

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, Руководитель техниче-
[redacted] (должность)
[redacted] (И.О. Ф.)
26 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
[redacted] Г.А. Пикус
26 2018 г.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-08.04.01.2018. 188. ПЗ ВКР

Руководитель работы,
Доцент кафедры СПТС
[redacted] А.Е. Русанов
2018 г.

Автор работы
студент группы АСИ-279
[redacted] А.С. Вотчалова
(совместно с К.А. Кирилловой)
27.06 2018 г.

Нормоконтролер,
Доцент кафедры СПТС
[redacted] 26.06.18 А.Е. Русанов
2018 г.

Антиплагиат,
Доцент кафедры СПТС
[redacted] 18 А.Е. Русанов
2018 г.

ащих разрабо

АННОТАЦИЯ

2-3 ст

35-45

25-35

10-15

2-3 ст

15-20

Вотчалова А.С. (совместно с Кирилловой К.А.) Выпускная квалификационная работа. Техничко-экономический анализ энергоэффективности систем отопления – Челябинск: ЮУрГУ, АСИ, 2018, 95 с., библиограф. список – 29 наименований

В данной работе рассчитана система отопления жилого дома, рассмотрены различные системы теплоснабжения, выявлены технические возможности их использования (подключение к центральным сетям теплоснабжения, создание газовой или жидкотопливной автономной котельной, электрическое отопление от центральной сети электроснабжения и от солнечных батарей, использование теплового насоса). Рассчитаны капитальные вложения в каждую систему и эксплуатационные затраты. Приведено сравнение полученных результатов. В работе использован программный комплекс Solkane 6.0.0.3.

ус Г.А.)
анов А.Е.)
чалова А.С.)

АСИ-179.08.04.01.2018.188.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
тввердил		Пикус Г.А.					
уковод.		Русанов А.Е.				3	95
контр		Русанов А.Е.			ЮУрГУ кафедра СПТС		
зрзрзр		Вотчалова					

Техничко-экономический анализ энергоэффективности систем отопления

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Обзор литературы с постановкой задач исследования.....	8
1.1 Подключение к централизованной сети теплоснабжения.....	8
1.2 Теплоснабжение от автономной газовой котельной.....	8
1.3 Теплоснабжение от электрической котельной.....	10
1.3.1 Подключение к сети электроснабжения.....	10
1.3.2 Использование солнечных коллекторов.....	12
1.4 Использование теплового насоса.....	18
1.4.1 Теоретические основы работы теплового насоса.....	18
1.4.2 Источники тепла для теплового насоса.....	24
1.5 Теплоснабжение от котельной на жидком топливе.....	33
1.6 Комбинированные системы.....	34
1.6.1 Комбинация газового и дизельного котельного устройства.....	35
1.6.2 Комбинация твердотопливного и электрического котлов.....	35
1.6.3 Комбинация воздушного теплового насоса и дров.....	36
1.6.4 Комбинация солнечных батарей и использования электросети.....	37
2. Результаты выполненных исследований (расчетная часть).....	38
2.1 Объект исследования – частный дом.....	38
2.2 Система отопления дома.....	41
2.2.1 Теплоснабжение от автономной газовой котельной.....	51
2.2.2 Теплоснабжение от электрической котельной.....	54
2.2.2.1 Подбор электрического котла.....	54
2.2.2.2 Подключение к сети.....	55
2.2.3 Использование солнечных батарей.....	55
2.2.4 Использование теплового насоса	61
2.2.5 Теплоснабжение от котельной на жидком топливе.....	73
2.2.6 Комбинированные системы.....	73
3 Техничко-экономическая оценка результатов исследований.....	74
3.1 Сравнение капитальных вложений.....	74

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

3.1.1	Подключение к централизованному источнику водоснабжения	74
3.1.2	Сооружение газовой котельной.....	74
3.1.3	Сооружение электрической котельной.....	75
3.1.4	Тепловой насос с земляным контуром.....	76
3.1.5	Сооружение жидкотопливной котельной.....	76
3.1.6	Сравнение капитальных затрат.....	77
3.2	Расчет эксплуатационных затрат	77
3.2.1	Газовая котельная.....	77
3.2.2	Электрическая котельная.....	79
3.2.3	Жидкотопливная котельная.....	80
3.2.4	Отопление тепловым насосом.....	81
3.2.5	Сравнение вариантов.....	82
	Заключение.....	88
	Библиографический список.....	89
	Приложение 1.....	91
	Приложение 2.....	92
	Приложение 3.....	93
	Приложение 4.....	94
	Приложение 5.....	95

ВВЕДЕНИЕ

На большей части территории нашей страны имеют место такие климатические условия, что некоторую часть года температура воздуха опускается ниже нуля. Для комфортного проживания людей в такой период требуется подогревать воздух в домах. Для этого проектируются и сооружаются системы отопления зданий.

Изначально, дома отапливались печами, в которых сжигалось твердое органическое топливо: дрова, уголь, всякий мусор, щепки и прочее.

В России строились даже многоквартирные двух- и трехэтажные жилые дома с печным отоплением в каждой квартире. Горячая вода готовилась в «титанах», которые так же работали на энергии сгорания топлива.

Прогресс привел электрическую энергию почти в каждый дом и системы отопления стали делать централизованными. Это позволило повысить надежность теплоснабжения и условия комфорта жителей и работников, а также улучшить экологическую обстановку в городах и поселках, поскольку источники выбросов стали удаленными от населенных районов и высокими, что увеличило рассеивание примесей в атмосфере.

При строительстве нового здания, будь то жилой дом, промышленный объект или общественное здание, возникает необходимость обеспечить его инженерными системами.

Системы отопления выполняются совершенно различными: радиаторное водяное отопление, воздушное отопление, совмещенное с вентиляцией, местное отопление с использованием инфракрасных излучателей и пр. Для отопления жилых зданий наиболее распространена водяная радиаторная система. Схемы ее организации могут быть различными, но принцип организации сохраняется. Горячая вода с источника теплоты подается в радиаторы отопления, охлаждается в них, нагревая тем самым воздух в помещении, и отправляется обратно на источник, где снова подогревается.

Источником теплоснабжения может быть центральная котельная или ТЭЦ, а также автономные источники.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

В данной работе рассмотрено сравнение систем отопления частного двухэтажного дома, расположенного в пригороде города Саратов.

Актуальность темы обусловлена необходимостью выбора источника теплоты при создании инженерных систем вновь строящегося дома. Выбор может осуществляться по техническим и инженерным соображениям (наличию технической возможности, местным условиям, особенностям расположения и пр.), а также технико-экономическим сравнением вариантов при технической возможности их создания.

Целью работы является сравнение вариантов системы отопления частного жилого дома в окрестностях г. Саратов.

Объектом исследования является система теплоснабжения нового дома.

Задачи исследования можно сформулировать следующие:

- рассчитать систему отопления жилого дома, определить мощность системы;
- рассмотреть различные системы теплоснабжения, выявить техническую возможность их использования (подключение к центральным сетям теплоснабжения, создание газовой или жидкотопливной автономной котельной, электрическое отопление от центральной сети электроснабжения и от солнечных батарей, использование теплового насоса);
- рассчитать капитальные вложения в каждую систему и эксплуатационные затраты;
- сравнить полученные результаты.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ С ПОСТАНОВКОЙ ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Подключение к централизованной сети теплоснабжения

Подключение к централизованной сети теплоснабжения осуществляется при соблюдении ряда обязательных условий. Первым из условий можно назвать наличие в небольшом удалении (до 500 м) тепловой сети от централизованного источника.

