МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»

Инженерная школа

Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

Бурлак Евгения Викторовна

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМ ТЕПЛО- И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

по образовательной программе подготовки бакалавров
по направлению подготовки 08.03.01
«Строительство»
«Теплогазоснабжение и вентиляция»

г. Владивосток
2018

Студент _____
подпись

«25» июня 2018г.

Руководитель ВКР канд.техн.наук,доцент
(должность, ученое звание)

_____ Журмилова И.А.
(подпись) (ФИО)

«25» июня 2018г.

«Допустить к защите»

Руководитель ОП _канд.техн.наук, доцент_
(ученое звание)

_____ В.П. Черненков
(подпись) (и. о.ф)

«25» июня 2018 г.

Зав. кафедрой _канд.техн.наук, доцент_
(ученое звание)

_____ А.В. Кобзарь
(подпись) (и. о.ф)

«25» июня 2018 г.

Защищена в ГЭК с оценкой_____

Секретарь ГЭК

_____ Н.С. Ткач
подпись И.О.Фамилия

«25» июня 2018г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДЕНО
Руководитель ОП, канд.техн.наук, профессор
(ученая степень, должность)
_____ Черненков В. П.
(подпись) (ФИО)
«___» _____ 2018 г.

Заведующий кафедрой, канд.техн.наук, доцент
(ученая степень, звание)
_____ Кобзарь А. В.
(подпись) (ФИО)
«____» _____ 2018 г.

З А Д А Н И Е
на выпускную квалификационную работу

Студенту (ке) **Бурлак Евгения Викторовна** Группа **Б3431д**
(Фамилия, Имя, Отчество) (номер группы)

1. Наименование темы **Разработка проекта систем тепло- и холодоснабжения для индивидуального жилого дома на базе возобновляемых источников энергии**
2. **Основания для разработки** **Приказ о закреплении темы ВКР от 28.12.2017 г**
3. **Источники разработки** **План индивидуального жилого дома**
4. Технические требования (параметры) **СП 60.13330.2016; СП 131. 1330. 2012; СП 55.13330.2016; СП 50.13330. 2012; СП 31.106.2002; СП 30.13330.2016; СП 20.13330. 2016; Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов нетрадиционных возобновляемых источников энергии.**
5. Дополнительные требования **Применение энергосберегающих технологий. Создание источника теплоснабжения при отсутствии подключения объекта к централизованным сетям теплоснабжения.**
6. Перечень разработанных опросов
   1. **Выбор возобновляемого источника энергии;**
   2. **Расчеты и проектирование системы отопления;**
   3. **Расчет и конструирование системы вентиляции;**

4. **Расчет и конструирование системы кондиционирования;**
5. **Разработка индивидуального теплового пункта;**

7. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных плакатов)

1. **Характеристика отопительно-вентиляционных систем. Основные показатели по рабочим чертежам марки ОВ.**
2. **План второго этажа. План первого этажа. План цокольного этажа.**
3. **План второго этажа. План первого этажа. План цокольного этажа.**
4. **Блок коллекторный № 2 (9 контуров). Блок коллекторный № 3 (8 контуров). Блок коллекторный № 1*. Блок коллекторный № 1 (4 контура). Принципиальная схема системы отопления. Узел 1. Принципиальная схема системы теплый пол. Конструкция водяного тёплого пола. Конструкция электрического тёплого пола.**
5. **Схема фанкойлов. Узел 2 Система В1. Система В2.Система В3. Система В4. Система В5. Система В6.Система В8. Система В9.Система П9. Система ПЕ. Схема дренажного трубопровода. Размеры камер статического давления.**
6. **Принципиальная схема теплового пункта. План скважин вертикальных грунтовых теплообменников. Фрагмент плана кровли в осях А-Е, 5-6. Вид А. Схема скважин вертикальных грунтовых теплообменников. Узел 3.**

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

№ п/п	Наименование этапов дипломного проекта (работы)	Срок выполнения	Примечание
1	Разработка главы 1: Возобновляемые источники энергии. Аналитический обзор	28.01.2018	
2	Разработка главы 2: Определение нагрузки на систему тепло- и холодоснабжения	01.03.2018	
3	Разработка главы 3: Проектирование систем тепло- холодоснабжения и вентиляции	12.04.2018	
4	Разработка главы 4: Проектирование источника тепло- и холодоснабжения на базе нетрадиционных источников энергии	15.05.2018	
5	Разработка графической части	10.06.2018	

Дата выдачи задания 28. 12. 2017 г.

Срок представления к защите 23.06.2018

Руководитель ВКР _____ Журмилова И.А.

(подпись) (ФИО)

Студент _____ Бурлак Е.В.

(подпись) (ФИО)

Содержание

Аннотация 6
Введение 8
Глава 1 11
Возобновляемые источники энергии. Аналитический обзор 11
1.1 Развитие ВИЭ в России 12
1.2 Солнечная энергия 15
1.3 Геотермальная энергия 15
Глава 2 17
Определение нагрузки на систему тепло- и холодоснабжения 17
2.1 Характеристика объекта проектирования 17
2.2 Климатические данные района строительства 18
2.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха 19
2.4 Расчет сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций помещений 20
2.5 Расчет тепловых потерь здания 25
2.6 Определение тепловых поступлений в помещение в теплый период года 30
2.7 Определение нагрузки на систему горячего водоснабжения 34
Глава 3 36
Проектирование систем тепло- холодоснабжения и вентиляции 36
3.1 Система тепло- и холодоснабжения 36
3.1.1 Система фанкойлов 36
3.1.2 Радиаторная система отопления 37
3.1.3 Гидравлический расчет систем фанкойлов и радиаторов 39
3.1.4 Водяной теплый пол 43
3.1.5 Гидравлический расчет системы водяной теплый пол 45
3.1.6 Электроотопление помещений 48
3.2 Вентиляция 49

3.2.1 Аэродинамический расчет системы вентиляции 50
3.2.2 Системы вентиляции 54
3.2.3 Расчет и подбор приточных и вытяжных решёток 56
Глава 4 58
Проектирование источника тепло- и холодоснабжения на базе нетрадиционных источников энергии 58
4.1 Расчет вертикального грунтового коллектора 61
4.2 Гидравлический расчет вертикальных грунтовых коллекторов 63
4.3 Монтаж вертикального грунтового теплообменника и используемые материалы 66
4.4 Проектирование системы плоских солнечных коллекторов 67
4.5 Описание режимов работы источника 69
Заключение 73
Список используемых источников 74
Приложение А 78
Приложение Б 89
Приложение В 90
Приложение Г 91
Приложение Д 92
Приложение Е 97
Приложение Ж 100
Приложение И 106
Приложение К 109

Аннотация

В соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу запроектирована система тепло- и холодоснабжения для индивидуального жилого дома в г. Находка на базе возобновляемых источников энергии.

Запроектированы и рассчитаны системы тепло- холодоснабжения. В проектируемом жилом доме приняты следующие системы: фанкойлы, работа которых, рассчитана на теплый и холодный периоды года, система радиаторного отопления, электрический и водяной теплый пол.

Применены следующие системы вентиляции: принудительная вытяжная вентиляция; принудительная приточно-вытяжная вентиляция; естественная приточная вентиляция.

Разработан индивидуальный источник тепло- холодоснабжения на базе нетрадиционных источников энергии. Основным источником является тепловой насос, который работает в 2 режимах: в отопительный период в режиме теплоснабжения на системы отопления и горячего водоснабжения; в летний период, благодаря модулю охлаждения, в режиме холодоснабжения. Предусмотрены дополнительные источники энергии – солнечные коллектора для системы горячего водоснабжения и электрический котел на систему отопления.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, вывода, списка литературы, девяти приложений и шести листов графической части. Работа содержит 73 страниц машинописного текста, 13 таблиц, список литературы из 32 наименований, 5 листов формата А1 и 1 лист формата А4х3 с чертежами.

Лист 1: характеристика отопительно-вентиляционных систем. Основные показатели по рабочим чертежам марки ОВ

Лист 2: план второго этажа. План первого этажа. План цокольного этажа.

Лист 3: план второго этажа. План первого этажа. План цокольного этажа.

Лист 4: Блок коллекторный № 2 (9 контуров). Блок коллекторный № 3 (8 контуров). Блок коллекторный № 1*. Блок коллекторный № 1 (4 контура). Принципиальная схема системы отопления. Узел 1. Принципиальная схема системы теплый пол. Конструкция водяного тёплого пола. Конструкция электрического тёплого пола.

Лист 5: Схема фанкойлов. Узел 2 Система В1. Система В2. Система В3. Система В4. Система В5. Система В6. Система В8. Система В9. Система П9. Система ПЕ. Схема дренажного трубопровода. Размеры камер статического давления.

Лист 6: Принципиальная схема теплового пункта. План скважин вертикальных грунтовых теплообменников. Фрагмент плана кровли в осях А-Е, 5-6. Вид А. Схема скважин вертикальных грунтовых теплообменников. Узел 3.

Введение

Применение альтернативных источников энергии в технологии тепло-холодоснабжения, позволяет частично вытеснить органическое топливо и обеспечить работу системы с минимальными затратами первичной энергии, а так же практически исключить загрязнение экологии [2, 18]. Преимущества применения альтернативных источников энергии будут иметь определяющее значение в формировании конкурентной ситуации на рынке тепло-хладогенерирующего оборудования, как в нашей стране, так и за рубежом [2].

Использование нетрадиционных источников энергии для систем теплоснабжения и холодоснабжения наиболее востребовано на объектах индивидуального строительства и для зданий, не имеющих возможности подключения к центральным тепловым сетям. Таким образом, целью выпускной квалификационной работы является разработка системы тепло- и холодоснабжения для индивидуального жилого дома в г. Находка, на базе возобновляемых источников энергии.

Проанализировав возможности применения существующих альтернативных источников теплоснабжения, отметив их достоинства и недостатки, выбран наиболее подходящий вариант применимый для проектируемого объекта.

Для реализации поставленной цели определены климатические данные г. Находка, расчетные параметры микроклимата помещений. Исходя из характеристик строительных материалов ограждающих конструкций, рассчитано сопротивление теплопередаче. Произведен расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции, определены тепловые поступления в помещениях в теплый период года и рассчитана нагрузка на систему горячего водоснабжения. По результатам расчетов найдены следующие нагрузки:

- На систему теплоснабжения – 19695 Вт;
- На систему горячего водоснабжения – 27750 Вт;
- На систему холодоснабжения – 23600 Вт.

Запроектированы системы тепло- холодоснабжения и вентиляции. В проектируемом жилом доме приняты следующие низкотемпературные системы: фанкойлы, работа которых, рассчитана на теплый и холодный периоды года, электрический и водяной теплый пол, радиаторное отопление.

Система фанкойлов является основным источником тепло-холодоснабжения и разработана для помещений таких как: гостевая, общая комната, столовая, кухня, детская, главная спальня. К установке приняты двухтрубные канальные фанкойлы фирмы Daikin серии FWB – BT, которые установлены в подшивном потолке. Параметры теплоносителя в холодный период года 55/45 °С, в теплый период года 7/12 °С.

Радиаторная система отопления расположена на цокольном этаже в гараже, мастерской и кладовой. Теплоноситель – вода с температурой 55/30°С. Разводка радиаторной системы отопления горизонтальная двухтрубная периметральная с тупиковым движением теплоносителя. Магистральные трубопроводы проложены в конструкции пола вдоль наружных стен здания.

Система водяной теплый пол является основным источником обогрева для всех помещений, где установлена, за исключением тех, где находятся фанкойлы. Теплоноситель – вода с параметрами 40/30 °С. Способ укладки трубопровода – «улитка».

В качестве основного отопления для ванных комнат и сан. узлов принят электрический теплый пол. К установке принят нагревательный кабель двухжильный Devilflex™ DTIP-10 и DTIP-18. Способ укладки кабеля – «змейка».

Применены следующие системы вентиляции: принудительная вытяжная; принудительная приточно-вытяжная с рекуперацией тепла; естественная приточная. Для каждой системы подобрано соответствующее оборудование исходя из особенности применения и аэродинамических характеристик.

Разработан источник тепло- и холодоснабжения и принципиальная схема теплового пункта на базе солнечных коллекторов и теплового насоса. Для обеспечения надежной и стабильной работы системы предусмотрен

дополнительный традиционный источник тепловой энергии – электрический котел. Источники теплоснабжения способны работать как совместно, так и раздельно.

Геотермальный рассольно – водяной тепловой насос подобран исходя из нагрузки на систему холодоснабжения равной 23,6 кВт, теплоснабжения 20 кВт и части тепловой нагрузки на горячее водоснабжение равную 6 кВт.

Электрический котел подобран исходя из тепловой нагрузки здания равной 20 кВт.

Плоский солнечный коллектор рассчитан на нагрузку системы горячего водоснабжения равную 16,7 кВт.

Глава 1

Возобновляемые источники энергии. Аналитический обзор

Возобновляемые источники энергии это те, запасы которых восполняются естественным образом в биосфере Земли. Возобновляемая энергия не является следствием целенаправленной деятельности человека, и это является ее отличительным признаком.

До недавнего времени, вопросы о развитии использования возобновляемых источников энергии в энергетической политике России не рассматривались активно. Ситуация изменилась в связи с уменьшением запасов традиционного энергетического сырья, в то время как потребность в энергоресурсах населения приобрела значительный рост. В 2006 году на одного жителя планеты расходовалось примерно 7 кг у.т. в сутки, т. е. 2,5 т у.т /(чел-год) энергоресурсов. По прогнозам, к 2100 году среднее удельное энергопотребление — до 10 т у.т./(чел-год), т. е. в сумме оно достигнет $0{,}1 \cdot 10^{12}$ т у.т. в год.[12]

Если энергопотребление будет по-прежнему обеспечиваться за счет сжигания органического топлива, то это может привести к истощению природных ресурсов. По результатам многочисленных исследований органическое топливо к 2020 г. может удовлетворить запросы мировой энергетики только частично. Остальная часть энергопотребности может быть удовлетворена за счет других источников энергии – возобновляемых. [12]

В первую очередь к возобновляемым источникам энергии относится солнечная энергия, а также ее производные: энергия ветра, энергия растительной биомассы, энергия водных потоков и т.п. К ним относят также геотермальное тепло, поступающее на поверхность Земли из ее недр, низкопотенциальное тепло окружающей среды, которое можно использовать, например, с помощью тепловых насосов, а также некоторые источники энергии, связанные с жизнедеятельностью человека (тепловые «отходы»

жилища, органические отходы промышленных и сельскохозяйственных производств, бытовые отходы и т.п.). [19]

Экономический ресурс возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире в настоящее время оценивают в 20 млрд т у. т. в год, что в 2 раза превышает объем годовой добычи всех видов ископаемого топлива. Это обстоятельство указывает путь развития энергетики ближайшего будущего. [24]

Использование ВИЭ, как правило, не оказывает серьезного негативного воздействия на окружающую среду, в большинстве своем они являются экологически чистыми и повсеместно доступными источниками энергии. [19].

К серьезным недостаткам ВИЭ, препятствующим их большее применение, относятся невысокая плотность энергетических потоков, и их непостоянство во времени и, как следствие этого, появляются значительные затраты связанные с оборудованием, которые обеспечивают сбор, аккумулирование и преобразование энергии. Так, например, плотность потока солнечного излучения на поверхности земли в полдень ясного дня составляет всего около 1 кВт/м^2, а ее среднегодовое значение с учетом сезонных и погодных колебаний для самых солнечных районов земного шара не превышает 250 Вт/м^2 (для средней полосы России — 120 Вт/м^2). Для сравнения, плотность теплового потока на стенки топки современного парового котла достигает нескольких сотен кВт/м^2. Тем не менее, технологии использования различных ВИЭ активно развиваются во многих странах мира, многие из них достигли коммерческой зрелости и успешно конкурируют на рынке энергетических услуг, в том числе при производстве электрической и тепловой энергии [19].

1.1 Развитие ВИЭ в России

На данный момент Россия существенно отстает по темпам освоения возобновляемых источников энергии и их объему от основных развитых и

многих развивающихся стран. Малое внимание развитию ВИЭ в России обусловлено рядом объективных и субъективных факторов:

- сложившимся в руководстве страны на основе предыдущего опыта устойчивым представлением о том, что Россия располагает практически неисчерпаемыми запасами ископаемого топлива, отсутствием надежных прогнозов социально-экономического и энергетического развития страны на длительную перспективу;
- низкая экономическая конкурентоспособность ВИЭ на рынке в связи с более низкими ценами и тарифами на электрическую и тепловую энергию в районах централизованно энергосбережения;
- слабая информативность населения о возможностях и преимуществах использование ВИЭ;
- недостаточное финансирование научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ и, что особенно важно для продвижения новых технологий на рынок, опытно-демонстрационных объектов в различных регионах страны.

Необходимость ускоренного развития ВИЭ в стране обусловлена объективными факторами:

- значительное количество населенных пунктов страны находятся вдали от цивилизованного энергосбережения. Энергоснабжение потребителей отдаленных районов осуществляется преимущественно с помощью автономных энергоустановок, требующих завоза дорогого топлива.
- более 50% регионов страны энергодефицитны — они вынуждены поставлять энергоресурсы из других регионов, в следствие чего возникают дополнительные затраты на транспортировку органического топлива. [19].
- рост цен на все виды топлива и электроэнергию, а также наличие во многих регионах страны ограничений на подключение к электрическим и газовым сетям. Вследствие этого стали развиваться малые электростанции.

- во многих регионах нарастают экологические проблемы, причиной которых являются выбросы вредных веществ при сжигании природного топлива.
- освоение и внедрение в широких масштабах новых энергетических технологий в связи с высокой инерционностью энергетического хозяйства требует значительного времени, как правило, десятилетия. Нужна заблаговременная подготовка к изменению структуры энергетического хозяйства.

При сложившейся в стране энергетической и экономической конъюнктуре возобновляемые источники энергии в ближайшей перспективе вряд ли смогут составить серьезную конкуренцию традиционной энергетике в тех районах России, где для этого созданы благоприятные условия. Но развитие и внедрение возобновляемых источников энергии в районы, не имеющих централизованных систем энергоснабжения, обеспечит решение актуальных проблем:

- электро- и теплоснабжение автономных потребителей, расположенных вне систем централизованного энергоснабжения;
- сокращение завоза органического топлива в труднодоступные районы;
- сокращение вредных выбросов от традиционных энергетических установок в отдельных городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в туристско-рекреационных зонах и местах массового отдыха населения.

Исходя из задания на выпускную квалификационную работу, индивидуальный жилой дом, для которого необходимо разработать систему тепло- и холодоснабжения, отдален от источника центрального теплоснабжения. Поэтому целесообразно для него разработать систему, работающую на базе возобновляемых источников энергии.

Наиболее распространенными возобновляемыми источниками энергии, для индивидуальных жилых домов, являются солнечная и геотермальная энергия.

1.2 Солнечная энергия

Из всех возобновляемых источников энергии на Земле Солнце является самым мощным. На поверхность Земли в течение года поступает солнечная энергия (СЭ), эквивалентная энергии, заключенной в $1{,}2 \cdot 10^{14}$ т у. т., что значительно превышает запасы органического топлива ($6 \cdot 10^{12}$ т у. т.) и говорит о возможности использования данного вида ресурса.[24]

Использование солнечной энергетики обладает рядом преимуществ: возобновляемость, доступность, экологическая чистота, бесшумность, экономичность, низкие эксплуатационные расходы.

Однако использование СЭ связано с определенными трудностями, что ограничивает широкомасштабную реализацию технологий. К ним относятся: малая плотность солнечного потока, непостоянство и прерывистость поступления СЭ во времени; зависимость этого потока от географического расположения приемника излучения, высокие капиталовложения и др.

