

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
Политехнический институт. Энергетический факультет
Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент

_____ Г.А. Круглов
(подпись, место для печати)
« ___ » _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой

_____ И.М. Кирпичникова
(подпись)
« ___ » _____ 2018 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ В СИСТЕМАХ
ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРА
ЮУрГУ – 13.04.02.2018.307.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель ВКР
доцент , к.т.н.

_____ О.С. Пташкина-Гирина
« ___ » _____ 2018г.

Автор
Студент группы П-288

_____ Д.В. Долотов
« ___ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер
старший преподаватель

_____ Н.Ю. Аверина
« ___ » _____ 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
Политехнический институт. Энергетический факультет
Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующая кафедрой

_____ И.М. Кирпичникова

«___» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента
Долотова Дмитрия Владимировича

(Фамилия, имя, отчество полностью)

Группа П-288

1 Тема работы: Исследование возможностей использования низкопотенциального тепла открытых водоемов в системах отопления и горячего водоснабжения

утверждена приказом по университету от 04.04.2018 г. № 580, _____

2 Срок сдачи студентом законченной работы 30 мая _____

3 Исходные данные к работе

СН и П 23 – 02 – 2003. Тепловая защита здания _____

СН и П 23-01-99. Строительная климатология _____

СН и П 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование _____

СН и П 2.08.01 – 89. Жилые здания _____

СТО ЮУрГУ 04-2008 _____

Гидрометеорологические данные _____

Научно-техническая литература _____

Каталоги теплотехнического и холодильного оборудования _____

Строительные проекты индивидуального жилого дома _____

АННОТАЦИЯ

Долотов Д. В. Исследование возможностей использования низкопотенциального тепла открытых водоемов в системах отопления и горячего водоснабжения – Челябинск, ЮУрГУ, ПЗ; 2018, 59 с, 17 ил., 8 табл., библиогр. список – 37 наим., 3 прил.

Ключевые слова – возобновляемые источники энергии, тепловой насос, теплонасосная установка, источник низкотемпературного потенциала.

Объект исследования – источник низкопотенциальной энергии оз. Смолино.

Предмет исследования – сбор данных и сведений о метеорологических особенностях используемого водоема.

Целью данной работы является оценка возможности энергообеспечения индивидуального жилого дома с использованием тепло-насосной установки, использующей в качестве источника тепла водные ресурсы естественного водоема в условиях г. Челябинска.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- 1 Дана краткая природно-климатическая характеристика района.
- 2 Проведен сравнительный анализ опыта использования теплонасосных установок в России и зарубежом.
- 3 Рассчитан тепловой баланс индивидуального жилого дома.
- 4 Выбран источник энергоснабжения низкопотенциального тепла. Дана его характеристика за многолетний период.
- 5 Предложена схема ТНУ и системы отопления.
- 6 Дана краткая технико-экономическая характеристика предложенного способа отопления индивидуального жилого дома.

Результат исследования – работа позволяет оценить возможность использования в качестве источника низкопотенциальной энергии водоемы Челябинской области.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	7
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	9
1.1 Обоснование выбора данного оборудования.....	9
1.2 Опыт использования ТН в России и за рубежом.....	9
Выводы по разделу 1	11
2 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ	12
2.1 Техничко-экономическое обоснование темы проекта.....	12
2.2 Природно-климатическая характеристика района	13
2.3 Энергетическое состояние РФ и перспектива использования возобновляемых источников энергии.....	13
2.4 Виды источников энергии тепловых насосов.....	14
2.5 Теория тепловых насосов.....	16
Выводы по разделу 2	18
3 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДОМА	19
3.1 Планировка дома.....	19
3.2 Теплотехнический расчет наружных стен	21
3.3 Теплотехнический расчет стен и пола цокольного этажа	23
3.4 Теплотехнический расчет чердачного перекрытия.....	24
3.6 Теплотехнический расчет световых проемов	26
3.7 Теплотехнический расчет наружных дверей	27
3.8 Определение потерь теплоты наружными ограждениями здания.....	27
3.9 Потребность в теплоте на нагревание инфильтрующего воздуха	28
3.10 Расход теплоты на нагревание вентиляционного воздуха	30
3.11 Определение бытовых тепловыделений.....	31
3.12 Составление балансов тепла по помещениям.....	32
3.13 Расход тепла на подогрев воды в бассейне	32
3.14 Расход тепла на нагрев воды для горячего водоснабжения	32
3.15 Необходимая мощность теплового насоса.....	33
Выводы по разделу 3	33
4 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ	34
4.2 Выбор резервного источника тепла	35
4.3 Обоснование выбора системы напольного отопления	35
Выводы по разделу 4	36
5 ИСТОЧНИК НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПОТЕНЦИАЛА.....	37
5.1 Опыт использования низкопотенциальной тепловой энергии озер	37
5.2 Выбор источника низкопотенциальной энергии	38
Выводы по разделу 5	45
6 СХЕМА ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ.....	46
6.1 Описание схемы телонасосной установки	46

Выводы по разделу 6	47
7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	48
7.1 Составление сметы капитальных вложений	48
Выводы по разделу 7	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	52
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В	59

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
ТНУ	Тепло-насосная установка
ТН	Тепловой насос
ИНТ	Источник низкопотенциального тепла
МИРЭК	Мировой энергетический комитет
ТЭН	Термоэлектрический нагреватель
ГСОП	Градусо-сутки отопительного периода
ГГИ	Государственный гидрометеорологический институт

ВВЕДЕНИЕ

Самыми экономически эффективными системами для большинства частных жилых домов принято считать местные системы теплоснабжения. Для поддержания в различные периоды времени стабильных, комфортных температур воздуха в отапливаемых помещениях, процесс обогрева можно газифицировать, либо электрифицировать. Уровень газификации Челябинской области на 1 января 2016 года составляет 70,4% [32]. Обогревать электричеством – это не соизмеримые затраты даже для небольших индивидуальных домов. В тех местах, где нет подвода газа более целесообразно применять в системах отопления возобновляемые источники энергии, в частности ТНУ (теплонасосная установка).

В России наступило время энергетически эффективных решений, а вместе с ним и пришло время тепловых насосов. Применение теплового насоса позволяет снизить расходы на электроэнергию примерно в четыре раза по сравнению с электрообогревом. Таким образом, при потреблении тепловым насосом, например 1 кВт электрической энергии, в зависимости от условий работы и конструкции теплового насоса, обеспечивается получение 3,5 – 5 кВт тепловой энергии. Применение тепловых насосов – это экологически правильное решение, использование низкопотенциальной энергии не несет ущерб окружающей среде, не загрязняется почва, вода и воздух. Однако цена на тепловые насосы на сегодняшний день достаточно высока.

Так как дом предназначен для постоянного нахождения в нем жильцов, то в нем должен быть предусмотрен ряд удобств, обеспечивающих жильцам нормальные условия жизнедеятельности. К комплексу удобств относятся система отопления, система вентиляции, горячее и холодное водоснабжение, электрификация дома.

Системы отопления и вентиляции должны обеспечивать комфортный микроклимат для жизнедеятельности. Особое внимание стоит уделить обеспечению теплового режима в периоды резких похолоданий. Создание требуемого режима помещения важно не только для благоприятного пребывания в нем человека, но также необходимо для сохранения самого здания и расположенных в нем материальных ценностей.

Водоснабжение дома является неотъемлемой частью нормальных условий хозяйственной деятельности. Горячее водоснабжение необходимо для комфортного ведения хозяйства и для гигиены человека.

В дипломном проекте представлен расчет теплового баланса отдельно взятого дома, спроектированы система отопления, горячее водоснабжение, а так же выбран оптимальный источник низкопотенциального тепла, сделан подбор компрессорной установки и необходимого оборудования, а также проведена оценка экономической эффективности ТНУ относительно других источников энергии.

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

1.1 Обоснование выбора данного оборудования

Тепловые насосы в России производят более 20 лет, за это время они стали достойными конкурентами зарубежному оборудованию. Их стоимость несколько выше, чем у китайских, но производительность и срок службы приближается к европейским и американским.

Российские производители ориентированы на внутренний рынок. Климат в стране холоднее чем в Европе и Азии, поэтому чаще используют геотермальные установки и тепловые насосы вода-вода. Устанавливать воздушный тепловой насос целесообразно лишь в некоторых регионах, где температуры зимой не опускаются ниже -15, поэтому их в России практически не собирают.

Компании-производители из РФ набрались опыта, более 10 лет дорабатывали оборудование и расширяли модельный ряд. Сейчас отопление с помощью теплового насоса может быть дешевле, чем обогрев дома газом.

В данном проекте представлена германская модель теплового насоса Copeland ZH56K4E-TWD мощностью 22 кВт, данный выбор можно обосновать исходя из стоимости оборудования, т.к. аналог отечественного производства, а именно фирма Smaga предлагает тепловой насос этой же мощности в 2 раза дороже[28]. Поэтому целесообразно выбрать ТНУ зарубежного производителя.

1.2 Опыт использования ТН в России и за рубежом

Обеспечение теплоснабжения жилых и производственных помещений на основе энергетических технологий с использованием тепловых насосов (ТН) является одним из наиболее быстро развивающихся направлений мировой возобновляемой энергетики. Ежегодный рост количества устанавливаемых почти в тридцати странах таких систем оценивается в 10%, а общее число уже работающих ТН приближается к миллиону. Величина установленной тепловой мощности достигает 10100 МВт, а ежегодное производство тепловой энергии составляет около 59000 ТДж (16470 ГВтч) [36].

Наиболее высоким показателем для оценки возможности применения тепловых насосов в России является зарубежный опыт. Он различен в разных странах и зависит от климатических и географических особенностей, уровня развития экономики, топливно-энергетического баланса, соотношения цен на основные виды топлива и электроэнергии, традиционно используемых систем тепло энерго-снабжения и др. При сходных условиях с учетом состояния экономики России зарубежный опыт следует рассматривать как реальный путь развития в перспективе.

Согласно прогнозам Мирового энергетического комитета (МИРЭК) к 2020 г. 75 % теплоснабжения (коммунального и производственного) в развитых странах будет осуществляться с помощью тепловых насосов[17].

Этот прогноз успешно подтверждается. В настоящее время в мире функционирует порядка 20 млн тепловых насосов различной мощности - от нескольких киловатт до сотен мегаватт.

За рубежом теплонасосная техника широко применяется для обеспечения теплоснабжения жилых и офисных зданий более 30 лет. Трамплином для ее массового применения стал энергетический кризис 1970-х годов. В 2009 г. в мире количество тепловых насосов, использующих тепло грунта, превысило 2,8 млн шт., их суммарная установленная тепловая мощность составила 35 ГВт, а ежегодное производство тепловой энергии - 214 тыс. ТДж. Лидерами по использованию ТНУ данного типа стали США и Швеция, большое количество их эксплуатируется в Японии, Германии, Швейцарии. В последние годы ТНУ начали активно внедряться в Китае. Широкому применению ТНУ во многих странах способствуют рост цен на энергию, а также законодательство по энергоэффективности, экологическое законодательство, требования по снижению выбросов парниковых газов. Но главной причиной является то, что рынки ТНУ за рубежом формируются, как правило, при поддержке государства. Компании, предлагающие экологически чистые установки, пользуются налоговыми льготами, а домовладельцы, приобретающие такое оборудование, получают дотации, субсидии, льготные кредиты [10].

В США в настоящее время эксплуатируют миллионы теплонасосных установок и из них более половины в жилищно-коммунальном секторе. Более всего распространены реверсивные воздушно-воздушные теплонасосные установки с электроприводом для круглогодичного кондиционирования воздуха в помещениях. Выпускают тепловые установки более 50 фирм, 30 % вновь строящихся домов типа коттеджей оснащают теплонасосными установками [10]. Так, в США эксплуатируется около 7 млн. тепловых насосов, половина которых теплопроизводительностью 30 кВт обогревают коттеджи, им оснащаются 25% строящихся коттеджей [17].

В Швеции с начала 80-х годов применение теплонасосных установок развивается очень интенсивно. В этой стране чаще используют крупные установки тепловой мощностью более 30 МВт. Источником низкопотенциальной теплоты служат в основном очищенные сточные воды, морская вода и сбросная вода промышленных предприятий. Среди этих теплонасосных установок наиболее крупные расположены в городах Мальме (40 МВт), Упсала (39 МВт) и Эребру (42 МВт).

Наиболее мощная (320 МВт) Стокгольмская установка, использующая в качестве ИНТ воду Балтийского моря. Эта установка, расположенная на причаленных к берегу баржах, охлаждает зимой морскую воду от 4 до 2 °С. Себестоимость теплоты от этой установки на 20 % ниже себестоимости теплоты от котельных. Количество теплоты, вырабатываемой теплонасосными установками в Швеции, уже составляет около 50 % требуемого. Всего в Швеции, где насчитывается около 150 тысяч тепловых насосов, около 50 из них имеют производительность 20 – 90 МВт [17].

В Германии в эксплуатации находятся сотни тысяч теплонасосных установок, которые используются в водяных, а также в воздушных системах отопления и

кондиционирования воздуха. Преобладают тепловые насосы с электроприводом. Кроме того, применяют сотни теплонасосных установок большой мощности с приводом от дизельных и газовых двигателей. Источниками теплоты служат воздух (наружный и вытяжной), грунт, вода и др. Крупные тепловые установки работают, как правило, в системах централизованного теплоснабжения. Построено несколько десятков абсорбционных тепловых насосов единичной тепловой мощностью до 4 МВт.

В настоящее время в Германии выделяется самая крупная среди развитых стран государственная дотация из бюджета: за 1 кВт тепловой мощности пущенного в эксплуатацию теплового насоса выплачивается 300 марок. И это при том, что по производству экономичных индивидуальных котлов на жидком и газообразном топливе для централизованного и индивидуального теплоснабжения Германия занимает одно из первых мест в мире.

В Швейцарии первые теплонасосные установки были построены еще в 30-х годах. Сейчас в эксплуатации находятся десятки тысяч теплонасосных установок в основном небольшой тепловой мощности [10].

Выводы по разделу 1

Основываясь на производителях тепловых насосов в России и за рубежом, можно сделать следующий вывод, что производство в России набирает обороты, но пока еще не может предложить варианта выгодного и по цене и по качеству, поэтому в работе представлен тепловой насос фирмы Copeland германского производства.

2 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

2.1 Техничко-экономическое обоснование темы проекта

Так как проектируемый дом предназначен для постоянного нахождения в нем жильцов, то в нем должен быть предусмотрен ряд удобств, обеспечивающий жильцам комфортное пребывание в доме. К комплексу удобств относятся система отопления, система вентиляции, горячее и холодное водоснабжение и электрификация дома. В данной работе рассмотрено отопление дома.

Системы отопления и вентиляции должны обеспечить поддержание нормального для жизнедеятельности микроклимата. Особое внимание уделяется обеспечению теплового режима в периоды сильных морозов. Лишь требуемое совокупное воздействие температуры внутреннего воздуха $t_v = 18^\circ\text{C}$, влажности в помещении $\varphi = 65\%$ и скорости окружающего воздуха $v_v = 0,3$ м/с обеспечивает комфортность среды. Создание требуемого режима помещения необходимо для благоприятного пребывания в нем человека, но также для сохранения самого здания и расположенных в нем материальных ценностей.

Так как место в котором производится строительство не газифицировано, работу системы отопления будет обеспечивать тепловой насос, установленный в котельной. Тип теплового насоса рассольно – водяной, теплогенерация при использовании близлежащего водоема оз. Смолино. Для наивысшего КПД теплового насоса, его целесообразно использовать с рассредоточенной системой отопления (теплый пол).

Водоснабжение дома это неотъемлемая часть нормальных условий хозяйственной деятельности. Холодная вода будет поступать в дом из рядом расположенного озера, а горячую воду планируется получать от теплового насоса. Горячее водоснабжение необходимо для комфортного ведения хозяйства и для гигиены человека. Температура горячей воды, поступающей в кран должна будет составлять 45 - 50 °С, а холодной 5 °С.

Система вентиляции, холодное водоснабжение и электроэнергия не требуют значительных затрат, в процессе эксплуатации, а будут иметь только первоначальные затраты при строительстве, монтаже и покупке. Самой дорогостоящей используемой системой является система отопления, так как в ней используется ТНУ, что мы и будем рассматривать в ходе нашей работы. Но, стоит отметить, что это единовременные затраты при установке оборудования. Применение автономного источника теплоснабжения является экономически правильным решением, который в свою очередь, через некоторое время окупит свою стоимость.

Таким образом, получаем, что все предусматриваемые в доме системы являются экономически выгодными и обоснованными.

2.2 Природно-климатическая характеристика района

Проектируемый индивидуальный жилой дом расположен в городе Челябинск Челябинской области. Челябинская область расположена большей частью на восточных склонах Южного Урала и в равнинном Зауралье. Только западные районы вклиниваются в горную часть и западные предгорья.

Особенности рельефа территории обуславливает наличие хорошо выраженной широтной зональности в изменении климата на равнине и сложным распределением в горной части области, где климатические условия межгорных депрессий котловин, широких долин и склонов разнятся. Однако в горных районах четко прослеживается изменение климата по высоте.