Вторым условие является наличие технического резерва тепловой сети для подключения нового абонента (то есть возможность пропустить увеличившийся расход воды в трубопроводах без нарушения гидравлического режима сети). Третьим условием является резерв тепловой мощности на источнике теплоснабжения, то есть возможность источника увеличить выработку тепловой энергии.

Плюс ко всему, необходимо понимать, что подключение к централизованному источнику требует вложения средств для прокладки нового участка теплотрассы, а также плату за подключение к мощностям.

1.2 Теплоснабжение от автономной газовой котельной

Для создания автономной газовой котельной нужно, во-первых, иметь техническую возможность подключению к газоснабжению с достаточным расходом газа и приемлемыми параметрами.

Во-вторых, необходимо выполнить проект подключения и самой котельной. В-третьих, нужно согласовать строительство автономной газовой котельной в соответствующих надзорных органах, которые следят за безопасностью использования газового топлива на любых, пусть даже малых, энергетических установках.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Преимущества использования автономного теплоснабжения по сравнению с централизованным теплоснабжением:

1. При автономном отоплении приборами учета являются: счетчик газа, счетчик холодной воды (при использовании центрального водопровода), электросчетчик.

2. Потребитель заинтересован в экономии воды, газа и энергосбережении здания.

3. При высоком КПД и минимальных потерях на передачу теплоты, автономное теплоснабжение считается высокоэкономичным.

4. Повышается степень комфорта в помещениях здания, поскольку потребитель самостоятельно устанавливает температуру горячей воды на отопление и степень использования теплоты, плюс практически не происходит перебоев с подачей теплоэнергии.

5. Уменьшается оплата коммунальных услуг.

6. Удешевляется само строительство здания, поскольку нет необходимости прокладывания подземных теплосетей, создания тепловых пунктов.

7. Обеспечивается возможность ремонтов трубопроводов, отопительных приборов и запорно-регулирующей арматуры в отдельных помещениях здания при изменении планировки или возникновении аварийных ситуаций без необходимости остановки снабжения систем теплоснабжения в остальном здании.

8. Уровень экологической вредности автономных систем выше, чем централизованных при условии, что централизованный источник находится на удалении от жилых кварталов и имеет высокие дымовые трубы для рассеивания выбросов. Если же сравнивать с квартальными котельными, то этот недостаток может превратиться в достоинство, если источники вредных выбросов будут распределены по территории застройки.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Технический уровень современного оборудования по производству, транспортировки и использования теплоты дает возможность выполнять энергоэффективные автономные системы в зданиях точечной застройки, где использование автономного теплоисточника практически единственно возможный способ обеспечить теплотой новое здание.

Это позволит обеспечить высокие требования к экономичности отопительных и вентиляционных систем, их возможности в обеспечении комфортной температуры в помещениях здания, значит, строительство автономного теплоисточника позволит обеспечить независимость теплового потребителя от системы центрального отопления.

1.3 Теплоснабжение от электрической котельной

1.3.1 Подключение к сети электроснабжения

Для создания электрической котельной требуется подключение к центральной сети электроэнергии достаточной мощности. По современному законодательству Российской Федерации здание может признано жилым только при подключении его к сети централизованного электроснабжения. Однако, для подключения бытового электроснабжения (для питания освещения, бытовых приборов) требуется мощность до 15 кВт. Для создания же автономной электрической котельной нужно подключать уже 50-75 кВт.

Недалеко от нового жилого дома может быть несколько линий электропередач, трансформаторов и кабельных проводов, к которым может подсоединиться потребитель.

Владелец жилого дома определяет электросеть, с которой ему удобно работать, при этом обращает внимание на следующие факторы: расстояние между вводом в дом и точкой подсоединения к источнику питания; показатель напряжения электрического тока в близлежащих сетях.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Дальность определяется прямой линией от границы участка до хозяйственного объекта электричества или сети. В соответствии с правилами присоединения владелец строения подключает свое оборудование к линии того класса, который стоит в его заявке. В случае присоединения к более мощной сети, потребитель выполняет дорогостоящее устройство понижающей трансформаторной подстанции.

Если жилой дом расположен от электросети дальше, чем 300 м, то потребитель может работать с ближайшей линией.

Для технического присоединения к электрическим сетям разработаны этапы:

- потребитель подает заявку на технологическое подключение к сетям электричества по стандартному образцу;
- составляется и подписывается договор о выполнении работ между владельцем строения и собственником сети;
- работники электросети готовят технические условия в соответствии с действующими нормативами, согласовывает их с соседними собственниками сети и оператором системы;
- инженерно-технический персонал сети разрабатывает проект по утвержденным техническим условиям или потребитель самостоятельно заказывает документ в проектно-институте с учетом требований технических условий;
- обе стороны процесса выполняют условия договора по присоединению;
- владелец электросети проверяет подключение потребителя в части исполнения предписаний ТУ;
- производится фактическое соединение и подача энергии потребителю.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1.3.2 Использование солнечных коллекторов

Существуют три основные конфигурации солнечных фотоэлектрических систем электроснабжения, которые описаны ниже. Также, дополнительная информация содержится на страничке с описанием особенностей различных фотоэлектрических систем.

1. Автономная фотоэлектрическая система полностью независима от сетей централизованного электроснабжения. За исключением некоторых специальных применений, в которых энергия от солнечных батарей напрямую используется потребителями (например, водоподъемные установки, солнечная вентиляция и т.п.), все автономные системы должны иметь в своем составе аккумуляторные батареи. Энергия от аккумуляторов используется во время недостаточного прихода солнечной радиации или когда нагрузка превышает генерацию солнечных батарей.

2. Батарейная соединенная с сетью фотоэлектрическая система похожа на автономную систему. В ней также используются аккумуляторные батареи, но такая система одновременно подключена к сетям централизованного электроснабжения. Поэтому излишки, генерируемые солнечными батареями могут направляться в нагрузку или сеть (для этого необходимы специальные инверторы, которые могут работать параллельно с сетью, их часто называют «гибридными»). Если потребление превышает генерацию электричества солнечными батареями, то недостающая энергия берется от сети. Некоторые модели таких инверторов с зарядными устройствам могут давать приоритет для заряда аккумуляторов от источника постоянного тока (например, солнечного контроллера), тем самым снижая потребление энергии от сети для заряда аккумуляторов. Существует разновидность батарейной соединенной с сетью системы, в которой вместо контроллеров заряда солнечных батарей применяются сетевые фотоэлектрические инверторы, соединенных к выходу БП. Такую возможность имеют всего несколько моделей БП, но общая эффективность системы за счет применения сетевых фотоэлектрических инверторов может быть намного выше, чем при применении контроллеров заряда аккумулятора.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

3. Безаккумуляторная соединенная с сетью фотоэлектрическая система является самой простой из всех систем. Она состоит из солнечных батарей (или ветроустановки, или микроГЭС) и специального инвертора, подключенного к сети. В такой системе нет аккумуляторов, поэтому они не могут использоваться в качестве резервных систем. Когда сеть пропадает, то и выработка электроэнергии солнечными батареями также прекращается. Это может быть ограничением такой системы, но основное ее преимущество - высокая эффективность, низкая цена (за счет отсутствия аккумуляторов и менее дорогого сетевого инвертора) и высокая надежность.