Основное направление использования СЭ — преобразование ее в электрическую энергию и получение теплоты для отопления зданий, горячего водоснабжения, опреснения вод, сушки и других технологических целей.

Солнечную энергию использовать для технологических целей возможно при помощи устройства сбора, одним из которых является солнечный коллектор. Существует несколько видов солнечных коллекторов: открытые, вакуумные, плоские солнечные коллекторы.

1.3 Геотермальная энергия

Под геотермальной энергией понимают физическое тепло глубинных слоев Земли, имеющих температуру, превышающую температуру воздуха на поверхности. В качестве носителей этой энергии могут выступать как жидкие

флюиды (вода и/или пароводяная смесь), так и сухие горные породы, расположенные на соответствующей глубине. Из горячих недр Земли на ее поверхность постоянно поступает тепловой поток, интенсивность которого в среднем по земной поверхности составляет около 0,03 Вт/м^2. Под воздействием этого потока, в зависимости от свойств горных пород, возникает геотермический градиент. В большинстве мест он составляет не более 2-3 °С/100м [19].

Использование низкопотенциальной энергии Земли возможно посредством тепловых насосов. В настоящее время это одно из наиболее динамично развивающихся направлений использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Низкопотенциальное тепло Земли может использоваться в различных типах зданий и сооружений многими способами: для отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования (охлаждения) воздуха, обогрева дорожек в зимнее время года, для предотвращения обледенения, подогрева полей на открытых стадионах и т. п. [13]

Глава 2

Определение нагрузки на систему тепло- и холодоснабжения

2.1 Характеристика объекта проектирования

Объектом проектирования является система тепло- и холодоснабжения для индивидуального жилого дома. Район строительства – Приморский край, г. Находка. Количество этажей три, в том числе и цокольный. Ориентация главного фасада: юг. Строительные характеристики помещений приведены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – строительные характеристики помещений

№ помещения	Наименование помещения	Площадь помещения, S, м^2	Высота помещения, h, м	Строительный объем, V, м^3
1	2	3	4	5
Цокольный этаж				
101	Сауна	8,8	3,0	26,4
102	Санузел	2,7	3,0	8,1
103	Кладовая пищевых продуктов	4,5	3,0	13,5
104	Комната отдыха	33,0	3,0	99
105	Коридор	3,9	3,0	11,7
106	Техническое помещение	8,3	3,0	24,9
107	Мастерская	1,4	3,0	4,2
108	Гараж	51,2	3,0	153,6
109	Кладовая	7,5	3,0	22,5
110	Душевая	15,9	3,0	47,7
1 этаж				
201	Постирочная	8,1	3,2	25,9
202	Коридор	19,4	3,2	62,1

Продолжение таблицы 2.1.1

1	2	3	4	5
203	Санузел	5,7	3,2	18,2
204	Гардеробная	10,5	3,2	33,6
205	Тамбур	5,0	3,2	16
206	Гостевая	21,0	3,2	67,2
207	Общая комната	31,0	3,2	99,2
208	Столовая	17,0	3,2	54,4
209	Кухня	15,4	3,2	49,3
2 этаж				
301	Ванная	7,3	3,2	23,4
302	Гардеробная	6,7	3,2	21,4
303	Коридор	10,1	3,2	32,3
304	Ванная	6,3	3,2	20,2
305	Детская	16,5	3,2	52,8
306	Детская	23,9	3,2	76,5
307	Детская	22,8	3,2	73,0
308	Главная спальня	25,3	3,2	81,0

2.2 Климатические данные района строительства

Расчетные параметры наружного воздуха в г. Находка выбраны в соответствии с СП 131.13330.2012 [10] и представлены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1 – климатические характеристики района строительства

Наименование климатологической характеристики	Значение, единица измерения
1	2
Средняя температура наиболее холодной пятидневки	минус 23 ºС
Средняя температура отопительного периода	минус 4,3 ºС

Продолжение таблицы 2.2.1

1	2
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца	7,5 ºС
Расчетная скорость ветра для холодного периода	5,2 м/с
Продолжительность отопительного периода	198 сут.
Температура наружного воздуха в теплый период года обеспеченностью 0,98	25 ºС
Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца	23,7 ºС
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль	4,2 м/с

2.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха

Расчетные параметры при отоплении и вентиляции помещений приняты по ГОСТ 30494, ГОСТ 12.1.005, СанПиН 2.1.2.2645 и СанПиН 2.2.4.548. Значения параметров микроклимата внутреннего воздуха приведены в таблице 2.3.1, приняты согласно СП 60.13330.2016 [9].

Таблица 2.3.1 – температура воздуха в помещениях

№ помещения	Наименование помещения	Температура внутреннего воздуха в ХП (ТП), ºС
101	Сауна	15
102	Санузел	19
103	Кладовая пищевых продуктов	16
104	Комната отдыха	20 (22)
105	Коридор	18
106	Тех.пом	16
107	Мастерская	22
108	Гараж	15
109	Кладовая	16
110	Душевая	24

Продолжение таблицы 2.3.1

1	2	3
201	Постирочная	18
202	Коридор	18
203	Санузел	24
204	Гардеробная	18
205	Тамбур	16
206	Гостевая	20 (22)
207	Общая комната	20 (22)
208	Столовая	19
209	Кухня	19
301	Ванная	24
302	Гардеробная	18
303	Коридор	18
304	Ванная	24
305	Детская	20 (22)
306	Детская	20 (22)
307	Детская	20 (22)
308	Главная спальня	20 (22)

2.4 Расчет сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций помещений

Ограждающая конструкция способствует защите помещений от внешних воздействий, благодаря чему возможно создание определенного микроклимата.

Целью расчета является определение значений действительного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, а также сравнение его с нормируемым показателем.

Слои ограждающей конструкции приняты в соответствии с заданием на проектирование. Теплофизицические характеристики строительных материалов, из которых состоит ограждение, представлены в таблице 2.4.1.

Таблица 2.4.1 – характеристика строительных материалов ограждающих конструкций

Вид ограждения	Характеристика слоев			
	№	Материал	δ, м	λ, Вт/(м·К)
1	2	3	4	5
Наружная стена. Цокольный этаж	1	облицовочный кирпич	0,09	0,40
	2	воздушный зазор	0,03	0,19
	3	мин. ватный утеплитель	0,10	0,03
	4	пеноблок	0,40	0,14
Наружная стена. Первый этаж	1	железобетон	0,40	1,70
	2	жесткий утеплитель	0,15	0,04
	3	воздушный зазор	0,03	0,19
	4	плоский шифер	0,08	0,38
	5	облицовочный кирпич	0,03	0,40
Наружная стена. Второй этаж	1	пеноблок	0,40	0,230
	2	мин. ватный утеплитель	0,10	0,039
	3	воздушный зазор	0,03	0,190
	4	ничиха	0,02	0,318
Межэтажное перекрытие	1	битумная черепица		
	2	фанера	0,012	0,18
	3	стропильная ферма		
	4	минвата	0,3	0,055
	5	полиэтиленовая пленка	0,00015	0,04
	6	фанера	0,0065	0,18

Расчет сопротивления теплопередачи выполнен в соответствии с методикой, приведенной в СП 50.13330.2012 [7].

1. Определяем нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче $R_o^{норм}$, (м·°С)/Вт, ограждающей конструкции по формуле

$$R_o^{норм}=R_o^{тр}\cdot m_p\,, \qquad (2.4.1)$$

- для наружных стен

$$R_o^{норм}=3{,}13\cdot 1=3{,}13,$$

- для чердачного перекрытия

$$R_o^{норм}=4{,}06\cdot 1=4{,}06,$$

- для окон и балконы дверей

$$R_o^{норм}=0{,}51\cdot 1=0{,}51,$$

где $R_o^{тр}$ – требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м°·С)/Вт;

m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете принимается равным единице.

Требуемое сопротивление ограждающей конструкции $R_o^{тр}$, (м°·С)/Вт определено по формуле, в соответствии с [7 таб. 3]

$$R_o^{тр}= a\cdot ГСОП+b, \qquad (2.4.2)$$

где a, b – коэффициенты, значения которых приняты по данным таблицы [7 таб.3];

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, (°С·сут.)/г. Определено по формуле

Требуемое сопротивление теплопередачи для:

- наружных стен

$$R_o^{тр} = a \cdot ГСОП + b = 0{,}00035 \cdot 4811{,}4 + 1{,}4 = 3{,}1,$$

- чердачного перекрытия

$$R_o^{тр} = a \cdot ГСОП + b = 0{,}00045 \cdot 4811{,}4 + 1{,}9 = 4{,}06,$$

- окон и балконных дверей $R_o^{тр}$=0,51 (м°·С)/Вт [7 таб.3].

Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, (°С·сут.)/г, определены по формуле

$$ГСОП = (t_в - t_{от}) \cdot z_{от} = (20 + 4{,}3) \cdot 198 = 4811{,}4, \qquad (2.4.3)$$

где $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принята в соответствии с таблицей 2.2.1;

$t_{от}$, $z_{от}$ – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода в соответствии с таблицей 2.2.1.

$m_р$ – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете принимается равным единице.

Действительное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции $R_д$, (м°·С)/Вт, определяется по формуле [7 приложение Е]

$$R_д = \frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_н}, \qquad (2.4.4)$$

где $\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м·°С) [7 таб. 4];

$\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м·°С) [7таб. 6];

δ_i – толщина i слоя конструкции, м, значение принято в соответствии с таблицей 2.4.1;

λ_i – теплопроводность i материала, Вт/(м·°С), значение принято в соответствии с таблицей 2.4.1;

Расчет действительного сопротивления теплопередаче $R_д$, (м°·С)/Вт по формуле (2.4.4):

- наружной стены цокольного этажа

$$R_д = \frac{1}{8,7} + \frac{0,09}{0,40} + \frac{0,03}{0,19} + \frac{0,10}{0,04} + \frac{0,40}{0,14} + \frac{1}{23} = 4,17,$$

- наружной стены первого этажа

$$R_д = \frac{1}{8,7} + \frac{0,40}{1,7} + \frac{0,15}{0,04} + \frac{0,03}{0,19} + \frac{0,08}{0,38} + \frac{0,03}{0,40} + \frac{1}{23} = 3,21,$$

- наружной стены второго этажа

$$R_д = \frac{1}{8,7} + \frac{0,40}{0,23} + \frac{0,10}{0,04} + \frac{0,03}{0,19} + \frac{0,02}{0,32} + \frac{1}{23} = 3,27 \text{ (м°·С)/Вт},$$

- чердачного перекрытия

$$R_д = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,18} + \frac{0,30}{0,06} + \frac{0,01}{0,18} + \frac{1}{12} = 4,03 \text{ (м°·С)/Вт}.$$

Результаты расчета сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций помещений сведены в таблицу 2.4.5

Таблица 2.4.5 – сопротивление теплопередачи наружных ограждающих конструкций

Наименование ограждающей конструкции, условное обозначение	Сопротивление теплопередаче нормируемое $R_o^{норм}$, (м^2·К)/Вт	Сопротивление теплопередачи фактическое $R_д$, (м^2·К)/Вт
Наружная стена цокольный этаж, НС	3,13	4,17
Наружная стена первый этаж, НС	3,13	3,21
Наружная стена второй этаж, НС	3,13	3,27
Межэтажное перекрытие, П	3,13	4,03
Окна и балконные двери О, Дв	0,51	0,55
Двери входные, Дв	0,51	1,9
Пол по грунту:		
1 зона, Пл1		2,1
2 зона, Пл2		4,3
3 зона, Пл3		8,6
4 зона, Пл4		14,2

2.5 Расчет тепловых потерь здания

Тепловые потери здания зависят от количества окон и дверей, теплофизических свойств ограждающей конструкции, параметров наружного и внутреннего воздуха. При расчете принимается во внимание выделение тепла от бытовых приборов.

Целью данного расчета является определение тепловой нагрузки здания для последующего проектирования системы теплоснабжения.

Подготовительная работа к расчету тепловых потерь:

1. Вычерчен план первого, второго и цокольного этажа;
2. Нанесена нумерация помещений на планах;

3. Определены размеры, ориентация и площадь ограждающих конструкций.

Методика расчета ведется по [16]

Тепловые потери помещения $Q_{пом}$, Вт, определяются по формуле

$$Q_{пом}=Q_о+Q_{инф}-Q_{быт}, \quad (2.5.1)$$

где $Q_{пом}$ – общие тепловые потери помещения, Вт;

$Q_о$ – тепловые потери через ограждающие конструкции, Вт;

$Q_{инф}$ – тепловые потери на нагрев инфильтрационного воздуха, Вт;

$Q_{быт}$ – теплопоступления от бытовых приборов (для жилых помещений составляют 10 Вт с 1 м^2 площади пола помещения), Вт.

Тепловые потери через ограждающие конструкции $Q_о$, Вт определены по формуле

$$Q_о=F\cdot(t_в-t_н)\cdot n\cdot\frac{1}{R_д}\cdot(1+\sum\beta), \quad (2.5.2)$$

где F – площадь ограждения, м^2;

$t_в$ – температура внутреннего воздуха, ºС (см. таблицу 2.2.1);

$t_н$ – температура наружного воздуха, ºС (см. таблицу 2.2.1);

n – коэффициент уменьшения для расчета тепловых потерь через различные ограждения [32 с. 47];

$R_д$ – фактическое сопротивление теплопередачи, (м^2·К)/Вт, (см таблицу 2.4.5);

β – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери (ориентация, высота помещений, количество ограждающих конструкций и т.д.) [16 с. 89].

Тепловые потери на нагрев инфильтрационного воздуха $Q_{инф}$, Вт определяется по формуле

$$Q_{инф}=0,28\cdot\sum G_0\cdot c\cdot(t_в-t_н)\cdot К, \qquad (2.5.3)$$

где 0,28 – переводной коэффициент;

G_0 – расход инфильтрационного воздуха, кг/ (м^2·ч):

- через окна определяется по формуле

$$G_o=\frac{1}{R_{инф.ок}}\cdot\left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right)^{\frac{2}{3}}, \qquad (2.5.4)$$

- через двери и ворота определяется по формуле

$$G_o=\frac{1}{R_{инф.дв}}\cdot\left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right)^{\frac{1}{2}}, \qquad (2.5.5)$$

где $R_{инф.ок}$, $R_{инф.дв}$ –фактическое сопротивление воздухопроницанию соответственно окна и двери (ворот) (при Δp_0=10 Па), м^2·ч/кг, определяется по формулам (2.5.6), (2.5.7);

с – теплоемкость воздуха, кДж/(кг • °С);

$t_в$; $t_н$ - то же, что и в формуле 2.5.2;

К – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в воздухопроницаемых конструкциях [16 с. 95].

Фактическое сопротивлении воздухопроницинию окон $R_{инф.ок}$, м^2·ч/кг, и дверей (ворот) $R_{инф.дв}$, м^2·ч/кг определено по формуле (2.5.6) и (2.5.7) соответственно [16 п. 6.2]

$$R_{инф.ок}=\frac{1}{G_н}\cdot\left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right)^{\frac{2}{3}}, \qquad (2.5.6)$$

$$R_{инф.дв}=\frac{1}{G_н}\cdot\left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right)^{\frac{1}{2}}, \qquad (2.5.7)$$

где $G_н$ – нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м·ч) , [7 табл. 9];

Δp_0– разность давлений воздуха с наружной и внутренней сторон светопрозрачных ограждений, при которой определяется сопротивление воздухопроницанию [7] Δp_0 = 10 Па.

Δp – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхности ограждающих конструкций, Па, определена по формуле

$$\Delta p=0{,}5\cdot H\cdot(\rho_н-\rho_в)\cdot g+0{,}25\cdot\rho_н\cdot U^2\cdot K_{дин}\cdot(c_н-c_з), \qquad (2.5.8)$$

где H – высота здания, м;

$\rho_н$,$\rho_в$ – плотность наружного и внутреннего воздуха соответственно кг/м^3;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

U – скорость ветра (см. таблицу 2.2.1) , м/с;

$K_{дин}$ –- коэффициент для учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания и типа местности [3];

$c_н$, $c_з$ – аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и заветренной поверхностей ограждений здания (помещения) [7].

Ввиду упрощений, принятых в СП 50.13330 [7]:

- расстояние от центра окна первого этажа до верха здания равно высоте здания от земли до верха здания H, м (с запасом);

- для большинства зданий произведение $K_{дин}\cdot(c_н-c_з)$ приближается к единице;
- величина $\rho_н$ заменена на $\gamma_н/g$;
- для некоторого запаса коэффициенты увеличены.

Формула для расчета разности давлений при определении требуемого сопротивления воздухопроницанию принимает вид

$$\Delta p=0{,}5\cdot H\cdot(\gamma_н-\gamma_в)+0{,}03\cdot\gamma_н\cdot U^2. \qquad (2.5.8)$$

где $\gamma_н$, $\gamma_в$ – удельный вес наружного и внутреннего воздуха, Н/м^3.

Удельный вес воздуха γ, кг/м^3, определяется по формуле

$$\gamma=\frac{3463}{273+t}, \qquad (2.5.9)$$

где t – температура, при которой определяется удельный вес, ºС.

Бытовые тепловыделения (рассчитаны только для жилых помещений) $Q_{быт}$, Вт, определены по формуле

$$Q_{быт}=10\cdot F, \qquad (2.5.10)$$

где 10 – тепловые поступления от приборов, Вт;

F – площадь пола, м^2.

Тепловые потери здания составляют 19695,18 Вт. Результаты расчета тепловых потерь здания приведены в приложении А.

2.6 Определение тепловых поступлений в помещение в теплый период года

Источниками тепловых поступлений в помещении являются: люди; солнечная радиация, поступающая через окна; источники искусственно освещения и электрооборудование.

Целью данного расчета является определение нагрузки на систему холодоснабжения.

Методика расчета ведется по [17]

Теплопоступление от источников искусственного освещения $Q_{осв}$, Вт, определяется по формуле [17 с.61]

$$Q_{осв}=F\cdot q\cdot \eta, \qquad (2.6.1)$$

где F – площадь пола помещения, м^2;

q – удельный тепловыделения от ламп, Вт/(м^2·Лк) [17табл. 6.2], q=12 Вт/(м^2·Лк);

η – доля теплоты поступающей в помещение от осветительного прибора [17 табл.6.3], η=1.

В каждом расчетном помещении условно постоянно находятся четыре человека: двое мужчин и две женщины. Люди в состоянии покоя. Тепловые поступления в помещение от людей разделяются на явные $Q_я^л$, Вт и полные $Q_п^л$, Вт и определяются по формулам (2.6.2), (2.6.3) соответственно

- явная теплота [17 с.60]

$$Q_я^л=q_я\cdot n, \qquad (2.6.2)$$

- полная теплота [17 с.60]

$$Q_п^л=q_п\cdot n, \qquad (2.6.3)$$

где $q_я, q_п$ – явное и полное тепло выделяемое людьми, Вт/чел. [17 табл. 6.1],

n – количество человек, чел.

