojuspump-daikin-altherma-ehvx11s18cb3v-erlq011cw1/> (10.12.2021). (veebilehekülg)
17. Хладагент R-32 [Online] <https://js.com.ua/articles/chto-takoe-freon-r-32/> (02.02.2022). (veebiartikkel)
18. Arduino Mega 2560 [Online] https://fr.aliexpress.com/item/32864836449.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.69937ed3n5Yy7y&algo_pvid=b543f13e-2cf4-4199-9e9c-48f5fd711de6&algo_exp_id=b543f13e-2cf4-4199-9e9c-48f5fd711de6-0&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2265815323341%22%7D&pdp_pi=-1%3B18.68%3B-1%3B-1%40salePrice%3BUSD%3Bsearch-mainSearch (10.01.2022). (veebilehekülg)
19. KY-040 Энкодер с кнопкой [Online] https://www.aliexpress.com/item/4001192317242.html?spm=a2g0o.order_list.0.0.21ef18023yMz0Z (10.01.2022). (veebilehekülg)
20. Реле KY-019 [Online] https://www.aliexpress.com/item/33003900390.html?spm=a2g0o.order_list.0.0.21ef18023yMz0Z (10.01.2022). (veebilehekülg)
21. Одноканальное реле 5V Arduino KY-019 [Online] <https://beegreen.com.ua/odnokanalne-rele-5v-arduino-ky-019-11731> (26.05.2022). (veebilehekülg)
22. Символьный дисплей LCD1602 I2C [Online] https://www.aliexpress.com/item/32413056677.html?spm=a2g0o.order_list.0.0.21ef18023yMz0Z (10.01.2022). (veebilehekülg)
23. Часы реального времени DS3231 https://www.aliexpress.com/item/4000004876793.html?spm=a2g0o.order_list.0.0.21ef18023yMz0Z (10.01.2022). (veebilehekülg)
24. Датчики температуры DS18B20 [Online] https://www.aliexpress.com/item/32467815969.html?spm=a2g0o.order_list.0.0.21ef18023yMz0Z (10.01.2022). (veebilehekülg)