Температура воздуха. Радиационный баланс, циркуляция воздушных масс и характер подстилающей поверхности определяют температурный режим Челябинской области. Среднегодовая температура воздуха колеблется от 0.1° (Уфалей) на северо-западе до 1.8° (Челябинск) - 1.9° (Полтавка) на востоке и юго-востоке. В горах среднегодовая температура воздуха с увеличением высоты уменьшается (0.5° - 0.7° на 100 м высоты) и для станции Таганай (высота 1102 м абс) достигает -2.3° [21].

Климат в г. Челябинске умеренно континентальный. Зима холодная, чаще малоснежная, с сильными морозами, метелями, которые проявляются в течение 40-50 дней, вызывая сильный перенос снега. Глубина промерзания почвы составляет 110–150 см. В малоснежные и суровые зимы почва промерзает до 170—250 см. Летний период достаточно жаркий, за редким исключением сухой. Средняя температура января -16 - 18°C , июля $+16$ - 20°C . 29 июля 1952 года в г. Южноуральске была отмечена абсолютная максимальная температура по Челябинской области – $+42,0^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура – от $+0,3$ до $+2,8^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков 410–450 мм, в зимний период выпадают в виде снега. В основном преобладают ветра южного и юго-западного направления, за исключением июня-августа, когда ветер дует с запада и северо-запада. Средняя скорость ветра 3-4 м/с; при метелях (зимой) и грозах (летом) наблюдается кратковременное шквалистое усиление ветра до 16-28 м/с[13].

Переход среднесуточной температуры воздуха через 0° весной наступает в равнинной части области в среднем 10 апреля. В горных районах весна запаздывает по сравнению с равнинами на 5-13 дней [21].

2.3 Энергетическое состояние РФ и перспектива использования возобновляемых источников энергии

Главными целями правительства РФ в области энергетики, является определение путей и условий наиболее эффективного использования энергетических ресурсов, основой реализации энергетической стратегии на ближайшую перспективу остается деятельность, направленная на повышение эффективности использования традиционных энергоресурсов - газа, угля, нефти, гидроэнергии, ядерного топлива. Вместе с тем, поставлена задача максимального использования возмож-

ностей нетрадиционной энергетики, что в перспективе должно позволить полностью решить современные энергетические, экологические и социально-экономические проблемы многих регионов России. Разведанные запасы местных месторождений угля, нефти, газа, торфа составляют около 20 млрд. тонн условного топлива (т. у.т.) [26]. Потенциальные возможности новых и возобновляемых источников энергии составляют в год: энергии Солнца - 2300 млрд. т. у.т.; энергии ветра - 27 млрд. т. у.т.; энергии биомассы - 10 млрд. т. у.т.; теплоты Земли - 40000 млрд. т. у.т.; энергии рек - 360 млрд. т. у.т., энергии вторичных низкопотенциальных источников теплоты - 530 млн. т. у.т. Эти источники намного превосходят современный уровень энергопотребления России, не превышающий 1,5 млрд. т. у.т. в год, что создает перспективы полного решения энергетической проблемы в будущем при одновременном решении проблемы экологии [26].

Одним из перспективных направлений использования низкопотенциальной тепловой энергии является применение теплонасосных установок (ТНУ). В настоящее время ТНУ широко используется за рубежом, от индивидуальных установок небольшой тепловой мощностью, до промышленных, мощностью нескольких десятков мегаватт.

В 1993 г. общее количество работающих ТНУ в развитых странах превысило 12 млн., а ежегодный выпуск составляет более 1 млн. К 2005 году общее количество ТНУ превысило 25 млн. единиц. В 2000г. в США насчитывалось уже более 50 крупных компаний, занимающихся производством тепловых насосов.

Тепловые насосы в настоящее время стали более доступны. Разнообразие моделей позволяет как проектировать новые отопительные системы, так и модифицировать старые. Ежегодно количество производимых теплонасосных установок увеличивается от 30 до 40%, а в некоторых странах до 100%. В 2004г. в Германии продано более 20 тысяч установок, а в Норвегии 48 тысяч установок. В Японии уже эксплуатируют более 10 млн. тепловых насосов, Швеция получает 50% тепловой энергии, используя тепловые насосы.

По данным недавнего опроса, проведенного одним из крупнейших мировых производителей холодильных компрессоров, общий объем производства тепловых насосов типа «грунт-вода», предназначенных только для отопления взамен отопительных газовых и жидко-топливных котлов, в Европе 63000 в 2006 году, 85000 в 2007 году и 125000 в 2008 году.

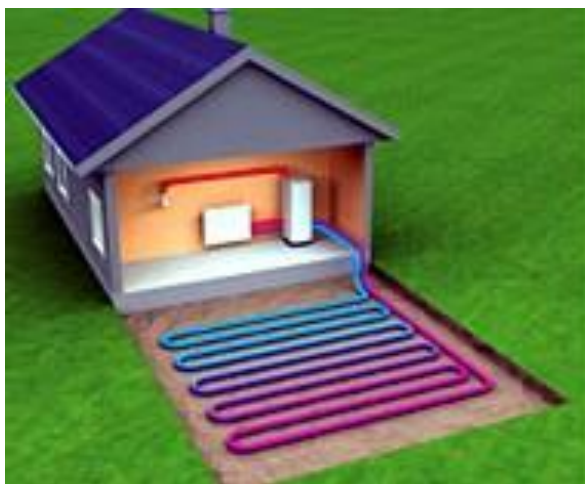
Серийное производство тепловых насосов существует практически во всех развитых странах. По прогнозу Мирового энергетического комитета к 2020 г. в передовых странах доля отопления и горячего водоснабжения с помощью тепловых насосов составит 75% [13].

2.4 Виды источников энергии тепловых насосов

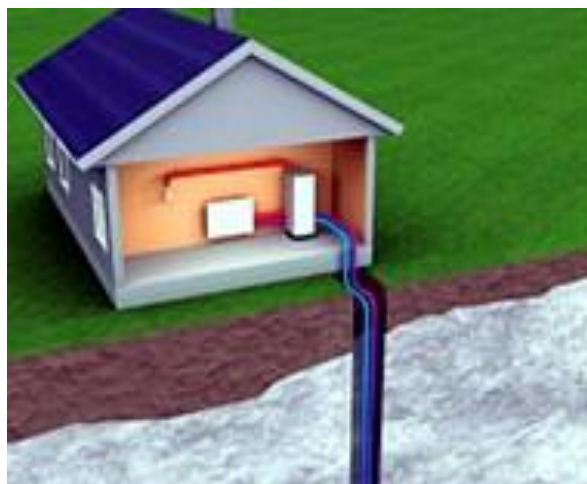
Источником энергии может служить грунт, водоем, воздух, любой источник тепла с температурой - 1 °С и выше, доступный в зимний период времени. Это может быть озеро, пруд, сточные воды, выход теплого воздуха из системы вентиляции или система охлаждения какого-либо промышленного оборудования.

При использовании в качестве источника тепла участка земли (рисунок 2.1 а), трубопровод зарывается в землю глубже промерзания грунта. Минимальное расстояние между соседними трубопроводами 0,8–1,2 м. Специальной подготовки почвы, засыпок и т.п. не требуется. Предпочтения к грунту – желательно использовать участок с влажным грунтом, хорошо, если это будут близлежащие грунтовые воды, однако сухой грунт не является причиной – это приводит только к увеличению длины контура.

Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 метр трубопровода 20–30 Вт. Таким образом, для установки теплового насоса мощностью 10 кВт необходим земляной контур длиной 300–500 метров. Для укладки такого контура потребуется участок земли площадью около 400–600 м². При правильном расчете контур, уложенный в землю, не оказывает влияния на садовые насаждения, и участок может использоваться для выращивания растений также, как и при отсутствии внешнего коллектора. Главным недостатком такого способа является большой объем земляных работ.



а)



б)

Рисунок 2.1 – Использование тепла земли

В местах плотного заселения, где участки имеют небольшую площадь в качестве источника тепла используют земляные зонды (рисунок 2.1 б), которые опускаются в скважину. Не обязательно использовать одну глубокую скважину, можно пробурить несколько не глубоких, более дешевых скважин, главное получить общую расчетную глубину.

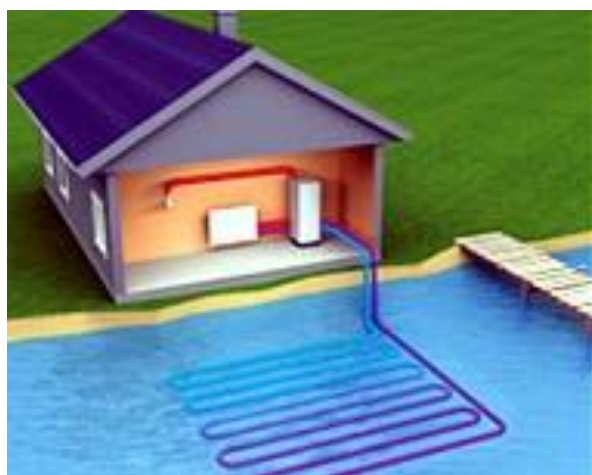
Для предварительных расчетов можно применять следующее соотношение: на 1 метр скважины приходится 50–60 Вт тепловой энергии. Таким образом, для установки теплового насоса мощностью 10 кВт необходима скважина глубиной 170–200 метров.

При использовании в качестве источника тепла воды близлежащего водоема (рисунок 2.2 а), контур укладывается на дно водоема. Этот вариант является выигрышным с любой точки зрения: короткий внешний контур, высокая температура окружающей среды (температура воды в водоеме зимой всегда положительная),

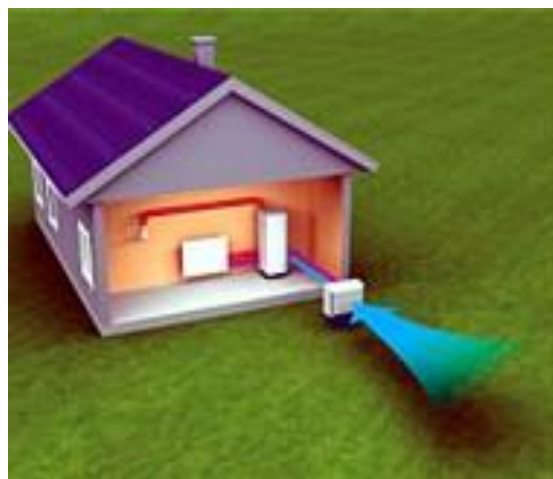
высокий коэффициент преобразования энергии тепловым насосом. Главное условие данного способа – водоем должен быть проточным и достаточным по размерам.

Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 метр трубопровода составляет 30 Вт. Таким образом, для установки теплового насоса мощностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длиной 333 метра. Для того, чтобы трубопровод не всплывал, на 1 погонный метр длины трубопровода устанавливается около 5 кг груза.

Тепловой насос – воздушный контур, теплонасосная установка собирает энергию из окружающего воздуха (рисунок 2.2 б). Если нет возможности разместить земляной коллектор, то данная модель теплонасосной установки является наиболее правильным выбором. Точно так же как и обычные ТНУ, дает тепло и горячую воду в дом и сокращает потребление энергии до 75%.



а)



б)

Рисунок 2.2 – Использование тепла водоема и окружающего воздуха

Однако, в силу технических причин, ТНУ с воздушным контуром имеют вескую причину для использования (для южных регионов России): минимальная температура наружного воздуха должна быть до -20°C . Причем, начиная с температуры наружного воздуха -10°C , установка ступенями подключает электрические ТЭНы, т.к. коэффициент преобразования снижается. И, таким образом, при температуре -20°C и ниже, по сути, работает только электрический нагрев [2].

2.5 Теория тепловых насосов

Принцип теплового насоса вытекает из работ Карно, опубликованного в его диссертации в 1824 г. Практическую теплонасосную систему предложил Вильям Томпсон в 1852 г. Она была названа умножителем тепла и показывала, как можно холодильную машину эффективно применять в качестве отопления.

Устройства предназначенные для передачи теплоты из низшего температурного уровня на высший, называются теплотрансформаторами, к ним относятся тепловые насосы, которые передают теплоту из окружающей среды к объекту с более

высокой температурой. Источником теплоты низкой температуры для теплового насоса являются: внешняя атмосфера, вода естественных водоемов или теплота земли.

В основном в системах теплоснабжения находят применение ТНУ парокомпрессионного типа. Они наиболее просты и надежны в эксплуатации. Рабочим веществом является жидкость, испаряющаяся при низкой температуре, в частности это фреоны. Цикл теплового насоса практически не отличается от цикла холодильной машины. Схема водо – водяной теплонасосной установки представлена на рисунке 2.3

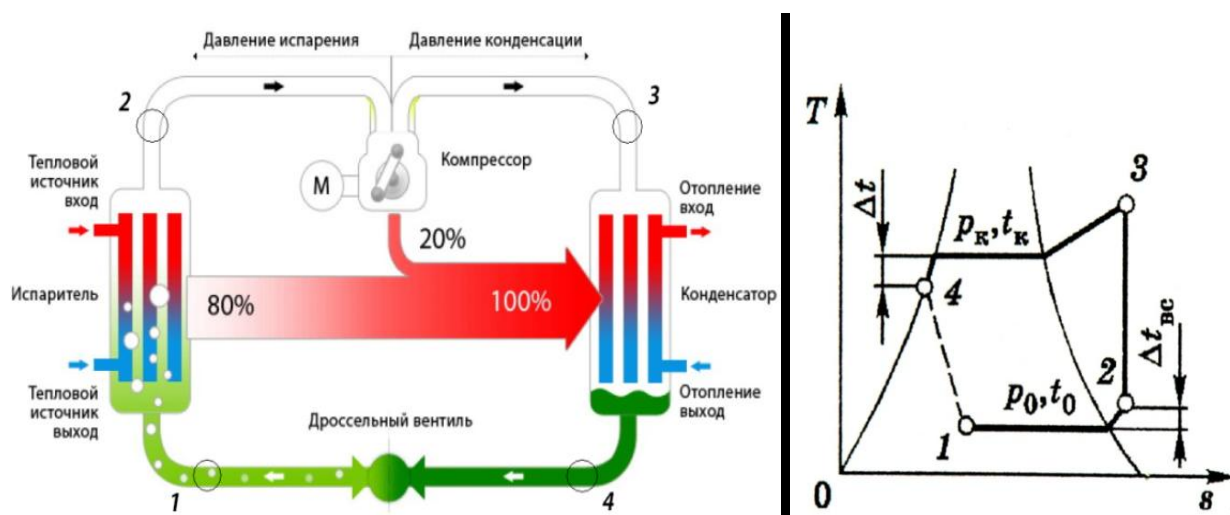


Рисунок 2.3 – Схема ТН и цикл в $T - s$ координатах

Принцип и цикл теплового насоса:

1) Теплоноситель, проходя по трубопроводу, уложенному, например, в землю нагревается на несколько градусов. Внутри теплового насоса теплоноситель, проходя через теплообменник, называемый испарителем, отдает собранное из окружающей среды тепло во внутренний контур теплового насоса.

2) Внутренний контур теплового насоса заполнен хладагентом, который имея очень низкую температуру кипения, проходя через испаритель, превращается из жидкого состояния в газ (1-2).

3) Из испарителя газообразный хладагент попадает, в компрессор, где он сжимается, его температура повышается (2-3), в предположении, что процесс протекает адиабатно.

4) Далее горячий газ поступает во второй теплообменник (конденсатор), где происходит теплообмен, между горячим газом и теплоносителем из обратного трубопровода системы отопления дома. Хладагент отдает свое тепло в систему отопления, охлаждается и снова переходит в жидкое состояние (3-4), а нагретый теплоноситель системы отопления поступает к отопительным приборам.

5) При прохождении хладагента через дроссельный вентиль — давление и температура понижается (4-1), дросселирование – происходит необратимо (показано пунктиром), далее хладагент попадает в испаритель, и цикл повторяется снова[2].

Выводы по разделу 2

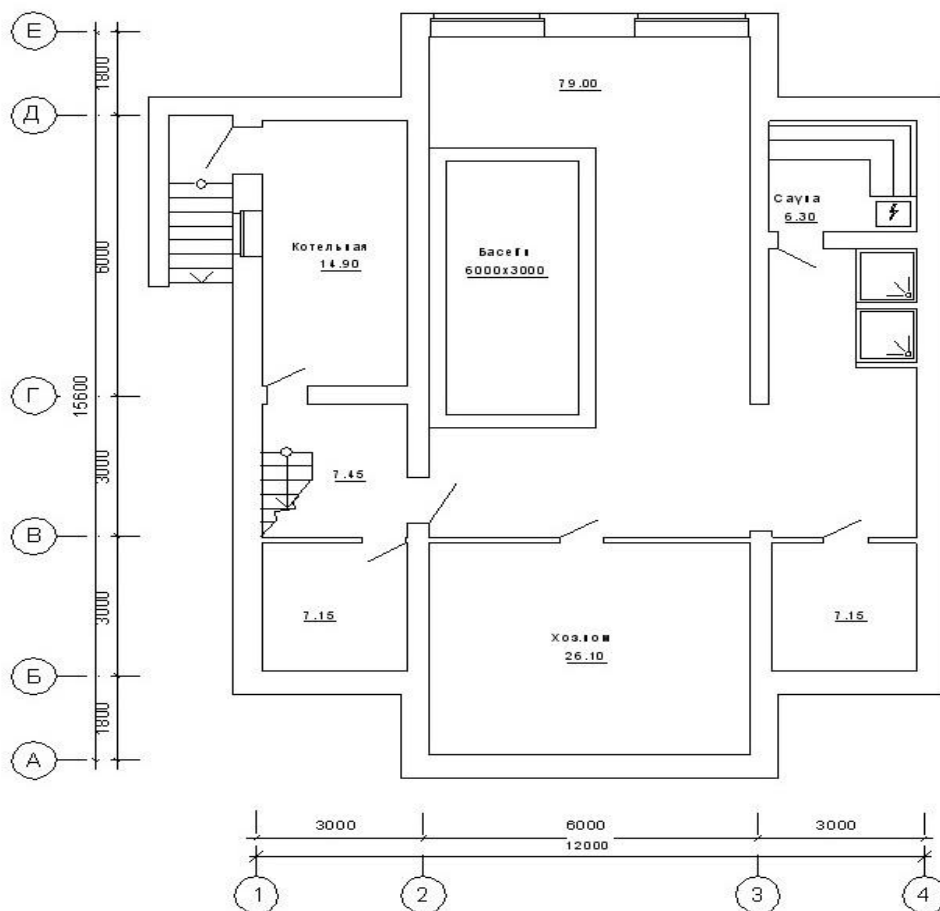
В данном разделе приведена природно-климатическая характеристика района, в котором будет построен индивидуальный жилой дом, рассмотрены перспективы использования возобновляемых источников энергии в России, а так же представлены виды источников энергии тепловых насосов.