Теплопоступление через заполнение световых проемов $Q_{с.р}$, Вт, [17 с.61] определяются по формуле

$$Q_{с.р}=Q_{пр.}+Q_{т.п.}, \qquad (2.6.4)$$

где $Q_{пр}$ – солнечная радиация непосредственно прошедшая через остеклённую часть конструкции ограждения Вт, определена по формуле

$$Q_{пр.}=(q_п \cdot K_{инс.}+q_р \cdot K_{обл.}) \cdot A_{ок.} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3, \qquad (2.6.6)$$

где $q_п$, $q_р$ – максимальная интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на светопроем, Вт/м^2. Определена в зависимости от географической широты района строительства и ориентации ограждающей конструкции [17 табл.6.4];

$K_{инс}$ – коэффициент инсоляции, учитывающий долю прошедшего потока подающей на вертикальный световой проем прямой солнечной радиации после затенения наружными козырьками или вертикальными ребрами; для периода максимальной солнечной радиации определяется по формуле

$$K_{инс} = \left[\frac{1-(L_к \cdot k_1 - a)}{H}\right] \cdot \left[1 - \frac{(L_р \cdot k_2 - c)}{B}\right], \qquad (2.6.7)$$

где $L_к$ – вылет козырька, м;

k_1, k_2 – коэффициенты [17 табл.6.8];,

a – расстояние от козырька до верха окна, м;

H − высота светопроема, м;

$L_р$ – вылет ребра, м;

с – расстояния от ребра до ближайшего откоса окна, м;

В – ширина светопроема, м;

$К_{обл}$ – коэффициент облучения поверхности светопроема рассеянной радиацией [17 с. 63];

$А_{ок}$ – площадь светового проема, м^2;

β_1 – коэффициент теплопропускания окон с учетом затемнении непрозрачной частью (переплетами) заполнении светопроема [17 табл.6.5];

β_2 – коэффициент теплопропускания прозрачной частью заполнения светопроема [17 табл.6.6];

β_3 - коэффициент теплопропускания нестационарными солнцезащитными устройствами [17 табл.6.7];

$Q_{тп}$ – теплопоступления через заполнения светопроемов за счет теплопередачи в результате разности температур и нагрева стекол солнцем, Вт, определен по формуле

$$Q_{тп}=\left[t_н+\frac{(q_п\cdot К_{инс}+q_р\cdot К_{обл})\cdot Р}{\alpha_н}-t_в\right]\cdot А_{ок}\cdot К, \qquad (2.6.8)$$

где $t_н$ - расчетная температура наружного воздуха, °С;

$t_в$ – расчетная температура воздуха в помещении, °С;

$q_п$, $q_р$ – то же, что и в формуле (2.6.6);

$К_{инс}$ - тоже, то и в формуле (2.6.6);

$К_{обл}$ - то же, что и в формуле (2.6.6);

Р – коэффициент поглощения солнечной радиации заполнением светопроема [17 с. 67];

$\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью остекления, Вт/м^2, определен по формуле

$$\alpha_н=1,16\cdot\left(5+10\cdot\sqrt{v}\right), \qquad (2.6.9)$$

где v - расчетная скорость ветра, м/с, для теплого периода (см. таблицу 2.2.1).

$A_{ок}$ – то же, что и в формуле (2.6.6);

К - коэффициент теплопередачи заполнения светопроема, Вт/ м^2·°С.

Тепловые выделения от мониторов телевизора (компьютера) $Q_т$, Вт, [28] определяются по формуле

$$Q_т=5\cdot S-2, \qquad (2.6.10)$$

где S – размер экрана, дюйм.

Результаты расчета тепловых поступлений в помещения сведены в таблицу 2.6.1.

Таблица 2.6.1 – тепловые поступления в помещениях

№ пом-я	Наименование	$Q^л_я$, Вт	$Q^л_п$, Вт	$Q_{с.р}$, Вт	$Q_{осв}$, Вт	$Q_т$, Вт	∑Q, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8
206	Гостевая	364,8	472,1	856,5	252,0	80,0	2025,4
207	Общая комната	364,8	472,1	1 921,7	372,0	355,0	3485,7
208	Столовая	364,8	472,1	3 093,4	204,0	170,0	4304,3
209	Кухня	364,8	472,1	574,6	184,8	154,0	1750,4
305	Детская	364,8	472,1	664,8	198,0	80,0	1779,7
306	Детская	364,8	472,1	1 296,1	286,8	80,0	2499,9
307	Детская	364,8	472,1	633,7	273,6	80,0	1824,2
308	Главная спальня	364,8	472,1	2 192,4	303,60	355,0	3687,9
Суммарные тепловые поступления в здании:							23600

2.7 Определение нагрузки на систему горячего водоснабжения

Система горячего водоснабжения индивидуального жилого дома состоит из источника теплоснабжения, трубопроводов с запорной арматурой и узлами подключения к санитарно - техническим приборам.

Нагрев воды до необходимых параметров осуществляется в бивалентном водонагревателе SEM – 2 фирмы «Wolf» с двумя трубчатыми теплообменниками и дополнительным электрическим тэном. Исходя из того, что предусмотрено несколько источников теплоты: тепловой насос, солнечные коллектора и электрический тэн, то нагрузка на горячее водоснабжения разделена между ними. Тепловой насос предусмотрен на 25% от общей тепловой нагрузки на нужды горячего водоснабжения, солнечные коллектора на 60% и электрический тэн на 15%.

Целью данного расчета является определение нагрузки на систему горячего водоснабжения.

Исходные данные для расчета следующие:

- Количество потребителей – 4 человек;
- Число приборов – 11 штук;

Расчет произведен согласно СП 30.13330.2016 [4].

1. Вероятность действия санитарно-технических приборов на участках сети при одинаковых водопотребителях в здании без учета изменения числа потребителей и приборов P, определена по формуле

$$P=\frac{q_{hr,u}\cdot U}{q_0 N\cdot 3600}=\frac{10\cdot 4}{0{,}2\cdot 10\cdot 3600}=0{,}005, \qquad (2.7.1)$$

где $q_{hr,u}$ – норма расхода горячей воды в час наибольшего водопотребления, л/ч [4];

U – количество водопотребителей, чел.;

q_0 - секундный расход воды, л/с;

N – количество водоразборных приборов, шт.

2. Вероятность использования санитарно-технических приборов для системы в целом P_{hr}, определена по формуле

$$P_{hr}=\frac{3600\cdot P\cdot q_0}{q_{hr,u}}=\frac{3600\cdot 0,005\cdot 0,2}{200}=0,017, \qquad (2.7.2)$$

где $q_{hr,u}$ – часовой расход воды в приборе, л/ч [4];

Максимальный часовой расход воды q^h_{hr}, м^3/ч определен по формуле

$$q^h_{hr}=0,005\cdot q_{0,hr}\cdot\alpha_{hr}=0,005\cdot 200\cdot 0,435=0,435\ , \qquad (2.7.3)$$

где α_{hr} – коэффициент, определяемый согласно [4] в зависимости от общего числа приборов и вероятности их использования.

Расход тепла на нагрев горячей воды, в течение часа максимального потребления горячей воды на нужды горячего водоснабжения Q^h_{hr}, кВт, определяется по формуле

$$Q^h_{hr}=1,16\cdot q^h_{hr}\cdot\left(t^h-t^c\right)=1,16\cdot 0,435\cdot(60-5)=27,75, \qquad (2.7.4)$$

где q^h_{hr} – максимальный часовой расход воды, л/с;

t^h – температура горячей воды в местах водоразбора, °С, [4 п.5.1];

t^c – температура холодной воды на входе в водонагреватель, °С;

По результатам расчетов определены нагрузки на системы тепло- и холодоснабжения для индивидуального жилого дома:

- На систему теплоснабжения – 19695 Вт,
- На систему горячего водоснабжения – 27750 Вт;
- На систему холодоснабжения – 23600 Вт.

Глава 3

Проектирование систем тепло- холодоснабжения и вентиляции

В проектируемом жилом доме приняты следующие системы: фанкойлы, работа которых, рассчитана на теплый и холодный периоды года, электрический и водяной теплый пол совместно с радиаторным отоплением на холодный период года.

3.1 Система тепло- и холодоснабжения

3.1.1 Система фанкойлов

Параметры теплоносителя в холодный период года:

- в подающем трубопроводе 55 °С;
- в обратном трубопроводе 45 °С;

Параметры теплоносителя в теплый период года:

- в подающем трубопроводе 7 °С;
- в обратном трубопроводе 12 °С;

К установке приняты двухтрубные канальные фанкойлы фирмы «Daikin» серии FWB – BT. Данная система является основным источником тепло – холодоснабжения и разработана для помещений таких как: гостевая, общая комната, столовая, кухня, детская, главная спальня. При выборе производительности фанкойлов учитывался расчет тепловых поступлений в помещения (см. Глава 2). Технические параметры используемых типов фанкойлов для помещений приведены в приложении Б. Температура в помещениях регулируется с помощью пульта управления, который изменяет скорость вращения вентилятора, вследствие этого изменяется интенсивность теплоотдачи с трубчатого теплообменника.

В качестве теплоносителя для данной системы выбрана вода, подготовка которой осуществляется тепловым насосом Vitocal 300G BW 301.A21 либо электрическим котлом Zota-21 "Lux".

Фанкойлы расположены в пространстве между подвесным потолком и перекрытием, соединены между собой по тупиковой схеме трубопроводами из полипропилена (PPR) фирмы «VALTEC» с изоляцией Energoflex super. Трубы проложены с уклоном 0,005 в сторону теплового пункта, для возможности скопления воздуха в верхней точке системы и удаления его с помощью автоматических воздухоотводчиков.

Каждый фанкойл имеет индивидуальный узел обвязки, посредством которого обеспечена регулировка его производительности, как в случае выработки тепла, так и холода. Расход теплоносителя, поступающий к фанкойлу, регулируется трехходовым разделительным клапаном с сервоприводом. Для гидравлической увязки системы применен ручной балансировочный клапан Leno™ MSV-BD фирмы «Danfoss».

В конструкции фанкойла предусмотрена специальная система слива конденсата. В ее состав входят емкость (поддон) для сбора влаги и дренажные трубки, с помощью которых конденсат отводится от фанкойла. Слив воды осуществляется в канализационные стояки через гидрозатвор.

3.1.2 Радиаторная система отопления

Радиаторная система отопления расположена на цокольном этаже в гараже, мастерской, кладовой.

Теплоноситель – вода с температурой 55/30°С, подготовка его осуществляется в тепловом насосе Vitocal 300G BW 301.A21 либо электрическим котлом Zota-21 "Lux".

Разводка радиаторной системы отопления горизонтальная двухтрубная периметральная с тупиковым движением теплоносителя.

Разводка предусмотрена трубами из сшитого полиэтилена (PEX) фирмы «VALTEC».Магистральные трубопроводы проложены в конструкции пола вдоль наружных стен здания.

В качестве нагревательных приборов к установке приняты стальные панельные радиаторы серии txerm-x2 plan VL фирмы «KERMI». Данный тип

радиаторов имеет вмонтированную вентильную вставку с определенной пропускной способностью. Настройка вентильной вставки определяется в ходе гидравлического расчета. Так как пропускную способность определяет завод-изготовитель.

В отопительном приборе имеется заглушка и воздухоспускной клапан, они вмонтированы и загерметизированы в прибор. Радиаторы подключены к трубам снизу слева с помощью клапана для нижнего подключения радиаторов от фирмы «VALTEC» тип VT.345K.

Для местного регулирования теплоотдачи по рекомендации производителя радиатора рекомендовано принять к установке термостатическую головку К фирмы «Heimeier».

Размеры отопительных приборов подобраны в соответствии с [26]. Так как параметры теплоносителя в системе отличны от стандартных, то при подборе радиатора по его тепловой мощности необходимо выполнить пересчет с использованием коэффициента, который придаставлен в каталоге производителя [26].

Определение тепловой мощности радиатора для индивидуальной температуры системы ($t_V/t_R/t_L$) на основании заданной тепловой мощности $Ф_н$, Вт, определяется по формуле перерасчета

$$Ф_н = \frac{Ф_s}{F}, \qquad (3.1)$$

где $Ф_н$ – тепловая мощность при индивидуальной температуре в системе отопления, Вт;

$Ф_s$ – нормативная тепловая мощность, Вт;

F – коэффициент пересчета [26 с. 125].

Используемые параметры для определения коэффициента пересчета по таблице:

- t_V – температура в подающем трубопроводе, принята равной плюс 50 ºС;

- t_R – температура в обратном трубопроводе, принята равной плюс 45 ºС;
- t_L – температура воздуха в помещении, принята в соответствии с таблицей 2.3, ºС.

Результаты подбора отопительных приборов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – технические характеристики отопительных приборов

№ помещения	Наименование помещения.	Тепловые потери Q, Вт	Температура внутреннего воздуха tв, ºС	F	Фs, Вт	Размеры радиатора (LxH), м	Тип	Кол-во приборов	Номинальная тепловая мощность, Вт
107	Мастерская	666,11	22	4,39	2 924,2	505x1405	33	1	296
108	Гараж	2010,9	15	2,64	5 308, 8	905x805	33	2	5370
109	Кладовая	277,82	16	2,83	786,3	705x405	22	1	845

3.1.3 Гидравлический расчет систем фанкойлов и радиаторов

Система водяного отопления является разветвленной закольцованной сетью труб и отопительных приборов, заполненная теплоносителем – водой. Нагретый теплоноситель циркулирует по сети, проходя через каждый отопительный прибор, при этом он отдает в помещение необходимое количество тепловой энергии. Так как теплопередача происходит при охлаждении определенного количества воды, требуется выполнить гидравлический расчет системы.

Гидравлическому расчету предшествует подготовительная работа, в процессе которой:

1. на плане расставлены отопительные приборы и определена их тепловая нагрузка;
2. начерчены подающие и обратные магистральные трубопроводов;
3. обозначен тепловой пункт;

4. выполнена аксонометрическая схема системы с отопительными приборами и запорно-регулирующей арматурой.

5. определены расчетные участки, по ходу движение теплоносителя от теплового пункта.

Целью гидравлического расчета является определение экономически целесообразных диаметров трубопроводов, при которых будет обеспечена устойчивая и надежная доставка расчетного количества теплоносителя к каждому отопительному прибору при располагаемом перепаде давления.

Гидравлический расчет системы отопления производится методом динамических давлений с переменным перепадом температур, выполнен согласно [32].

Разность давлений расходуется на преодоление сопротивлений трения по длине трубопровода и в местных сопротивлениях. В общем случае потери давления в трубопроводе $\Delta P_{уч}$, Па определяются следующим образом

$$\Delta P_{уч}=R\cdot l+Z=l\cdot\frac{\lambda}{d_в}\cdot P_Д+\sum\xi\cdot P_Д, \qquad (3.2)$$

где R – удельная потеря давления на один метр длину трубопрвода, Па/м;

l – длина трубопровода, м;

Z – потери давления в местных сопротивлениях, Па;

$\frac{\lambda}{d_в}$ – отношение коэффициента сопротивления внутренней поверхности трубопровода к диаметру [32 табл. III.63];

$P_Д$ – динамические напор, Па [32 табл. III.60];

$\sum\xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений [21].

При расчете методом динамических давлений с переменным перепадом температур, потери давления по длине теплопроводов заменены на условно равноценные им потери в местных сопротивлениях. Это положение выражено в следующем уравнении

$$R \cdot l = Z_{экв}, \qquad (3.3)$$

Преобразуя уравнение (3.3), получим

$$\frac{\lambda}{d_в} \cdot l \cdot P_д = \xi_{экв} \cdot P_д, \qquad (3.4)$$

Выразив из уравнения (3.4) $\xi_{экв}$, получим следующий вид

$$\frac{\lambda}{d_в} \cdot l = \xi_{экв}, \qquad (3.5)$$

При этом потери давления на расчетном участке $\Delta P_{уч}$, Па, определится уравнением

$$\Delta P_{уч} = (\xi_{экв} + \sum\xi) \cdot P_д = \xi_{прив} \cdot P_д, \qquad (3.6)$$

где $\xi_{прив} = \xi_{экв} + \sum\xi$ – приведенный коэффициент местного сопротивления гидравлического участка трубопровода, включающий в себя сумму коэффициентов фактических местных сопротивлений, имеющихся на участке и коэффициент местного сопротивления, заменяющий потери давления на трение по длине трубопровода.

Расчет начат с наиболее удаленного участка от теплового пункта: наиболее отдаленного отопительного прибора. Определив тепловую нагрузку прибора, длину подводящих участков, сумму местных сопротивлений, значение приведенного коэффициента местных сопротивлений, задавшись условным диаметром трубопровода и определив для него отношение коэффициента сопротивления внутренней поверхности трубопровода к диаметру и задавшись

температурным перепадом в пределах от 16 до 32 ºС и определен расход теплоносителя $G_{уч}$, кг/ч по формуле (3.7)

$$G_{уч}=\frac{0,86\cdot Q_{уч}}{t_1-t_2}, \qquad (3.7)$$

где $Q_{уч}$ – тепловая нагрузка на гидравлическом участке трубопровода, Вт;

$t_1; t_2$ – температура теплоносителя в подающей и обратной магистралях, ºС.

Исходя из расхода и заданного диаметра, определено динамическое давление на участке [32 табл. III.60]. Далее по формуле (3.1.3.5) определены потери давления на данном участке. Перепад температуры Δt, ºС определяется по формуле

$$\Delta t=0,86\frac{Q_{уч}}{G_{уч}}, \qquad (3.8)$$

Следующим расчетным участком является магистраль. Расчет данного участка отличается тем, что расход равен сумме расходов предыдущих участков. Потери давления данного участка определены исходя из найденного расхода и заданного диаметра.

Следующий расчетный участок – отопительный прибор. Последовательность расчета такая же, как и при расчете начального участка.

После расчета всех участков системы отопления, выполнена гидравлическая увязка, то есть соблюдено условие: гидравлические потери в не симметричных ветках должны иметь расхождение не более 10 %.

При гидравлическом расчете фанкойлов, в тех случаях, где невязка системы не устранима путем замены диаметров и изменением перепада температур применены ручные балансировочные клапаны Leno™ MSV-BD

фирмы «Danfoss», настройки которых определены исходя из таблиц представленных в каталоге производителя [23] и приведены в приложении В.

При гидравлическом расчете системы радиаторов, в случае неувязки системы, была изменена заводская настройка вмонтированной вентильной вставки [26].

Настройка клапана определена исходя из необходимых потерь давления на расчетном участке ΔP, бар, по формуле (3.9)

$$\Delta P = \left(\frac{Q_{уч}}{k_v}\right)^2, \qquad (3.9)$$

где ΔP – потеря давления на клапане, бар;

$Q_{уч}$ – тепловая нагрузка на приборе, $м^3/ч$;

k_v – пропускная способность клапана, $м^3/ч$.

Гидравлический расчет системы фанкойлов приведен в приложении В, радиаторов – в приложении Г.

В ходе гидравлического расчета получены следующие значения:

- Система фанкойлов: ΔP = 61714 Па, G = 3603 кг/ч ;
- Система радиаторного отопления: ΔP = 238 Па , G =101 кг/ч.

3.1.4 Водяной теплый пол

Система теплый пол является основным источником обогрева для всех помещений, где установлена, за исключением таких помещений как: гостевая, общая комната, столовая, кухня, детская, главная спальня, в данном случае теплый пол дополнительный источник обогрева. Теплоноситель – вода, подготовка которого осуществляется тепловым насосом Vitocal 300G BW 301.A21 фирмы «Viessmann» либо электрическим котлом Zota-21 "Lux" фирмы «Zota». Температура в подающем трубопроводе 40 °С, в обратном – 30 °С.

Система выполнена из труб из сшитого полиэтилена (PEX) фирмы «VALTEC», диаметром 16х2 мм, проложены в конструкции пола. Способ прокладки – «улитка» с шагом 200 мм.

Регулирование теплоотдачи производится при помощи электронного комнатного хронотермостата с выносным и встроенным датчиками температуры VT.AC 709 фирмы «VALTEC», который предусмотрен для помещений с постоянным пребыванием людей и настенным комнатным термостатом с выносным датчиком температуры VT.AC 602 фирмы «VALTEC», для помещений с временным пребыванием людей. Данные устройства передают сигнал на электротермический сервопривод VT. TE 3040 фирмы «VALTEC», который установлен на термостатические клапаны коллектора, он регулирует количество теплоносителя, поступающего в систему.