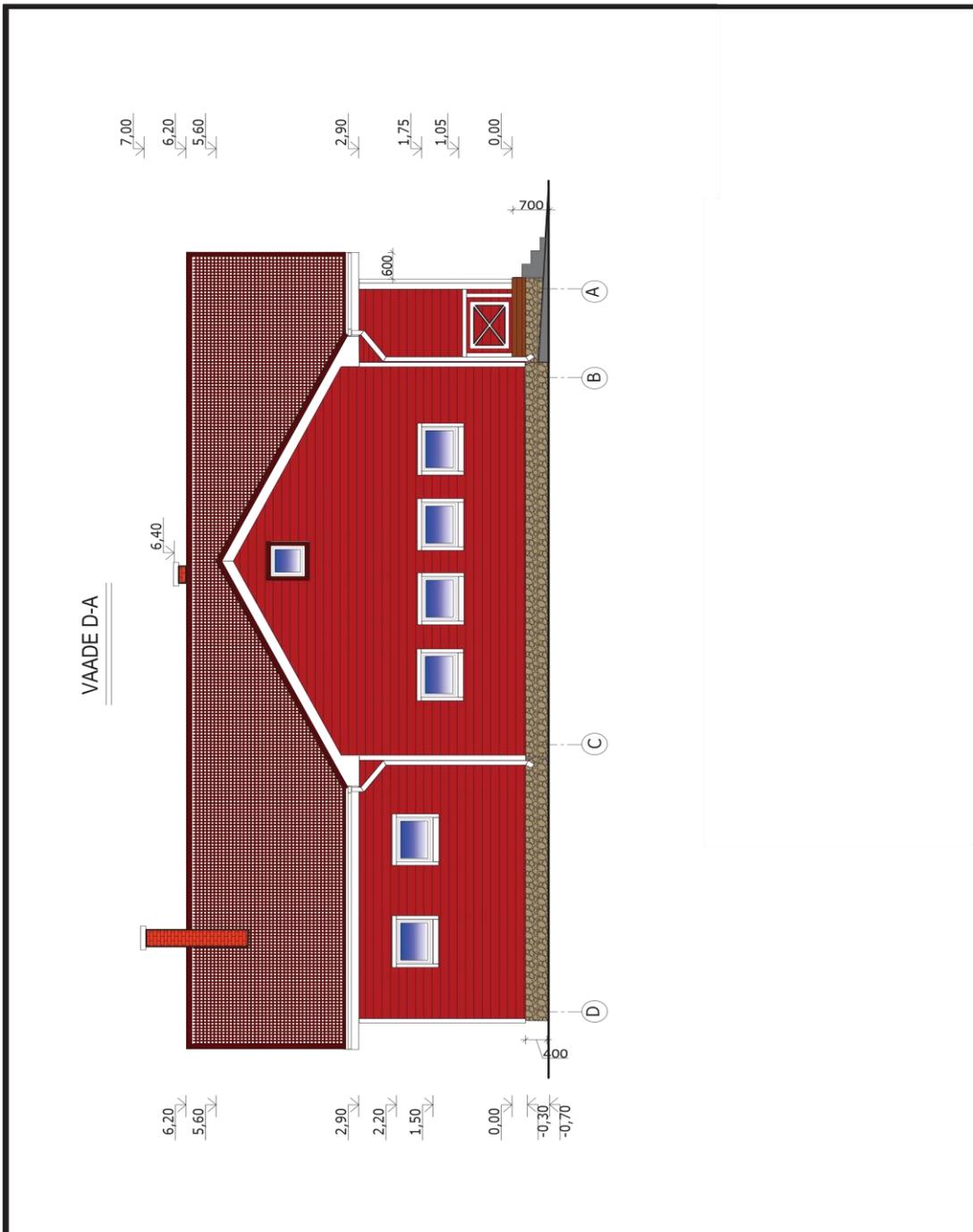
25. Модуль питания переменного тока AC/DC 220-5V *[Online]*
https://aliexpress.ru/item/33035680238.html?sku_id=67319138933&spm=a2g0o.search.0.0.71356f73KnQbQh (10.01.2022). (veebilehekülg)
26. Кнопки *[Online]*
https://aliexpress.ru/item/32858344336.html?spm=a2g2w.productlist.0.0.2f946a1eFp1uAf&sku_id=65418016751 (10.01.2022). (veebilehekülg)
27. Работа с кнопками *[Online]* <https://alexgyver.ru/lessons/arduino-buttons/> (12.12.2021). (veebiartikkel)
28. Arduino *[Online]* <https://botsolvers.com/what-is-arduino-ide-and-its-different-functions/> (12.01.2022). (veebilehekülg)
29. Шлее М. Профессиональное программирование на C++ *[Online]*
<http://cppstudio.com/post/8634/> (24.12.2022). (veebilehekülg)
30. Datasheet *[Online]*
<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc7799.pdf>
(22.02.2022). (veebilehekülg)
31. Протокол 1-Wire *[Online]* <https://www.elin.ru/1-Wire/> (12.12.2021). (veebiartikkel)
32. Плюсы Arduino и почему Arduino *[Online]*
https://pikabu.ru/story/plyusyi_arduino_i_pochemu_arduino_yeto_kruto_6485560 (04.04.2022). (veebiartikkel)
33. Базовый модуль на 4 зоны WFHC-40717 Master, Watts *[Online]*
<https://www.elektrikaup.ee/termoreguljatory-datchiki-i-prinadlezhnosti/8722/bazovyj-modul-na-4-zony-wfhc-40717-master-watts.html> (20.04.2022). (veebilehekülg)
34. Терморегулятор Danfoss, Basic Plus² WT-D, 088U0622 *[Online]*
<https://www.elektrikaup.ee/termoreguljatory-datchiki-i-prinadlezhnosti/9264/termoreguljator-danfoss-basic-plus%C2%B2-wt-d-088u0622.html> (20.04.2022). (veebilehekülg)
35. Контроллер 6ES7214-1AG40-0XB0 SIEMENS *[Online]*
<https://www.tme.eu/ee/details/6es7214-1ag40-0xb0/plc-juhikud/siemens/>
(20.04.2022). (veebilehekülg)
36. Программируемое реле компании Siemens, LOGO 6ED1052-2CC08-0BA1 *[Online]*
<https://www.tme.eu/ee/details/6ed1052-2cc08-0ba1/progr-releed-baasmoodulid/siemens/> (20.04.2022). (veebilehekülg)
37. Контроллер FX5U-iQF *[Online]*
<https://www.electrobit.ee/tooted.kontrollerid.kompaktkontrollerid.melsec-iq-f-sari> (20.04.2022). (veebilehekülg)