3 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДОМА

3.1 Планировка дома

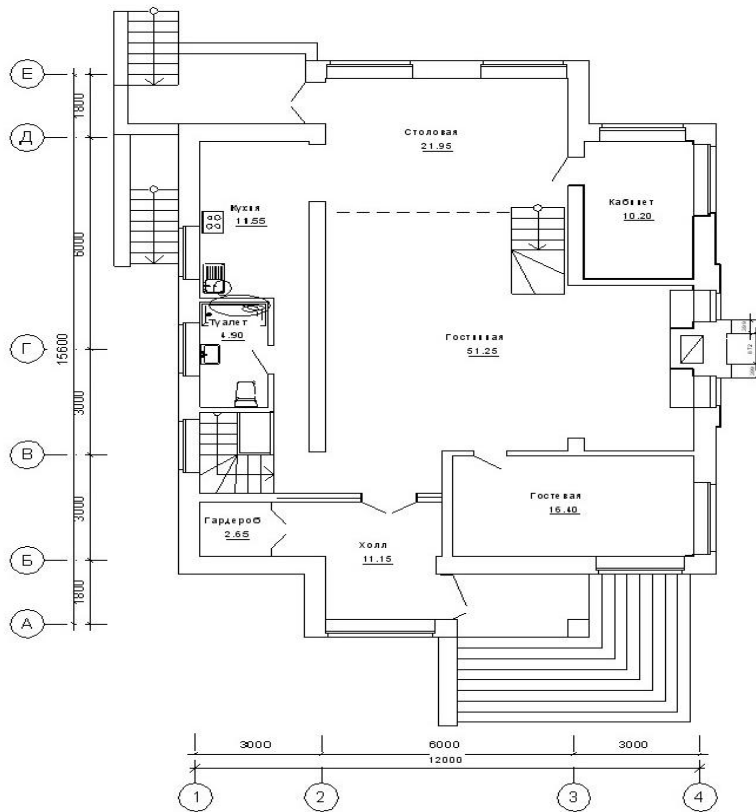
Планировка проектируемого дома показана рисунках 3.1, 3.2, 3.3. Главный фасад здания ориентирован на юг.

Проектируемый жилой дом представляет собой двухэтажное строение с мансардой. В подвальном этаже расположена котельная, хоз. помещения и бассейн с сауной.



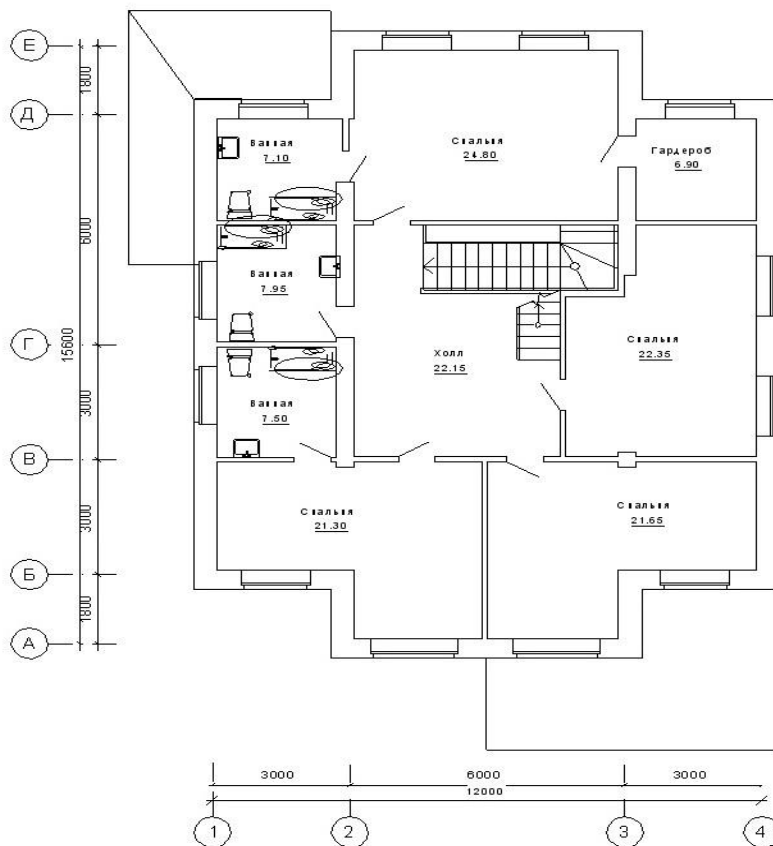
№	Наименование	S, м ²
1	Сауна	6.30
2	Бассейн	79.00
3	Хоз.пом	26.10
4	Котельная	14.90
5	Тамбур	7.45
6	Вспомог. пом.	7.15
7	Вспомог. пом.	7.15

Рисунок 3.1 – План подвального этажа



№	Наименование	S, м ²
1	Холл	11.15
2	Гардероб	2.65
3	Гостинная	51.25
4	Гостевая	16.40
5	Столовая	21.95
6	Кухня	11.55
7	Кабинет	10.20
8	Туалет	4.90

Рисунок 3.2 – План первого этажа дома



№	Наименование	S, м ²
1	Спальня	21.30
2	Спальня	21.65
3	Спальня	22.35
4	Спальня	24.80
5	Гардероб	6.90
6	Холл	22.15
7	Ванная	7.10
8	Ванная	7.95
9	Ванная	7.50

Рисунок 3.3 – План второго этажа дома

3.2 Теплотехнический расчет наружных стен

В проектируемом доме конструкция стен, представленная на рисунке 3.4. Параметры слоев стены занесены в таблицу 3.1.

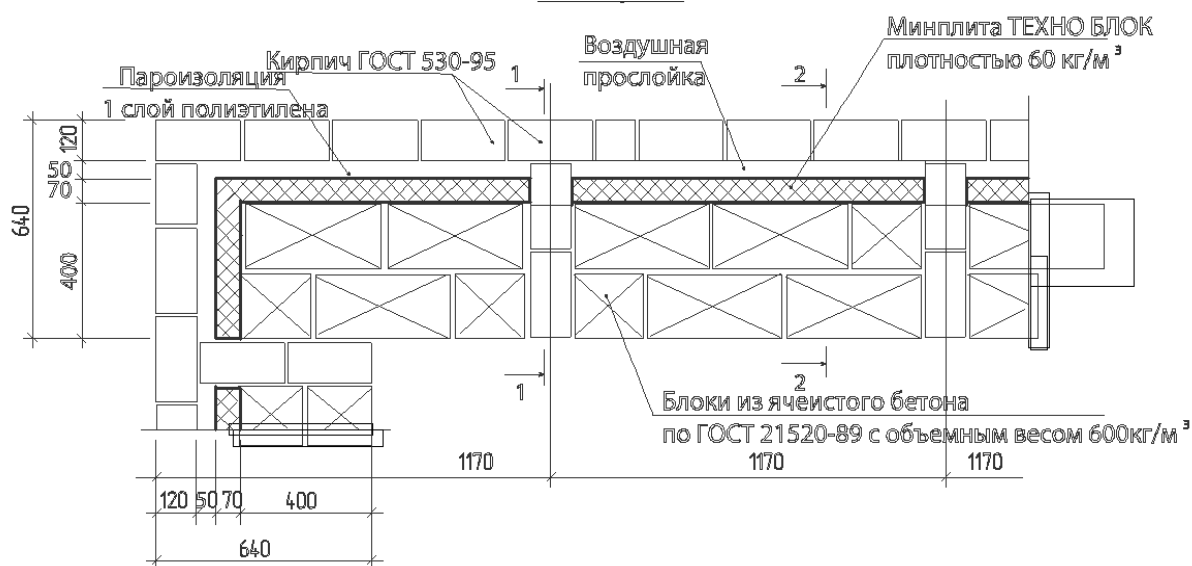


Рисунок 3.4 – Конструкция наружной стены

Таблица 3.1 – Конструкция наружной стены

Сечение	Наименование слоя	Толщина слоя δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)
1-1 24%	1 Кирпич КП-0 150/35 по ГОСТ 530-95	0,64	0,560
	2 Внутренняя штукатурка	0,02	0,580
2-2 76%	1 Кирпич КП-0 150/35 по ГОСТ 530-95	0,12	0,560
	2 Воздушная прослойка	0,05	$R = 0,17 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)}/\text{Вт}$
	3 Минплита ТЕХНОБЛОК	0,07	0,034
	2 Ячеистый пенобетон	0,40	0,140
	3 Внутренняя штукатурка	0,02	0,580

Расчет производим для холодного периода года, с учетом района строительства, условий эксплуатации, назначения здания и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к ограждающим конструкциям и помещению, согласно СНиП 23-02-2003 [22]. Рассмотрим расчет предлагаемой конструкции стены.

Определяем требуемое сопротивление теплопередаче $R_0^{тр}$, (м²·°С)/Вт, по формуле (3.1):

$$R_o^{tp} = \frac{(t_b - t_h) \cdot n}{\Delta t_h \cdot \alpha_B}, \quad (3.1)$$

где t_b – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий, $t_b = 20$ °С [23];

t_h – расчетная наружная температура холодного периода, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки, $t_h = -31$ °С [23];

n – коэффициент, учитывающий положение наружного ограждения по отношению к наружному воздуху, $n = 1$ [22];

Δt_h – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции, $\Delta t_h = 4$ °С [22];

α_B – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждения, $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м²·°С) [22].

$$R_o^{tp} = \frac{(20 - (-31)) \cdot 1}{4 \cdot 8,7} = 1,47 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)}/\text{Вт}.$$

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), °С_{сут}, определяем по формуле (3.2):

$$\text{ГСОП} = (t_b - t_{оп}) \cdot Z_{оп}, \quad (3.2)$$

где $t_{оп}$ – средняя температура отопительного периода, $t_{оп} = -3,9$ °С [23];

$Z_{оп}$ – продолжительность отопительного периода, $Z_{оп} = 222$ суток [23].

$$\text{ГСОП} = (20 - (-3,9)) \cdot 222 = 5306 \text{ °С}_{\text{сут}}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o^{pp} , Вт/(м²·°С), определяется в зависимости от полученного значения ГСОП и типа здания или помещения, соответствующее высоким теплозащитным свойствам по [9] $R_o^{pp} = 3,5$ (м²·°С)/Вт. Сравниваем $R_o^{tp} = 1,47$ (м²·°С)/Вт и $R_o^{pp} = 3,5$ (м²·°С)/Вт и принимаем для дальнейших расчетов большее, то есть R_o^{pp} .

Уточняем фактическое общее сопротивление теплопередаче R_o^{ϕ} , (м²·°С)/Вт, для всех слоев ограждения по формуле (3.3):

$$R_o^{\phi} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (3.3)$$

$$R_o^{\phi} = \frac{1}{8,7} + \left(\frac{0,64}{0,56} + \frac{0,02}{0,58} \right) \cdot 0,24 + \left(\frac{0,12}{0,56} + 0,17 + \frac{0,07}{0,034} + \frac{0,4}{0,14} + \frac{0,02}{0,58} \right) \cdot 0,76 + \frac{1}{23} = 5,63 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)}/\text{Вт}$$

Проверяем условие:

$$R_0^\phi \geq R_0^{тр}, \quad (3.4)$$

$$5,63 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт} > 3,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Коэффициент теплопередачи принятого ограждения стены k , Вт/(м²·°C) будет равен формула (3.5):

$$k = \frac{1}{R_0^\phi}, \quad (3.5)$$

$$k_{ст} = \frac{1}{5,63} = 0,18 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

3.3 Теплотехнический расчет стен и пола цокольного этажа

Так как в конструкции стен и пола цокольного этажа имеется утепляющий слой «ПЕНОПЛЭКС 45» [11] $\delta=0,1$ м, $\lambda=0,032$ Вт/(м²·C) то R_y определяется по формуле (3.6):

$$R_y = R_H + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (3.6)$$

где R_H – сопротивление теплопередаче не утепленного пола по зонам

I зона: $R_{yI} = 2,1 + 3,1 = 5,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C /Вт}.$

II зона: $R_{yII} = 4,3 + 3,1 = 7,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C /Вт}.$

III зона: $R_{yIII} = 8,6 + 3,1 = 11,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C /Вт}.$

IV зона: $R_{yIV} = 14,2 + 3,1 = 17,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C /Вт}.$

Расположение зон представлено на рисунке 3.5.

Коэффициент теплопередачи k_y , определяем по формуле (3.5):

$$k_{yI} = 1 / 5,2 = 0,19 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)};$$

$$k_{yII} = 1 / 7,4 = 0,14 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)};$$

$$k_{yIII} = 1 / 11,7 = 0,08 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)};$$

$$k_{yIV} = 1 / 17,3 = 0,06 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

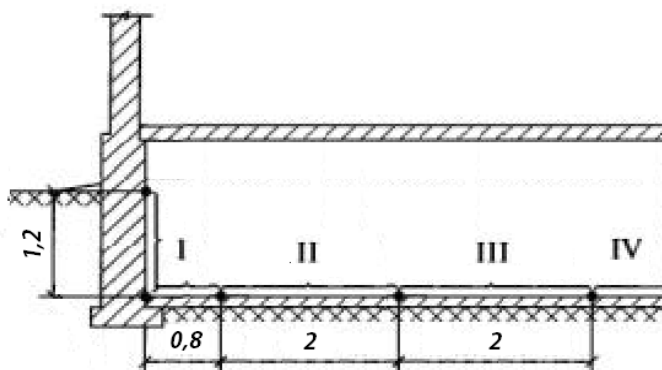
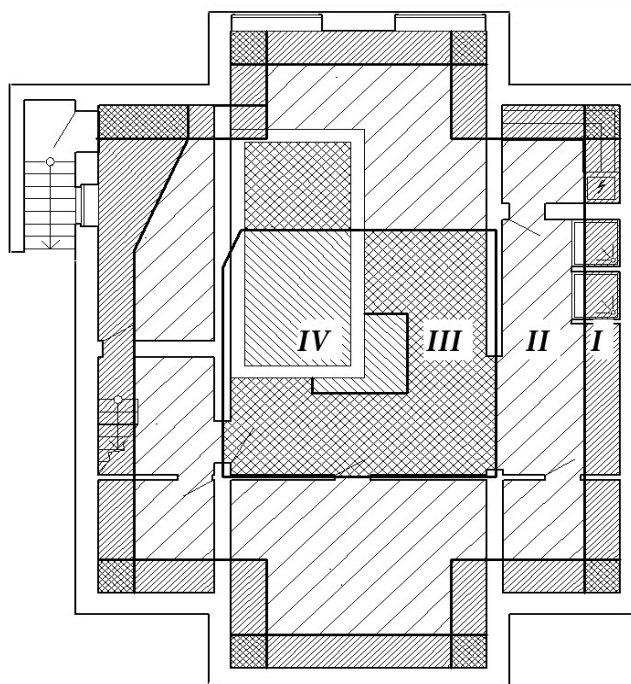


Рисунок 3.5 – Разбивка заглубленных частей стен и пола по зонам

3.4 Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

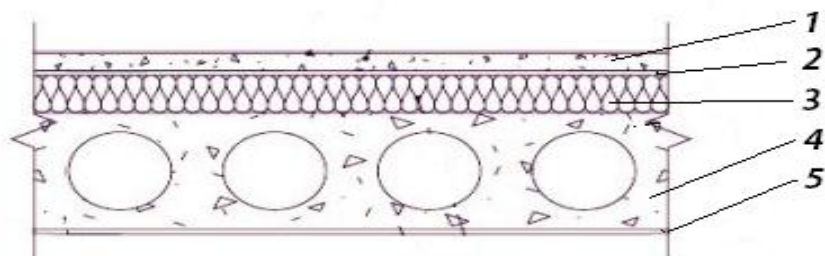


Рисунок 3.6 – Конструкция чердачного перекрытия

Таблица 3.2 – Слои ограждающих конструкций чердачного перекрытия

Наименование слоя	Толщина слоя δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)
1 Стяжка (цементно-песчаный раствор)	0,050	0,930
2 Гидроизоляция – пергамин	0,005	0,170
3 ПЕНОПЛЭКС 45 [18]	2x0,080	0,032
4 Многослойная плита	0,220	2,040
5 Гипсокартон	0,014	0,190