На каждом этаже расположен коллекторный блок латунный с термостатическими клапанами и расходомерами VTc. 596 EMNX фирмы «VALTEC». Количество подключений, к коллектору определено исходя из числа петель теплого пола, для которых произведен гидравлический расчет, представленный в приложении Д.

Теплоноситель к коллекторным блокам поступает по трубопроводам из полипропилена (PPR), диаметром 25х4,2, из общего нетипового коллектора, который расположен в тепловом пункте. Между собой коллекторы гидравлически увязаны с помощью ручных балансировочных клапанов Leno™ MSV-BD фирмы «Danfoss».

Подбор необходимой настройки клапанов произведен в соответствии с требованиями в каталоге производителя [23], данные расчета приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – подбор настройки клапана Leno™ MSV-BD

№ коллектора	Расход, $м^3/ч$	Потеря давления ΔP, бар	Kv, $м^3/ч$	Настройка	Kv(кон), $м^3/ч$	ΔP, бар	ΔP, Па
1	0,02	0,01	0,14	0.4	0,14	0,02	1 513,29
2	0,04	0,01	0,37	1.3	0,38	0,01	959,48
3	0,03	0,01	0,29	1.0	0,29	0,01	1 150,89

3.1.5 Гидравлический расчет системы водяной теплый пол

Принятые условия при расчете:

- Площадь помещения измерена с учетом мест постоянного нахождения мебели и сантехнических приборов;
- Длина контура не превышает 80 м;
- Температура на поверхности пола выбрана в соответствии с СП.60.13330.2016 [9];
- Перепад температуры между близлежащих трубопроводов (подающим и обратным) в пределах 2…3 ºС.

Гидравлический расчет системы выполнен в программе PRG 3.1.3 (VALTEC). Расчет представлен в приложении Д.

Расчет ведется по методике, представленной в [21].

Потери давления в системе Δp, Па определены по формуле

$$\Delta p = \Delta p_{лин} + \Delta p_{кмс}, \quad (3.10)$$

где Δp – общие потери давления, Па;

$\Delta p_{лин}$ – линейные потери давления, Па;

$\Delta p_{кмс}$ – потери давления на местные сопротивления, Па.

Линейный потери давления $\Delta p_{лин}$, Па, определены по формуле

$$\Delta p_{лин} = \lambda \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot d}, \quad (3.11)$$

где λ – коэффициент трения;

ρ – плотность транспортируемой среды, кг/м^3;

ν – скорость потока, м/с;

d – диаметр трубопровода, м.

Потери давления при прохождении местных сопротивлений $\Delta p_{кмс}$, Па, определены по формуле

$$\Delta p_{кмс}=\xi\cdot\frac{\rho\cdot v^2}{2}, \qquad (3.12)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления.

Коэффициент гидравлического сопротивления определен по формуле

$$\sqrt{\lambda}=\frac{0{,}5\cdot\left[\frac{b}{2}+\frac{1{,}312\cdot(2-b)\cdot\lg\left(\frac{3{,}7\cdot d_p}{K_э}\right)}{\lg Re_ф-1}\right]}{\lg\left(\frac{3{,}7\cdot d_p}{K_э}\right)}, \qquad (3.13)$$

где b – число подобия режимов течения жидкости, определенный по формуле

$$b=1+\left(\frac{\lg Re_ф}{Re_{кв}}\right), \qquad (3.14)$$

где d_p – внутренний диаметр трубопровода на расчетном участке, мм;

$K_э$ – коэффициент эквивалентной шероховатости, мм;

$Re_ф$ – фактическое число Рейнольдса;

$K_э$ – коэффициент эквивалентной шероховатости, мм.

Критерий Рейнольдса определен по формуле

$$Re_ф=\frac{d_p}{\nu_t}, \qquad (3.15)$$

где d_p – то же, что и в формуле 3.14;

ν_t – коэффициент кинематической вязкости, м^2/с.

Критерий Рейнольдса квадратичной области определен по формуле

$$Re_{кв} = \frac{500 \cdot d_p}{К_э}, \qquad (3.16)$$

где $Re_{кв}$ – число Рейнольдса, соответствующее началу зоны квадратичной зависимости;

d_p – то же, что и в формуле 3.14;

$К_э$ – то же, что и в формуле 3.14.

В результате расчета потери давления в системе 5521 Па, расход теплоносителя 0,31 кг/с. Гидравлический расчет системы водяной теплый пол приведен в приложении Д.

Балансировка петель производится с помощью настроечных клапанов с расходометрами. Расчет настроечного клапана выполнен в соответствии с рекомендацией производителя [27]

Зная расход, расчетные скорости и потери давления в петлях, которые найдены исходя из гидравлического расчета (см. Приложение Д), необходимо выбрать самую нагруженную петлю из всех подсоединенных. Потеря давления на клапане $\Delta p_к$, Па, для расчетной петли определяется по формуле

$$\Delta p_к = \left(\frac{3600 \cdot G}{\rho}\right)^2 \div K_{vs}^2, \qquad (3.17)$$

где $\Delta p_к$ – потери давления на клапане, Па;

G – расход теплоносителя в петле, кг/с;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м^3;

K_{vs} – пропускная способность клапана м^3/ч.

Расчет пропускной способности K_v, м^3/ч настроечного клапана произведен по формуле

$$K_v = \frac{3600 \cdot G}{\rho \cdot (\Delta p_1 + \Delta p_к - \Delta p_2)^2}, \quad (3.18)$$

где Δp_1 – потери давления самой нагруженной петле, бар;

Δp_2 – потери давления в расчетной петле, бар.

Результаты подбора настроек балансировочного клапана приведены в приложении Д.

3.1.6 Электроотопление помещений

В качестве основного отопления для ванных комнат и сан. узлов принят электрический теплый пол. Данный вид обогрева выбран для обеспечения оптимальных параметров микроклимата в помещениях в течении всего года.

К установке принят нагревательный кабель двухжильный Devlflex™ DTIP-10 и DTIP-18, регулирование температуры осуществляется регулятором Devireg 532 фирмы «DEVI». Способ укладки кабеля – «змейка». Технические характеристики выбранных электрических кабелей приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – технические характеристики нагревательных кабелей

№ пом-я	Наименование помещения	Тип нагревательного кабеля	Мощность при 220 В, Вт	Длина кабеля, м	Шаг укладки кабеля, см
102	Сан.узел	deviflex DTIP-18	360	22	10
203	Сан.узел	deviflex DTIP-10	275	30	12,5
301	Ванная	deviflex DTIP-18	625	37	11
304	Ванная	deviflex DTIP-18	490	29	12,5

Система водяной теплый пол, которая предусмотрена в душевой комнате на первом этаже не рассчитана на компенсацию всех тепловых потерь.

Поэтому, помимо основного обогрева с помощью теплого водяного пола, предусмотрен обогреватель электрический бытовой конвективный серия ENZO Electronic BEC/EZER-1500 фирмы «Ballu». Степень зашиты конвектора – IP24, что позволяет производить установку в помещениях с повышенной влажностью, но при соблюдении правил безопасности, которые описаны в паспорте устройства [22].

3.2 Вентиляция

Воздухообмен в помещениях – это одно из основных требований организации нормального микроклимата, который должен поддерживаться все время. Значения нормативных кратностей и количества приточного или вытяжного воздуха приведены в СП 31-106-2002 [5], СП 55.13330.2016 [8], СП 60.13330.2012 [9] в соответствии с которыми определены расчетные воздухообмены и сведены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – расчетные величины воздухообмена

№ помещения	Наименование помещения	Величина воздухообмена $м^3/ч$	
		Приток	Вытяжка
1	2	3	4
102	Санузел		25
103	Кладовая пищевых продуктов		10
106	Тех.пом		10
107	Мастерская	60	60
108	Гараж	96	80
110	Душевая		40
	Итого на цокольном этаже:	156	235
201	Постирочная		80
203	Санузел		40
206	Гостевая	68	68
207	Общая комната	84	84

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4
208	Столовая	60	
209	Кухня		60
	Итого на первом этаже:	212	341
301	Ванная		40
304	Ванная		40
305	Детская	53	53
306	Детская	77	77
307	Детская	73	73
308	Главная спальня	81	81
	Итого на втором этаже:	364	284

Для обеспечения необходимого воздухообмена применены следующие системы вентиляции:

- принудительная вытяжная вентиляция;
- принудительная приточно-вытяжная вентиляция;
- естественная приточная вентиляция.

3.2.1 Аэродинамический расчет системы вентиляции

Аэродинамический расчет вентиляционной системы производится для подбора размеров поперечных сечений воздуховодов по рекомендуемым скоростям движения воздуха и определения потерь давления в системе.

Аэродинамический расчет вентиляционной системы состоит из двух этапов:

1) расчет участка основного направления магистрали (наиболее протяженной и нагруженной ветви воздуховодов);

2) увязка всех остальных участков системы.

Перед выполнением аэродинамического расчета было выполнено следующее:

- на планах индивидуального жилого дома были обозначены места расположения приточно-вытяжных решёток и воздуховодов;
- вычерчена аксонометрическая схема системы;
- аксонометрическая схема разбита на расчетные участки.

Расчет выполнен по методу удельных потерь давления [29 с.75]. в следующей последовательности.

Потери давления в системах вентиляции $\Delta P_{сети}$, Па, складываются из потерь давления на трение $\Delta P_{тр}$, Па и потерь давления в местных сопротивлениях Z, Па и определяются по формуле

$$\Delta P_{сети}=Z+\Delta P_{тр}, \qquad (3.19)$$

где Z – потери давления в местных сопротивлениях, Па;

$\Delta P_{тр}$ – потери давления на трение, Па, определены по формуле

$$\Delta P_{тр}=R\cdot L\cdot n, \qquad (3.20)$$

где R – удельные потери давления на трение в гидравлически гладком канале, Па/м;

L – длина участка воздуховода, м;

n – поправочный коэффициент, который зависит от абсолютной эквивалентной шероховатости воздуховодов.

Удельные потери давления на трение R, Па/м определяются по формуле

$$R=\frac{\lambda_т}{d}\cdot P_д, \qquad (3.21)$$

где $\lambda_г$ - коэффициент гидравлического сопротивления трению для гидравлически гладкого канала;

d – эквивалентный (гидравлический) диаметр воздуховода, м;

Рд – динамическое давление, Па.

Коэффициент гидравлического сопротивления трению для гидравлически гладкого канала, при турбулентном режиме течения, рассчитывается по закону Блазиуса

$$\lambda_г = \frac{0,3164}{Re^{0.25}}, \quad (3.22)$$

где Re – критерий Рейнольдса, определяется по формуле

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}, \quad (3.23)$$

где V – скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с;

d – эквивалентный диаметр воздуховода, м;

ν – кинематическая вязкость воздуха, м^2/с.

Динамическое давление $P_д$, Па, определяется по формуле

$$P_д = \frac{\rho \cdot V^2}{2}, \quad (3.24)$$

где ρ – плотность воздуха кг/м^3, определяется по формуле

$$\rho = \frac{353}{273+t}, \quad (3.25)$$

где t – температура приточного воздуха, ºС.

V – скорость воздуха в сечении воздуховода, м/с.

Потери давления в местных сопротивлениях Z, Па, опреляются по формуле

$$Z=\sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2}=\sum \xi \cdot P_д, \qquad (3.26)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на расчетном участке воздуховода коэффициенты местных сопротивлений на границе двух участков отнесены к участку с меньшим расходом и определены по таблицам местных сопротивлений [1] Коэффициенты сопротивления узлов ответвления прямоугольного сечения в режиме нагнетания определены по[1 табл.4,5]. Коэффициенты сопротивления отводов прямоугольного сечения определены по [1, приложение 3]. Коэффициенты сопротивления узлов ответвления прямоугольного сечения с врезкой перехода в заглушку в режиме всасывания определены по [1 табл.6].

Так как для нахождения местных сопротивлений была использована таблица, то введён поправочный коэффициент n, который зависит от материала воздуховода и скорости движения воздуха и определяется по формуле

$$n=\frac{\lambda_ш}{\lambda_т}, \qquad (3.27)$$

где $\lambda_ш$ - коэффициент сопротивления трению с учетом шероховатости канала (воздуховода), рассчитывается по формуле Альтшуля

$$\lambda_ш=0,11\cdot\left(\frac{k_э}{d}+\frac{68}{Re}\right)^{0,25}, \qquad (3.28)$$

где $k_э$ - абсолютная эквивалентная шероховатость поверхности воздуховода [29, приложение 10].

После определения потерь давления на каждом участке произведена увязка потерь давления по ответвлениям воздуховодов в пределах 10 % по формуле

$$\Delta H = \left(\frac{\Delta P_б - \Delta P_м}{\Delta P_б}\right) \cdot 100\%, \quad (3.29)$$

По итогам аэродинамического расчета получены следующие значения:

- система В1: ΔР=15,49 Па; L=65 м^3/ч;
- система В2: ΔР=14,05 Па; L=80 м^3/ч;
- система В3: ΔР=10,90 Па; L=60 м^3/ч;
- система В4: ΔР=2,63 Па; L=40 м^3/ч;
- система В5: ΔР=3,70 Па; L=40 м^3/ч;
- система В6: ΔР=18,66 Па; L=70 м^3/ч;
- система В7: ΔР=2,63 Па; L=40 м^3/ч;
- система В8: ΔР=25,09 Па; L=80 м^3/ч;
- система П9: ΔР=75,74 Па; L=496 м^3/ч;
- система В9: ΔР=109,42 Па; L=496 м^3/ч;
- система ПЕ1: ΔР=15,57 Па; L=70 м^3/ч.

Аэродинамический расчет систем приведён в приложении Е

3.2.2 Системы вентиляции

Принудительная вытяжная вентиляция предназначена для таких помещений как: санузел, душевая, ванная, гараж, мастерская, техническое помещение. Воздухообмен в санузлах, душевых и ванных комнатах осуществлен при помощи осевых бытовых вентиляторов фирмы «Blauberg Ventilatoren» моделью Sileo 100 T, которая оборудована таймером задержки выключения, для экономии электроэнергии. Оборудование подобрано исходя из полученных данных в ходе аэродинамического расчета (см. Приложение Е). Технические параметры бытового вентилятора следующие:

- Напряжение и частота электрической сети – 230/50 В/Гц;
- Номинальная мощность – 7,5 Вт;
- Максимальный расход воздуха – 97 м^3/ч;
- Частота вращения – 2165 мин$^{-1}$;

- Уровень звукового давления – 25 3 м, дБ(А).

Осевые вентиляторы предназначены для потолочного и настенного монтажа. Отвод вытяжного воздуха осуществляется через круглые воздуховоды, которые расположены в подшивном потолке и в вентиляционных каналах, которые выходят в окружающую среду.

В гараже, мастерской и техническом помещении удаление воздуха осуществлено с помощью осевого вентилятора фирмы «Systemair» моделью K 100 M SILEO. Вентилятор подобран исходя из аэродинамического расчета (см. Приложение Е). Технические характеристики осевого вентилятора приведены в приложении Ж.

Вентиляторы данной модели устанавливаются непосредственно в воздуховодах круглого сечения, которые расположены под потолком помещений цокольного этажа и выходят в окружающую среду. Шумовые характеристики вентилятора не высокие, поэтому установка шумоглушителя не требуется.

Принудительная приточно-вытяжная вентиляция предназначена для таких помещений как: столовая, кухня, детская, главная спальня, общая комната. Приток и удаление воздуха выполняется установкой фирмы «Shuft» тип CAUP 800CE-A, характеристика которой приведена в приложение Ж.

Приточно – вытяжная установка с рекуперацией тепла комплектуется приточным и вытяжным вентиляторами, электрическими нагревателями, приточным и вытяжным фильтрами, пластинчатым рекуператором и системой автоматического управления с пультом дистанционного управления.

Оборудование предназначено для очистки, подогрева и подачи свежего воздуха в помещения. В процессе работы оборудование удаляет из помещения загрязненный воздух через вытяжные решетки, очищая его и извлекая из него тепло, передавая его приточному воздуху через теплосберегающее устройство (рекуператор). Приточный воздух, пройдя через электрические нагреватели и рекуператор, нагревается, затем проходит по системе воздуховодов и поступает

в фанкойлы, проходя через которые, воздух принимает необходимые параметры для помещений.

Приточно – вытяжная установка монтируется под потолком цокольного этажа в мастерской. К оборудованию подсоединены круглые воздуховоды, диаметры которых соответствуют диаметрам входных и выходных отверстий установки. Для снижения уровня шума от вентиляторов, установлены шумоглушители SonoDFA-SH 200 на приточном и вытяжном воздуховодах.

Естественная приточная вентиляция, предназначена для гаража. Постоянный приток свежего воздуха осуществляется через приточный клапан фирмы «Airone» тип КИВ 125, который вмонтирован в стену. Основным элементов устройства является пластиковая трубка, по ней воздух забирается с улицы и подается в помещение. Способствует этому процессу имеющаяся разница внутреннего и наружного давления, которая обеспечена механической вытяжной вентиляцией.

В мастерской и тех.помещении организован естественный приток свежего воздуха, который осуществляется по системе воздуховодов. Воздуховоды проходят под потолком помещения, затем выходят на фасад здания.

3.2.3 Расчет и подбор приточных и вытяжных решёток

Для воздухораспределения в помещении к установке приняты вентиляционные решетки фирмы «Арктика» тип АМР. Решетки располагаются на стене либо на подшивном потолке. Настенный монтаж решёток производится с помощью пружинных фиксаторов. К подшивному потолку решётки крепятся с помощью самонарезающих винтов.

Забор и удаление воздуха из здания осуществляется через наружные решетки АРН. В решетке установлены подвижные жалюзи, которые препятствуют проникновению атмосферных осадков с улицы.

Целью расчета является определение такого живого сечения решётки, при котором скорость воздуха на выходе будет иметь нормируемое значение [32].

Исходные данные даля расчета: расход воздуха системы (см. Приложение Ж), скорость движения воздуза в живом сечение решётки [32].

Используя начальные данные, требуемая площадь решетки $F_{тр}$, м^2, определится по формуле

$$F_{тр}=\frac{L}{3600\cdot V_{рек}}, \qquad (3.30)$$

где $F_{тр}$ – требуемая площадь живого сечения решётки, м^2;

L – расход воздуха, м^3/ч;

$V_{рек}$ – рекомендуемая скорость воздуха в живом сечении решётки (до 2 м/с [32]) м/с;

Ориентировочное количество решёток n, шт., определяется по формуле

$$n=\frac{F_{тр}}{f_{ж.с}}, \qquad (3.31)$$

где $f_{ж.с}$ – площадь живого сечения решётки,м^2 [14].

Фактическое живое сечение решёток $F_р$, м^2, определяется по формуле

$$F_р=f_{ж.с}\cdot n, \qquad (3.32)$$

Действительная скорость воздуха в решётках $V_р$, м/с, определяется по формуле

$$V_р=\frac{L}{3600\cdot F_р}, \qquad (3.33)$$

Результаты расчета приведены в приложении И.

Глава 4

Проектирование источника тепло- и холодоснабжения на базе нетрадиционных источников энергии

Проект систем тепло- и холодоснабжения здания выполнен в соответствии со следующими нормативными документами: СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [7]; СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [9]; СП 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий» [4]; СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов» [6] и другими нормативными документами.

Нетрадиционный источник теплоснабжения для индивидуального жилого дома выбран в соответствии с соблюдением следующих условий [2]:

- здание имеет высокий класс энергосбережения, в соответствии с [7];
- удаленность от систем центрального теплоснабжения;
- выделяемой электрической мощности для объекта недостаточно для систем тепло- и холодоснабжения;
- наличие холодильной нагрузки;
- применение низкотемпературных системы отопления.

В качестве основного альтернативного источника тепловой энергии выбран геотермальный тепловой насос в сочетании с вертикальными грунтовыми теплообменниками.