Возможно создание автономной системы электроснабжения на солнечных батареях различной сложности.

Наиболее простая система имеет на выходе низкое напряжение постоянного тока (обычно 12 или 24В). Такие системы применяются для обеспечения работы освещения и небольшой нагрузки постоянного тока в доме - радио, телевизор, ноутбук, магнитофон и т.п. Можно использовать различные автомобильные аксессуары, вплоть до холодильников. Следует отметить, что при этом необходима прокладка отдельной проводки постоянного тока со специальными розетками и вилками, которые исключают неправильную полярность подключения. При подключении светильников с лампами постоянного тока необходимо также соблюдать полярность и следить за тем, чтобы при замене ламп они имели такую же полярность подключения, как и те, которые использовались ранее. В противном случае возможен выход из строя ваших потребителей.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Обычно такие системы применяются, если максимальное расстояние от аккумулятора до самой дальней подключенной нагрузки не превышает пятнадцать метров, а ее мощность - не более 100Вт. При этом надо следить за тем, чтобы падение напряжения при всех включенных потребителях в самой дальней точке было в пределах допустимого (обычно не более 10%). Для правильного выбора сечения провода вы можете воспользоваться справочной информацией по выбору сечения провода исходя из допустимого падения напряжения на участке электропроводки.

Если нагрузка превышает указанные рекомендованные максимальные значения, или потребители электроэнергии находятся на значительном расстоянии от аккумулятора, необходимо добавить в систему инвертор (преобразователь постоянного тока низкого напряжения от аккумуляторов в 220 В переменного тока). В этом случае вы сможете питать практически любую бытовую нагрузку суммарной мощностью, не превышающей мощность инвертора.

Система электроснабжения автономного дома с выходом переменного тока на базе фотоэлектрической солнечной батареи в этом состоит из практически тех же компонентов, как и в предыдущем случае, плюс инвертор.

Для обеспечения надежного электроснабжения необходим резервный источник электропитания. В качестве такого источника может быть небольшой (от одного до шести кВт) бензиновый или дизельный электрогенератор. Введение такого резервного источника электроэнергии резко сокращает стоимость солнечной батареи из-за отсутствия необходимости рассчитывать ее на худшие возможные условия (несколько дней без солнца, эксплуатация зимой, и т.п.)

В этом случае в систему также вводится зарядное устройство для быстрого заряда (в течение нескольких часов) аккумулятора от жидкотопливного электрогенератора. Возможно применение блока бесперебойного питания, в котором функция заряда аккумулятора уже встроена.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Самое главное, чтобы определиться с количеством солнечных батарей надо понимать, на что они способны, сколько энергии может дать одна солнечная панель, чтобы определить нужное количество. А также нужно понимать что кроме самих панелей понадобятся аккумуляторы, контроллер заряда, и преобразователь напряжения (инвертор).

Чтобы рассчитать необходимую мощность солнечных батарей нужно знать, сколько энергии потребляется в доме. Например, если потребление составляет 100кВт*ч в месяц, то необходимо, чтобы солнечные панели генерировали столько же энергии.

Сами солнечные батареи вырабатывают солнечную энергию только в светлое время суток. И выдают свою паспортную мощность только при чистом небе и поступлении солнечных лучей под определенным углом. При других условиях выработка электроэнергии сильно уменьшается, и чем меньше угол падения солнечных лучей, тем снижение мощности больше. В пасмурную погоду мощность солнечных батарей падает в 15-20 раз, даже при лёгких облачках и дымке мощность солнечных батарей падает в 2-3 раза, и это всё надо учитывать.

При расчёте лучше брать рабочее время, при котором солнечные батареи работают почти на всю мощность, равным 7 часов, это с 9 утра до 4 часов вечера. Панели конечно летом будут работать от рассвета до заката, но утром и вечером выработка будет совсем небольшая, по объёму всего 20-30% от общей дневной выработки, а 70% энергии будет вырабатываться в интервале с 9 до 16 часов.

Таким образом массив панелей мощностью 1кВт (1000ватт) за летний солнечный день выдаст за период с 9-ти до 16-ти часов 7 кВт*ч электроэнергии, и 210кВт*ч в месяц. Плюс ещё 3кВт (30%) за утро и вечер, но пускай это будет запасом, поскольку возможна переменная облачность. И панели у нас установлены стационарно, и угол падения солнечных лучей изменяется, от этого естественно панели не будут выдавать свою мощность на 100%.

Однако получить такое количество энергии не получится.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Во-первых, не бывает такого, что все 30 дней в месяце солнечные, поэтому надо посмотреть архив погоды по региону и узнать сколько примерно пасмурных дней по месяцам. В итоге наверно 5-6 дней точно будут пасмурные, когда солнечные панели и половины электроэнергии не будут вырабатывать.

Необходимо понимать, что весной и осенью световой день короче и облачных дней значительно больше, поэтому если вы хотите пользоваться солнечной энергией с марта по октябрь, то нужно увеличить массив солнечных батарей на 30-50% в зависимости от конкретного региона.

Но это ещё не всё, также есть серьёзные потери в аккумуляторах, и в преобразователях (инверторе), которые тоже надо учитывать.

Зимой выработка электроэнергии будет совсем маленькой.

Самый минимальный запас ёмкости аккумуляторов, который просто необходим должен быть такой чтобы пережить тёмное время суток. Например, если за ночь потребляется 3кВт*ч энергии, то в аккумуляторах должен быть такой запас энергии.

Если аккумулятор 12 вольт 200 Ач, то энергии в нём поместиться 2400 Вт (2,4 кВт). Но аккумуляторы нельзя разряжать на 100%. Специализированные аккумуляторы можно разряжать максимум до 70%, если больше то они быстро деградируют. Если вы устанавливаете обычные автомобильные АКБ, то их можно разряжать максимум на 50%. Поэтому, нужно ставить аккумуляторов в два раза больше чем требуется, иначе их придётся менять каждый год или даже раньше.

Оптимальный запас ёмкости аккумуляторов это суточный запас энергии. Например, если у вас суточное потребление 10кВт*ч, то рабочая ёмкость аккумулятора должна быть именно такой. При этом в обычные дни в течение суток аккумуляторы будут разряжаться всего на 20-30%, и это продлит их недолгую жизнь.

Ещё одна немаловажная деталь это КПД свинцово-кислотных аккумуляторов, который равен примерно 80%. То есть аккумулятор при полном заряде берёт на 20% больше энергии, чем потом сможет отдать.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Инвертор (преобразователь энергии постоянного тока низкого напряжения в переменный 220В) имеет КПД 70-80%.

Учитывая потери полученной от солнечных батарей, энергии в аккумуляторах, и на преобразовании постоянного напряжения в переменное 220В, общие потери составят порядка 40%. Это значит, что запас ёмкости аккумуляторов нужно увеличивать на 40%, и увеличивать массив солнечных батарей на 40%, чтобы компенсировать эти потери.