Фактическое общее сопротивление теплопередаче R_n^{ϕ} , (м²·°С)/Вт, для всех слоев ограждения рассчитываем по формуле (3.3):

$$R_n^{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{0,16}{0,032} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,014}{0,19} + \frac{1}{12} = 5,46 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт.}$$

Проверяем условие по формуле (3.4) от полученного значения ГСОП и типа здания или помещения, соответствующее теплозащитным свойствам по:

$$5,46 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт} > 4,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт.}$$

Коэффициент теплопередачи $k_{пт}$, определяем по формуле (3.5):

$$k_{пт} = 1 / 5,46 = 0,18 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С).}$$

3.5 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций мансарды

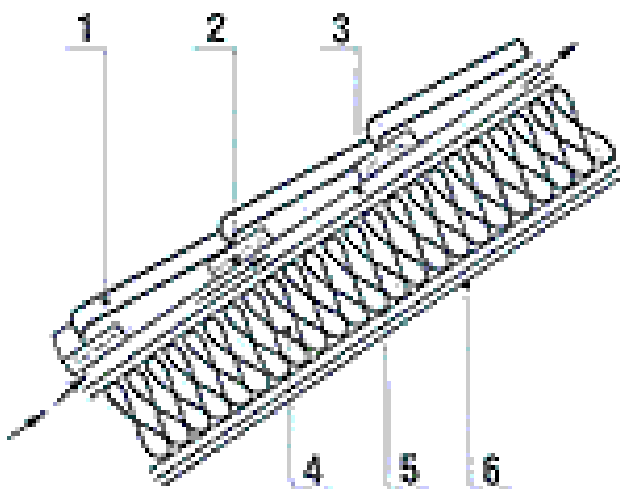


Рисунок 3.7 – Конструкция перекрытия мансарды

Таблица 3.3 – Слои ограждающих конструкций мансарды

Наименование слоя	Толщина слоя δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)
1 Гибкая черепица	0,00300	0,170
2 Обрешетка	0,01000	0,140
3 Ветро-влагоизоляция ИЗОБЕК А	0,00020	-
4 Теплоизоляция ISOVER скатная кровля	0,20000	0,037
5 Пароизоляция ИЗОБЕК В	0,00016	-
6 Гипсокартон	0,01400	0,190

Фактическое общее сопротивление теплопередаче R_M^ϕ , (м²·°С)/Вт, для всех слоев ограждения рассчитываем по формуле (3.3):

$$R_M^\phi = \frac{1}{8,7} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,01}{0,14} + \frac{0,2}{0,037} + \frac{0,014}{0,19} + \frac{1}{23} = 5,72 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}.$$

Проверяем условие по формуле (3.4) от полученного значения ГСОП и типа здания или помещения, соответствующее теплозащитным свойствам по:

$$5,72 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт} > 4,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}.$$

Коэффициент теплопередачи $k_{пт}$, определяем по формуле (3.5):

$$K_M = 1 / 5,72 = 0,17 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

3.6 Теплотехнический расчет световых проемов

Требуемое термическое общее сопротивление теплопередаче $R_o^{тп}$, (м²·°С)/Вт, для световых проемов определяют в зависимости от величины ГСОП [22]. При ГСОП = 5942 °С_{сут} сопротивление $R_o^{тп} = 0,6$ (м²·°С)/Вт.

В качестве световых проемов выбираем пластиковые окна «VEKA Softline» [15] с характеристиками:

- 70 мм ширина рамы и створки;
- 5 воздушных камер внутри профиля;
- стеклопакет 36 мм (4-10-4-14-4);
- сопротивление теплопередаче 0,68 (м²·°С)/Вт;
- звукоизоляция окна достигает 55 ДБ.

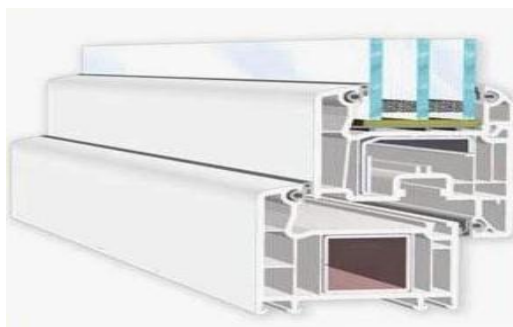


Рисунок 3.8 – Конструкция пластикового окна «VEKA Softline»

Сопротивлением теплопередаче $R_o^{\phi} = 0,68 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, что удовлетворяет условию $R_o^{\phi} > R_o^{\text{тп}}$. Коэффициент теплопередачи остекления $k_{\text{ок}}$ определим по формуле (3.5):

$$k_{\text{ок}} = \frac{1}{0,68} = 1,47 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

3.7 Теплотехнический расчет наружных дверей

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{\text{тп}}$ для наружных дверей должно быть не менее значения $0,6 R_o^{\text{тп}}$ для стен здания. Фактическое сопротивление теплопередаче принято $R_o^{\phi}_{\text{дв}} = R_o^{\text{тп}}$.

Фактическое сопротивление теплопередаче для наружных дверей $R_o^{\phi}_{\text{дв}}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C) /Вт}$, аналогично расчету наружных стен определяется по следующей формуле (3.7):

$$R_{\text{одв}}^{\phi} = 0,6 \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n}{\Delta t_{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (3.7)$$

$$R_{\text{одв}}^{\phi} = 0,6 \cdot \frac{(20 - (-31)) \cdot 1}{4 \cdot 8,7} = 0,88 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Коэффициент теплопередачи $k_{\text{одв}}$, определяем по формуле (3.5):

$$k_{\text{одв}} = 1 / 0,88 = 1,14 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

3.8 Определение потерь теплоты наружными ограждениями здания

В отапливаемых зданиях, при наличии разности температур между внутренним и наружным воздухом, постоянно происходят потери тепла через ограждающие конструкции: наружные стены, перекрытия, полы и проемы. Системы ото-

пления должны восполнять эти потери, поддерживая в помещениях внутреннюю температуру, требующуюся по санитарным нормам [24].

При определении потерь теплоты зданием следует учитывать основные и добавочные потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции Q_o , Вт, по формуле (3.8):

$$Q_o = A \cdot (t_v - t_n) \cdot k \cdot n \cdot (1 + \Sigma\beta), \quad (3.8)$$

где A – расчетная площадь ограждающей конструкции, m^2 ;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по [22];

β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, определяемые в соответствии [22]:

- в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные стены, двери и окна, обращенные на север и восток в размере 0,1, на запад – в размере 0,05; в угловых помещениях дополнительно – по 0,05 на каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на север и восток;

- так как наружные двери, не оборудованные воздушно-тепловыми завесами, при высоте здания H , м, добавочные потери в размере $0,24 \cdot H$ – для одинарных дверей.

Внутренняя температура воздуха в помещениях различного назначения принимается согласно [0]. Наименования ограждений обозначаются следующим образом: НС – наружная стена; ПЛ – полы; ПТ – потолок; ОК – остекление; ДН – дверь наружная.

Результаты расчета теплотерь сводим в таблицу (Приложение А).

3.9 Потребность в теплоте на нагревание инфильтрующего воздуха

Теплопотери на нагрев инфильтрующего воздуха $Q_{и}$. Расчет проводят для окон каждого этажа по формуле:

$$Q_{и} = 0,278 \cdot C \cdot \beta \cdot (t_v - t_n) \cdot A_o \cdot G_o, \quad (3.9)$$

где C – массовая теплоемкость воздуха, $C = 1,005$ Дж/(кг·С)

β – коэффициент, учитывающий нагревание инфильтрующего воздуха в ограждении встречным тепловым потоком, равный: 0,7-для окон с тройными переплетами;

A_o – площадь окна, m^2 ;

G_o – количество воздуха, поступающего в помещение в течение часа через $1 m^2$ окна, кг/($m^2 \cdot ч$); рассчитывается по формуле (3.10):

$$G_0 = \frac{1}{R_{\text{и}}} \cdot \left(\frac{\Delta P_i}{10} \right)^{0.67}, \quad (3.10)$$

где $R_{\text{и}}$ – сопротивление воздухопроницанию, $(\text{м}^2 \cdot \text{Па})/\text{кг}$

ΔP – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях окна, Па);

ΔP рассчитывается по формуле (3.11):

$$\Delta P_i = 0,5 \cdot H \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}) \cdot g - h \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}) \cdot g + 0,25 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot v_{\text{в}}^2 \cdot K_{\text{дин}} \cdot (c_{\text{н}} - c_{\text{з}}), \quad (3.11)$$

где H – высота здания от уровня земли до устья вентиляционной шахты, м;

h – высота от уровня земли до середины окон i -го этажа, м [23];

$v_{\text{в}}$ – расчетная скорость ветра в январе, м/с ($v = 4,5 \text{ м/с}$) [23];

$K_{\text{дин}}$ – динамический коэффициент, учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания ($K_{\text{дин}} = 0,65$) [23];

$c_{\text{н}}$ и $c_{\text{з}}$ – аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений здания ($c_{\text{н}} = 0,8$, $c_{\text{з}} = -0,6$) [23];

$\rho_{\text{н}}$, $\rho_{\text{в}}$ – плотности воздуха соответственно наружного воздуха и воздуха в помещении, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяемые по формуле (3.12) [23]:

$$\rho = \frac{353}{(273 + t)}, \quad (3.12)$$

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{273 - 31} = 1,46 \text{ кг}/\text{м}^3, \quad \rho_{\text{в}} = \frac{353}{273 + 20} = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Определим сопротивление воздухопроницанию $R_{\text{и}}$ $(\text{м}^2 \cdot \text{Па})/\text{кг}$, необходимых нам для заказа окон в пластиковом переплете с максимальной воздухопроницаемостью $G_0 = 5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ [0] по формуле (3.13):

$$\Delta P = 0,55 \cdot H \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}) \cdot g + 0,03 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot g \cdot v_{\text{в}}^2, \quad (3.13)$$

$$\Delta P = 0,55 \cdot 12,3 \cdot (1,46 - 1,2) \cdot 9,81 + 0,03 \cdot 1,46 \cdot 9,81 \cdot 4,5^2 = 25,96 \text{ Па}.$$

$$R_{\text{и}} = \frac{1}{5} \cdot \left(\frac{25,96}{10} \right)^{0.67} = 0,39 \text{ (м}^2 \cdot \text{Па)}/\text{кг}.$$

Определим количество воздуха G_0 , поступающего в помещение:

Для первого этажа по формулам (3.10 и 3.11):

$$\Delta P_i = 0,5 \cdot 12,3 \cdot (1,46 - 1,2) \cdot 9,81 - 2,7 \cdot (1,46 - 1,2) \cdot 9,81 + 0,25 \cdot 1,46 \cdot 4,5^2 \cdot 0,65 \cdot (0,8 + 0,6) = 15,5 \text{ Па}.$$

$$G_{01} = \frac{1}{0,4} \cdot \left(\frac{15,5}{10} \right)^{0,67} = 3,35 \text{ кг/(м}^2\text{ч)}.$$

Для второго этажа:

$$\Delta P_2 = 0,5 \cdot 12,3 \cdot (1,46 - 1,2) \cdot 9,81 - 6,3 \cdot (1,46 - 1,2) \cdot 9,81 + 0,25 \cdot 1,46 \cdot 4,5^2 \cdot 0,65 \cdot (0,8 + 0,6) = 6,3 \text{ Па}.$$

$$G_{01} = \frac{1}{0,4} \cdot \left(\frac{6,3}{10} \right)^{0,67} = 1,8 \text{ кг/(м}^2\text{ч)}.$$

Для мансарды инфильтрация не учитывается в виду отрицательных ΔP .

Результаты расчета теплотерь на нагрев инфильтрующего воздуха $Q_{и}$ определяем по формуле (3.9) и сводим в таблицу (Приложение Б).

3.10 Расход теплоты на нагревание вентиляционного воздуха

Для жилых помещений определяется по формуле (3.14):

$$Q_{в} = 0,278 \cdot C \cdot L \cdot (t_{в} - t_{н}), \quad (3.14)$$

где L – расход приточного воздуха, м³/ч, для жилых зданий с предоставлением социальной нормы общей площади на человека более 20 м² определяется по формуле (3.15)[25]:

$$L = 0,35 \cdot V, \quad (3.15)$$

где V – объем квартиры (комнаты). м³.

Результаты расчета теплотерь на нагрев вентиляционного воздуха $Q_{в}$ сводим в таблицу 3.5, сравниваем с $Q_{и}$ и выбираем наибольшее.

Для бассейна расход приточного воздуха определяется по избыткам влаги, формула (3.16):

$$L = \frac{W + 1,2 \cdot d_{н}}{1,2 \cdot (d_{в} - d_{н})}, \quad (3.16)$$

где W – избытки влаги в помещении, г/ч [27]:

$$W = K_A \cdot F \cdot \sigma_{ис} \cdot (d_w - d_{в}),$$

$$\sigma_{ис} = 25 + 19 \cdot v,$$

где v – подвижность воздуха над ванной бассейна, м/с ($v = 0,1$ м/с);

K_A – опытный коэффициент, учитывающий интенсификацию испарения с поверхности воды при наличии купающихся, ($K_A = 1,2$) [9]

d_w – влагосодержание над поверхностью воды, г/кг ($d_w = 18,2$ г/кг при $\varphi = 100\%$; $t_{\text{пов}} = t_w - 1 = 24 - 1 = 23^\circ\text{C}$) определяется по i - d диаграмме [9];

d_b – влагосодержание воздуха внутри помещения, г/кг ($d_b = 9$ г/кг при $\varphi = 50\%$; $t_b = 24^\circ\text{C}$);

d_{in} – влагосодержание воздуха, подаваемого в помещение, г/кг ($d_{\text{H}} = 0,04$ г/кг при $t_{\text{B}} = -31^\circ\text{C}$);

F – площадь бассейна, м^2 .

$$\sigma_{\text{ис}} = 25 + 19 \cdot 0,01 = 26,9 \text{ кг/м}^2\text{ч.}$$

$$W = 1,2 \cdot 18 \cdot 26,9 \cdot (18,2 - 9) = 5345 \text{ г/ч.}$$

$$L_0 = \frac{5345 + 1,2 \cdot 0,04}{1,2 \cdot (9 - 0,04)} = 497 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

Так как в зимнее время будут очень большие потери тепла, то используем рециркуляцию воздуха, количество приточного воздуха можно определить из уравнения (3.17)[9]:

$$L = L_0 \frac{d_b - d_{\text{см}}}{d_b - d_{\text{H}}}, \quad (3.17)$$

где $d_{\text{см}}$ – влагосодержание [9] смеси приточного воздуха $d_{\text{см}} = d_b - \Delta d = 9 - 3 = 6$ г/кг.

$$L = 497 \frac{9 - 6}{9 - 0,04} = 166 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

$$Q_b = 0,278 \cdot 1,005 \cdot 166 \cdot (24 + 31) = 2551 \text{ Вт.}$$

3.11 Определение бытовых тепловыделений

Бытовые тепловыделения Q_b , Вт, определяются из расчета на один квадратный метр площади пола по формуле (3.18):

$$Q_b = q_b \cdot A, \quad (3.18)$$

где q_b – бытовые тепловыделения на 1 м^2 для жилых зданий без ограничения социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 45 м^2 общей площади и более на человека) $q_b = 10 \text{ Вт/м}^2$ [21].

Бытовые тепловыделения не будут иметь место в хоз.помещении, вспомогательных помещениях, прихожей, гардеробе, лестничной клетке.

3.12 Составление балансов тепла по помещениям

Баланс тепла - это определение полных теплопотерь тепла в помещениях. Тепловая мощность отопительной системы отопления $Q_{от}$, Вт, определяются по формуле (3.19) [4]:

$$Q_{от} = Q_o + Q_{и/в} - Q_b. \quad (3.19)$$

Результаты расчета сводим в таблицу (Приложение Б).