ПРИЛОЖЕНИЕ

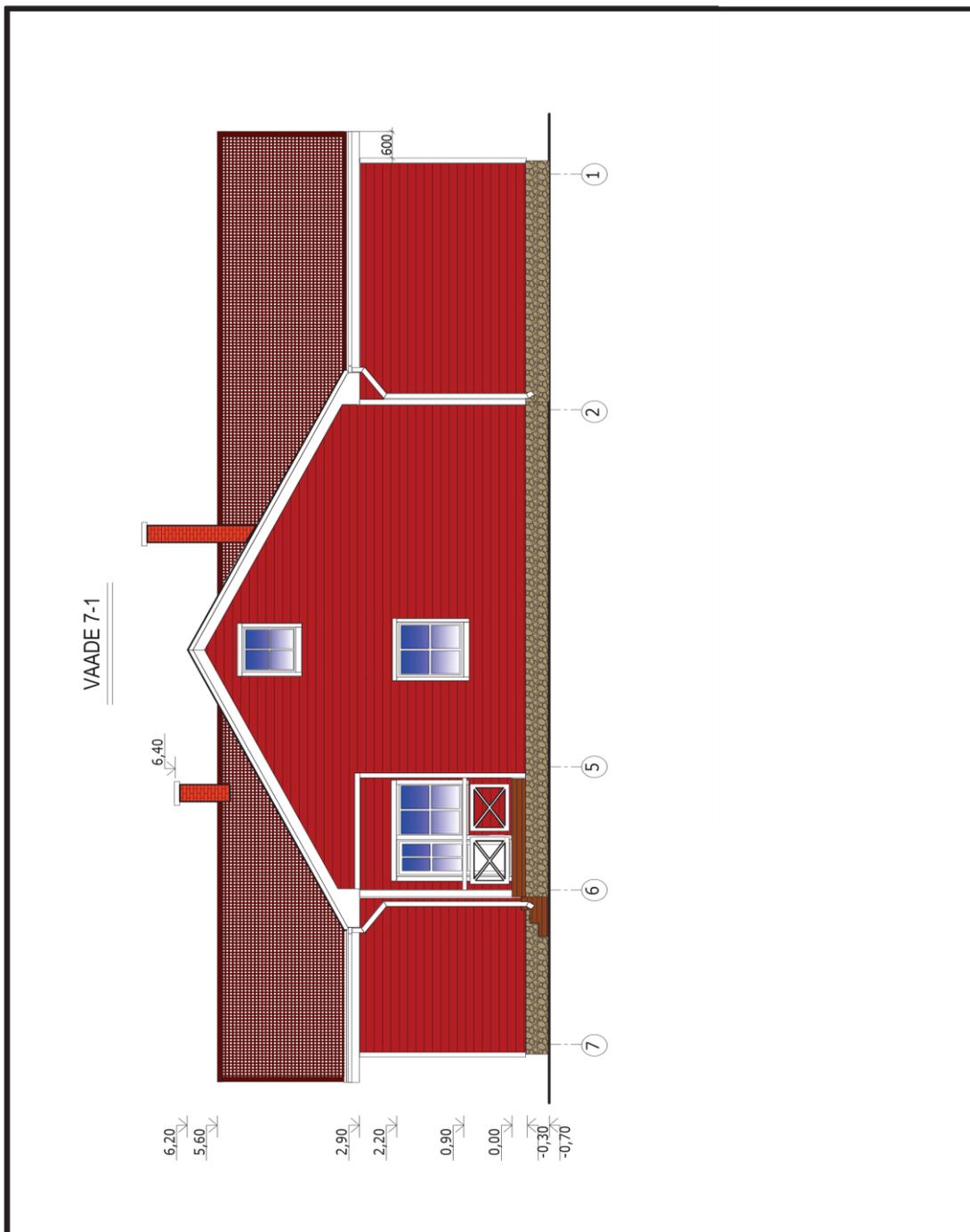
Приложение №1.0 Архитектурную часть проекта здания. Вид 1