Для обеспечения надежной и стабильной работы источника необходимо предусмотреть дополнительный традиционный источник тепловой энергии, который легко поддается автоматизации. Для данной цели подходит электрический котел [2].

Приморский край является регионом, для которого свойственно продолжительное поступление солнечной энергии в течение года [20], что говорит о целесообразности использования солнечной энергии в качестве источника теплоты. Использование солнечной энергии в качестве

единственного источника низкопотенциальной теплоты малоэффективно. Поэтому в проекте предусмотрена совместная работа геотермального теплового насоса (ГТН) и солнечных коллекторов (СК) [2].

Достоинством гибридной установки, является возможность осуществлять восстановление энергетического потенциала грунта в летний период года за счет избытков тепловой энергии, поступающих от СК, которые сбрасываются в грунтовый теплообменник. Восстанавливать энергетический потенциал грунтового массива также позволяет работа ГТН в режиме холодоснабжения [30].

Перед разработкой источника тепло- и холодоснабжения была определена необходимая тепловая нагрузка на отопление и горячее водоснабжение и холодильная нагрузка на систему кондиционирования (см. Глава 3). В соответствии с полученными нагрузками на системы подобрано оборудование:

- геотермальный рассольно-водяной тепловой насос Vitocal 300G BW 301.A21. фирмы «Viessmann», который подобран исходя из нагрузки на систему холодоснабжения равной 23,6 кВт, теплоснабжения 20 кВт и части тепловой нагрузки на горячее водоснабжение, что составляет 6 кВт. Технические характеристики теплового насоса представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – технические данные рассольно-водяного теплового насоса

Наименование	Параметр
1	2
Номинальная тепловая мощность, кВт	28,8
Холодопроизводительность, кВт	23,3
Потребляемая электрическая мощность, кВт	5,96
Коэффициент мощности ε (COP)	4,83
Рассол (первичный контур). Макс. Температура подачи (вход), ℃	25
Рассол (первичный контур). Мин. Температура подачи (вход), ℃	минус 10
Теплоноситель (вторичный контур). Макс. Температура подачи, ℃	60

Продолжение таблицы 4.1

1	2
Холодильный контур. Хладогент	R410A
Плотность хладогента кг/м^3 при 0 ℃	1172
Удельная теплоемкость хладогента Дж/(кг · ℃)	1507
Холодильный контур. Потенциал глобального потепления (GWP)	2088

- электронагреватель Zota-21 «Lux» фирмы «Zota», который подобран исходя из тепловой нагрузки здания равной 20 кВт. Технические характеристики электронагревателя приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – технические характеристики электронагревателя

Наименование	Параметр
Номинальная потребляемая мощность, кВт	21
Значение потребляемой мощности по ступеням, кВт	7-14-21
Номинальное напряжение питания, В	380±10%
Давление воды в системе отопления, не более, МПа	0,6
Диапазон регулировки температуры теплоносителя, ℃	30-90
Диапазон регулировки темпераутры воздуха в помещении, ℃	5-35
Макс. Производительность при нагреве воды на 40 ℃, м3/ч	0,45

- плоский солнечный коллектор фирмы «Wolf» TopSon F3-1, который рассчитан на нагрузку системы горячего водоснабжения равную 16,65 кВт. Технические характеристики солнечного коллектора приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3 – технические характеристики солнечного коллектора.

Наименование	Параметр
Угол наклона при установке	15º–90º
Оптический КПД, %	80,4
Коэффициент теплопотерь a1, Вт/(м^2·К)	3,235
Коэффициент теплопотерь a2, Вт/(м^2·К)	0,0117
Макс. температура в состоянии покоя, °С	194
Угол отражения – поправочный коэффициент $K_{50°}$, %	94,0
Теплоемкость кДж/(м^2·К)	5,85
Макс. доп. избыточное давление, бар	10

4.1 Расчет вертикального грунтового коллектора

При устройстве в грунте вертикальных регистров труб (систем сбора низкопотенциального тепла грунта) с циркулирующим по ним теплоносителем, имеющим пониженную (повышенную) относительно окружающего грунтового массива температуру, происходит отбор (сброс) тепловой энергии (холода) от грунта и их отвод потребителю [2].

К установке принят одиночный вертикальный U-образный теплообменник. Данный вид теплообменников способствует экономии площади, и они пригодны к использованию почти во всех видах грунта.

Уровень необходимой мощности отведения зависит от геологических и климатических условий, технологии извлечения тепла и сезонных колебаний тепловой нагрузки со стороны потребителя. Для получения большей мощности создано коллекторное поле. Оно представляет собой объединение нескольких вертикальных теплообменников. [15]

Количество скважин напрямую зависит от удельной мощности отведения вертикального теплообменника, данный показатель зависит от свойств грунта. Для данной местности почва нормальная, отложения насыщены водой. Тогда удельная мощность отведения для мощности отопления до 30 кВт для данного грунта составляет 50 Вт/м[15].

Необходимая длина коллектора L, м. определена по формуле (4.1.1). Расчет базируется на удельной мощности отведения грунта и тепловой нагрузки здания (см. Глава 3).

$$L=\frac{Q_0}{q_e}=\frac{26000}{50}=520, \qquad (4.1.1)$$

где Q_0 – тепловая нагрузка здания (отопление 20000 Вт, горячее водоснабжение 6000 Вт), Вт;

q_e – удельная мощность отведения, Вт/м [15].

Длина скважины $L_{ск}$, м, должна быть более 90 м. Её длина определена по формуле

$$L_{ск}=\frac{L}{N}=\frac{520}{8}=65, \qquad (4.1.2)$$

где L – общая длина теплообменника, м;

N – количество скважин, шт.

Тепловая мощность от одной термоскважины $Q_{ск}$, Вт, определена по формуле [2]

$$Q_{ск}=\frac{Q_0}{N}=\frac{26000}{8}=3250, \qquad (4.1.3)$$

где Q_0 – то же, что и в формуле 4.1.1;

N – то же, что и в формуле 4.1.2;

Таким образом, для покрытия тепловой нагрузки 26 кВт, под установку грунтовых теплообменников необходимо пробурить восемь скважин глубиной 65 м, при этом тепловая мощность одной составляет 3250 Вт.

4.2 Гидравлический расчет вертикальных грунтовых коллекторов

Гидравлическому расчету предшествует подготовительная работа, в процессе которой:

1. расчетным путем определена необходимая тепловая нагрузка здания (см. Глава 3);
2. определено необходимое количество скважин;
3. выбрано расположение скважин на плане на расстоянии 5 м друг от друга (см. графическая часть, лист 6);
4. объединены теплообменники между собой по принципу Тихельмна [15]
5. определены длины расчетных участков и тепловая нагрузка одной скважины и местные сопротивления на участках.

Целью гидравлического расчета является определение оптимальных диаметров трубопроводов, при которых будет обеспечена устойчивая и надежная доставка расчетного количества теплоносителя.

При гидравлическом расчете учтены следующие рекомендации[15]:

- при расчете подводящих труб к вертикальным теплообменникам необходимо обеспечить низкие потери давления, так как мощность циркуляционного насоса снижает сезонный коэффициент полезного действия теплового насоса;
- при расчете необходимо учесть повышенный уровень вязкости соляного раствора в сравнении с водой;
- максимальная скорость потока должна составлять 1 м/с. течение в грунтовом контуре должно иметь турбулентный характер, так как это усиливает теплообмен между трубой и соляным раствором, что в свою очередь увеличивает его температуру.

Гидравлический расчет вертикальных грунтовых теплообменников производится методом удельных потерь давления на трение [31].

Данный метод заключается в том, что потери давления на трение и в местных сопротивлениях для каждого участка определяются раздельно. Перепад температур на участках постоянен.

Сначала выполнен гидравлический расчет каждого участка. Затем система была разбита на циркуляционные кольца, в которые входят участки по ходу движения теплоносителя: от начала теплового узла, затем по подающей магистрали, скважина, обратная магистраль и обратно в тепловой узел. Таким образом, потеря давления в циркуляционном кольце равна сумме потерь давления на его гидравлических участках. Разница между потерями циркуляционных колец должна быть менее 10 %.

Расчет начинается с определения расхода теплоносителя на участке G, кг/ч, по формуле

$$G=\frac{3600\cdot Q}{\Delta t\cdot c}, \qquad (4.2.1)$$

где Q – тепловая мощность расчетного участка, Вт;

Δt – температурный перепад на расчетном участке °С, в данном расчете принят $\Delta t=3$ °С;

c – теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг· °С) (см. таблицу 4.1).

Потеря давления на участке $P_{уч}$, Па, определена по формуле

$$P_{уч}=P_{\xi}+P_L, \qquad (4.2.2)$$

где P_{ξ} – потери давления в местном сопротивлении, Па;

P_L – потери давления по длине, Па.

Потери давления в местных сопротивлениях P_{ξ}, Па, определены по формуле

$$P_{\xi}=P_{д}\cdot\sum\xi, \qquad (4.2.3)$$

где $P_{д}$ – динамические потери давления на участке, Па, определяются по формуле

$$P_{д}=\frac{V^2\cdot\rho}{2}, \qquad (4.2.4)$$

где V – скорость потока, м/с;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м^3 (см. таблицу 4.1).

$\sum\xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений [32].

Скорость потока на расчетном участке V, м/с, определяется по формуле

$$V=\frac{G\cdot 4}{3{,}14\cdot d^2}, \qquad (4.2.5)$$

где G – расход теплоносителя на расчетном участке, м^3/с;

d – диаметр трубопровода, м.

Потери давления по длине определяются по формуле 4.2.6

$$P_L=R\cdot L=\frac{\lambda}{d_{вн}}\cdot\frac{V^2\cdot\rho}{2}\cdot L \text{ Па}, \qquad (4.2.6)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения, определяется по формуле Альтшуля (4.2.7)

L – длина расчетного участка, м;

V, ρ – то же, что и в формуле 4.2.4.

$$\lambda=0{,}11\cdot\left(\frac{\Delta}{d_{вн}}+\frac{68}{Re}\right)^{0{,}25}, \qquad (4.2.7)$$

где Δ – эквивалентная шероховатость трубопровода, м;

$d_{вн}$ – внутренний диаметр трубопровода, м;

Re – число Рейнольдса, определяется по формуле 4.2.8

$$Re=\frac{V\cdot d}{\nu}, \qquad (4.2.8)$$

где V – то же, что и в формуле 4.2.4;

d – то же, что и в формуле4/2/5;

ν – кинематический коэффициент вязкости, $м^2/с$ (см. таблицу 4.1).

Для стабильной работы системы предусмотрен ручной балансировочный клапан MSV-BD Leno™ [23]. Клапан устанавливается максимально открытым, при этом его настройка 6,6, пропускная способность 31,61 $м^3/ч$. Потери давления на клапане определяются по формуле (4.2.9)

$$\Delta p_к=\left(\frac{G}{K_{vs}^2}\right)^2=\left(\frac{8,83}{31,61}\right)^2\cdot 100000=6745,86\ Па, \qquad (4.2.9)$$

где G - расход теплоносителя, $м^3/ч$ (см. приложение К);

K_{vs} – пропускная способность клапана dy 50, $м^3/ч$ [23].

По итогам расчета потери давления в системе 115028 Па, расход теплоносителя 17,86 $м^3/ч$. Гидравлический расчет сведен в таблицу и представлен в приложении К.

4.3 Монтаж вертикального грунтового теплообменника и используемые материалы

Первый этап монтажа – бурение скважин диаметром 150 мм на расстоянии 5 м друг от друга. Перед погружением, грунтового U – образного теплообменника необходимо провести гидравлические испытания в соответствии с требованиями стандарта EN 805. Затем его заполняют

теплоносителем и крепят к низу груз Upanor для предотвращения всплытия [2]. Далее опускают грунтовый теплообменник в заранее пробуренную скважину и заливают бентонитом.

Отверстия в выступающих над землей частях труб закрываются, чтобы в трубу не попал грунт, для этого предусмотрены заглушки Upanor [2].

В случае опасности заражения водоносного горизонта грунтовыми водами, которые протекают вдоль стенки грунтового теплообменника, применяются герметики или цементные растворы [2].

Заключительный этап работ включает соединение выпусков вертикальных теплообменников трубами Uponor Ground Energy PE-Xa, диаметры которых определены исходя из гидравлического расчета. Между собой трубы соединены неразъёмными муфтами. Трубы изготавливаются из сшитого полиэтилена по методу Энгеля в соответствии с требованиями стандартов DIN 16892/16893. Преимущество использования данной трубы в том, что для неё в соответствии с требованиями стандарта W 400-2 DVGW не требуется устройство песчаной подушки.

После соединения всех выпусков из вертикальных коллекторов осуществляется ввод в здание на глубине 2 м, что связано с архитектурными особенностями объекта.

Для удаления воздуха подводящие трубы проложены с уклоном 5% по отношению к коллектору, на котором установлены автоматические воздухоотводчики.

4.4 Проектирование системы плоских солнечных коллекторов

К установке принимаются коллекторы фирмы «Wolf» тип TopSon F3-1. Преимущества использования данного вида коллектора в том, что абсорбер с высококачественным покрытием обеспечивает максимальную производительность коллектора. Теплоноситель проходит по трубам, на обратной стороне абсорбера, конструктивно выполненных в виде меандра.

Такая конструкция обеспечивает равномерное протекание теплоносителя и эффективное функционирование, в различных режимах.

Основная потребность в использовании солнечных коллекторов (СК), это покрытие тепловой нагрузки на горячее водоснабжение. В разрабатываемом проекте СК устанавливаются на крыше без дополнительных стоек с уклоном 20 и ориентированы на восток.

Необходимое количество СК рассчитано в соответствии с указаниями по проектированию плоских коллекторов [25].

Исходные данные:

- Климатическая зона – 2 [20];
- Уклон крыши – 20°;
- Установка коллекторов – В;
- Потребность в горячей воде – 105 л. на чел. в день;
- Число жителей – 4 чел.

Количество плоских коллекторов N, шт, определяется по формуле

$$N=Ф_з \cdot Ф_к \cdot Ф_п \cdot n \cdot 0,4=0,9 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 0,4=2,02, \quad (4.4.1)$$

где N – количество солнечных коллекторов, шт;

$Ф_з$ – фактор, учитывающий климатическую зону;

$Ф_к$ – фактор, учитывающий расположение крыши;

N – число жителей, чел.

Несмотря на то, что в результате расчета количество СК равно 2 шт., к установке принимается 3 шт., для обеспечения запаса тепловой мощности.

Необходимый объем водонагревателя V, л, определяется по формуле

$$V=n \cdot Ф_п \cdot 75=4 \cdot 1 \cdot 105=420, \quad (4.4.2)$$

где n – то же, что и в формуле 4.4.1;

$Ф_п$ – фактор потребления горячей воды;

105 – потребление горячей воды на человека, л.

К установке принимается водонагреватель фирмы «Wolf» Sem-1 400, который рассчитан на 400 литров. Преимущества использования данного водонагревателя в том, что он является стальным с двумя трубчатыми теплообменниками, внутренняя поверхность которого защищена слоем эмали и дополнительным магнитным анодом. Боковой фланец обеспечивает возможность установки электрического нагревателя мощностью 2 кВт.

4.5 Описание режимов работы источника

Приготовление горячей воды при помощи солнечной энергии

Подготовка воды на нужды горячего водоснабжения (ГВС) осуществляется в водонагревателе фирмы «Wolf» Sem-2 на 400 л. Данный водонагреватель оборудован электрическим тэном мощностью 2 кВт, двумя трубчатыми теплообменниками, по одному контуру которого циркулирует теплоноситель от солнечных коллекторов, по-другому – от теплового насоса.

Если разность температур между датчиком температуры солнечного коллектора и датчиком температуры водонагревателя превысит разность температур для включения, то включается насос контура гелиоустановки, и начинается нагрев буферной емкости отопительного контура. Нагрев производится при падении температуры в водонагревателе до 40 ºС и ниже, и прекращается при достижении температуры 60 ºС.

В случае возникновения следующих ситуаций: разность температур падает ниже разности температур для выключения; превышение максимальной температуры емкостного водонагревателя; достижение температуры, установленной на защитном ограничителе температуры, то при выполнении одного из условий избытки теплоты от солнечных коллекторов поступают в скважинное поле (летний период) или в бак-гидробуфер (зимний период). Тогда трехходовой клапан с электроприводов ARA 663 ESBE VRG 131 15-2,5 меняет свое положение так, чтобы теплоноситель поступал в пластинчатый

теплообменник, минуя водонагреватель. Там, он отдает свою теплоту теплоносителю, который циркулирует в грунтовых теплообменниках [30].

Пластинчатый теплообменник предназначен для утилизации теплоты от солнечных коллекторов. Теплота в скважинное поле сбрасывается до тех пор, пока не возникнет потребность в нагреве воды для ГВС. Тогда трехходовой клапан переходит в первоначальное положение, и теплоноситель циркулирует по контуру через водонагреватель.

Приготовление горячей воды без использования солнечной энергии

При данном режиме работы приготовление горячей воды происходит при помощи ГТН. Энергией для теплового насоса служит энергия, извлекаемая из грунта с помощью 8 скважин по 65 м глубиной, в которых установлен грунтовый теплообменник. Теплоноситель, пройдя грунтовый теплообменник, поступает сначала в бак-гидробуфер на 100 л для выравнивания температурного потенциала теплоносителя, а затем – в тепловой насос [30]. Циркуляция теплоносителя до бака-гидробуфера осуществляется циркуляционным насосом фирмы «Grundfos» UPS 65-60/4 F, до теплового насоса – циркуляционным насосом фирмы «Grundfos» UPS 65-60.

Применение бака гидробуфера улучшает эксплуатационные характеристики и повышает надежность работы теплового насоса, т.к. скачки температуры от источника низкопотенциальной энергии минимизированы. Для учёта параметров теплоносителя, поступающего из грунтового теплообменника, на оборудовании установлены датчики температуры, расхода и учета тепловой энергии [30].

После теплового насоса теплоноситель при помощи циркуляционного насоса фирмы «Grundfos» марки MAGNA 3 25-40, циркулирует по контуру «тепловой насос-потребитель», с температурой до 60 ºС и тепловая энергия поступает в верхний контур водонагревателя.

В случае, если энергии теплового насоса будет недостаточно, то включается электрический тэн.

Отопление помещения при помощи геотермального теплового насоса

Процесс получения теплоносителя необходимой температуры, который циркулирует по контуру «тепловой насос-потребитель» такой же, как и в случае приготовления горечей воды без использования солнечной энергии. Теплоноситель также проходит циркуляционный насос MAGNA 3 25-40, затем трехходовой клапан ESBE VRG 131 40-25 с сервоприводом, который в данном режиме направляет теплоноситель сразу в бак - гидробуфер на 100 л. Далее проходит циркуляционный насос фирмы «Grundfos» UPS 32-120, рассчитанные на преодоление потерь давления в системе фанкойлов и радиаторного отопления. После чего теплоноситель подается в систему водяного теплого пола.

Отдав тепловую энергию помещениям, теплоноситель возвращается в тепловой насос, пройдя при этом бак - гидробуфер и трехходовой клапан с электроприводом ARA 663 ESBE VRG 131 40-25. Трехходовой клапан в донном режиме направляет теплоноситель в тепловой насос.

Узел смешения теплого водяного пола

Температура теплоносителя в системе отопления до 60°С, необходимо её уменьшить так, чтобы обеспечить температуру в подающем трубопроводе водяного теплого пола до 40 °С. Для этого использован смесительный трехходовой клапан ESBE 40RA-AS (38-65 град С), который создает технологические возможности для подмеса воды из обратного трубопровода.