3.13 Расход тепла на подогрев воды в бассейне

Складывается из потерь тепла через стенки бассейна и на испарение влаги с поверхности воды определим по формуле (3.20):

$$Q_{бас} = Q_{ст} + \frac{r \cdot W}{3,6}, \quad (3.20)$$

где $Q_{ст}$ – потеря тепла через стенки бассейна, Вт (Приложение А);

r – удельная теплота на испарение 1 кг воды, кДж/кг ($r = 2430$ кДж/кг при $t_w=24^{\circ}\text{C}$);

W – избытки влаги с поверхности бассейна, кг/ч .

$$Q_{бас} = 231 + \frac{2430 \cdot 5,345}{3,6} = 3839 \text{ Вт.}$$

3.14 Расход тепла на нагрев воды для горячего водоснабжения

Определим среднечасовой поток теплоты Q_T^h , Вт по формуле (3.21):

$$Q_T^h = 1160 \cdot q_T^h (t_r - t_x) \cdot (1 + K_t), \quad (3.21)$$

где t_r – температура горячей воды после теплового насоса, $^{\circ}\text{C}$ ($t_c = 40^{\circ}\text{C}$);

t_x – температура холодной воды из скважины, $^{\circ}\text{C}$ ($t_c = 5^{\circ}\text{C}$);

K_t – коэффициент учитывающий потери теплоты трубами, по [22] ($K_t = 0,3$);

q_T^h – средний часовой расход горячей воды, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$q_T^h = q_{ум}^h \cdot \frac{U}{24000},$$

где $q_{ум}^h$ – расход воды в сутки на одного потребителя, по [22] $q_{ум}^h = 100$ л/сут;

U – количество потребителей, ($U = 5$ человек).

$$q_T^h = 100 \frac{5}{24000} = 0,02 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$Q_T^h = 1160 \cdot 0,02 \cdot (48 - 5) \cdot (1 + 0,3) = 1351 \text{ Вт}.$$

3.15 Необходимая мощность теплового насоса

Полная потребность в теплоте на отопление и на горячее водоснабжение $Q_{\text{полн}}$, Вт определяем по формуле:

$$Q_{\text{полн}} = \Sigma Q_{\text{от}} + Q_{\text{бас}} + Q_T^h,$$

$$Q_{\text{полн}} = 20012 + 3839 + 1351 = 25202 \text{ Вт} = 25,3 \text{ кВт}$$

Выводы по разделу 3

Был выполнен расчет теплового баланса индивидуального жилого дома, в следствии чего необходимая мощность теплового насоса составила 25,3 кВт, что удовлетворяет условиям, т.к. на 100 м^2 приходится 6 кВт мощности.

4 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ

4.1 Выбор теплового насоса

Мощность теплового насоса рекомендуется подбирать исходя из моновалентного или бивалентного режимов. Моновалентный режим – это режим, в котором тепловой насос используется, как единственный генератор тепловой энергии. Но поскольку продолжительность стояния очень низкой температуры воздуха составляет небольшую часть от времени отопительного сезона, средняя температура января примерно -17°C , имеет смысл использовать бивалентный режим, когда используется дополнительный генератор тепла: электронагреватель, который включается, когда температура воздуха опускается ниже определенной температуры. Использование бивалентных систем имеет смысл, поскольку стоимость теплового насоса и особенно работ по монтажу первичного контура (бурение скважин, прокладка траншей и т.п.) сильно растет при возрастании мощности теплового насоса [29].

В настоящее время промышленность нашей страны не выпускает серийно теплонаносные установки, но существуют холодильные машины, которые можно использовать как тепловые насосы.

Необходимая тепловая мощность $Q_{\text{полн}} = 25,3$ кВт. Мощность ТНУ:

$$Q_{\text{ТНУ}} = Q_{\text{хл}} + P_{\text{эл}}.$$

Выбираем для установки в проектируемом доме спиральную компрессорную установку - Copeland, модель: ZH56K4E-TWD [12] рисунок 3.2. Компрессоры ZH оптимизированы для применения в реверсивных системах отопления, которые обеспечивают более высокую мощность и эффективность при низких температурах кипения (источника тепла), и поэтому они лучше подходят для использования в системах отопления, чем стандартные компрессоры для кондиционирования воздуха. Благодаря широкому рабочему диапазону, им требуется меньше дополнительного нагрева (от электричества или газа), чтобы удовлетворить все потребности в отоплении в самое холодное время. Это еще больше повышает сезонную эффективность системы. Тепловой насос в компактном исполнении имеет встроенный ограничитель пусковых токов.

Технические данные ZH56K4E-TWD:

Объемная продуктивность – $20,9$ м³/ч

Акустическое давление – 69 dB

Масса нетто – 99 кг

Наполнение маслом – 4 л

Максимально стабильное давление – $22,6$ bar

Хладагент – R407C/R134a

Холодопроизводительность $Q_{\text{хл}}$ (при $t_{\text{кип}} = -5^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кон}} = 50^{\circ}\text{C}$) – $17,1$ кВт

Потребляемая мощность $P_{\text{эл}}$ (при $t_{\text{кип}} = -5^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кон}} = 50^{\circ}\text{C}$) – $5,52$ кВт

Напряжение – $\sim 3 / 380-420$ В / 50 Hz

Пусковой ток – 99 А

Ток, максимальный / при $t_{\text{кип}} = -5^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кон}} = 50^{\circ}\text{C}$ – 17 А

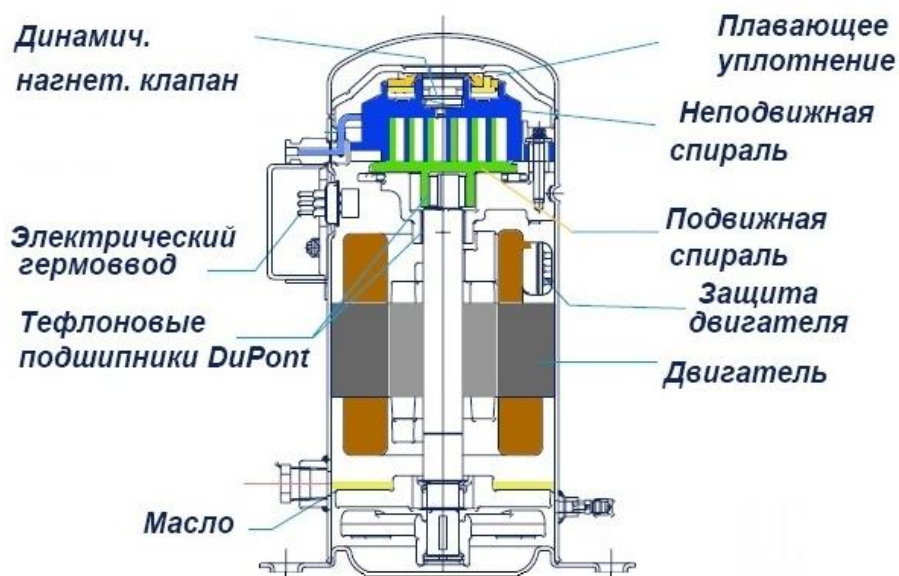


Рисунок 4.2 – Внутреннее устройство спирального компрессора

$$Q_{\text{ТНУ}} = 17,1 + 5,52 = 22,62 \text{ кВт}$$

Так как в данном проекте принимается температура -34°C (92 % обеспеченности), то отсюда следует, что данная температура может повториться 2 раза за 25 лет, поэтому нет необходимости использовать более мощный тепловой насос.

4.2 Выбор резервного источника тепла

В качестве резервного источника тепла на отопление используем ТЭНы в буферной емкости. Общая мощность определяется, согласно данных приведенных в таблице (Приложение Б) и соответствует 20 кВт (без приготовления горячей воды и подогрева воды в бассейне), часть которых также может автоматически включаться, как пиковые догреватели в период низких температур.

Предлагается выбрать:

Количество ТЭНов – 6 шт;

Соединение - напряжение – $\sim Y 220 \text{ В}$;

Мощность одного ТЭНа – 3.5 кВт

4.3 Обоснование выбора системы напольного отопления

Система отопления – это совокупность технических элементов, предназначенных для получения, переноса и подачи количества теплоты во все обогреваемые помещения, необходимого для поддержания температуры на заданном уровне.

Чтобы увеличить эффективность теплового насоса, температура теплоносителя должна быть, как можно меньшей, это можно достичь путем применения рас-

средоточенной напольной системы отопления (теплый пол). Низкая температура на входе напольного отопления и большие площади обогрева даже при небольших температурах в помещении создают комфортные условия для пребывания. Обеспечивается наиболее качественное распределение тепла в помещении (рисунок 3.1), что положительно влияет на самочувствие и здоровье человека. Обмен веществ в организме человека подразумевает отдачу определенного количества теплоты в окружающую среду. Области тела с более высокой теплоотдачей требуют соответствующих температурных зон, для того чтобы выровнять температуру тела. Если в зоне головы тепловой поток выше чем в зоне ног, то нарушается баланс теплообмена, климат в помещении считается неблагоприятным [18].

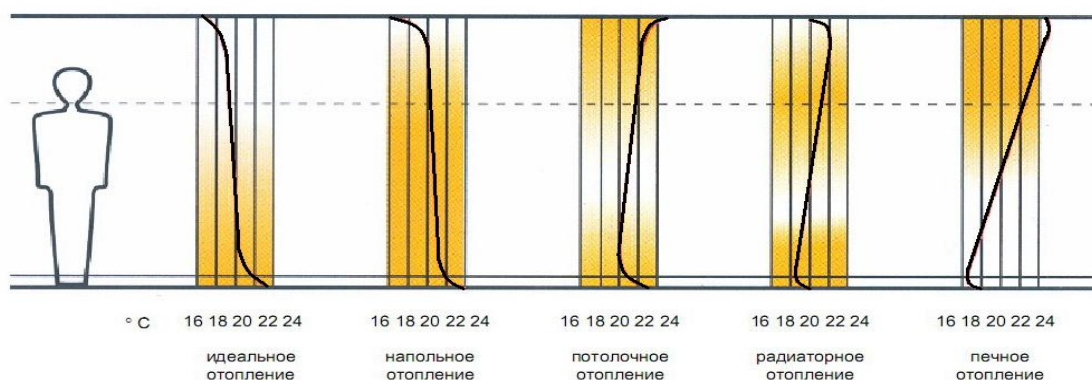


Рисунок 4.1 – Распределение тепла различных видов отопления

4.4 Предварительный тепловой расчет системы напольного отопления

Тепловой поток q , Вт/м² в каждом помещении определяем по формуле 4.1 [18]:

$$q = \frac{Q_{от}}{A}, \quad (4.1)$$

Результаты расчета сводим в таблицу (Приложение В)

Выводы по разделу 4

В данном разделе был выбран тепловой насос мощностью 22,62 кВт, для увеличения эффективности ТНУ предложена рассредоточенная система отопления (теплый пол), в качестве резервного источника тепла выбраны ТЭНы общей мощностью 20 кВт.

5 ИСТОЧНИК НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПОТЕНЦИАЛА

5.1 Опыт использования низкопотенциальной тепловой энергии озер

Истощение природных ресурсов и ухудшение состояния экосистем окружающей среды требует исследование и развитие новых ресурсосберегающих нетрадиционных направлений использования альтернативных источников энергии. Одним из крупнейших таких источников в нашей области является низкопотенциальное тепло водных ресурсов. Помимо природных водных сред перспективы водотоки и водоемы, имеющие тепловое загрязнение вследствие сброса используемой в производственном цикле или быту (вторичные энергетические ресурсы).

По исследованиям Национальной академии наук США и Оксфордского университета (Великобритания) использование солнечной энергии аккумулированной водой является перспективным направлением обеспечения энергией сельскохозяйственных районов [35,37].

Для решения вопроса об эффективности использования энергии природных водоемов в качестве источника низкопотенциальной энергии необходимо, прежде всего, оценить их энергетический потенциал.

Исследование потенциальных возможностей использования озер в качестве источников тепловой энергии на территории Белоруссии были проведены в 80-ые годы в работах Доброжанской Ж.В. и Коваленко Э.П.[5]. В этой же работе была исследована особенность формирования термической структуры озер для целей энергетического использования. Так, например, установлено, что средняя годовая величина эксергии тепла для естественных водоемов изменяется от 26,7 Тк ($26,7 \cdot 10^{12}$ кал) для оз. Нарочь до 0,8 Тк ($0,8 \cdot 10^{12}$ кал) для Осиповичского водохранилища[5].

Большой вклад внес Егоров А.Н. в изучение энергетических возможностей использования соленых озер[6]. На территории бывшего СССР исследования по возможности использования тепла в основном искусственных соленых озер (гелиопрудов) проводились в отделе гелиофизики Академии наук Узбекской ССР под руководством Г. Я. Умарова[8].

Однако широкомасштабное использование этого тепла может оказывать негативное влияние на экосистему водных объектов. Согласно докладу секретариата Европейской экономической комиссии ООН, при изменении температуры воды не более чем на 1°C в озерах и не более чем на 3°C в водных потоках в процессе использования тепла водных ресурсов влияния на его экологию незначительно. Именно в этих пределах целесообразно использовать низкопотенциальное тепло водоемов.

Южный Урал - край озер. На территории Челябинской области по разным оценкам насчитывается от 1300 до 3170 озер[1,7], общая площадь 2125 км^2 . Размеры озер от 1-2 га до $70\text{-}80 \text{ км}^2$. Преобладают малые, величиной менее $0,5 \text{ км}^2$ (примерно 80 %). Озер площадью более $0,5 \text{ км}^2$ - 566, из них 468 имеют площадь от $0,5$ до 5 км^2 и только 98 озер - выше 5 км^2 [1].

Наиболее высокой озерностью (10-14 %) отличаются восточные предгорья Урала, что определяется числом множества котловин, связанных с тектоническими разломами. Озера восточных предгорий богаты огромными ресурсами пресной воды. В Зауралье наряду с пресными озерами много соленых, сумма ионов в которых составляет 5-10 г/л. Максимальная соленость озера юго-восточных районов достигает 200 г/л и более (Таузаткуль, Солёный Кулат, Лаврушино).

Постоянные стационарные наблюдения за термическим режимом производятся на шести озерах: оз. Тургояк, оз. Увильды, оз. Второе, оз. Кундравы, оз. Чебаркуль, оз. Смолино. Эти озера имеют достаточно длинный ряд наблюдений за температурой воды в прибрежных зонах и на акватории по рейдовым вертикалям, имеются данные об их морфометрии - батиметрические карты и кривые объемов, площадей, необходимые для подсчета запасов тепловой энергии.

На распределение температуры воды озер области оказывает влияние широтная и высотная зональность. Средняя температура за май-октябрь на территории Среднего и Южного Урала изменяется от 9°C на севере до 13-14°C на юге. При переходе от гор к равнине на одной и той же широте температура воды за рассматриваемый период увеличивается на 1-2°C[7].

5.2 Выбор источника низкопотенциальной энергии

Благодаря высокой теплоемкости воды, озера имеют высокую энергоёмкость, что позволяет производить отбор тепла в течение всего отопительного сезона.

В данной работе в качестве источника низкопотенциальной энергии было выбрано оз. Смолино в г. Челябинск.

Небольшая характеристика оз. Смолино:

Площадь зеркала-21,7 м²

Площадь водосбора-67,2 м²

Объем воды-77,9 млн м³

Озеро Смолино имеет достаточно длинный ряд наблюдений за температурой воды в прибрежных зонах и на акватории по рейдовым вертикалям, имеются данные об их морфометрии – батиметрические карты и кривые объемов, площадей, необходимые для подсчета запасов тепла.

Расчеты, сделанные в ГГИ, указывают, что за период, свободный ото льда, для озер, расположенных в различных районах СССР, наблюдается наиболее устойчивое соотношение между слагаемыми теплового баланса, обоснованные испарением, эффективным излучением, конвекцией и поглощенной водой солнечной радиацией. Во всех случаях для периода, свободного ото льда, максимум расхода тепла падает на испарение, на которое расходуется 40-70% поглощенной водой суммарной солнечной радиации; на эффективное излучение расходуется порядка 25-35%, на турбулентный теплообмен с атмосферой 2-25%, и меньше всего затрачивается тепла на теплообмен с дном (0-4%).

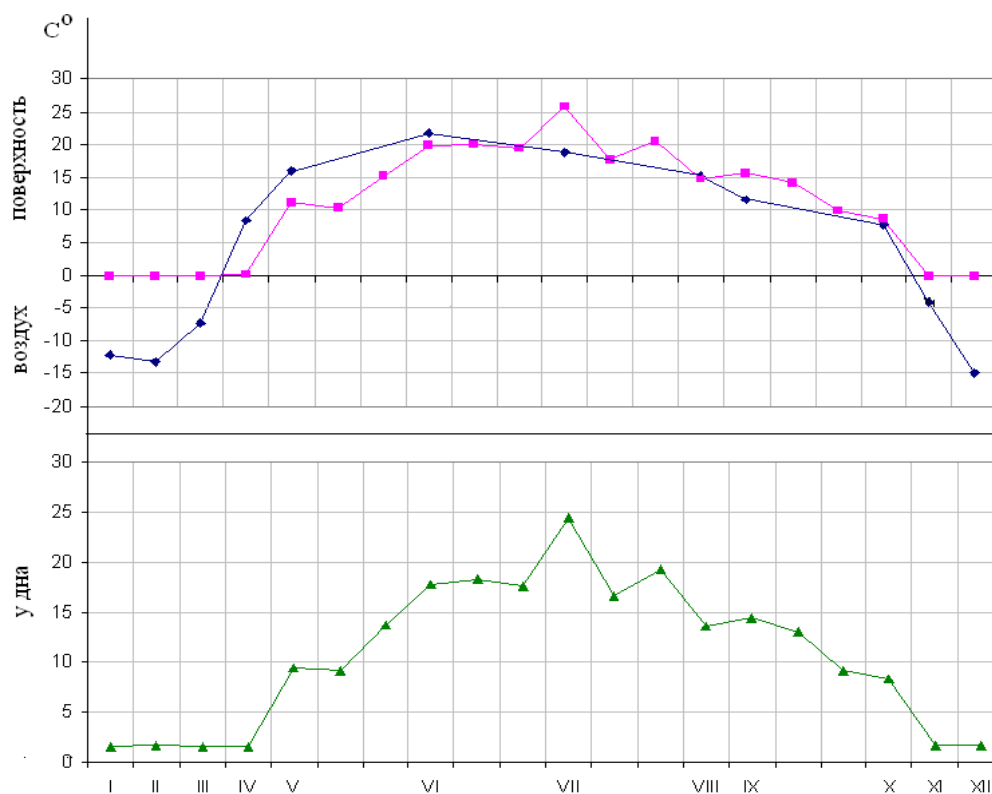


Рисунок 5.1 – Температура воды на акватории водоема по рейдовой вертикали при глубине 5,3 – 6,0 м оз. Смолино и температура воздуха по метеостанции г. Челябинск за 1991 год

Из графика на рисунке 5.1 видно, что во все месяцы, кроме апреля и мая, температура поверхности воды выше температуры воздуха и вода в это время отдает тепло атмосфере. В апреле и мае, когда температура воды ниже температуры воздуха, водная поверхность получает тепло из атмосферы. Благодаря большой теплоемкости воды суточные и сезонные колебания ее оказываются менее значительными, чем температуры воздуха, удельная теплоемкость которого в 4 раза меньше, чем теплоемкость воды.