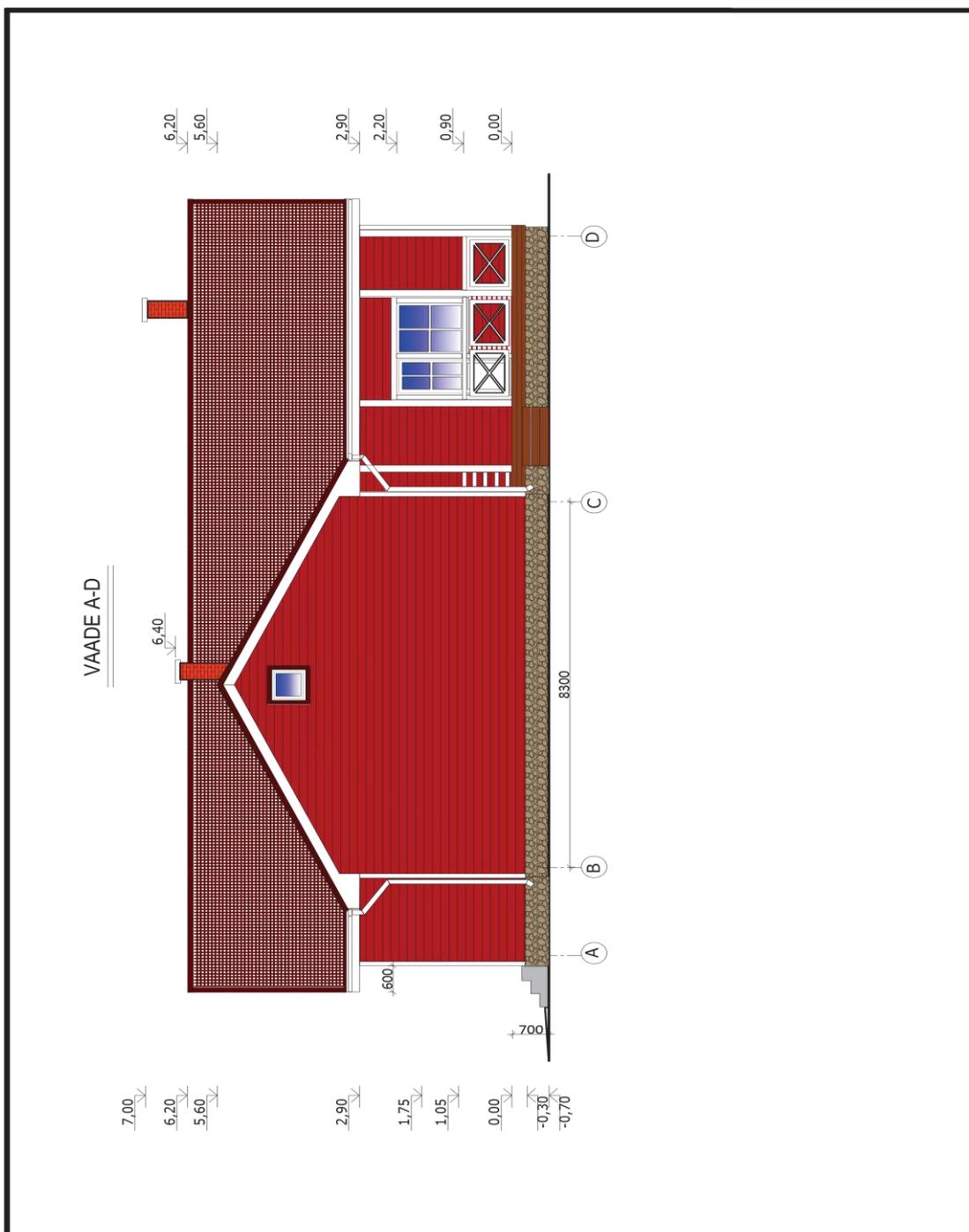
Приложение №1.0 Архитектурную часть проекта здания. Вид D-A