Трехходовой клапан установлен на подающем трубопроводе перед циркуляционным насосом фирмы «Grundfos» модель UPS 25-60 N 180, который рассчитан на преодоление потерь давления в контурах водяного теплого пола. Работа клапана регулируется при помощи автоматики, которая реагирует на изменение температуры в подающем и обратном трубопроводе, благодаря данным полученных с датчиков температуры, которые установлены на обратном трубопроводе и внутри помещений.

Отопление помещений при помощи электрического котла и геотермального теплового насоса

В случае, если геотермальный тепловой насос не способен обеспечить необходимые параметры теплоносителя: до 60 ºС, то включается электрический котел Zota-21 «Lux» фирмы Zota. Данный процесс контролирует система автоматизации, которая считывает информацию с датчиков температуры и в зависимости от показателей принимает решение о включении или отключении дополнительного источника теплоснабжения.

В случае совместной работы двух источников теплоснабжения трехходовой клапан с электроприводом ARA 663 ESBE VRG 131 40-25, который расположен перед электрическим котлом, меняет свое положение так, чтобы теплоноситель проходил через электрический котел и далее поступал в систему отопления. Работа данного клапана осуществляется при помощи системы автоматизации.

В случае аварийной ситуации с геотермальным тепловым насосом возможна работа только электрического котла. Тогда трехходовые клапаны с электроприводом ARA 663 ESBE VRG 131 40-25, установленные на обратном трубопроводе после системы отопления и на подающем трубопроводе перед электрическим котлом, принимают такое положение, чтобы теплоноситель циркулировал по контуру электрический котел – система отопления.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе выполнен проект системы тепло- холодоснабжения и вентиляции для индивидуального жилого дома. Разработан индивидуальный источник теплоснабжения на базе возобновляемых источников энергии.

Для реализации проекта были выполнены расчеты, в ходе которых определены нагрузки на систему тепло- холодоснабжения. В соответствии с особенностями применения возобновляемых источников энергии разработаны низкотемпературные системы: фанкойлов, водяной теплый пол, радиаторное отопление

Выпускная квалификационная работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию. Все принятые в ходе проектирования проектные решения полностью отвечают современным требованиям нормативной документации.

Список используемых источников

1. ВСН 353-86. Проектирование и применение воздуховодов из унифицированных деталей. – Введ. 1987-01-01. – М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1986. – 29 с. : ил

2. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов нетрадиционных возобновляемых источников энергии. – Введ. 2001-31-01. – М.: Москомархитектуры, 2001. – 44 с. : ил.

3. СП 20.13330. 2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Введ. 2017-06-04. – М.: Минстрой России, 2016. – 102 с. : ил.

4. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85* (с Поправкой). – Введ. 2017-06-17. Минстрой России, 2016. – 98 с. : ил.

5. СП 31.106.2002. Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом. – Введ. 2002-09-01. – М.: Госстрой России, 2002. – 26 с. : ил.

6. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. – Введ. 1996-07-01. – М.: Минстрой России, 1996. – 118 с. : ил

7. СП 50.13330. 2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – Введ. 2013-07-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 139 с. : ил.

8. СП 55.13330.2016. СНиП 31-02-2001 Дома жилые одноквартирные. – Введ. 2017-04-21. Минстрой России, 2016. – 41 с. : ил.

9. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – Введ. 2017-06-17. – М.: Минстрой России, 2016. – 100 с. : ил.

10. СП 131. 13330. 2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением N 2). – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 109 с. : ил.

11. Альтернативные источники теплоснабжения // infopedia.su URL: https://infopedia.su/17x5ca5.html

12. Баскаков А. П., Мунц В. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебник для вузов.— М.: Издательский Дом «БАСТЕТ», 2013.— 368 с.

13. Васильев Г.П."Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах" // www.insolar.ru URL: www.insolar.ru/lib_15.php.

14. Воздухораспределители компании «Арктос». Указания по расчету и практическому применению. – 5-е изд. – . 2008. – 2016.: ил.

15. Геотермальная энергия. Upanor. Системы внутреннего климата. Техническая информация. 2013. – 68 с. :ил.

16. Малявина Е. Г. Теплопотери здания: справочное пособие / Е. Г. Малявина. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 144 с. — 2 000 экз.

17. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Жилые здания со встроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: Справочное пособие. – М.: Пантори. 2003. – 308 с.: ил.

18. Половинкина Е.О., Семикова Е.Н. Комплексное использование нетрадиционных источников теплоты и энергосберегающих технологий в автономных системах теплоснабжения. URL: https://www.scienceforum.ru/2015/pdf/10023.pdf

19. Попель О. С.Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике. // «Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева),». 2008. № 6.

20. Природно-климатические зоны России: таблица, описание и особенности // businessman.ru URL: https://natworld.info/raznoe-o-prirode/klimat-rossii-osobennosti-tipy-oblasti-zony-i-regiony.

21. Программа расчетов элементов инженерных систем. VaLTec. PRG V.3.1.3. URL: https://valtec.ru/_test.shtml.

22. Руководство по эксплуатации. Гарантийный талон. Обогреватель электрический бытовой конвективный серия ENZO Electronic. URL: https://www.moscowclimate.ru/UserFiles/Files/instrukt/instrukcia_ballu_enzo_electronic.pdf.

23. Ручные балансировочные клапаны MSV-BD Leno™. Техническое описание. Danfoss.URL: http://ua.heating.danfoss.com/PCMPDF/msv-bd_19_2012.pdf.

24. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Учебное издание.— М.: ИП РадиоСофт, 2008.—228 с.: ил.

25. Солнечная теплотехника. Техническая документация. . URL: http://www2.ligats.ru/upload/medialibrary/pdf/Technical-documentation-Solar-teplotehnika.pdf.

26. Техническая информация I/2016. Панельные радиаторы therm-x2®. Kermi. URL: http://www.kermi-ru.ru/files/teh_info/kermi_catalog.pdf.

27. Технический паспорт изделия. Блок коллекторный латунный с термостатическими клапанами и расходомерами. Valtrc. URL: https://valtec.ru/document/technical/VTc.596-0916.pdf.

28. Учет в тепловом балансе теплопоступлений от офисного оборудования. C. Wilkins, M. Hosni, члены Американского общества инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха (ASHRAE) – Режим доступа: URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2033.

29. Шиляев, М.И. Типовые примеры расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие / М.И. Шиляев, Е.М. Хромова, Ю.Н. Дорошенко. – Томск: Изд-во Том. Гос.архит. строит. Ун-та, 2012. – 288 с.

30. Штым А.С., Журмилов А.А. Научно-исследовательская установка на базе солнечных коллекторов и теплового насоса. // «Вестник

Дальневосточного государственного технического университета» . - 2010. - № 2 (4).

31. Штым А.С., Черненков В.П., Кобзарь А.В., Тарасова Е.В.Отопление и вентиляция жилых и общественных зданий: учебное пособие [электронный ресурс]/отв. ред. А.С. Штым; Инженерная школа ДВФУ. – Электрон.дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2016. – 130 с.: ил.

32. Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Часть 1./ Щекин Р.В. – М.: Будивельник, 1976. – 418с.

Приложение А

Таблица А.1 – расчет тепловых потерь помещений здания

№ помещения	Наименование помещения	Тип ограждающей конструкции	Ориентация ограждающей конструкции	Площадь ограждающей конструкции F , м^3	Высота ограждающей конструкции H, м	Температура наружного воздуха t ,°C	Температура внутреннего воздуха t, °C	1/Rд	n	Q_0, Вт	1+∑β	Q, Вт	$Q_{инф}$, Вт	$Q_{быт}$, Вт	$Q_{пом}$, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
101	Сауна	НС1.1	З	6,50	2	-23	15	0,48	1	117,62	1,10	129,38			555,59
		НС1.2	З	3,25	1	-23	15	0,23	1	28,72	1,10	31,59			
		НС2.1	С	9,10	2	-23	15	0,48	1	164,67	1,15	189,37			
		НС2.2	С	4,55	1	-23	15	0,23	1	40,21	1,15	46,24			
		ПЛ2		5,50		-23	15	0,23	1	48,60	1,05	51,03			
		ПЛ3		4,50		-23	15	0,12	1	19,88	1,05	20,88			
		ПР		8,80		-23	15	0,25	1	82,95	1,05	87,09			
		Пол		8,80											

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
102	Санузел	НС1.1	З	3,70	2	-23	19	0,48	1	74,00	1,10	81,40			271,62
		НС1.2	З	1,85	1	-23	19	0,23	1	18,07	1,10	19,88			
		НС2.1	С	4,96	2	-23	19	0,48	1	99,20	1,15	114,08			
		НС2.2	С	2,48	1	-23	19	0,23	1	24,22	1,15	27,86			
		ПЛ2		2,50		-23	19	0,23	1	24,42	1,05	25,64			
		ПЛ3		0,54		-23	19	0,12	1	2,64	1,05	2,77			
		Пол		2,70											
103	Кладовая пищевых продуктов	НС1	С	8,76	3	-23	16	0,24	1	81,85	1,10	90,04			173,61
		ПЛ1		4,50		-23	16	0,48	1	83,57	1,00	83,57			
		Пол		4,50											
104	Комната отдыха	НС1	Ю	8,69	3	-23	20	0,24	1	89,57	1,05	94,05		330,00	911,78
		О1	Ю	6,16	2,7	-23	20	1,82	1	481,29	1,05	505,35	234,16		
		НС вн		8,85	3	15	20	0,35	1	15,49	1,00	15,49			
		НС вн		8,10	3	16	20	0,35	1	11,34	1,00	11,34			
		НС вн		12,30	3	16	20	0,35	1	17,22	1,00	17,22			
		ПЛ1		9,10		-23	20	0,48	1	186,33	1,05	195,65			

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		ПЛ2		9,10		-23	20	0,23	1	91,00	1,05	95,55			
		ПЛ3		13,90		-23	20	0,12	1	69,50	1,05	72,98			
		Пол		33,00									234,16		
105	Коридор	НС1.1	С	5,20	2	-23	18	0,48	1	101,52	1,15	116,75			368,38
		НС1.2	С	2,60	1	-23	18	0,23	1	24,79	1,15	28,51			
		НС2.1	З	3,00	2	-23	18	0,48	1	58,57	1,10	64,43			
		НС2.2	З	1,50	1	-23	18	0,23	1	14,30	1,10	15,73			
		НС3.1	В	3,00	2	-23	18	0,48	1	58,57	1,10	64,43			
		НС3.2	В	1,50	1	-23	18	0,23	1	14,30	1,10	15,73			
		ПЛ2		2,20		-23	18	0,23	1	20,98	1,05	22,03			
		ПЛ3		7,60		-23	18	0,12	1	36,23	1,05	38,04			
		ПЛ4		0,90		-23	18	0,07	1	2,60	1,05	2,73			
		Пол		3,90											
106	Тех.пом	НС1.1	С	5,20	2	-23	16	0,48	1	96,57	1,10	106,23			176,61
		НС1.2	С	2,60	1	-23	16	0,23	1	23,58	1,10	25,94			
		ПЛ2		2,60		-23	16	0,23	1	23,58	1,00	23,58			
		ПЛ3		4,60		-23	16	0,12	1	20,86	1,00	20,86			

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Пол		8,30											
107	Мастерская	НС 1.1	С	10,60	2	-23	22	0,48	1	227,14	1,15	261,21			666,11
		НС 1.2	С	5,30	1	-23	22	0,23	1	55,47	1,15	63,78			
		НС2.1	В	6,68	2	-23	22	0,48	1	143,14	1,05	150,30			
		НС2.2	В	3,34	1	-23	22	0,23	1	34,95	1,05	36,70			
		НС вн		13,80	3	15	22	0,35	1	33,81	1,00	33,81			
		НС вн		8,10	3	16	22	0,35	1	17,01	1,00	17,01			
		ПЛ2		6,30		-23	22	0,23	1	65,93	1,05	69,23			
		ПЛ3		6,20		-23	22	0,12	1	32,44	1,05	34,06			
		Пол		12,40											
108	Гараж	НС 1	В	20,25	3	-23	15	0,24	1	184,36	1,10	202,80			2010,90
		НС2	Ю	12,21	3	-23	15	0,24	1	111,17	1,05	116,72			
		Д2.1	Ю	7,02	2,7	-23	15	0,53	1	140,40	1,05	147,42	367,68		
		Д2.2	Ю	7,02	2,7	-23	15	0,53	1	140,40	1,05	147,42	367,68		
		ПЛ1		24,40		-23	15	0,48	1	441,52	1,05	463,60			
		ПЛ2		16,00		-23	15	0,23	1	141,40	1,05	148,47			

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		ПЛ3		9,80		-23	15	0,12	1	43,30	1,05	45,47			
		ПЛ4		1,30		-23	15	0,07	1	3,48	1,05	3,65			
		Пол		51,20									735,35		
109	Кладовая	НС 1	Ю	4,15	3	-23	16	0,24	1	38,74	1,05	40,68			277,82
		О1	Ю	1,10	1,2	-23	16	1,82	1	78,28	1,05	82,20	34,68		
		НС2	З	2,85	3	-23	16	0,24	1	26,63	1,05	27,96			
		ПЛ1		3,00		-23	16	0,48	1	55,71	1,05	58,50			
		ПЛ2		3,00		-23	16	0,23	1	27,21	1,05	28,57			
		ПЛ3		1,10		-23	16	0,12	1	4,99	1,05	5,24			
		Пол		7,50									34,68		
110	Душевая	НС 1	Ю	7,49	3	-23	24	0,24	1	84,39	1,05	88,61			1644,46
		О1	Ю	6,16	2,7	-23	24	1,82	1	526,06	1,05	552,36	264,00		
		НС2	З	13,74	3	-23	24	0,24	1	154,72	1,10	170,19			
		НС вн		11,40	3	15	24	0,35	1	35,91	1,00	35,91			
		НС вн		11,70	3	20	24	0,35	1	16,38	1,00	16,38			
		ПЛ 1		11,96		-23	24	0,48	1	267,68	1,05	281,06			
		ПЛ 2		3,60		-23	24	0,23	1	39,35	1,05	41,32			

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		ПР		15,90		-23	24	0,25	1	185,36	1,05	194,63			
		Пол		15,90									264,00		
Итого тепловые потери на цокольном этаже:															7056,89
201	Построчная	НС 1	З	6,14	3,2	-23	18	0,31	1	78,45	1,10	86,30			547,14
		НС2	С	15,17	3,2	-23	18	0,31	1	193,67	1,15	222,73			
		О2	С	2,02	1,6	-23	18	1,82	1	150,28	1,15	172,83	65,30		
		Пол		8,10									65,30		
202	Коридор	НС1	С	6,60	3,2	-23	18	0,31	1	84,25	1,15	96,88			435,80
		НС2	З	4,80	3,2	-23	18	0,31	1	61,29	1,10	67,42			
		НС3	В	4,80	3,2	-23	18	0,31	1	61,29	1,10	67,42			
		О1	С	1,72	1,23	-23	18	1,82	1	128,37	1,15	147,62	52,26		
		НС вн		6,00	3	16	18	0,35	1	4,20	1,00	4,20			
		Пол		19,40									52,26		
203	Санузел	НС 1	С	7,56	3,2	-23	24	0,31	1	110,70	1,10	121,77			252,72
		НС вн		7,80	3	18	24	0,35	1	16,38	1,00	16,38			
		НС вн		7,20	3	18	24	0,35	1	15,12	1,00	15,12			
		О1	С	0,76	0,88	-23	24	1,82	1	64,67	1,10	71,14	28,30		

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Пол		5,70									28,30		
204	Гардеробная	НС 1	С	17,18	3,2	-23	18	0,31	1	219,42	1,15	252,33			519,57
		НС2	В	11,07	3,2	-23	18	0,31	1	141,31	1,10	155,44			
		НС вн		8,70	3	16	18	0,35	1	6,09	1,00	6,09			
		О2	В	0,93	0,88	-23	18	1,82	1	69,54	1,10	76,49	29,22		
		Пол		10,50									29,22		
205	Тамбур	НС 1	В	6,42	3,2	-23	16	0,31	1	77,95	1,05	81,85			291,48
		Д1	В	2,86	2,7	-23	16	0,53	1	58,75	1,05	61,68	147,95		
		Пол		5,00									147,95		
206	Гостевая	НС 1	В	14,72	3,2	-23	20	0,31	1	197,08	1,10	216,79		210,00	696,48
		О1	В	2,07	1,95	-23	20	1,82	1	161,60	1,10	177,76	72,40		
		НС2	Ю	15,12	3,2	-23	20	0,31	1	202,44	1,05	212,56			
		О2	Ю	2,07	1,95	-23	20	1,82	1	161,60	1,05	169,68	51,20		
		НС вн		8,70	3	16	18	0,35	1	6,09	1,00	6,09			
		Пол		21,00									123,60		
207	Общая комната	О1	В	3,24	2,7	-20	20	1,82	1	235,64	1,10	259,20	69,20	310,00	1513,93
		О3	З	3,24	2,7	-20	20	1,82	1	235,64	1,10	259,20	69,20		

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		О2	Ю	11,07	2,7	-23	20	1,82	1	865,47	1,05	908,75	258,39		
		Пол		31,00									396,79		
208	Столовая	НС 1	Ю	9,52	3,2	-23	19	0,31	1	124,55	1,05	130,78		170,00	1913,56
		О1	Ю	6,32	2,7	-23	19	1,82	1	482,47	1,05	506,59	143,69		
		НС2	З	6,11	3,2	-23	19	0,31	1	79,88	1,10	87,87			
		Д2	З	8,61	2,7	-23	19	1,82	1	657,72	1,10	723,49	491,14		
		Пол		17,00									634,84		
209	Кухня	НС 1	З	7,11	3,2	-23	19	0,31	1	92,99	1,10	102,28		54,00	290,08
		О2	З	2,91	1,7	-23	19	1,82	1	221,99	1,10	244,19	97,61		
		Пол		15,40									97,61		
Итого тепловые потери на первом этаже:															6460,78
301	Ванная	НС 1	З	12,88	3,2	-23	24	0,31	1	185,19	1,10	203,71			741,14
		НС2	С	7,63	3,2	-23	24	0,31	1	109,76	1,15	126,22			
		НС вн		10,20	3	18	24	0,35	1	21,42	1,00	21,42			
		НСвн		7,20	3	20	24	0,35	1	10,08	1,00	10,08			
		О2	С	2,32	1,84	-23	24	1,82	1	198,12	1,15	227,84	62,52		
		ПР		7,30		-23	24	0,25	1	85,10	1,05	89,36			

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Пол		7,30									62,52		
302	Гардеробная	НС 1	С	7,36	3,2	-23	18	0,31	1	92,31	1,10	101,54			169,68
		ПР		6,70		-23	18	0,25	1	68,14	1,00	68,14			
		Пол		6,70											
303	Коридор	НС1	С	4,75	3,2	-23	18	0,31	1	59,58	1,15	68,51			699,22
		НС2	З	4,80	3,2	-23	18	0,31	1	60,20	1,10	66,22			
		НС3	В	4,80	3,2	-23	18	0,31	1	60,20	1,10	66,22			
		О1	С	3,57	2,55	-23	18	1,82	1	266,13	1,15	306,05	84,36		
		ПР		10,10		-23	18	0,25	1	102,71	1,05	107,85			
		Пол		10,10									84,36		
304	Ванная	НС1	С	6,74	3,2	-23	24	0,31	1	96,87	1,10	106,56			398,72
		НСвн		7,80	3	18	24	0,35	1	16,38	1,00	16,38			
		НСвн		7,80	3	20	24	0,35	1	10,92	1,00	10,92			
		О1	С	1,58	1,84	-23	24	1,82	1	135,22	1,10	148,75	42,67		
		ПР		6,30		-23	24	0,25	1	73,45	1,00	73,45			
		Пол		6,30									42,67		