Существует два типа контроллеров заряда аккумуляторов от солнечных батарей, и без них не обойтись. PWM(ШИМ) контроллеры более простые и дешёвые, они не могут трансформировать энергию, и потому солнечные панели не могут отдать в аккумулятор всю свою мощность. А вот MPPT контроллеры отслеживают точку максимальной мощности и преобразуют энергию, снижая напряжение и увеличивая ток зарядки, в итоге увеличивают отдачу солнечных батарей до 99%. Поэтому если вы ставите более дешёвый PWM контроллер, то увеличивайте массив солнечных батарей ещё на 20%.

Расчёт количества солнечных батарей выглядит так:

- принять, что солнечные батареи летом работают всего 7 часов с почти максимальной мощностью;
- посчитать потребление электроэнергии здания за сутки;
- разделить на 7 (или, лучше 10, для запаса) и получится нужная мощность массива солнечных батарей;
- прибавить 40% на потери в аккумуляторе и инверторе;
- прибавить ещё 20% если у вас будет PWM контроллер, если MPPT то не нужно.

Более конкретно лучше рассчитать на основании данных архива погоды по региону.

Цены на солнечные батареи и оборудование сейчас достаточно разнятся, одна и также продукция может по цене в разы отличаться у разных продавцов, поэтому ищите дешевле, и у проверенных временем продавцов. Цены на

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

солнечные батареи сейчас в среднем 70 рублей за ватт, то есть массив батарей в 1кВт обойдётся примерно в 70 тыс.руб.

Качественные специализированные аккумуляторы стоят дорого, аккумулятор 12в 200Ач обойдётся в среднем в 15-20 тыс. рублей. Автомобильные аккумуляторы в два раза дешевле, но их надо ставить в два раза больше, чтобы они прослужили хотя бы лет пять. А так же автомобильные аккумуляторы нельзя ставить в жилых помещениях так как они не герметичны. Специализированные при разряде не более 50% прослужат 6-10 лет, и они герметичные, ничего не выделяют.

1.4 Использование теплового насоса

1.4.1 Теоретические основы работы теплового насоса

В принцип действия теплового насоса [9] положена передача внутренней энергии от более холодного энергоносителя к энергоносителю, имеющему больший температурный уровень. Согласно со вторым законом термодинамики невозможна передача тепловой энергии без каких-либо внешних воздействий с более низкого температурного уровня на более высокий. Поэтому, для осуществления теплонасосного цикла приходится использовать энергию привода компрессора. Процесс передачи энергии в тепловом насосе осуществляется в круговом термодинамическом цикле. Основными энергоносителями в тепловых насосах применяются хладагенты. Хладагент – это жидкость, кипящая при низкой температуре.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

В теплонасосном цикле источниками теплоты являются энергоносители, доставляющие тепловую энергию с низкой температурой. Теплоносители, которые воспринимают тепловую энергию повышенного температурного уровня в тепловом насосе, называют приемниками теплоты. Все теплообменные процессы происходят с помощью конвекции и излучения. В испаритель поступает теплоноситель, служащий источником теплоты, жидкий хладагент испаряется, используя теплоту теплоносителя. Теплота испарения при этом отводится от источника теплоты (при низкой температуре).

Компрессор сжимает пары испарившегося хладагента до высокого давления. Температура паров при сжатии повышается, и в таком температурном уровне теплоту получает теплоприемник.

При повышенном давлении и, следовательно, температуре пары хладагента подаются в конденсатор. В нем происходит процесс теплопередачи, от конденсирующегося хладагента к энергоносителю, который является приемником теплоты. Температура теплоносителя в приемнике теплоты ниже температуры паров хладагента на входе в конденсатор. Жидкий хладагент после конденсатора поступает обратно в испаритель, предварительно пройдя дроссельный вентиль. В регулирующем клапане (дроссельном) давление хладагента снижается до рабочего давления в испарителе. Следовательно, снижается его температура.

Все это означает, что с помощью теплового насоса тепловая энергия передается от низкопотенциального источника теплоты к теплоприемнику с высокой температурой при использовании механической энергии привода компрессора (электрической энергии изначально). Схема теплового насоса отличается от схемы холодильной машины только назначением.

Тепловая мощность (теплопроизводительность) теплового насоса состоит из двух слагаемых: теплоты, подведенной в испарителе от источника теплоты, и мощности привода компрессора, с помощью которой потенциал подведенной тепловой энергии увеличивается.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Термодинамическое определение теплового насоса [10] можно сформулировать следующим образом:

«Тепловой насос является устройством, которое воспринимает теплоту при низкой температуре, при использовании энергии привода компрессора, преобразует энергию в тепловой поток повышенной температуре».

Это определение применимо для тепловых насосов, работающих по компрессионному циклу, а также для абсорбционных насосов и термоэлектрических установок, использующих эффект Пельтье.

Чаще всего, в процессе использования теплоты энергия окружающей среды является конечным этапом процесса. При сжигании органического или ядерного топлива выделяется энергия, которая проходит ряд преобразований, прежде чем принимает нужную для потребителя форму, полностью или частично используется и почти всегда превращается в энергию окружающей среды.

Теоретический принцип, на котором основана работа тепловых насосов, совершенно иной. Здесь энергия окружающей среды используется в качестве источника теплоты вместе с приводной энергией.

На данный момент горячее водоснабжение и отопление городских потребителей осуществляется, в основном, от централизованных систем теплоснабжения.

Преимущества централизованных систем теплоснабжения очевидны. Именно централизованные системы позволяют сосредоточить энергетическое оборудование в одном месте. Высоты дымовых труб позволяют более качественно рассеивать вредные выбросы. Технологии ведения производства настроены на максимальное снижение вредного воздействия на окружающую среду.

Если в качестве источника теплоты используется теплоэлектроцентраль, одновременно вырабатывается электрическая энергия на тепловом потреблении, коэффициент использования энергии на таких станциях очень велик.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Централизованные источники теплоснабжения расходуют меньше топлива и производят меньше вредных выбросов, чем малые котельные той же суммарной мощности. На крупных источниках обязательно имеются резервные мощности, чего чаще всего не делается на малых источниках. Надежность теплоснабжения выше.

Однако в современности возникает ряд проблем. Одна из них связана с изношенностью тепловых сетей и сложностями с их заменой. Вторая связана с огромными тарифами на тепло от централизованных источников, порой совершенно не оправданных. Третья проблема возникает, когда нужно подключать новых абонентов к системам теплоснабжения. Стоимость подключения к существующим источникам часто бывает запредельной.

В связи со всем этим, в России развивается малая энергетика. Надежность современного импортного теплопроизводящего оборудования очень высокая. Создаются котельные, не требующие постоянного присутствия персонала, что позволяет производить тепловую энергию существенно дешевле, чем покупать ее по тарифу у специализированных предприятий.

Однако, на любой котельной для получения теплоты необходимо сжигать органическое топливо. А, значит, транспортировать его до источника теплоты. В результате сжигания образуются вредные выбросы из дымовых труб, что пагубно влияет на окружающую среду.

Последнее время существует тенденция к использованию альтернативных способов теплоснабжения, к которым относятся и теплонасосные установки.

Теоретическая основа теплового насоса – это термодинамические циклы – круговые процессы в термодинамике, т.е. такие процессы, в которых начальные и конечные параметры, определяющие состояние рабочего тела (давление, объем, температура, энтропия) совпадают. Термодинамические циклы используются в тепловых машинах для превращения тепловой энергии в механическую работу, а также для охлаждения/нагрева при использовании обратного цикла. Тепловая машина состоит из рабочего тела, которое и проходит цикл нагревателя и холодильника (с помощью которых меняется состояние рабочего тела).