Смена нагревания и охлаждения происходит не одновременно во всей толще воды. Наиболее резкие изменения температуры наблюдаются на поверхности водоема, откуда они под влиянием динамического и конвективного перемешивания, течений и волнения распространяются по всей толще воды.

Многолетняя амплитуда изменяется от 2-3°C в крупных озерах и до 4-5°C в мелководных. Коэффициенты вариации (C_v) температуры воды по сравнению с другими гидрологическими характеристиками озер сравнительно невелики – 0,05-0,1[1].

На неглубоких озерах осеннее охлаждение происходит значительно быстрее. На этих озерах, где теплозапасы небольшие, ветровое перемешивание способствует быстрому охлаждению всей толщи воды. В результате замерзание происходит при низких температурах придонного слоя (около 1°C).

Озерам с высокой минерализацией присущ своеобразный термический режим. В осенне-зимний период температура воды здесь падает ниже нулевой отметки.

Наиболее соленые озера, например: Кулат, Таузаткуль, Горько-Рассольное, зимой либо не замерзают, либо это происходит очень поздно (в январе-феврале). Летом вода в них очень сильно прогревается и достигает до 30-35°C. Минерализация воды в этих озерах может достигнуть 219 г/л[6,7]. К сожалению термический режим этих озер очень слабо изучен, хотя они могли бы быть локальным источником энергии.

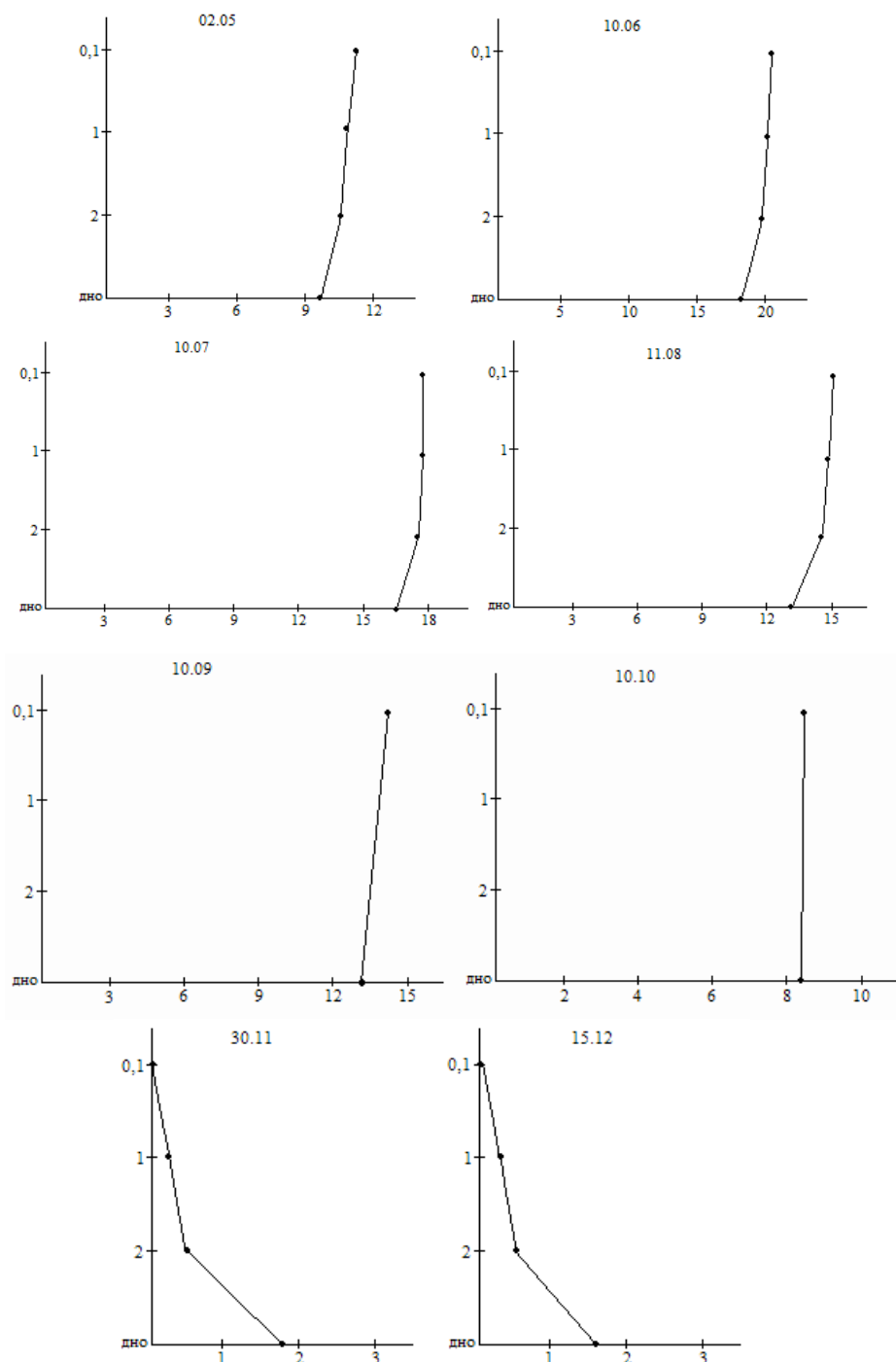


Рисунок 5.2 – Распределение температуры воды по глубине рейдовой вертикали оз. Смолино за 1991 год

На оз. Смолино наблюдения за температурой воды производятся в прибрежной зоне в поверхностном слое и на рейдовой вертикали по глубине. Сроки наблюдений установлены Наставлением: один раз в месяц при ледоставе и подекадно в открытом водоеме.

Рейдовые вертикали устанавливаются в характерных для данного водоема профилях, характеризующих средние термические условия озера (водохранилища). Поэтому для рейдовой вертикали (рисунок 5.2) находили средневзвешенную температуру и считали ее среднемесячной на расчетный срок. Среднемесячная температура воды по глубине находилась как среднеарифметическая величина температур, снятых через 0,5 м с эпюры. В качестве исходных данных для построения $t = f(H)$ используются наблюдения на всех вертикалях, расположенных в пределах выделенных зон. В зависимости от числа вертикалей построение вертикальной эпюры производится различными способами. Если в зоне наблюдения проводятся только на одной рейдовой вертикали, кривые распределения строятся непосредственно по данным наблюдений на этой вертикали.

Осреднение температур целесообразно выполнять графически, путем построения общей вертикальной эпюры.

Каждой отметке уровня соответствует определенная величина полного объема озера, эта зависимость строится по батиграфическим съемкам водоема $W = f(H)$. В период ледостава учитывается толщина погруженного льда и объем определяется по нижней кромке льда.

Теплозапасы за месяц (Q) вычисляли по уравнению (5.1):

$$Q = W \cdot t_{cp} \cdot C_p \cdot \rho, \quad (5.1)$$

где C_p - теплоемкость воды, равная $4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг·К;

ρ – плотность воды, 10^3 кг/м³;

W - объем водоема на расчетный период, м³;

t_{cp} – средняя температура водоема, °С.

Расчеты сведены в таблицу 5.1.

Оценка теплозапасов для озер, не имеющих стационарные наблюдения, необходимо разработать методы их оценки на основе анализа натурных данных.

Создание и использование численных методов для расчета термических режимов водоемов достаточно трудоемко и требует большого количества гидрометеорологических данных. Альтернативным решением данной проблемы является исследование зависимости термического режима разнотипных озер от географических факторов и их морфологических характеристик.

Влияние морфометрических особенностей озерных котловин сказывается и на их теплозапасы. Начиная с 1978 года величины теплозапасов озер Челябинской области помещались в "Водных кадастрах", выпускаемых ежегодно, но сначала 90-х годов выпуск их прекратился, а наблюдения по рейдовым вертикалям продолжались до 1998 года, поэтому данные за период 1978-1990 годов взяты из официальных источников, а за остальные годы были рассчитаны по Руководством Гидрометеослужбы[20].

Большинство исследователей для расчета теплозапасов озер используют метод американского ученого Э.А. Берджа, примененный им для озера Мендота в 1927 г. Кроме метода расчета, Бердж ввел понятие о годовом тепловом бюджете озер. Последний определяется, как разность между максимальным и минимальным за год теплозапасом и означает количество теплоты, необходимое для нагрева от минимальной до максимальной температуры.

Таблица 5.1 – Теплозапасы оз. Смолино за 1991 г.

Месяц	Средняя температура на вертикали, °С	Среднесуточный уровень на 1-ое число, м БС	Глубина погруженного льда, м	Уровень по нижней кромке льда, м БС	Рабочий объем водоема, 10 ⁶ м ³	Теплозапасы водоема, 10 ¹⁵ Дж
Январь	2,3	318,28	0,40	317,88	460,9	4,44
Февраль	1,9	318,28	0,70	317,58	452,2	3,60
Март	2,4	318,29	0,78	317,51	450,5	4,53
Апрель	2,4	318,29	0,82	317,47	449,5	4,52
Май	3,0	318,46	-	-	474,7	5,97
Июнь	9,1	318,48	-	-	475,2	18,10
Июль	13,7	318,49	-	-	476,0	27,30
Август	11,7	318,53	-	-	476,5	23,40
Сентябрь	12,1	318,51	-	-	476,0	24,10
Октябрь	8,7	318,48	-	-	475,2	17,30
Ноябрь	5,7	318,43	-	-	474,0	11,30
Декабрь	3,5	318,39	-	-	472,9	6,93
31.1	1,9	318,36	0,35	318,00	463,3	3,69

Поскольку озера нашего региона относятся к слабопроточным и находятся в сходных физико-географических условиях, то на теплозапасы в основном влияют их морфометрические характеристики: объем водной массы и глубина водоема. Они оказывают влияние на все основные параметры: общую величину теплозапасов, ее распределение по глубине, количество тепла на единицу объема и площади.

В годовом ходе теплозапасов озер прослеживаются следующие закономерности. Во всех озерах после вскрытия теплозапасы начинают возрастать, максимальных значений запасы тепла достигают в июле. Начиная с августа, в связи с уменьшением солнечной радиации, они сокращаются. Этот процесс продолжается до установления ледостава. Зимой подо льдом, вследствие теплообмена с дном, теплозапасы воды медленно возрастают. Колебания их в течение года достигают

значительных величин. С уменьшением размеров озерных котловин запасы тепла могут измениться в 50-60 раз (рисунок 5.3)

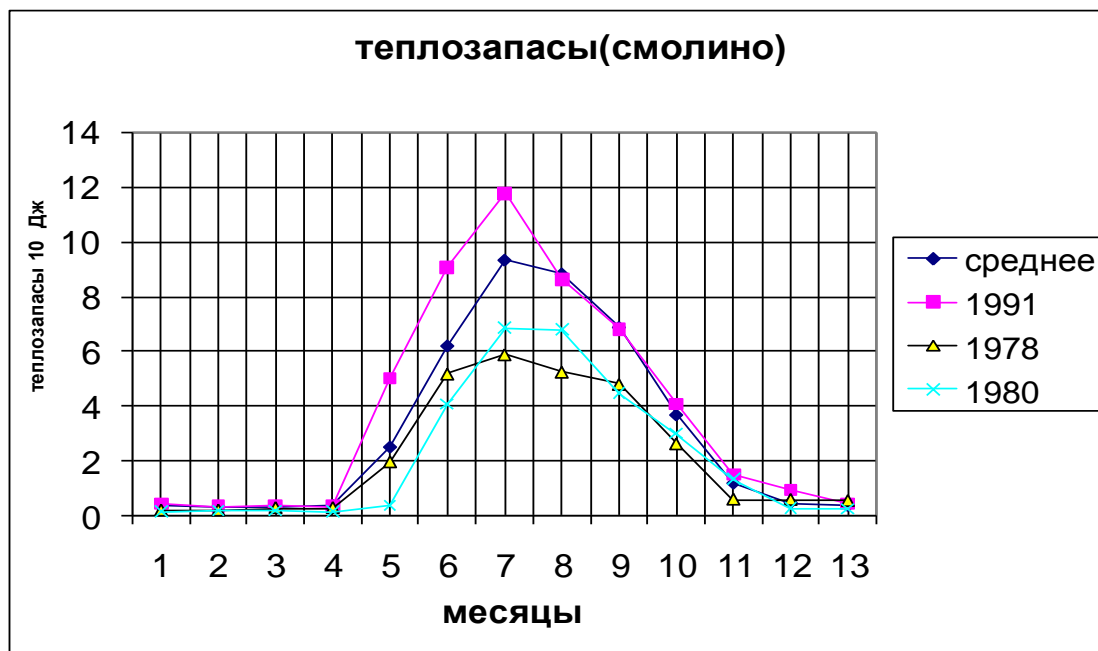


Рисунок 5.3 – Хронологический график теплозапасов по оз. Смолино

Наибольшими колебаниями подвержены запасы тепла в прибрежной зоне озер. Для оз. Смолино были посчитаны средние многолетние запасы тепла за каждый месяц и оценены коэффициенты вариации, результаты сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Средние многолетние месячные теплозапасы оз. Смолино

Название	Срок наблюдений	Теплозапасы, 10 ¹⁵ Дж												С _v средних годовых	
		Месяцы													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Ср. годовые
Оз. Смолино	1978-1996 гг.	0,33	0,28	0,29	0,32	2,47	6,20	9,40	8,85	6,88	3,65	1,14	0,43	3,35	0,08

Коэффициент вариации среднегодовых теплозапасов (C_v) также как и у температуры воды весьма низок, в пределах 0.05-0.08.

Для сравнения теплового режима различных водоемов вводится относительная единица Дж/м² или же Вт/м², единица мощности теплового потока на единицу площади зеркала водоема, результаты для оз. Смолино сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Ср. многолетняя удельная мощность теплозапасов оз. Смолино

Название	Площадь зеркала, км ²	Удельная мощность теплозапасов, Вт/м ²											
		Месяцы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Оз. Смолино	27,0	4,6	4,3	4,0	4,6	34,2	88,5	129,3	122,4	98,3	80,5	16,3	5,9

Для оценки режима работы теплонасосной установки (ТНУ), источником низкопотенциальной энергии является солнечная энергия аккумулированная и перераспределенная водной массой озера, поэтому необходима оценка и режим теплового бюджета эксплуатируемого озера. Однако ТНУ работают в основном на электроэнергии, что весьма ограничивает возможность их применения. Большой интерес представляют технологии преобразования низкопотенциальной энергии тепла в механическую и средства ее осуществления [14]. При этом используется перепад температур между водой и воздухом, когда вода имеет более высокую температуру, чем воздух и не требует подвод электроэнергии извне.

Максимальная энергия низкопотенциального тепла, которая может быть превращена в другие виды энергии, определяется ее эксергией. Под эксергией теплоты обычно понимают максимальную работу, которая может быть получена при использовании этой теплоты в заданных условиях среды.

Для расчета эксергии водоемов Челябинской области использованы материалы наблюдений за среднемесячной температурой воды и воздуха (среднемесячные нормы и данные суточного хода), выполненные на опорной сети станций ФГБУ "Уральского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды" [19]. Суточный ход температуры воздуха выбирался по близкорасположенной метеостанции.

По Бродянскому [3] эксергия тепла определяется (формула 5.2) как произведение потока тепла на коэффициент работоспособности источника тепловой энергии:

$$E_Q = Q(1 - T_0/T), \quad (5.2)$$

где Q - поток тепла, T_0 - температура окружающей среды, T - температура окружающего потока.

За температуру окружающей среды принята температура атмосферы по ближайшей метеостанции, температура теплового потока принята по средней температуре всей массы объема водоема.

Поток тепла рассчитывался по формуле 5.1 (рассмотрено выше).

Отношение потоков эксергии и теплоты (формула 5.3) называется эксергетической температурной функцией. Оно же представляет собой коэффициент полезного действия идеального теплового двигателя, в котором нет рождения эн-

тропии, а значит, и исчезновения эксергии[34]. В нашем случае это коэффициент работоспособности тепла водоема.

$$E_Q = (1 - T_0/T), \quad (5.3)$$

В таблице 5.4 приведены средние месячные величины работоспособности тепла оз. Смолино, видно, что в зимние месяцы (декабрь-февраль) коэффициент работоспособности тепла выше, чем в остальные, и составляет около 5%. В весенне-летний период (апрель-июнь) этот коэффициент снижается до отрицательных величин, т.к. период нагревания температура воды в суточном разрезе ниже температуры воздуха и градиент температуры меняет свой знак.