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
305	Детская	НС 1	С	17,31	3,2	-23	20	0,31	1	227,73	1,15	261,89		165,00	818,94
		НС2	В	10,48	3,2	-23	20	0,31	1	137,88	1,10	151,67			
		О2	В	3,50	1,7	-23	20	1,82	1	273,79	1,10	301,17	84,43		
		ПР		16,50		-23	20	0,25	1	175,99	1,05	184,79			
		Пол		16,50									84,43		
306	Детская	НС 1	В	17,25	3,2	-23	20	0,31	1	226,91	1,10	249,60		239,00	1075,12
		О1	В	1,95	1,84	-23	20	1,82	1	152,49	1,10	167,73	46,50		
		НС2	Ю	13,01	3,2	-23	20	0,31	1	171,09	1,05	179,64			
		О2	Ю	4,31	1,84	-23	20	1,82	1	336,62	1,05	353,45	49,54		
		ПР		23,90		-23	20	0,25	1	254,91	1,05	267,66			
		Пол		23,90									96,04		
307	Детская	НС1	Ю	10,85	3,2	-23	20	0,31	1	142,77	1,05	149,90		228,00	817,03
		О1	Ю	5,79	1,84	-23	20	1,82	1	452,42	1,05	475,04	66,58		
		НС2	В	3,39	3,2	-23	20	0,31	1	44,62	1,10	49,08			
		НС3	З	3,39	3,2	-23	20	0,31	1	44,62	1,10	49,08			
		ПР		22,80		-23	20	0,25	1	243,18	1,05	255,34			
		Пол		22,80									66,58		

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
308	Главная спальня	НС 1	Ю	13,01	3,2	-23	20	0,31	1	171,09	1,05	179,64		253,00	1457,66
		О1	Ю	4,31	1,84	-23	20	1,82	1	336,62	1,05	353,45	49,54		
		НС 2	З	14,22	3,2	-23	20	0,31	1	187,07	1,10	205,78			
		О2	З	5,89	2,55	-23	20	1,82	1	460,53	1,10	506,58	132,32		
		ПР		25,30		-23	20	0,25	1	269,85	1,05	283,34			
		Пол		25,30									181,86		
Итого тепловые потери второго этажа:															6177,51
Итого тепловые потери здания:															19695,18

Приложение Б

Таблица Б.1 – технические параметры фанкойлов

№ пом-я	Наименование помещения	Необходимая холодопроизводительность, ∑Q, кВт	Тип	Действительная холодопроизводительность, ∑Q, кВт	Скорость вентилятора	Входная мощность, кВт	Расход воды (охлаждение), л/ч	Потеря давления воды (охлаждение), кПа	Расход воздуха, м/ч	Располагаемое статическое давление, Па	Теплопроизводительность, кВт
206	Гостевая	2,0	FWB 04 BT	2,07	7	0,106	551	10	371	70	1,53
207	Общая комната	3,5	FWB 07 BT	3,82	7	0,192	1009	12	722	79	2,71
208	Столовая	6,1	FWB 10 BT	5,02	7	0,294	1363	17	905	80	4,69
209	Кухня										
305	Детская	1,8	FWB 03 BT	1,81	6	0,085	471	11	345	60	1,48
306	Детская	2,5	FWB 05 BT	2,6	4	0,14	659	9	576	50	2,14
307	Детская	1,8	FWB 03 BT	1,81	6	0,085	471	11	345	60	1,48
308	Главная спальня	3,7	FWB 05 BT	3,82	7	0,192	799	13	722	79	2,14

Приложение В

Таблица В.1 – гидравлический расчет системы фанкойлов

№ уч.	Q,Вт	Dy,мм	L, м	λ/d	(λ/d)·l	∑ξ	$\zeta_{прив}$	$P_д$, Па	$P_{уч}$,Па	G, кг/ч	Δt, ºС	Примечание
1 А 1'	3 820	15	6,8	2,7	18,4	13,2	31,6	429,4	50 593,0	657,0	5,0	MSV BD dy 15; настр. 3,6;Kv 1,34
1 Б 1'	1 810	15	2,2	2,7	5,9	10,8	16,7	96,4	50 473,1	311,3	5,0	MSV BD dy 15; настр. 0,5;Kv 0,16
1 2 1' 2'	5 630	20	2,1	1,8	3,8	3,0	6,8	289,8	1 965,1	968,4	5,0	
3 Г 3'	1 810	15	6,6	2,7	17,8	17,6	35,4	96,4	51 677,0	311,3	5,0	MSV BD dy 15; настр. 1,7; Kv 0,51
3 В 3'	2 600	15	2,6	2,7	7,0	10,8	17,8	198,9	47 264,6	447,2	5,0	MSV BD dy 15; настр. 0,8; Kv 0,24
2 3 2' 3'	4 410	20	1,3	1,8	2,3	3,0	5,3	177,8	949,7	758,5	5,0	
2 4 2' 4'	10 040	32	10,4	1,0	10,4	20,5	30,9	111,6	3 449,3	1 726,9	5,0	
6 Д 6'	5 020	15	6,7	2,7	18,1	15,2	33,3	741,5	51 400,8	863,4	5,0	MSV BD dy 15; настр. 5,3; Kv 2,77
5 Ж 5'	2 070	15	7,4	2,7	20,0	13,2	33,2	126,1	50 599,4	356,0	5,0	MSV BD dy 15; настр. 1,9; Kv 0,59
5 Е 5'	3 820	15	2,4	2,7	6,5	10,8	17,3	429,4	49 315,7	657,0	5,0	MSV BD dy 15; настр. 1,3; Kv 0,38
5 6 5' 6'	5 890	25	0,8	1,4	1,1	3,0	4,1	124,3	512,0	1 013,1	5,0	
6 4 6' 4'	10 910	32	2,0	1,0	2,0	11,7	13,7	131,8	1 805,8	1 876,5	5,0	
4 7 4' 7'	20 950	32	8,0	1,0	8,0	3,6	11,6	486,0	5 638,1	3 603,4	5,0	
										3 688,0		
Итого потери давления в системе: 61714,01 Па												

Приложение Г

Таблица Г.1 – гидравлический расчет системы радиаторного отопления

№ уч.	Q,Вт	Dy,мм	L, м	λ/d	(λ/d)·l	∑ξ	$\zeta_{прив}$	$P_д$, Па	$P_{уч}$,Па	G, кг/ч	Δt, ºС	Примечание
2 А 2'	277,82	15	0,5	2,7	1,35	25,86	27,21	0,11	229,86	10,48	22,8	V3K S настр. 2; Kv 0,25
2 4 2' 4'	277,82	15	20,2	2,7	54,54	16,20	70,74	0,11	7,73	10,48	22,8	
									237,58			
6 Д 6'	1 005,45	15	6	2,7	16,2	24,16	40,36	0,96	209,32	30,99	27,9	V3K S настр. 8; Kv 0,75
6 Е 6'	1 005,45	15	0,5	2,7	1,35	21,76	23,11	0,94	209,60	30,77	28,1	V3K S настр. 7,5; Kv 0,71
6 5 6' 5'	2 010,90	20	2,4	1,8	4,32	3,00	7,32	1,18	8,63	61,76		
									217,95			
5 Ж 5'	666,11	15	2	2,7	5,4	28,86	34,26	0,53	217,25	23,19	24,7	V3K S настр. 5,5; Kv 0,52
5 4 5' 4'	2677,01	25	9,8	1,4	13,72	9,50	23,22	0,87	20,29	84,96		
									238,24			
Итого потери давления в системе:447,85 Па												

Приложение Д

Таблица Д.1 – гидравлический расчет системы теплый пол. Данные о петлях

Помещение	Номер петли	Дл. брутто, м	Тепл. нагрузка, Вт	Расх. в петле, кг/с	Скор. в петле, м/с	Потери давл., Па	Номер колл.	Примечение
1	2	3	4	5	6	7	8	9
104 Комната отдыха	1.1	45,3	558,108	0,013	0,119	1527,393	1	
104 Комната отдыха	1.2	72,2	889,524	0,021	0,189	5297,687	1	
ИТОГО		117,5	1447,632	0,035				
110 Душевая	1.3	64,4	634,081	0,015	0,135	2622,568	1	
110 Душевая	1.4	50,9	501,161	0,012	0,107	1427,49	1	
ИТОГО		115,3	1135,242	0,027				
201 Постирочная	2.1	38,9	618,535	0,015	0,132	1540,358	2	
ИТОГО		38,9	618,535	0,015				
204 Гардеробная	2.2	48,3	474,865	0,011	0,101	1252,767	2	
ИТОГО		48,3	474,865	0,011				
205 тамбур	2.3	30,6	375,225	0,009	0,08	530,827	2	
ИТОГО		30,6	375,225	0,009				
206 Гостевая	2.4	47	588,722	0,014	0,125	1682,176	2	

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
206 Гостевая	2.5	46,7	584,964	0,014	0,125	1677,224	2	
ИТОГО		93,7	1173,686	0,028				
207 Общая комната	2.6	77,6	697,215	0,017	0,148	3730,141	2	
207 Общая комната	2.7	79,6	715,184	0,017	0,152	3988,912	2	
ИТОГО		157,2	1412,399	0,034				
208 Столовая	2.8	85,5	850,7	0,02	0,181	5699,777	2	
ИТОГО		85,5	850,7	0,02				
209 Кухня	2.9	69,7	693,494	0,017	0,148	3418,09	2	
ИТОГО		69,7	693,494	0,017				
302 Гардеробная	3.1	35,4	353,773	0,008	0,075	561,701	3	
ИТОГО		35,4	353,773	0,008				
305 Детская	3.2	79,9	708,203	0,017	0,151	3948,39	3	
ИТОГО		79,9	708,203	0,017				
306 Детская	3.3	65	570,922	0,014	0,122	2211,108	3	
306 Детская	3.4	46,3	406,672	0,01	0,087	905,177	3	
ИТОГО		111,3	977,594	0,023				

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
307 Детская	3.5	69,9	613,961	0,015	0,131	2693,874	3	
307 Детская	3.6	46,3	406,672	0,01	0,087	905,177	3	
ИТОГО		116,2	1020,633	0,024				
308 Главная спальня	3.7	65,7	743,581	0,018	0,158	3598,051	3	
308 Главная спальня	3.8	77,6	878,263	0,021	0,187	5491,448	3	
ИТОГО		143,3	1621,843	0,039				
ВСЕГО		1242,8	12863,825	0,308				

Таблица Д.2 – гидравлический расчет системы теплый пол. Данные о коллекторах

Номер колл.	диаметр колл., мм	Номер петли	Длина петли брутто, м	Тепл. нагрузка, Вт	Расход, кг/с	Скорость, м/с	Потери давления, Па	K_v регулирующего капана, $м^3/ч$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	32	1.3	64,4	634,081	0,015	0,135	2622,568	2,5
1	32	1.4	50,9	501,161	0,012	0,107	1427,49	1,3
1	32	1.1	45,3	558,108	0,013	0,119	1527,393	1,4
1	32	1.2	72,2	889,524	0,021	0,189	5297,687	5,0

Продолжение таблицы Д.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ИТОГО		4	232,8	2582,874	0,062	0,077	5306,603	
2	32	2.1	38,9	618,535	0,015	0,132	1540,358	1,4
2	32	2.2	48,3	474,865	0,011	0,101	1252,767	1,1
2	32	2.3	30,6	375,225	0,009	0,08	530,827	0,5
2	32	2.4	47	588,722	0,014	0,125	1682,176	1,5
2	32	2.5	46,7	584,964	0,014	0,125	1677,224	1,5
2	32	2.6	77,6	697,215	0,017	0,148	3730,141	3,3
2	32	2.7	79,6	715,184	0,017	0,152	3988,912	3,5
2	32	2.8	85,5	850,7	0,02	0,181	5699,777	5,0
2	32	2.9	69,7	693,494	0,017	0,148	3418,09	3,0
ИТОГО		9	523,9	5598,904	0,134	0,168	5741,676	
3	32	3.1	35,4	353,773	0,008	0,075	561,701	0,5
3	32	3.2	79,9	708,203	0,017	0,151	3948,39	3,6
3	32	3.3	65	570,922	0,014	0,122	2211,108	2,0
3	32	3.4	46,3	406,672	0,01	0,087	905,177	0,8
3	32	3.5	69,9	613,961	0,015	0,131	2693,874	2,5
3	32	3.6	46,3	406,672	0,01	0,087	905,177	0,8

Продолжение таблицы Д.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	32	3.7	65,7	743,581	0,018	0,158	3598,051	3,3
3	32	3.8	77,6	878,263	0,021	0,187	5491,448	5,0
ИТОГО		8	486,1	4682,047	0,112	0,14	5520,748	
ВСЕГО		21	1242,8	12863,83	0,31			

Приложение Е

Таблица Е.1 – аэродинамический расчет систем

№ уч-ка	l, м	L, м^3/ч	V', м/с	F', м^2	F, м^2	d, м	V, м/с	R, Па/м	$P_д$, Па	$\lambda_г$	Re	ΔPl, Па	∑ζ	Z, Па	∑ΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
В 1															
1 2	7	40	4	0,003	0,008	0,1	1,41	0,3	1,20	0,03	23904,38	2,14	0,65	0,78	2,92
2 3	7,6	65	4	0,005	0,008	0,1	2,30	0,8	3,17	0,03	23904,38	6,13	2,03	6,44	12,57
Итого потери давления в системе В1:															15,49
В 2															
1 2	4,5	80	4	0,006	0,008	0,1	2,83	1,2	4,80	0,03	23904,38	5,50	1,78	8,55	14,05
В 3															
1 2	6,9	60	4	0,004	0,008	0,1	2,12	0,7	2,70	0,03	23904,38	4,74	2,28	6,16	10,90
В 4															
1 2	1,6	40	4	0,003	0,008	0,1	1,41	0,3	1,20	0,03	23904,38	0,49	1,78	2,14	2,63
В 5															
1 2	5,1	40	4	0,003	0,008	0,1	1,41	0,3	1,20	0,03	23904,38	1,56	1,78	2,14	3,70
В 6															
1 2	1,5	60	4	0,004	0,008	0,1	2,12	0,7	2,70	0,03	23904,38	1,03	0,43	1,16	2,20

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2 3	10,6	70	4	0,005	0,008	0,1	2,48	0,9	3,68	0,03	23904,38	9,92	1,78	6,55	16,47
Итого потери давления в системе В 6:															18,66
В 7															
1 2	1,6	40	4	0,003	0,008	0,1	1,41	0,3	1,20	0,03	23904,38	0,49	1,78	2,14	2,63
В 8															
1 2	7,6	80	4	0,006	0,008	0,1	2,83	1,2	4,80	0,03	23904,38	9,29	1,00	4,80	25,09
П 9															
Б 1	0,6	73	4	0,0051	0,008	0,1	2,58	1,0	4,00	0,025446	23904,38	0,61	3,19	12,76	13,37
1-2	4,4	154	4	0,0107	0,012	0,125	3,49	1,4	7,29	0,024065	29880,48	6,18	0,45	3,28	9,46
2-3	9,9	214	4	0,0149	0,020	0,16	2,96	0,7	5,24	0,022625	38247,01	7,34	2,95	15,47	22,81
3-4	4,60	496,00	4	0,0344	0,031	0,20	4,39	1,2	11,54	0,021397	47808,76	5,68	1,25	14,43	30,10
Итого потери давления в системе П 9:															75,74
В 9															
1 2	2,7	81	4	0,0056	0,008	0,1	2,86	1,3	4,92	0,025446	23904,38	3,38	0,46	2,28	8,66
2 3	1,7	154	4	0,0107	0,012	0,125	3,49	1,4	7,29	0,024065	29880,48	2,39	3,00	21,87	24,26
3 4	3,2	280	4	0,0194	0,020	0,16	3,87	1,3	8,98	0,022625	38247,01	4,06	5,00	44,89	48,96
4 5	7,2	496	4	0,0344	0,031	0,2	4,39	1,2	11,54	0,021397	47808,76	8,89	0,75	8,66	27,54

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Итого потери давления в системе В 9:															109,42
ПЕ 1															
1 2	2	10	4	0,0007	0,008	0,1	0,35	0,0	0,08	0,025446	23904,38	0,04	15,04	1,13	3,17
2 3	7,1	70	4	0,0049	0,008	0,1	2,48	0,9	3,68	0,025446	23904,38	6,64	0,75	2,76	12,40
Итого потери давления в системе ПЕ 1:															15,57

Приложение Ж

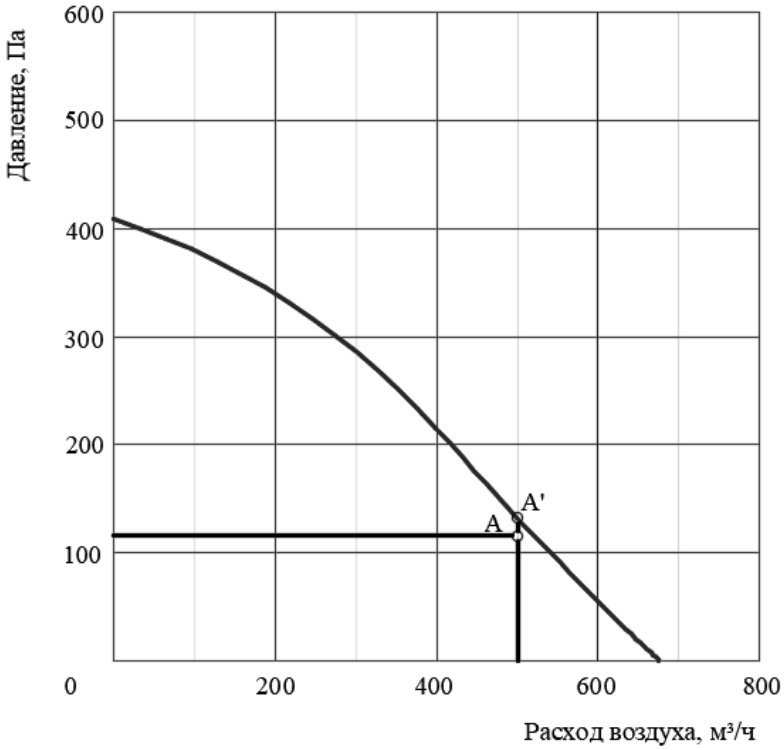

Рисунок Ж.1 – характеристика приточного вентилятора.

А – заданная рабочая точка; А’ – действительная рабочая точка.

Таблица Ж.1 – технические данные установки

Модель	Фильтры прит./выт.	Мощность предварительного электронагревателя, кВт	Мощность нагревателя после рекуператора, кВт	КПД рекуператора, %	Число фаз/напряжение, В (50 Гц)/общая потребляемая мощность, кВт/рабочий ток, А
CAUP 800 CE-A	EU5/EU5	1,2	3	57	~1/230/4,62/20,1

Примечание – КПД рекуператора указан при максимальном расходе воздуха, температуре в помещении плюс 20 ºС и влажности 60%, наружной температуре минус 20 ºС и влажности 90 %.