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

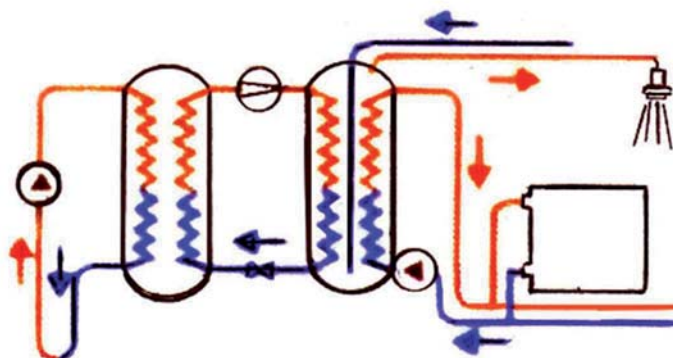


Рис. 1.4.1.1 – Схема контуров теплового насоса

Тепловой насос состоит из трёх контуров: так называемого земляного (реально это может быть воздушный, водный или грунтовый контур), внутреннего и отопительного. В земляном контуре происходит отбор тепла (в разных моделях тепловых насосов температура земляного контура от -13 до $+5^{\circ}\text{C}$), которое внутренний контур «перекачивает», превращая его на подаче в отопительном контуре в температуру $55-65^{\circ}\text{C}$ с помощью рабочего тела (хладагента).

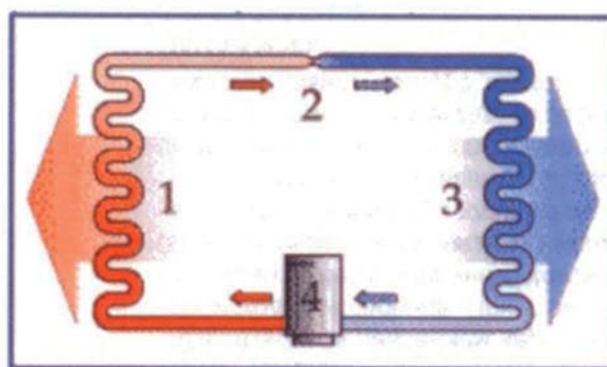


Рис. 1.4.1.2 – Схема теплового насоса

1 – конденсатор; 2 – дроссельный вентиль; 3 – испаритель; 4 – компрессор.

Кроме того, во внутреннем контуре имеется:

- терморегулятор, являющийся управляющим устройством;
- хладагент, циркулирующий в системе (газ с определенными физическими характеристиками).

Хладагент под давлением через дроссельный вентиль поступает в испаритель, где за счёт резкого уменьшения давления происходит испарение. При этом хладагент отнимает тепло у внутренних стенок испарителя, а испаритель, в свою очередь, отбирает тепло у земляного контура, за счёт чего происходит его постоянное охлаждение. Компрессор засасывает из испарителя хладагент, сжимает его, за счёт чего температура хладагента повышается и выталкивает в конденсатор. Кроме того, в конденсаторе нагретый в результате сжатия хладагент отдаёт полученное тепло (температура порядка 85-125 °С) в отопительный контур и окончательно переходит в жидкое состояние. Процесс повторяется вновь. При достижении необходимой температуры терморегулятор размыкает электрическую цепь, и компрессор останавливается. При понижении температуры в отопительном контуре терморегулятор вновь включает компрессор. Хладагент в тепловых насосах совершает обратный цикл Карно.

Для эффективной работы теплонасосной установки выбор рабочего вещества имеет первостепенное значение. К хладагенту в теплонасосной установке предъявляются такие же требования к физическим и химическим свойствам, как и в холодильных машинах.

Идеальное рабочее вещество характеризуется:

- химической стабильностью;
- химической инертностью, по отношению к конструкционным материалам и смазочным маслам;
- невоспламеняемостью;
- низкой стоимостью;
- нетоксичностью;
- низким давлением конденсации;
- низким давлением кипения;
- высокой эффективностью холодильного цикла.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Хотя ни одно вещество не обладает всеми выше упомянутыми характеристиками, хладагент выбирают по наиболее важным из них.

К наиболее распространенным веществам относятся хладагенты марок R12, R22, R502.

Хладагент аммиак, благодаря хорошим термодинамическим свойствам, можно использовать во всех случаях, где он допустим с учетом соблюдения соответствующих правил техники безопасности.

В последнее время в связи с ростом значимости теплонасосных установок повысился интерес к ряду других хладагентов, в особенности к маркам R21, R113, R12B1, прежде всего для интервала высоких температур конденсации.

Для оценки максимально возможной температуры воды для систем отопления приводится максимально допустимая температура конденсации теплового насоса, которая ограничена конструкцией компрессора. При приближении температуры конденсации теплового насоса к критической снижается термодинамическая эффективность цикла и резко ухудшается условие передачи теплоты к нагреваемой среде. Для достижения наиболее высоких температур необходимы рабочие вещества с существенно более высокими критическими температурами. Как правило, эти вещества имеют и более низкие уровни давления.

Диапазон рабочих тел практически безграничен. Каждая жидкость способная испаряться в интервале давлений от 0,1 до 2 МПа, при приемлемой температуре, представляет интерес. Работа при низких давлениях пара ведет к непропорционально большим компрессорам.

Эти соображения составляют диапазон возможных хладагентов от R13B1 до R40, из которого и подбираются подходящие рабочие тела. Все эти вещества весьма близки по степени сжатия и объемному расходу, так что окончательный выбор делается на основе соображений безопасности, энергетической эффективности и стоимости.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

С точки зрения безопасности такие горючие вещества, как пропилен, пропан, метилхлорид, исключаются из рассмотрения. Их нельзя применять в тех случаях, когда не может быть обеспечена удовлетворительная техническая эксплуатация, в частности при теплоснабжении жилищ.

Аммиак нежелателен из-за его токсичности, которая выше только у сернистого ангидрида. Несмотря на это, аммиак все же применяется довольно широко в домашних холодильниках, где накоплен немалый опыт эксплуатации.

Наиболее приемлемым являются негорючие нетоксичные галоидоуглеродные соединения, среди которых можно сделать выбор. Для домашних абсорбционных установок аммиак остается предпочтительным.

Химическая стабильность имеет существенное значение для тепловых насосов. В холодильниках и кондиционерах рабочие жидкости применяют уже много лет, но в тепловых насосах рабочие температуры существенно выше.

Разрушение хладагента в основном происходит на выходе из компрессора в наиболее горячей точке цикла. Здесь металлические поверхности играют роль катализатора разложения хладагента в смеси с небольшим количеством масла, движущегося с большой скоростью. Моделировать такие условия в опытах с запаянными трубками или других испытаниях на совместимость очень трудно. Следует опираться на прямой опыт эксплуатации, который даст возможность указать максимальную температуру длительной выдержки для хладагентов.

Продукты разложения хладагентов обычно имеют кислотный характер. Они оказывают вредное действие на металлические детали и ограничивают ресурс машины.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

R134a представляет собой не разрушающий озоновый слой хладагент, предназначенный для замены R12 в среднетемпературных агрегатах. R134a обладает нулевым потенциалом разрушения озонового слоя, а его потенциал глобального потепления составляет 1300, что гораздо ниже, чем ПГП R12, равного 8500. R134a не воспламеняется во всем диапазоне температур эксплуатации. Однако при сжатии воздухом R134a может образовывать горючие смеси. По этой причине хладагент нельзя смешивать воздухом для проведения испытаний под давлением на предмет выявления утечек. В рамках программы RAFT завершено исследование токсичности R134a. Этот фреон – идеальный хладагент для областей применения, где особое значение придается безопасности и постоянству эксплуатационных характеристик.