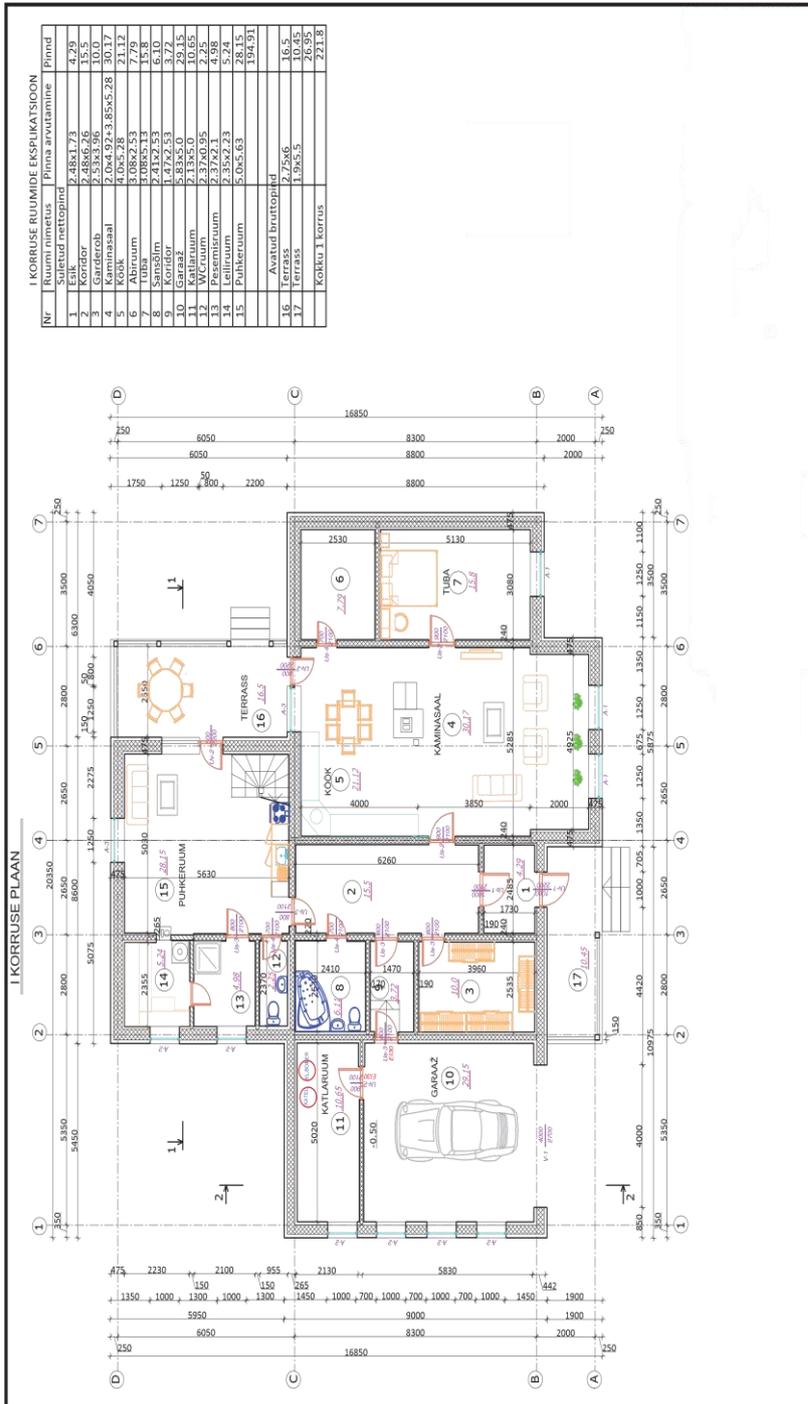
Приложение №1.0 Архитектурную часть проекта здания. Вид 7-1