Таблица Ж.2 – технические данные вентиляторов

Модель	Приточный вентилятор					Вытяжной вентилятор				
	Число фаз, напряжение, В (50 Гц)	Потребляемая мощность, кВт	Рабочий ток, А	Частота вращения, об./мин.	Степень защиты мотор	Число фаз, напряжение, В (50 Гц)	Потребляемая мощность, кВт	Рабочий ток, А	Частота вращения, об./мин.	Степень защиты мотор
CAUP 800 CE-A	~1,230	0,207	0,9	2000	IP 44	~1,230	0,212	0,92	2000	IP 44

Таблица Ж.3 – акустические характеристики установки

Модель	LwA к окружению, дБ (А), общ.	LwA прит., дБ(А)								
		Общ.	Октавные полосы частот							
			63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2кГц	4кГц	8кГц
CAUP 800 CE-A	60	76	64	69	74	70	68	68	62	58

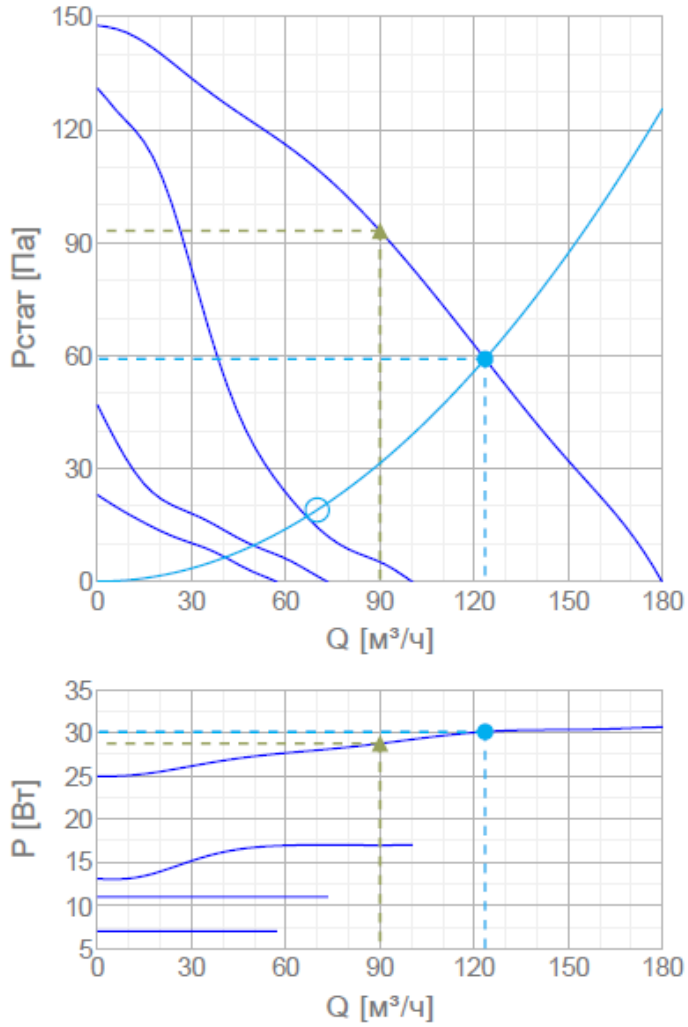

Рисунок Ж.2 – характеристика вентилятора K 100 M SILEO. Система В6.

Макс. эффективность

Гидравлические данные		
Рабочий расход	90	м³/ч
Рабочее статическое давление	93,1	Па
Мощность	28,8	Вт
Скорость	2498	1/мин
Ток	0,169	А
SFP	1,15	кВт/м³/с
Напряжение	230	В

Уровень звуковой мощности		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Общ
Вход	дБ(А)	44	56	57	57	54	47	37	24	63
Выход	дБ(А)	49	49	57	54	51	44	34	23	60
К окружению	дБ(А)	16	18	23	37	37	30	18	13	41

Рисунок Ж.3 – технические данные вентилятора K 100 M SILEO. Система B6.

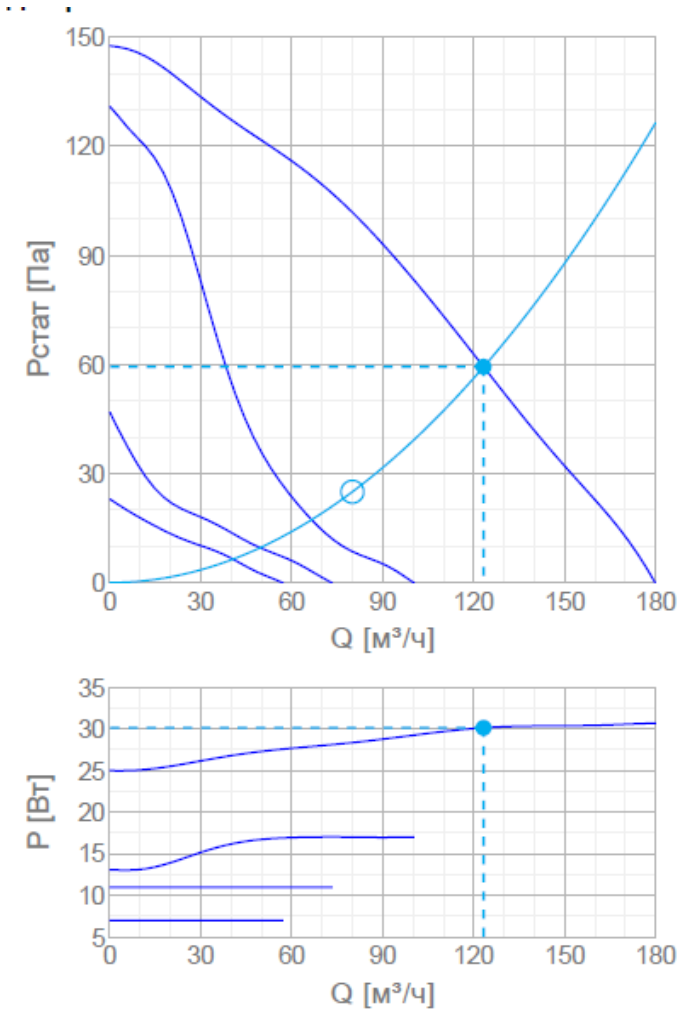

Рисунок Ж.4 – характеристика вентилятора K 100 M SILEO. Система B8.

Пользователь

Гидравлические данные		
○ Заданный расход воздуха	80	м³/ч
○ Заданное статическое давление	25	Па
● Рабочий расход	123	м³/ч
● Рабочее статическое давление	59,4	Па
● Мощность	30,1	Вт
Скорость	2441	1/мин
Ток	0,175	А
SFP	0,88	кВт/м³/с
Напряжение	230	В

Уровень звуковой мощности		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Общ.
Вход	дБ(А)	43	56	58	60	55	49	38	23	64
Выход	дБ(А)	49	50	58	55	52	45	36	22	61
К окружению	дБ(А)	16	18	24	39	39	32	19	12	42

Рисунок Ж.5 – технические данные вентилятора K 100 M SILEO. Система B8.

Приложение И

Таблица И.1 – воздухораспределители

№ помещения	Наименование помещения	L, $м^3/ч$		$V_{реш}$, м/с	Тип решётки	$f_р$, $м^2$	$F_{тр}$, $м^2$	$n_{тр}$, шт	$n_р$, шт	$F_р$, $м^2$	$V_{рас}$, м/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
106	Тех.пом	Вытяжка	10	1,5	АМН 200х100	0,018	0,002	0,1	1	0,018	0,15
107	Мастерская	Вытяжка	60	1,5	АМН 200х100	0,018	0,011	0,6	1	0,018	0,93
108	Гараж	Вытяжка	80	1,5	АМН 200х100	0,018	0,015	0,8	1	0,018	1,23
206	Гостевая	Вытяжка	68	1,5	АМН 200х100	0,018	0,013	0,7	1	0,018	1,05
207	Общая комната	Вытяжка	84	1,5	АМН 200х100	0,018	0,016	0,9	1	0,018	1,30
208+209	Столовая +кухня	Вытяжка	60	1,5	АМН 200х100	0,018	0,011	0,6	1	0,018	0,93
305	Детская	Вытяжка	53	1,5	АМН 200х100	0,018	0,010	0,6	1	0,018	0,82
306	Детская	Вытяжка	77	1,5	АМН 200х100	0,018	0,014	0,8	1	0,018	1,19
307	Детская	Вытяжка	73	1,5	АМН 200х100	0,018	0,014	0,8	1	0,018	1,13
308	Главная спальня	Вытяжка	81	1,5	АМН 200х100	0,018	0,015	0,8	1	0,018	1,25
206	Гостевая	Приток	124	1,5	АМН 200х300	0,055	0,023	0,4	1	0,055	0,63
		Приток	124	1,5	АМН 200х300	0,055	0,023	0,4	1	0,055	0,63
		Приток	124	1,5	АМН 200х300	0,055	0,023	0,4	1	0,055	0,63
		Вытяжка	303	1,5	АМН 200х300	0,055	0,056	1,0	1	0,055	1,53

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
207	Общая комната	Приток	241	1,5	АМН 200х300	0,055	0,045	0,8	1	0,055	1,22
		Приток	241	1,5	АМН 200х300	0,055	0,045	0,8	1	0,055	1,22
		Приток	241	1,5	АМН 200х300	0,055	0,045	0,8	1	0,055	1,22
		Вытяжка	638	1,5	АМН 400х300	0,113	0,118	1,1	1	0,113	1,57
208+209	Столовая+Кухня	Приток	302	1,5	АМН 200х400	0,055	0,056	1,0	1	0,055	1,53
		Приток	302	1,5	АМН 200х400	0,055	0,056	1,0	1	0,055	1,53
		Приток	302	1,5	АМН 200х400	0,055	0,056	1,0	1	0,055	1,53
		Вытяжка	845	1,5	АМН 300х500	0,142	0,156	2,1	1	0,142	1,65
305	Детская	Приток	115	1,5	АМН 200х300	0,055	0,021	0,4	1	0,055	0,58
		Приток	115	1,5	АМН 200х300	0,055	0,021	0,4	1	0,055	0,58
		Приток	115	1,5	АМН 200х300	0,055	0,021	0,4	1	0,055	0,58
		Вытяжка	292	1,5	АМН 200х300	0,055	0,054	1,0	1	0,055	1,47
306	Детская	Приток	192	1,5	АМН 200х300	0,055	0,036	0,7	1	0,055	0,97
		Приток	192	1,5	АМН 200х300	0,055	0,036	0,7	1	0,055	0,97
		Приток	192	1,5	АМН 200х300	0,055	0,036	0,7	1	0,055	0,97
		Вытяжка	499	1,5	АМН 200х400	0,074	0,092	1,3	1	0,074	1,87
307	Детская	Приток	115	1,5	АМН 200х300	0,055	0,021	0,4	1	0,055	0,58

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Приток	115	1,5	АМН 200х300	0,055	0,021	0,4	1	0,055	0,58
		Приток	115	1,5	АМН 200х300	0,055	0,021	0,4	1	0,055	0,58
		Вытяжка	272	1,5	АМН 200х300	0,055	0,050	0,9	1	0,055	1,37
308	Главная спальня	Приток	241	1,5	АМН 200х300	0,055	0,045	0,8	1	0,055	1,22
		Приток	241	1,5	АМН 200х300	0,055	0,045	0,8	1	0,055	1,22
		Приток	241	1,5	АМН 200х300	0,055	0,045	0,8	1	0,055	1,22
		Вытяжка	641	1,5	АМН 300х400	0,113	0,119	1,1	1	0,113	1,58
	Наружная решетка систем П9; В9	Вытяжка Приток	500	4	АМН 300х300	0,036	0,035	1,0	1	0,036	3,86
	Наружная решётка системы В 8	Вытяжка	80	4	АМН 200х200	0,014	0,013	1,0	1	0,014	1,59
	Наружная решетка системы ПЕ 1	Приток	70	4	АМН 200х200	0,014	0,005	0,4	1	0,014	1,39

Приложение К

Таблица И.1 – гидравлический расчет грунтовых коллекторов

№ уч-ка	Q, Вт	L, м	G, кг/ч	λ/d	Dy, м	λ	Re	V	R, Па/м	∑ξ	$P_д$, Па	P_l, Па	$P_ξ$, Па	$P_{уч}$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 контур														
1 2	13 000	9,7	10351,69	0,26	0,05	0,01	442 180,00	1,25	237,73	1,1	981,36	2306,03	1 079,49	3 385,52
2 3	9 750	5,6	7763,77	0,33	0,04	0,01	414 543,75	1,47	418,37	0,5	1533,83	2342,86	766,92	3 109,77
3 4	6 500	5,6	5175,85	0,44	0,03	0,01	345 453,13	1,53	595,35	0,5	1211,31	3333,96	605,66	3 939,61
4 5	3 250	5,6	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	0,5	979,59	3166,42	489,80	3 656,21
Ск 4	3 250	130	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	11,5	979,59	73506,12	11 265,32	84 771,44
Ск 3	3 250	130	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	11	979,59	73506,12	10 775,52	84 281,64
Ск 2	3 250	130	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	11	979,59	73506,12	10 775,52	84 281,64
Ск 1	3 250	130	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	11,5	979,59	73506,12	11 265,32	84 771,44
2' 3'	3 250	5,6	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	0,5	979,59	3166,42	489,80	3 656,21
3' 4'	6 500	5,6	5175,85	0,44	0,03	0,01	345 453,13	1,53	595,35	0,5	1211,31	3333,96	605,66	3 939,61
4' 5'	9 750	5,6	7763,77	0,33	0,04	0,01	414 543,75	1,47	418,37	0,5	1533,83	2342,86	766,92	3 109,77

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5' 1'	13 000	26	10351,69	0,26	0,05	0,01	442 180,00	1,25	237,73	3,3	981,36	6181,10	3 238,48	9 419,58
2 контур														
5 6	13 000	3,6	10351,69	0,26	0,05	0,01	442 180,00	1,25	237,73	1,1	981,36	855,85	1 079,49	1 935,34
6 7	9 750	5,6	7763,77	0,33	0,04	0,01	414 543,75	1,47	418,37	0,5	1533,83	2342,86	766,92	3 109,77
7 8	6 500	5,6	5175,85	0,44	0,03	0,01	345 453,13	1,53	595,35	0,5	1211,31	3333,96	605,66	3 939,61
8 9	3 250	5,6	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	0,5	979,59	3166,42	489,80	3 656,21
Ск 8	3 250	130	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	11,5	979,59	73506,12	11 265,32	84 771,44
Ск 7	3 250	130	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	8	979,59	73506,12	7 836,75	81 342,86
Ск 6	3 250	130	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	8	979,59	73506,12	7 836,75	81 342,86
Ск 5	3 250	130	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	10	979,59	73506,12	9 795,93	83 302,05
6' 7'	3 250	5,6	2587,92	0,62	0,03	0,02	221 090,00	1,25	565,43	0,5	979,59	3166,42	489,80	3 656,21
7' 8'	6 500	5,6	5175,85	0,44	0,03	0,01	345 453,13	1,53	595,35	0,5	1211,31	3333,96	605,66	3 939,61
8' 9'	9 750	5,6	7763,77	0,33	0,04	0,01	414 543,75	1,47	418,37	0,5	1533,83	2342,86	766,92	3 109,77
9' 5'	13 000	20	10351,69	0,26	0,05	0,01	442 180,00	1,25	237,73	3,3	981,36	4754,69	3 238,48	7 993,17

Таблица И.2 – потери давления через кольца в первом контуре

Наименование	$P_{уч}$, Па
Циркуляционное кольцо через скважину № 4	115028,00
Циркуляционное кольцо через скважину № 3	113991,76
Циркуляционное кольцо через скважину № 2	113991,76
Циркуляционное кольцо через скважину № 1	115028,00

Таблица И.3 – потери давления через кольца во втором контуре

Наименование	$P_{уч}$, Па
Циркуляционное кольцо через скважину № 8	112151,41
Циркуляционное кольцо через скважину № 7	108176,39
Циркуляционное кольцо через скважину № 6	108176,39
Циркуляционное кольцо через скважину № 5	110628,02

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

Инженерная школа

Кафедры инженерных систем зданий и сооружений

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВКР

на выпускную квалификационную работу студентки
Бурлак Евгении Викторовны
(фамилия, имя, отчество)
направление (специальность) 08.03.01. «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»
группа Б-3431 д
Руководитель ВКР
канд.техн.наук И.А. Журмилова
(ученая степень, ученое звание, и. о. фамилия)
На тему Разработка проекта систем тепло- и холодоснабжения для индивидуального жилого дома на базе возобновляемых источников энергии

Дата защиты ВКР « 25 » июня 2018 г.

Дипломный проект выполнен в соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу, представлен пояснительной запиской из четырех глав на 76 страницах машинописного текста, списка литературы из 32 наименований, девяти приложений и графической частью на 5 листах формата А1 и 1 листе формата А4х3.

Актуальность темы выпускной квалификационной работы обоснована необходимостью развития возобновляемой энергетики во всем мире, а также потребностью объектов, не имеющих возможности подключения к центральным тепловым сетям, в обеспечении работы систем жизнеобеспечения здания.

Расчетная часть работы выполнена в полном объеме, соответствует нормативным требованиям и включает: теплотехнический расчёт ограждающих конструкций, расчёт тепловых потерь и теплопоступлений помещений, гидравлический расчёт трубопроводов, расчёт поверхности отопительных приборов, определение расчётных воздухообменов, аэродинамический расчёт воздуховодов, определение нагрузки на систему горячего водоснабжения, расчет скважинного поля грунтовых теплообменников и определение необходимой поверхности солнечных коллекторов для производства горячей воды.

В работе на основе полученных расчётных данных и проведенного обзора существующих возобновляемых источников энергии запроектирован комбинированный источник для систем тепло- и холодоснабжения индивидуального жилого дома на базе солнечных коллекторов и геотермального теплового насоса, использующего низкопотенциальную энергию грунта. Для отопления здания применены системы теплого пола, фанкойлов и радиаторная система. Для обеспечения допустимого микроклимата в помещениях дома запроектирована система вентиляции, и для поддержания в теплый период года оптимальных параметров микроклимата помещений предусмотрена система кондиционирования.

Графическая часть работы представлена в полном объеме, выполнена на хорошем уровне и в соответствии с требованиями к оформлению выпускных квалификационных работ.

Принятые технические решения обоснованы и соответствуют современным требованиям строительных норм, действующих на территории Российской Федерации.

Достоинством проекта является применение современных энергосберегающих технологий при разработке индивидуального источника тепло- и холодоснабжения индивидуального жилого дома.

При написании выпускной квалификационной работы Бурлак Евгения Викторовна показала высокую степень самостоятельности и работоспособности, решая поставленные задачи, умение работать с нормативной и научно-технической литературой, анализировать информацию при поиске и принятии оптимальных технических решений.

Качество изложения материалов и оформление выпускной квалификационной работы выполнено в соответствии с требованиями.

Представленная работа заслуживает оценки **отлично**, а Бурлак Евгения Викторовна присвоения квалификации бакалавра техники и технологии по направлению «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция», и может быть рекомендована для продолжения обучения в магистратуре.

Оригинальность текста ВКР составляет 89 %.

Руководитель ВКР канд.техн.наук _____ И.А. Журмилова

(уч. степень, уч. звание) (подпись) (и. о. фамилия)

«23» июня 2018 г.

Студент _____
подпись

«25» июня 2018г.

Руководитель ВКР канд.техн.наук,доцент
(должность, ученое звание)

_____ Журмилова И.А.
(подпись) (ФИО)

«25» июня 2018г.

«Допустить к защите»

Руководитель ОП канд.техн.наук, доцент
(ученое звание)

_____ В.П. Черненков
(подпись) (и. о.ф)

«25» июня 2018 г.

Сведений, содержащих гос. тайну нет
В.П. Черненков

Зав. кафедрой канд.техн.наук, доцент
(ученое звание)

_____ А.В. Кобзарь
(подпись) (и. о.ф)

«25» июня 2018 г.

Защищена в ГЭК с оценкой отлично

Секретарь ГЭК

_____ Н.С. Ткач
подпись И.О.Фамилия

«25» июня 2018г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор Инженерной школы

_____ /_____/
Ф.И.О.

_____ 201 г.

атериалах данной выпуск[illegible]фикационной работы не ержатся сведения, состав[illegible]государств[illegible]ю тайну, едения, подлежащие экспортному контролю.

Уполномоченный по экспортному контролю

_____ /_____/ «__» _____ 201 г.
Ф.И.О. Подпись