Хладагент рекомендуется применять в системах кондиционирования воздуха (с центробежными и объемными компрессорами), охладителях, холодильных системах со средними температурами испарения, бытовых холодильниках, автомобильных и транспортных системах кондиционирования воздуха. В среднетемпературном оборудовании R134a обладает эксплуатационными характеристиками, близкими R12.

Таким образом, для нашего случая наиболее приемлемый вариант хладагент – R134a, имеющий следующие свойства:

- молекулярная масса - 102 г/моль,
- температура кипения - 29,74°C,
- теплоемкость в жидком состоянии - 1,44 кДж/кгК

Применение тепловых насосов всегда требует не только затрат энергии на привод, но и дополнительных источников тепла. Общедоступным источником низкопотенциальной теплоты является атмосферный воздух, который широко используют для малых теплонасосных установок. Однако низкие значения температуры воздуха, теплоемкости и коэффициента теплоотдачи не позволяет достичь приемлемых показателей энергетической эффективности крупных установок, в частности теплонасосных станций, к испарителям которых требуется подводить большие тепловые потоки.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.4.2 Источники тепла для теплового насоса

Применение тепловых насосов всегда требует не только [11] затрат энергии на привод, но и дополнительных источников тепла. Общедоступным источником низкопотенциальной теплоты является атмосферный воздух, который широко используют для малых теплонасосных установок. Однако низкие значения температуры воздуха, теплоемкости и коэффициента теплоотдачи не позволяет достичь приемлемых показателей энергетической эффективности крупных установок, в частности теплонасосных станций, к испарителям которых требуется подводить большие тепловые потоки.

Эффективность теплового насоса во многом зависит от выбора источника низкопотенциальной теплоты, так как повышение эффективности происходит при снижении разности температуры конденсации и температуры кипения рабочего вещества.

1.4.2.1 Земляные коллекторы

Система низкопотенциального контура теплового насоса с использованием земляных коллекторов очень похожа по устройству на контур теплого пола. Змеевики из полиэтилена укладываются под поверхностью земли на глубине 20-30 см ниже глубины промерзания в регионе установки и шагом 50-70 см в зависимости от диаметра трубопроводов. Контур заполняется незамерзающей жидкостью с температурой замерзания не выше минус 15°C, т.к. в отопительный период возможно падение температуры обратной магистрали до $-5 \div -7^\circ\text{C}$.

Главной задачей при эксплуатации системы с земляными коллекторами не допустить перемерзания змеевиков из-за сверхнормативного отбора тепла с поверхности земли, т.к. единственным источником первичной энергии в поверхностном слое является Солнце, в зависимости от теплопроводности грунта и климатических условий в месте установки закладывается цифра удельного отбора мощности для грунта. Расчетом можно определить площадь участка, под которым необходимо проложить коллектор для обеспечения теплового насоса достаточным количеством первичной энергии.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Учитывая климатические зоны, занимаемая змеевиком площадь может стать фактором, препятствующим использованию данной системы обвязки низкопотенциального контура. Также немаловажно, что над проложенным змеевиком не допускается построек, посадка деревьев с мощной корневой системой, т.е. того, что может повредить или затенить поверхность земли. Фактором в пользу этого решения, как правило, становится величина капитальных затрат на устройство низкотемпературного контура теплового насоса: работа не требует специальной квалификации персонала или спецоборудования, кроме экскаватора.

1.4.2.2 Геотермальные зонды

Зонды, в отличие от коллекторов, используют геотермальное тепло коры планеты, что обеспечивает высочайшую стабильность поступления низкопотенциальной энергии. Принципиально устройство геотермального зонда очень просто.

Производится бурение скважины (или нескольких на расстоянии 5-6 м друг от друга) на глубину до 100-150 м), в скважину с помощью груза укладывается петля трубопроводов, представляющая собой 2 U-образных зонда из полиэтилена со специальным «наконечником», и в последствии скважина заливается бентонитом, специальным глиняным раствором, обладающим высокой гидрофильностью и теплопроводностью и не позволяющим смешивать пройденные водоносные горизонты, придавая, при этом, высокую статическую устойчивость. В качестве теплоносителя также используется незамерзающая жидкость с температурой замерзания не выше минус 15°C.

В итоге, по сравнению с земляными коллекторами, зонды конечно требуют больших капитальных вложений, но имеют целый ряд преимуществ:

- Минимальная занимаемая полезная площадь, вплоть до размещения скважин непосредственно под постройкой.
- Стабильность получения тепла, в средних широтах на глубинах уже более 7-10 м поддерживается стабильная в течении года температура 5-10°C.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

- Высочайшая надежность и срок службы (гарантийный срок работы скважины, выполненной специалистами, может достигать 70 лет).

Теплота подземных вод.

Использование тепла грунтовых вод (как подземных, так и поверхностных) может стать неплохой альтернативой грунтовым системам при потребности в больших мощностях теплового насоса или условия легкой доступности водоемов. Организовываются две или более скважины для забора и сброса грунтовых вод, из заборной скважины вода с температурой 3 – 12°C в зависимости от региона подается в теплообменник, необходимый для защиты испарителя теплового насоса от загрязнения, и нагревает незамерзающую жидкость циркулирующую в первичном контуре установки. Охлажденные, до температуры гарантированной для защиты от замерзания, грунтовые воды сбрасываются в скважину расположенную ниже по направлению движения вод.

Данное исполнение низкотемпературного контура отличается высокой эффективностью за счет высоких температур источника тепла, относительной простотой реализации, невысокой стоимостью. Но препятствием к воплощению может стать недостаточный дебет источника и соответствующие проблемы в работе теплового насоса, а значит обязательно проведение дополнительных инженерно-изыскательных работ.

1.4.2.3 Объемные насосы

Объемный насос, это гидравлическая машина, в которой передача энергии жидкости осуществляется за счет изменения объема рабочей камеры. Рабочая камера объемного насоса - герметична и попеременно сообщается с линиями нагнетания и всасывания - входом и выходом насоса.

Объемные насосы обладают рядом свойств, которые обусловлены их принципом действия и отличают их от динамических машин:

1. Цикличность рабочего процесса. Порционность и пульсация подачи, являются следствиями этой цикличности. Подача объемного насоса осуществляется, а порции, причем каждая порция равна полезному объему рабочей камеры.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

2. Герметичность рабочей камеры насоса, т. е. постоянное отделение линии всасывания и нагнетания. По этой причине в объемных насосах довольно часто используют обратные клапаны, поршневые объемные насосы без таких клапанов работать не смогут.

3. Самовсасывание объемных насосов можно назвать следствием предыдущего свойства. Ввиду постоянного разделения линий всасывания и нагнетания объемные насосы способны создать разрежение во всасывающем трубопроводе, достаточное для подъема жидкости до уровня расположения насоса. Высота всасывания жидкости при этом не может быть больше предельной - определяющая высота которой - давление насыщенных паров.