Таблица 5.4 – Ср. многолетние месячные величины коэффициента работоспособности оз. Смолино

Название	Срок наблюдений	Объем, 10^6 м ³	Коэффициент работоспособности, %											
			Месяцы											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Оз. Смолино	1978-1996 гг.	80,2	5,60	4,90	2,60	-0,70	-0,96	-0,41	0,34	0,41	0,45	0,57	2,80	4,80

Одна из первых озерных ТНУ Челябинской области была установлена на оз. Акакуль для теплоснабжения базы отдыха. Озеро Акакуль - типичный водоем тектонического происхождения Уральского региона находится на стыке границ территорий городов Кыштыма, Озерска и Аргаяшского района. Площадь зеркала - 10 км². Средняя глубина - 4,7 м, максимальная - 11 м.

Первый год эксплуатации ТНУ в системе отопления показала недостаток проекта - это не изученность теплового режима водоема и его вариации в условиях климата Южного Урала.

Выводы по разделу 5

1 Использование солнечной энергии аккумулированной водой является перспективным направлением обеспечения энергией автономных потребителей и наиболее эффективно может быть использована вблизи от потребителя без передачи энергии на значительные расстояния.

2 При проектировании энергетических систем на основе использования тепловой энергии водоемов необходимо исследование тепловых режимов источников низкопотенциальной тепловой энергии на основе многолетних наблюдений.

3 Исчерпание углеводородного сырья и удорожание его добычи требует изучение новых источников энергии и разработки новых технологий в области их использования.

6 СХЕМА ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ

6.1 Описание схемы теплонасосной установки

В данном проекте предложена схема теплонасосной установки, позволяющая повысить энергетическую эффективность системы.

В предлагаемой схеме (Рисунок 6.1) используется 2 теплообменника-испарителя для того, чтобы создать систему из 2 тепловых насосов, работающих параллельно, т.е. для каждого компрессора свой теплообменник. Это позволит повысить регулирование поступления фреона в систему испарения при помощи терморегулируемых клапанов, что в свою очередь приведет к эффективной работе системы в целом. Температура, до которой теплонасосная установка должна нагревать сетевую воду, снижена до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, вследствие чего коэффициент преобразования системы будет выше. Подогрев воды до уровня $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ производится в пиковом подогревателе, работающем на пеллетах.

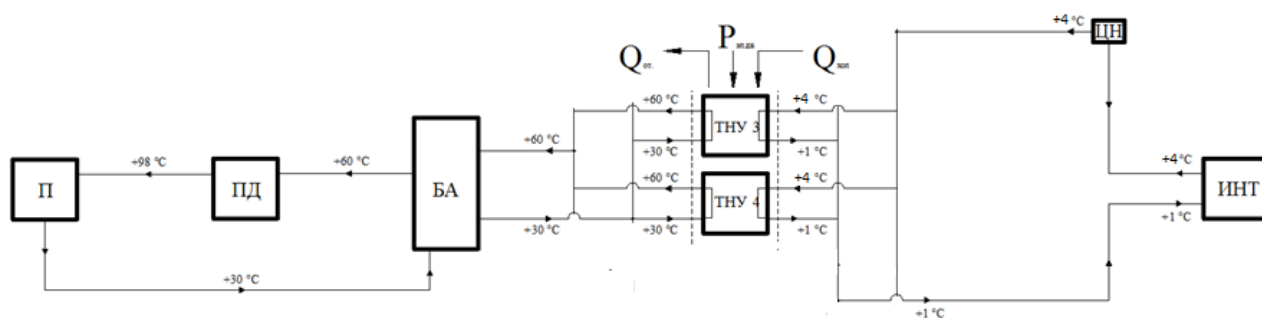


Рисунок 6.1 – Схема теплонасосной установки

где ТНУ – теплонасосная установка;
 ИНТ – источник низкопотенциальной температуры;
 ЦН – циркуляционный насос;
 БА – бак аккумулятора;
 ПД – пиковый подогреватель;
 П – потребитель;

6.2 Повышение энергетической эффективности теплонасосной установки

Повышение энергетической эффективности теплонасосной установки возможно за счет преобразования энергии сбрасываемой озерной воды. Предлагается установка гидротурбины, которая преобразует энергию движения воды в механическую энергию вращения вала, который в свою очередь соединен с валом генератора. Вырабатываемая электрическая энергия без преобразования может быть использована для подогрева воды в баке аккумулятора с помощью электротенов.

На выходе из теплообменника-испарителя предлагается установка бака резервуара для накопления отработанной озерной воды. Сброс из бака осуществляется через гидротурбину. Установка такого бака необходима, чтобы избежать дополнительного сопротивления при перекачке насосом воды из озера. Схема теплонасосной установки с гидротурбиной отображена на рисунке 6.2.

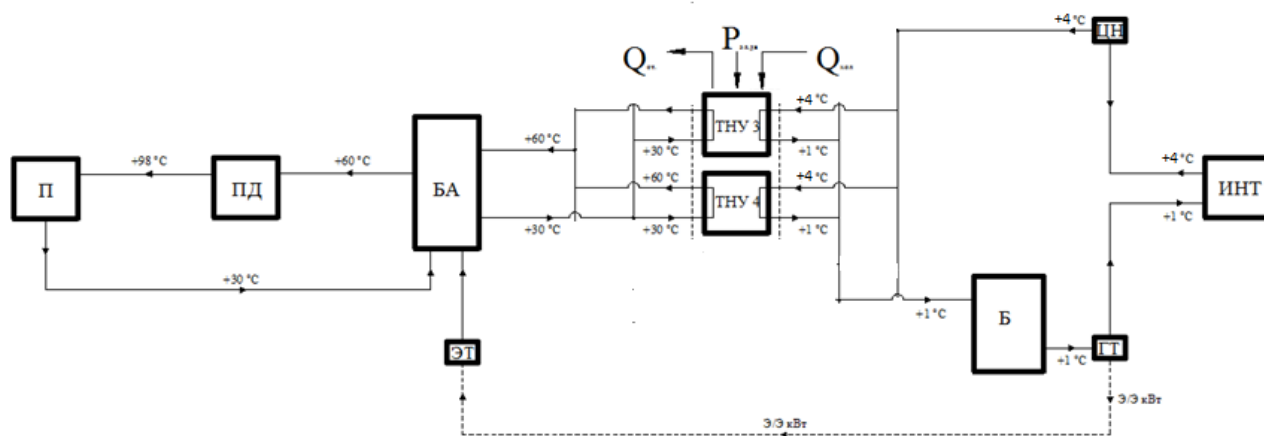


Рисунок 6.2 – Теплонасосная система с гидротурбиной

где ТНУ – теплонасосная установка;
 ИНТ – источник низкопотенциальной температуры;
 ЦН – циркуляционный насос;
 ГТ – гидротурбина;
 Б – накопительный бак;
 ЭТ – термоэлектронагреватель;
 БА – бак аккумулятор;
 ПД – пиковый подогреватель;
 П – потребитель;

Выводы по разделу 6

Из применения данной схемы теплонасосной установки с гидротурбиной (Рисунок 6.2) следует вывод, что с гидротурбиной теоретически можно скомпенсировать 20% электрической энергии при данных эксплуатационных характеристиках системы.

7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

7.1 Составление сметы капитальных вложений

В современном мире, когда почти в каждом регионе РФ отечественные ученые начинают адаптировать зарубежные технологии возобновляемой энергетики, создают новые технические решения, позволяющие применять возобновляемую энергию для электро- и теплоснабжения различных объектов, процент внедрения подобных инноваций достаточно мал. Это связано с несколькими факторами[31].

Во-первых, первоначальные вложения в такие проекты высоки. Это отпугивает инвесторов на начальном этапе, несмотря на незначительные текущие затраты.

Во-вторых, недостаточно проработаны вопросы адаптивности технологий к местным условиям конкретного региона. Так, например, в Челябинской области нехватка информации в этом вопросе привела к строительству нескольких нежизнеспособных проектов, тем самым дискредитируя возможность применения проектов возобновляемой энергетики (ПВЭ).

В-третьих, недостаточная заинтересованность российских властей в применении ПВЭ, что связано с современными условиями достаточности энергоресурсов. Однако, сейчас, когда Европа находится в постоянном ожидании энергетического кризиса из-за нестабильности отношений с Россией, несомненно, большие средства и лучшие умы европейских ученых пущены на разработку «прорывных» энергетических технологий, в том числе технологий применения источников возобновляемой энергетики. Что может привести к непреодолимому отставанию подобных отечественных технологий.

В-четвертых, недостаточно проработаны вопросы экономической оценки проектов возобновляемой энергетики. Периодически появляются попытки разработать методики технико-экономического обоснования таких проектов, причем такие попытки предпринимаются, как учеными-инженерами, учеными-экономистами, так и в соавторстве. Но в целом, пока не создан комплексный подход к экономической оценке проектов возобновляемой энергетики[31].

В зависимости от объекта, на котором будет применяться технология с использованием возобновляемых источников энергии, все проекты ВЭ можно разделить на три большие группы:

Проекты для индивидуальных потребителей электрической и тепловой энергии.

Проекты для предприятий-потребителей электрической и тепловой энергии.

Проекты для предприятий-производителей электрической и тепловой энергии. В зависимости от принадлежности исследуемого объекта к одной из этих групп будут различны экономические показатели эффективности ПВЭ. В первом и во втором случае основным критерием выбора будут показатели первоначальных инвестиций и себестоимости 1 кВт*ч производимой энергии. Только состав затрат будет различаться у объектов первой и второй группы. Это связано, в первую очередь, с необходимым количеством и качеством вырабатываемой энергии. Кроме того, для предприятия актуальны будут затраты на оплату труда обслужи-

вающего персонала, налоги и т.д., тогда как для индивидуального потребителя эти показатели не будут приниматься к расчету. В третьем случае, предприятию, получившему статус квалифицированного генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии [31], важно получение наибольшего дохода, высокой эффективности деятельности. Экономическое объяснение внедрения любого проекта в области электроэнергетики, состоит в оценке эффективности инвестиционных проектов согласно Методическим указаниям по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утвержденных Госстроем, Министерством экономики РФ, Министерством финансов и Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищнокоммунальной политике [31].

В данной работе выполнен расчет систем отопления для индивидуального жилого дома площадью 442 м² с применением ТНУ теплопроизводительностью 22 кВт и потребляемой мощности 6 кВт.

Капиталовложения, К – это стоимость оборудования с учетом монтажа.

Капитальные вложения в ТНУ без учета стоимости емкости на приготовление горячей воды и контура системы отопления сведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Капитальные вложения в ТНУ

Наименование	Ед. измер.	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, тыс. руб.
Затраты на подготовку источника тепла и установка оборудования	-	-	600000	600,0
Теплообменник-испаритель пластинчатый	шт	2	205000	410,0
Теплообменник-конденсатор пластинчатый	шт	1	150000	150,0
Компрессор Copeland ZH56K4E-TWD	шт	1	100,4	100,4
Шкаф для ТН	шт	1	4300	4,3
Насосы : Wilo TOP S 40/10 Wilo TOP S 25/7	шт	2	20500+ 4500	25,0
Буферная емкость 1000 л с ТЭНами	шт	1	38000	38,0
Контроллер CD 60	шт	1	32000	32,0
Эл. сборка с пуско-защитной аппаратурой	шт	10	8200	8,2
Трубы, запорная арматура, трех ходовые вентили	компл.	1	56500	56,5
Гидроаккумуляторы	шт	2	1600+6300	7,9
Антифриз	л	1000	31	31,0
Теплый пол	-	-	97	97,0
Монтаж теплого пола	-	-	45	45,0
Итого				1605,3

Срок окупаемости капиталовложений:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}_2},$$

$$T = \frac{1605,3}{134,8} = 12 \text{ лет.}$$

Выводы по разделу 7

При изучении основ экономической оценки проектов ВЭ были выделены следующие особенности:

1 Сложное для понимания законодательство в области электроэнергетики.

2 Практически нет предприятий на рынке электроэнергии, имеющих статус квалифицированного генерирующего объекта, работающего на основе использования возобновляемых источников энергии. Причем большинство из существующих предприятий применяют технологии малой гидроэнергетики и практически нет предприятий-производителей энергии с использованием таких возобновляемых источников энергии, как солнце, ветер, низкопотенциальное тепло земли и др.

3 Отсутствует методика экономической оценки ПВЭ, в литературе указываются разные варианты оценки, причем авторы исследований зачастую используют необоснованные показатели. Так, например, европейские ученые [33] считают, что ПВЭ – это «безрисковые» технологии и ставка дисконтирования должна быть меньше, чем для принятых традиционных технологий. Для России это инновационные проекты, а значит, ставка дисконтирования должна быть максимальной. А от ставки дисконтирования зависят итоговые показатели по проекту, которые играют решающую роль при принятии решения.

4 При экономическом сравнении ПВЭ с проектами, использующими традиционные технологии, не используется стоимость размера экологического ущерба, и собственно, размеры экологических санкций [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение возобновляемых источников энергии в наше время - одно из приоритетных направлений. Это энергия солнца, ветра, подземных и поверхностных вод и т.д. Преобразовать эту энергию до уровня, необходимого для теплоснабжения позволяет тепловой насос.

В дипломной работе был поднят вопрос о опыте использования тепловых насосов в России и зарубежом. Использование теплонасосных установок широко распространено во всем мире. В России применение источников низкопотенциальной энергии только начинает развиваться. Это направление перспективно в связи с тем, что устраняет недостатки традиционной энергетики, такие как увеличение энергетической, экономической и экологической эффективности.

Из природно-климатической характеристики следует, что г. Челябинску присущ умеренно-континентальный климат с достаточно холодной зимой, поэтому было принято решение использовать для энергообеспечения индивидуального жилого дома тепло-насосную установку(ТНУ).

В данной работе были решены следующие задачи:

1 Представлен расчет теплового баланса индивидуального жилого дома площадью 442 м².

2 Для отопления был выбран тепловой насос мощностью 22,62 кВт марки Copeland ZH56K4E-TWD.

3 Выбрана открытая система ТНУ с рассредоточенным напольным отоплением(теплый пол). В качестве дополнительного источника тепла были выбраны ТЭНовые водонагреватели, работающие в режиме, как в аварийном, так и пикового догрева.

4 Так как дом расположен вблизи водоема, в качестве источника энергоснабжения низкопотенциального тепла было выбрано оз. Смолино. Представлена многолетняя характеристика данного озера.

5 Представлена схема ТНУ и системы отопления. Так же предложена компенсация электрической энергии за счет установки гидротурбины на выходе отработанной воды из озера.

6 Дана технико-экономическая характеристика предложенного способа отопления здания. Примерный срок окупаемости данного проекта 12 лет.

Таким образом, использование теплонасосных установок совместно с напольным отоплением для автономного теплоснабжения в условиях Южного Урала является возможным и экономически эффективным.

Задачи, поставленные в данной работе, выполнены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Андреева, М.А. Озера Среднего и Южного Урала / М.А. Андреева. – Челябинск: ЮУКИ, 1973. – 270 с.
- 2 Альтернативная энергетика. – <http://www.waterenergy.ru/alternative>
- 3 Бродянский, В.М. Эксергетический метод и его приложение. / В.М. Бродянский, В. Фрашер, К. Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
- 4 Внутренние санитарно – технические устройства: в 3 ч. Ч. I. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканава и др. / под ред. И. Г. Старовойрова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.
- 5 Доброжанская, Ж.В. Возможность использования низкопотенциального тепла водоемов Белоруссии / Ж.В. Доброжанская, Э.П. Коваленко // Использование водных ресурсов. – Минск: ЦНИИКИВР, 1985. – 23-29 с.
- 6 Егоров, А.Н. География и природопользование соленых озер. / А.Н. Егоров, И.В. Космаков. – Новосибирск, "Наука", 2010. – 184 с.
- 7 Егоров, А.Н. Соленые озера Южного Урала / А.Н. Егоров, С.Г. Захаров. – Новосибирск, "Наука", 2004. – 146-148 с.
- 8 Ершов, А.А. Солнечная энергетика. / А.А. Ершов, Г.Я. Умаров. – М., Знание, 1974. – 64 с.
- 9 Журнал «Мир климата». – <http://www.mir-klimata.com/archive/number25>
- 10 Калнинь, И.М. Перспективы развития тепловых насосов / И.М. Калнинь, В.В. Слесаренко, В.В. Князев // Энергосбережение и водоподготовка. – 1994. – 28-33 с.
- 11 Каталог теплоизоляции и пароизоляции «ПЕНОПЛЭКС». – <https://astratek.ru/?yclid=3412115087452020852>
- 12 Каталог тепловых насосов Copeland. – <http://www.copeland.su>
- 13 Климат города Челябинска. – <http://ecology-of.ru/priroda/klimat-gorodachelyabinska>
- 14 Коваленко, Э.П. Водные ресурсы, как возобновляемый источник энергии. Природные ресурсы. / Э.П. Коваленко. – 1998, №1. – 27-33 с.
- 15 Компания окон «ВЕКА». – <http://www.veka.ru>
- 16 Низамутдинова, Н.С. Экономическая оценка проектов возобновляемой энергетике / Н.С. Низамутдинова, О.С. Пташкина-Гирина, Р.Ж. Низамутдинов. – ЮУрГУ, 2015. – 1172-1178 с.
- 17 Перспективы применения тепловых насосов в России. – http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=215.
- 18 Рекомендации по проектированию систем напольного отопления. – <http://www.ligats.ru>
- 19 Ресурсы поверхностных вод. Средний Урал и Приуралье. – Л.: Гидрометиздат, 1973. – 450 с.
- 20 Руководство по обработке и подготовке к печати материалов наблюдений на озерах и водохранилищах. – Л.: Гидрометиздат, 1972. – 252 с.
- 21 Скворонская, А. Агроклиматический справочник по Челябинской области. / А. Скворонская, В. Андрушко. – Л. Гидрометиздат, 1984. – 156 с.