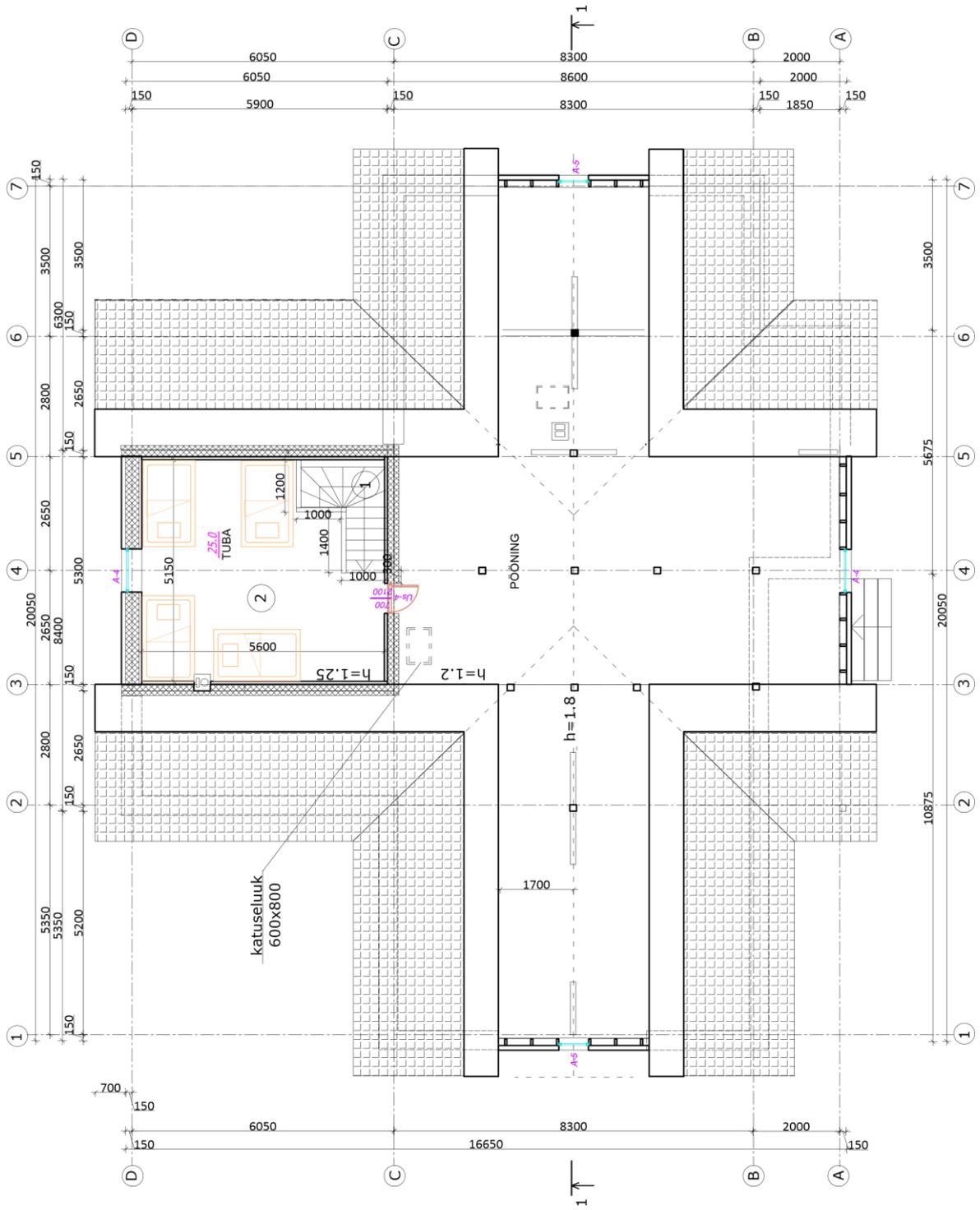
Приложение №1.0 Архитектурную часть проекта здания. Вид А-Д