4. Жесткость характеристик, что означает малую зависимость подачи насоса от развиваемого им давления, некоторое падение характеристики обуславливается лишь перетечками рабочей жидкости внутри рабочей камеры насоса. Идеальная подача объемного насоса (в которой не учитываются перетечки - объемный КПД) не зависит от давления.

5. Независимость давления, создаваемого объемным насосом, от скорости движения рабочего органа (например, поршня) и скорости жидкости.

1.4.3 Режимы работы тепловых насосов

Режим работы тепловых насосов зависит главным образом [7] от выбранной или имеющейся системы распределения тепла. В зависимости от модели тепловые насосы Viessmann достигают температур подачи до 65 °С. Для покрытия теплопотребления при более высоких температурах подачи или очень низких наружных температурах может потребоваться дополнительный теплогенератор (моноэнергетический или бивалентный режим работы).

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

1.4.3.1 Моновалентный режим работы

При моновалентном режиме работы тепловой насос обеспечивает все теплоснабжение здания, являясь единственным теплогенератором. Система распределения тепла должна быть рассчитана на температуру подачи ниже максимальной температуры подачи теплового насоса. При определении параметров теплового насоса должны быть, если потребуется, учтены надбавки на перемены в подаче электроэнергии и особые тарифы энергоснабжающей организации.

Моновалентный режим не предполагает резервирования и защиты от отключения, поэтому применять его в нашем случае опасно. В случае отключения электроэнергии, выхода из строя теплонасосной установки, теплица не будет теплоснабжаться, растения получат переохлаждение и есть вероятность их гибели.

1.4.3.2 Бивалентно-параллельный режим

Отопительные установки с бивалентно-параллельным режимом эксплуатации оснащаются как тепловым насосом, так и дополнительным теплогенератором.

Раньше в одно- и двухквартирных домах наряду с воздушно-водяным теплонасосом часто применялся, например, жидкотопливный или твердотопливный котёл. При этом основное теплоснабжение выполнялось теплонасосом. При падении наружной температуры ниже установленного граничного значения, например, ниже 0°C, к работе подключался второй теплогенератор и покрывал часть теплоты.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

1.4.3.3 Бивалентно-альтернативный режим

Отопительные установки с бивалентно-альтернативным режимом эксплуатации тоже оснащаются наряду с теплонасосом также и вторым теплогенератором. Однако, здесь в отличие от бивалентно-параллельного режима теплонасос и второй теплогенератор никогда не работают одновременно. Вместо этого применяется распределение годовой потребности в энергии равными частями между теплонасосом и традиционным отопительным котлом. При превышении определённой наружной температуры, например, выше 3°C, работает исключительно тепловой насос. При более низких температурах теплоснабжение полностью обеспечивается отопительным котлом.

1.4.3.4 Моноэнергетический режим работы

Для покрытия энергетических пиков нагрузки теплонасосные установки, работающие в моноэнергетическом режиме, оснащаются дополнительным электрическим подогревателем, который может поддерживать отопление и, по возможности, приготовление горячей расходной воды. В этом случае дополнительный электрический подогреватель позволяет также временно повышать температуру горячей расходной воды для предотвращения образования бактерий (легионелл).

При проектировании ТНУ с интегрированным дополнительным термоэлектронагревателем можно задавать несколько меньшую мощность и, следовательно, получать более благоприятную стоимость оборудования. При этом важным фактором является точный расчёт, чтобы дополнительный термоэлектронагреватель потреблял как можно меньше электроэнергии.

Экономия по затратам на производительность скважины меньшего по мощности теплонасоса, как правило, не получается, так как в сопоставлении с моновалентным режимом при моноэнергетической эксплуатации увеличивается количество рабочих часов теплонасоса. Это обстоятельство следует учитывать при расчёте источника тепла.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

То есть в этом режиме в качестве источника энергии выступает электроэнергия, используются разные способы ее применения.

1.5 Теплоснабжение от котельной на жидком топливе

Отопительные котлы малой мощности, работающие на жидком топливе, для теплоснабжения частных домов, классифицируются по ряду признаков. Основная классификация котельного жидкотопливного оборудования производится по принципу действия и типу сжигаемого топлива.

Классификация по принципу действия – для сжигания жидкого топлива с минимальным несгораемым остатком, потребуется создать топливовоздушную смесь с оптимальным соотношением топливо-воздух, а также позаботиться о том, чтобы осуществлялся процесс пиролиза. Можно выделить два способа обеспечения перечисленных условий:

1. Предварительное испарение жидкого топлива с поверхности чаши определенной формы. Топливо окисляется медленно, что дает возможность осуществить большой объем испарений, которые дожигаются в специальной камере.

2. Применение в котельной установке факельной горелки. Топливо также подвергается пиролизу, но подготовка смеси, испарение и горение производятся в пламени факела.

Классификация по типу используемого топлива – котёл на жидком топливе для обогрева загородного дома, использующий факельную горелку, универсальный и может работать на дизеле, отработке, мазуте и сниженном газе. Котлы с предварительным испарением, не предназначены для сжигания солярки и газа.

Котельные установки для частного дома, работающие на жидком топливе, также классифицируются по качеству сборки. Котлы, произведенные в заводских условиях, характеризуются надежностью и безопасностью. «Самодельные» установки чаще всего являются работоспособными, но, зачастую, характеризуются недостаточной безопасностью.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Подключение жидкотопливной котельной с большим запасом производительности, приводит к перерасходу топлива на 10-15%. По этой причине, предварительный расчет котла, выполняет специалист. Запас по мощности, не должен превышать 10-15% от фактической потребности в тепловой энергии, с учетом горячего водоснабжения.

Частные жидкотопливные отопительные котлы, изготавливают европейские и отечественные компании. При подборе подходящей модели, учитывают несколько эксплуатационных характеристик:

- Мощность – вычисления делает специалист. Предварительный расчет выполняется по формуле $1 \text{ кВт} = 10 \text{ м}^2$.
- Функциональность – одноконтурные модели, работают на обогрев, двухконтурные, подключаются к системам отопления и ГВС.

В некоторых моделях с двумя контурами, присутствует встроенная накопительная емкость, обеспечивающая равномерную подачу горячей воды во время пиковых нагрузок на горячее водоснабжение.

Помимо подбора по мощности, функциональности и ценовой категории, теплогенератор выбирают, в зависимости от марки производителя и личных предпочтений хозяина дома.

1.6 Комбинированные системы

В пределах частного дома могут одновременно или поочередно использоваться:

- Разные источники тепла (как правило, котлы на разных видах энергии), подключенные к одной, общей отопительной системе;
- Две и более абсолютно независимых системы отопления. Они могут делить дом на несколько отапливаемых разными способами помещений или, при необходимости, заменять друг друга на всей площади здания;
- Один отопительный контур с двумя или несколькими типами отопительных приборов.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Поскольку работа посвящена источникам тепловой энергии, рассмотрим варианты комбинирования разных источников теплоты.

1.6.1 Комбинация газового и дизельного котельного устройства

В единственном отопительном контуре монтируется универсальный котел, предназначенный для использования обоих видов топлива. Переход с солярового масла на газ и обратно требует только замены горелки. Универсальные котлы могут перейти с дизельного топлива на магистральный газ после простой замены горелки.

Использование такого вида комбинации позволит отапливать дом при отключении газа в магистрали, а также в тех случаях, когда дом уже построен и готов к вводу в эксплуатацию, а газовые трубопроводы еще не подведены.