- 22 СН и П 23 – 02 – 2003. Тепловая защита здания. – М.: Госстрой России, 2003. – 27 с.
- 23 СН и П 23-01-99. Строительная климатология. – М.: ГОССТРОЙ России, 2000. – 114 с.
- 24 СН и П 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Госстрой России, 2004. – 56 с.
- 25 СН и П 2.08.01 – 89. Жилые здания. – М.: Стройиздат, 1989. – 28 с.
- 26 Степанов, И.Р. Перспектива применения теплонасосных установок в районах европейского севера России / И.Р. Степанов. – Апатиты: Институт физико-технических проблем энергетики Севера, 1999. – 53 с.
- 27 СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
- 28 Тепловые насосы Smaga. – <https://ecosmaga.ru>
- 29 Тепловые насосы. – <http://osipovs.ru/index.php/istory-tn>
- 30 Хохлов, Ю.И. Оптимизация развивающихся систем электроснабжения. Научно-исследовательская работа магистров и подготовка к итоговой государственной аттестации: учебное пособие / Ю.И. Хохлов, А.М. Ершов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2014. – 65 с.
- 31 Шимон, А. Экономика альтернативной энергетики / А. Шимон, И. Бланко, Ванн Халле Франс, К. Кайэр, С. Крон, П.Э. Мортост. – URL: http://www.kite.ru/articles/powerel/2011_12_120.php.
- 32 Экономика Челябинской области. – https://chelindustry.ru/left_prom2
- 33 Экономические аспекты энергосбережения / Н.С. Низамутдинова, Р.Ж. Низамутдинов // Материалы ЛП международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. д-ра техн. наук П.Г. Свечникова. – Челябинск: ЧГАА, 2014. – Ч. I. – 174–181 с.
- 34 Янтовский, Е.И. Потoki энергии и эксергии. / Е.И. Янтовский. – М.: Наука, 1988. – 144 с.
- 35 Goodenough, J.B. The Options for Using the Sun. / J.B. Goodenough. – Technology Review. – Oct./Nov. – 1976. – 63-71 p.
- 36 Ground source heat pumps – geothermal energy for anyone, anywhere: current worldwide activity/ Curtis R., Lund., Sanner B., Rybach L, Hollstrom G. – Antalya, Turkey: Proceedings World Geothermal Congress, 2005.
- 37 US National Academy of Sciences / Solar Energy for Rural Development. – Development DT gest. 1977. – Vol. XV. №2. – 85-117 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Теплотери наружными ограждениями здания

Характеристика ограждений				Тем-пература внутр. воздуха $t_{в}$, °С	Рас-чет-ная разность темпера-тур ($t_{в}-t_{н}$), °С	n	Ос-нов-ные тепло-потери Q_0 , Вт	До-ба-вочные теплопо-тери $1+\Sigma\beta$	$Q_0 \cdot (1+\Sigma\beta)$, Вт
Обозна-чение	Ори-ентация	Пло-щадь A , м ²	Коэф-т тепло-передачи k, Вт/(м ² ·°С)						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цокольный этаж									
1. Сауна									
НС	С	4,1	0,12	20	51	1	25	1,20	30
НС Ёз	С	4,1	0,13			1	27	1,00	27
НС	В	3,7	0,12			1	23	1,20	28
НС Ёз	В	3,7	0,13			1	25	1,00	25
ПЛ Ёз	-	4,3	0,19	31	62	1	42	1,00	42
ПЛ Пз	-	3	0,14			1	21	1,00	21
									Σ 173
2. Басейн									
НС	С	6,2	0,18	24	55	1	61	1,15	70
НС Ёз	С	7,8	0,19			1	82	1,00	82
НС	В	11,0	0,18			1	109	1,15	125
НС Ёз	В	10,3	0,19			1	108	1,00	108
НС	З	2,5	0,18			1	25	1,10	28
НС Ёз	З	2,2	0,19			1	23	1,00	23
ОК	С	2,9	1,47	31	62	1	234	1,15	269
ПЛ Ёз	-	13,4	0,19			1	158	1,00	158
ПЛ Пз	-	26,7	0,14			1	232	1,00	232
ПЛ Шз	-	23,0	0,08			1	114	1,00	114
ПЛ IVз	-	2,5	0,06			1	8	1,00	8
БС Пз	-	8,6	0,14	24	55	1	66	1,00	66
БС Шз	-	20,3	0,08			1	89	1,00	89
БС IVз	-	18,1	0,06			1	60	1,00	60
									Σ 1432
3. Хоз. помещение									
НС	Ю	8,7	0,18	18	49	1	77	1,05	81
НС Ёз	Ю	7,8	0,19			1	73	1,00	73
НС	В	2,5	0,18			1	22	1,15	25
НС Ёз	В	2,2	0,19			1	20	1,00	20
НС	З	2,5	0,18			1	22	1,10	24
НС Ёз	З	2,2	0,19			1	20	1,00	20
ПЛ Ёз	-	9,0	0,19	20	51	1	84	1,00	84
ПЛ Пз	-	19,1	0,14			1	131	1,00	131
									Σ 458

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. Котельная									
НС	С	4,1	0,18	18	49	1	36	1,15	41
НС Из	С	3,2	0,19			1	30	1,00	30
НС	3	12,1	0,18			1	107	1,10	118
НС Из	3	3,7	0,19			1	34	1,00	34
ПЛ Из	-	7,2	0,19			1	67	1,00	67
ПЛ Из	-	8,6	0,14			1	59	1,00	59
ДН	3	1,6	1,07			1	84	2,60	218
ОК	3	0,6	1,47			1	43	1,10	47
									Σ 614
5. Тамбур									
НС	3	4,2	0,18	18	49	1	37	1,05	39
НС Из	3	3,6	0,19			1	34	1,00	34
ПЛ Из	-	2,4	0,19			1	22	1,00	22
ПЛ Из	-	6	0,14			1	41	1,00	41
									Σ 136
6. Вспомогательное помещение									
НС	Ю	4,2	0,18	18	49	1	37	1,00	37
НС Из	Ю	3,6	0,19			1	34	1,00	34
НС	3	4,2	0,18			1	37	1,05	39
НС Из	3	3,6	0,19			1	34	1,00	34
ПЛ Из	-	4,4	0,19	20	51	1	43	1,00	43
ПЛ Из	-	4	0,14			1	29	1,00	29
									Σ 216
7. Вспомогательное помещение									
НС	Ю	4,2	0,18	18	49	1	37	1,05	39
НС Из	Ю	3,6	0,19			1	34	1,00	34
НС	В	4,2	0,18			1	37	1,10	41
НС Из	В	3,6	0,19			1	34	1,00	34
ПЛ Из	-	4,4	0,19	20	51	1	43	1,00	43
ПЛ Из	-	4	0,14			1	29	1,00	29
									Σ 220
Первый этаж									
1. Холл и гардероб									
НС	Ю	7,8	0,18	18	49	1	69	1,05	72
НС	В	1,1	0,18			1	10	1,15	12
НС	3	13,4	0,18			1	118	1,10	130
ОК	Ю	5,7	1,47			1	411	1,05	432
ДН	В	2,5	1,07			1	131	2,55	334
									Σ 980
2. Лестничный марш									
НС	3	6,4	0,18	18	49	1	56	1,05	59
ОК	3	1,8	1,47			1	130	1,05	137
									Σ 196
3. Гостиная									
НС	В	15,2	0,18	21	52	1	142	1,10	156
ОК	В	1,1	1,47			1	84	1,10	92

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									Σ 248
4. Гостиная									
НС	Ю	14,5	0,18	21	52	1	136	1,05	143
НС	В	5,4	0,18			1	51	1,15	59
ОК	Ю	4,7	1,47			1	359	1,05	377
ОК	В	4,7	1,47			1	359	1,15	413
									Σ 992
5. Столовая									
НС	С	10,8	0,18	20	51	1	99	1,20	119
НС	В	8,1	0,18			1	74	1,20	89
НС	З	1,1	0,18			1	10	1,10	11
ОК	С	9,4	1,47			1	705	1,20	846
ДН	З	2,1	1,07			1	115	2,60	299
									Σ 1364
6. Кухня									
НС	З	13,6	0,18	20	51	1	125	1,10	138
НС	С	9,6	0,18			1	88	1,15	101
ОК	З	1,8	1,47			1	135	1,10	149
									Σ 388
7. Кабинет									
НС	С	4,9	0,18	21	52	1,0	46	1,20	55
НС	В	8,7	0,18			1,0	81	1,20	97
ОК	С	4,7	1,47			1,0	359	1,20	431
ОК	В	4,7	1,47			1,0	359	1,20	431
									Σ 1014
8. Туалет									
НС	З	8,8	0,18	20	51	1,0	81	1,05	85
ОК	З	1,8	1,47			1,0	135	1,05	142
									Σ 227
Второй этаж									
1. Спальня									
НС	Ю	15,0	0,18	21	52	1,0	140	1,00	140
НС	З	16,1	0,18			1,0	151	1,05	159
ОК	Ю	5,2	1,47			1,0	397	1,00	397
ПТ	-	21,3	0,18			0,9	179	1,00	179
									Σ 875
2. Спальня									
НС	Ю	15,0	0,18	21	52	1,0	140	1,00	140
НС	В	16,1	0,18			1,0	151	1,15	173
ОК	Ю	5,2	1,47			1,0	397	1,05	417
ПТ	-	21,6	0,18			0,9	182	1,00	182
									Σ 912
3. Спальня									
НС	В	15,4	0,18	21	52	1,0	144	1,10	158
ОК	В	5,2	1,47			1,0	397	1,10	437
ПТ	-	17,0	0,18			0,9	143	1,00	143
									Σ 738

Окончание таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. Спальня									
НС	С	14,6	0,18	21	52	1,0	137	1,20	164
НС	В	5,8	0,18			1,0	54	1,20	65
НС	З	5,8	0,18			1,0	54	1,10	59
ОК	С	5,2	1,47			1,0	397	1,20	476
ПТ	-	24,8	0,18			0,9	209	1,00	209
Σ 973									
5. Гардероб									
НС	С	6,5	0,18	21	52	1	61	1,20	73
НС	В	9,6	0,18			1	90	1,20	108
ОК	Ю	2,6	1,47			1	199	1,20	239
ПТ	-	6,9	0,18			0,9	58	1,00	58
Σ 478									
7. Ванная									
НС	С	6,5	0,18	24	55	1,0	64	1,15	74
НС	З	9,6	0,18			1,0	95	1,10	105
ОК	С	2,6	1,47			1,0	210	1,15	242
ПТ	-	7,1	0,18			0,9	63	1,00	63
Σ 484									
8. Ванная									
НС	З	8,0	0,18	24	55	1,0	79	1,05	83
ОК	З	2,6	1,47			1,0	210	1,05	221
ПТ	-	7,9	0,18			0,9	70	1,00	70
Σ 374									
9. Ванная									
НС	З	7,9	0,18	24	55	1,0	78	1,05	82
ОК	З	2,6	1,47			1,0	210	1,05	221
ПТ	-	7,5	0,18			0,9	67	1,00	67
Σ 370									
Третий этаж - мансарда									
1. Спортзал									
НС	-	46,8	0,18	20	51	0,9	387	1,10	426
ПТ	-	45,0	0,17			0,9	351	1,00	351
ОК	С	5,6	1,47			1,0	420	1,10	462
ОК	Ю	5,6	1,47			1,0	420	1,00	420
Σ 1659									
Итого теплопотери всего здания $Q_o = 15521$ Вт									

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Баланс тепла по помещениям

Помещение	Площадь $A, \text{м}^2$	Температура внутр. воздуха $t_v, \text{оС}$	Расчетная разность температур $(t_v - t_n),$ оС	Тепло- потери огра- ждениями $Q_o, \text{Вт}$	Теп- ло- потери на ин- фильтра- цию $Q_{и},$ Вт	Теп- ло- потери на венти- ляцию $Q_v, \text{Вт}$	Бы- тов. теп- ло- выделе- ния $Q_b,$ Вт	Мощ- ность отопле- ния $Q_{от},$ Вт
Цокольный этаж								
1. Сауна	6,30	20	51	173	-	80	63	190
2. Басейн	79,00	24	55	1432	-	2551	-	3983
3. Хоз. помещ.	26,10	18	49	458	-	317	-	775
4. Котельная	14,90	18	49	614	-	-	-	-
5. Тамбур	7,45	18	49	136	-	-	-	-
6. Вспомогат. помещение	7,15	18	49	216	-	87	-	303
7. Вспомогат. помещение	7,15	18	49	220	-	87	-	307
Первый этаж								
1. Холл и гардероб	13,80	18	49	980	209	-	-	1189
2. Лестнич- ный марш	-	18	49	196	66	-	-	262
3. Гостиная	51,25	21	52	248	(43)	772	515	505
4. Гостиная	16,40	21	52	992	367	(247)	164	1195
5. Столовая	21,95	20	51	1364	357	(324)	220	1501
6. Кухня	11,55	20	51	388	(68)	171	116	443
7. Кабинет	10,20	21	52	1014	376	(154)	102	1288
8. Туалет	4,90	20	51	227	(68)	72	49	250
Второй этаж								
1. Спальня	21,30	21	52	875	(117)	320	213	982
2. Спальня	21,65	21	52	912	(117)	326	217	1021
3. Спальня	22,35	21	52	738	(117)	336	224	850
4. Спальня	24,80	21	52	973	(117)	373	248	1098
5. Гардероб	6,90	21	52	478	(58)	103	-	581
6. Холл	22,15	18	49	-	-	315	222	93
7. Ванная	7,10	24	55	484	(62)	112	71	525
8. Ванная	7,95	24	55	374	(62)	126	80	420
9. Ванная	7,50	24	55	370	(62)	119	75	414
Третий этаж – мансарда								
1. Спортзал	37,20	20	51	1659	-	550	372	1837
Итого				16370	1375	6956	2951	20012

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Исходные данные для расчета теплого пола

Помещение	Площадь помещения $A, \text{м}^2$	Мощность отопления $Q_{от}, \text{Вт}$	Тепловой поток $q, \text{Вт/м}^2$	Покрытие	Температура внутрен. воздуха $t_{в}$ $^{\circ}\text{C}$	Макс. температура пола $t_{\text{пmax}}, ^{\circ}\text{C}$	Средняя разность температур $\Delta t_{\text{ср}}, ^{\circ}\text{C}$	Обозначение кон- тура
Цокольный этаж								
1. Сауна	6,30	190	30,2	кафель	20	31	20	0А
2. Басейн	79,00	3983	-	кафель	24	31	16	0Б
3. Хоз. помещ.	26,10	775	29,7	кафель	18	31	22	0В
4. Котельная	14,90	-	-	кафель	18	-	-	-
5. Тамбур	7,45	-	-	кафель	18	-	-	-
6. Вспомогат. помещение	7,15	303	42,4	кафель	18	31	22	0В
7. Вспомогат. помещение	7,15	307	42,9	кафель	18	31	22	0В
Первый этаж								
1. Холл и гардероб	13,80	1189	86,2	кафель	18	31	22	1А
2. Лестничный марш	-	262	-	-	18	-	-	-
3. Гостиная	51,25	505	9,9	паркет	21	26	19	1Б
4. Гостиная	16,40	1195	72,9	паркет	21	26	19	1В
5. Столовая	21,95	1501	68,4	кафель	20	26	20	1Г
6. Кухня	11,55	443	38,4	кафель	20	26	20	1Д
7. Кабинет	10,20	1288	126,3	паркет	21	26	19	1Е
8. Туалет	4,90	250	51	кафель	20	31	20	1Д
Второй этаж								
1. Спальня	21,30	982	46,1	коврол.	21	26	19	2А
2. Спальня	21,65	1021	47,2	коврол.	21	26	19	2Б
3. Спальня	22,35	850	38	коврол.	21	26	19	2В
4. Спальня	24,80	1098	44,3	коврол.	21	26	19	2Г
5. Гардероб	6,90	581	84,2	коврол.	21	31	19	2Г
6. Холл	22,15	93	4,2	паркет	18	26	22	2Д
7. Ванная	7,10	525	73,9	кафель	24	31	16	2Е
8. Ванная	7,95	420	52,8	кафель	24	31	16	2Е
9. Ванная	7,50	414	55,2	кафель	24	31	16	2Е
Третий этаж – мансарда								
1. Спортзал	37,20	1837	49,4	паркет	20	26	20	3А