№1.1 План первого этажа



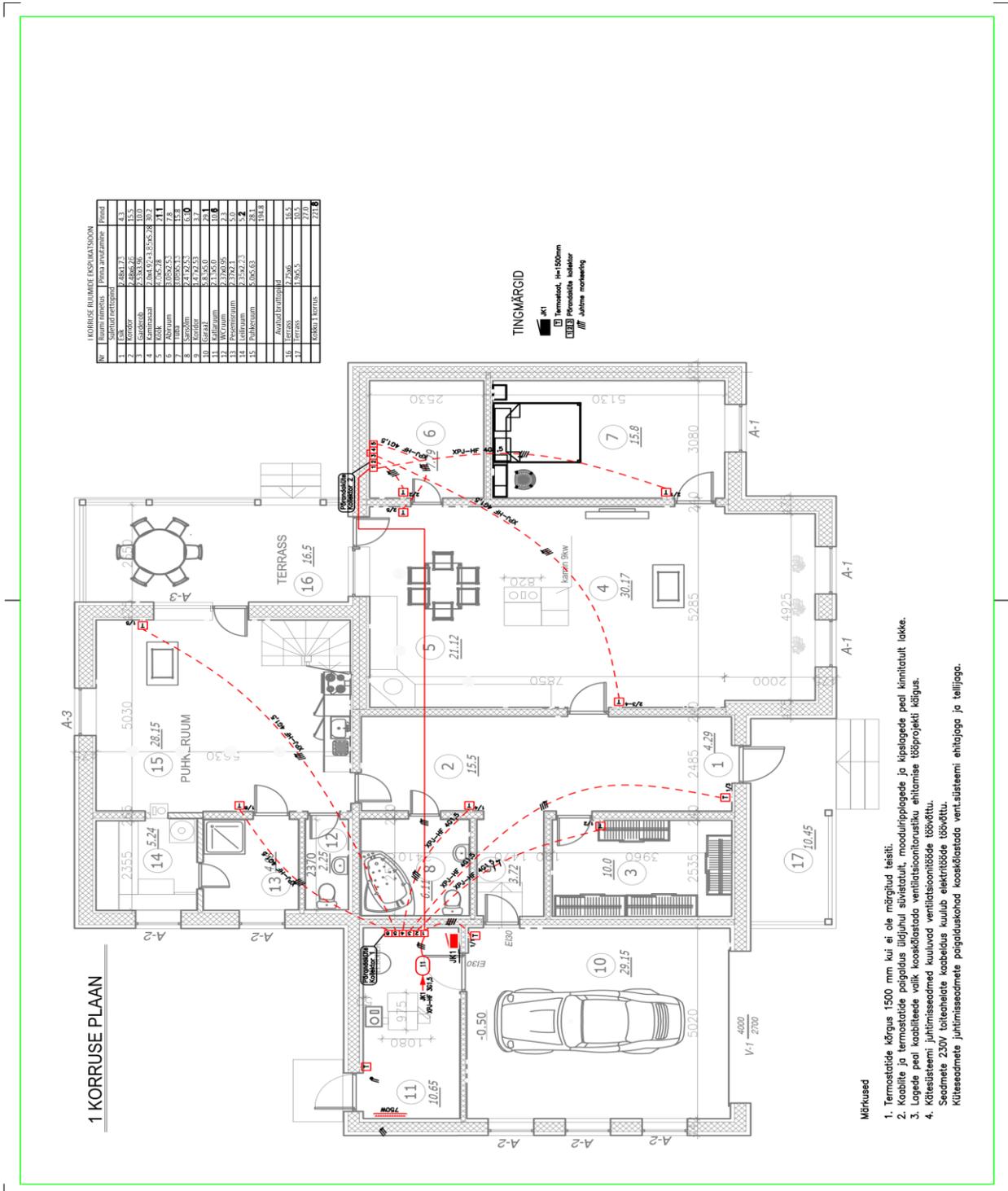
Приложение №1.2 План второго этажа



Приложение №1.3 Архитектурные параметры помещений проекта

Этаж	Наименование помещений	Площадь
Первый этаж (часть 1)	Прихожая	4,3 м ²
	Коридор	15,5 м ²
	Коридор	3,7 м ²
	Гардероб	10 м ²
	Санузел	6,1 м ²
	Каминный зал	30,2 м ²
	Столовая	21,2 м ²
	Комната	15,8 м ²
	Кладовая	7,8 м ²
	Всего	114,5 м ²
Первый этаж (часть 2)	Комната отдыха	28,1 м ²
	Туалет	2,3 м ²
	Душевая	5,0 м ²
	Баня	5,2 м ²
	Всего	40,6 м ²
Технические помещения	Котельная	10,6 м ²
	Гараж	29,1 м ²
	Всего	39,7 м ²
Закрытая площадь первого этажа		194,8 м ²
Второй этаж	Жилая комната	25,0 м ²
Закрытая площадь второго этажа		25,0 м ²
Общая площадь		223,6 м ²

Приложение №2.1 Схема установки элементов управления системы отопления здания



Приложение №3.1 Основные технические 450 V C6M характеристики вентиляционной установки Domект R [12]

Макс. производительность установки, л/с	136
Масса, кг	60
Питание, В	1~230
Максимальная сила тока, А	HE 7,5
Температурная энергоэффективность, %	86
Номинальный поток воздуха, м³/с	0,095
Номинальный перепад давления, Па	50
SPI Вт/(м³/ч)	0,3
Размеры фильтров ВxHxL, мм	517x278x46
Потребляемая мощность вентилятора при номинальном расходе, Вт	54
Потребляемая мощность вентилятора при максимальном расходе, Вт	146
Мощность электр. нагревателя, кВт/Δt, °С	1/8,6
Зона обслуживания, мм	700
Автоматика управления	C6M

Акустические характеристики

A – уровень звуковой мощности L_{WA} , дБ (A) при номинальном потоке

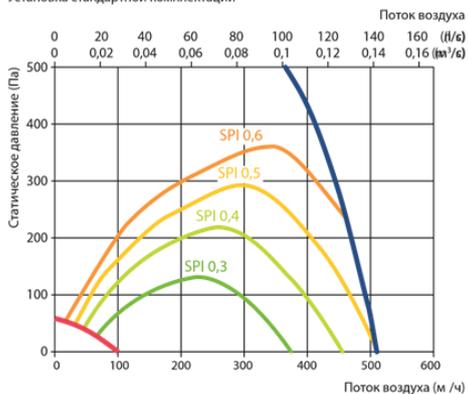
Снаружи	57
В помещении	66
Из помещения	57
Наружу	66
Корпус	44

A – уровень звукового давления L_{pA} , дБ (A), изолированное помещение – 10 м², расстояние от корпуса – 3 м.

К внешней среде	34
-----------------	----

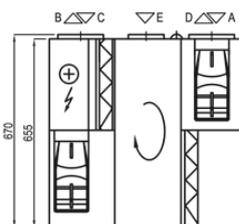
Производительность

Установка стандартной комплектации

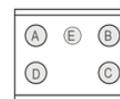


Температурная эффективность

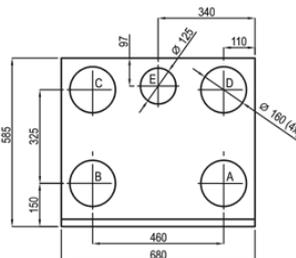
Наружная температура, °С	Зима					Лето		
	-23	-15	-10	-5	0	25	30	35
	15,7	16,8	17,5	18,2	18,9	22,4	23,1	23,8



Правое исполнение (R1)



- A воздух, забираемый снаружи
- B приточный воздух в помещения
- C удаляемый из помещений воздух
- D удаляемый наружу воздух
- E дополнительная вытяжка (обводной канал – вытяжка без рекуперации тепла)



Комплектующие

Заслонка	AGUJ-M-160+LF230/CM230
Шумоглушитель	A/D AGS-160-50-600-M
	B/C AGS-160-50-900-M
Водяной нагреватель	DH-160
Узел обвязки	PPU-HW-3R-15-0,4-W2
Двухход. клапан (для нагрев.)	VVP47.10-0,4

Водяной охладитель	DCW-0,5-3
Двухход. клапан (для охлад.)	VVP47.10-1,6
Наружная решетка	LD-160
Вод. нагреватель-охладитель	DHCW-160
Фреоновый охладитель	DCF-0,5-3
ККБ	MOU-12HFN8+KA8243



Приложение №3.2 Схема подключения вентиляционной установки Domexk R 450 V C6M