Однако стоимость производимого тепла от жидкотопливного котла в 5-7 раз выше, чем при сжигании природного газа.

1.6.2 Комбинация твердотопливного и электрического котлов

Оба котла параллельно подключены к общему отопительному контуру и работают на нагрев поочередно. В качестве дополнительного элемента обвязки, общего для обоих источников тепла, может выступать теплоаккумулятор — объемный бак с теплоизоляцией, способный долгое время сохранять температуру воды постоянной. От буферной емкости (теплоаккумулятора) запитаны системы отопления и горячего водоснабжения. Можно выделить некоторые преимущества такой системы:

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

- При длительных отключениях электроэнергии всегда можно перейти на твердое топливо (дрова, пеллеты или уголь);
- Если твердое топливо используется в качестве основного источника тепла, электродвигатель выступает в роли страхующего;
- Удобство пользования. Ночью владелец такой отопительной системы может не просыпаться для растопки: достаточно разрешить электродвигателю поддерживать заданную температуру теплоносителя;
- Экономичность при работе на электроэнергии.

На двухставочном тарифе вы можете пользоваться электричеством по более дешевой ночной ставке. Днем, когда киловатт-час стоит втрое дороже, система отопления работает на твердом топливе. Двухтарифный счетчик отдельно учитывает дневное и ночное энергопотребление. Они тарифицируются по разным ставкам.

1.6.3 Комбинация воздушного теплового насоса и дров

В качестве основного источника тепла используется тепловой насос: внешний блок отбирает тепло у окружающего воздуха, воды или земли, внутренний — отдает полученное тепло теплоносителю (воде в контуре отопительной системы). Дополнительный источник энергии — дровяной камин с водяной рубашкой вокруг топки.

Такая схема имеет ряд преимуществ:

Тепловой насос выгоднее любого прибора прямого нагрева (в том числе электродвигателя), поскольку использует низкопотенциальное тепло окружающей среды;

Зависимость эффективности теплового насоса от температуры среды-источника тепла при неизменной температуре внутри дома.;

При $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ на улице придется использовать другой источник тепла.

В этом случае подключается дополнительный теплообменник в камине, печи или твердотопливном котле.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Подключенный к общему с тепловым насосом контуру, он помогает ему греть теплоноситель, а в сильные холода полностью берет на себя отопление дома. В сильные заморозки дом полностью переходит на отопление твердым топливом.

1.6.4 Комбинация солнечных батарей и использования электросети

Солнечные батареи позволяют получить бесплатную электроэнергию от солнца, что позволяет экономить энергоресурсы. Однако, бывают периоды облачности, которые снижают солнечную активность. Тогда энергия не вырабатывается или ее генерируется недостаточно для отопления дома.

При разработке схем энергоснабжения на основе солнечных батарей необходимо учитывать сезонную и суточную неравномерность по приходу солнечной энергии, а также необходимость использования накопителей энергии и источников тока для покрытия дефицита электроэнергии в темное время суток.

Зачастую даже в ясную солнечную погоду солнечная система вырабатывает не максимальную мощность. При полной облачности выработки энергии нет.

Затраты на установку солнечных батарей существенна, срок окупаемости таких систем очень значительный. Большой срок окупаемости говорит о несоизмеримых затратах на установку оборудования и получаемой выгоды. Однако, если стоит вопрос о надежности снабжения потребителей электроэнергией, то применение подобных систем целесообразно.

Однако, нужно комплектовать солнечные электростанции дизельными или газовыми генераторами, чтобы обеспечить электроснабжение жителей в длительные периоды плохой погоды.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Описание объекта исследования

В качестве объекта теплоснабжения рассматривается частный дом.

Стены здания выполнены из пеноблоков, изоляции и облицовочного кирпича. В качестве перекрытий используются железобетонные плиты. За отметку 0.000 принят уровень чистого пола первого этажа. Высота здания 10 м. Количество этажей в здании 2, также имеются цокольный на отм.-2.800 и чердак на отм.+7.000. Размер здания в плане, на отм.0.000: 26,5 x 13,74 м.

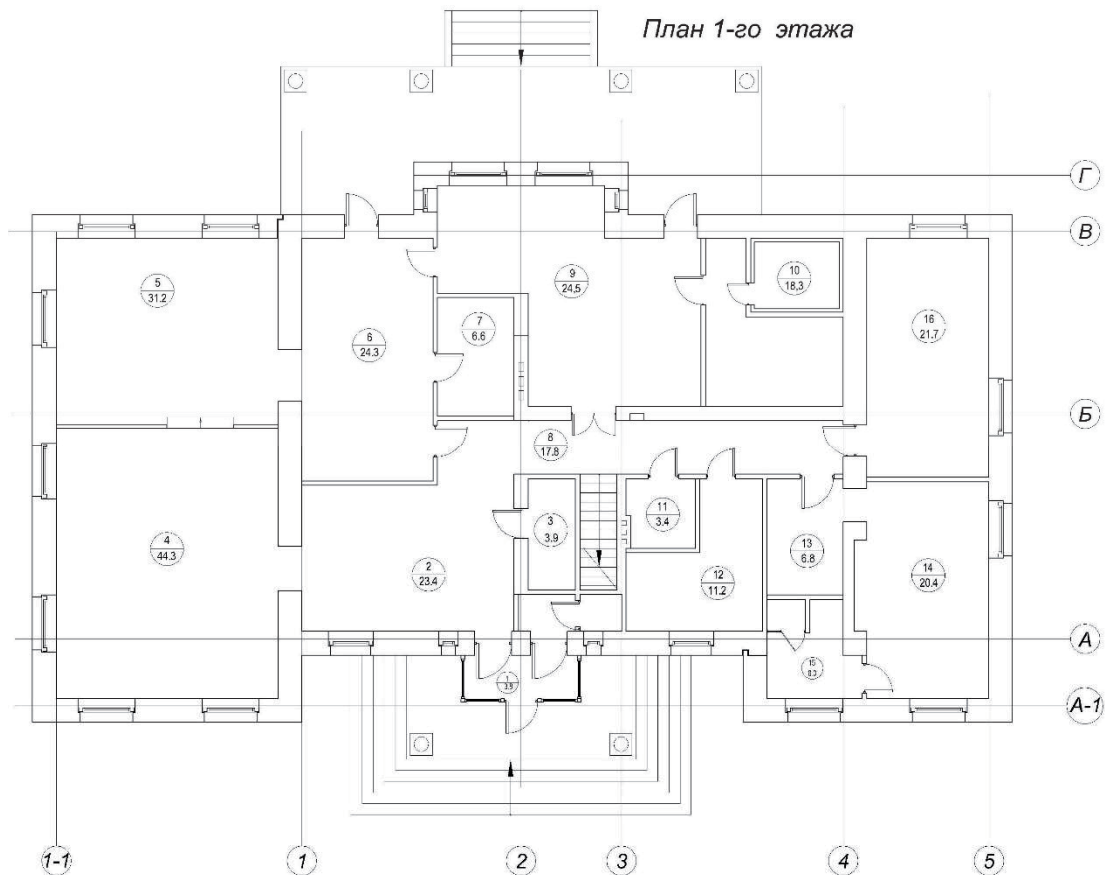


Рис. 2.1.1 - План первого этажа жилого дома

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист 38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

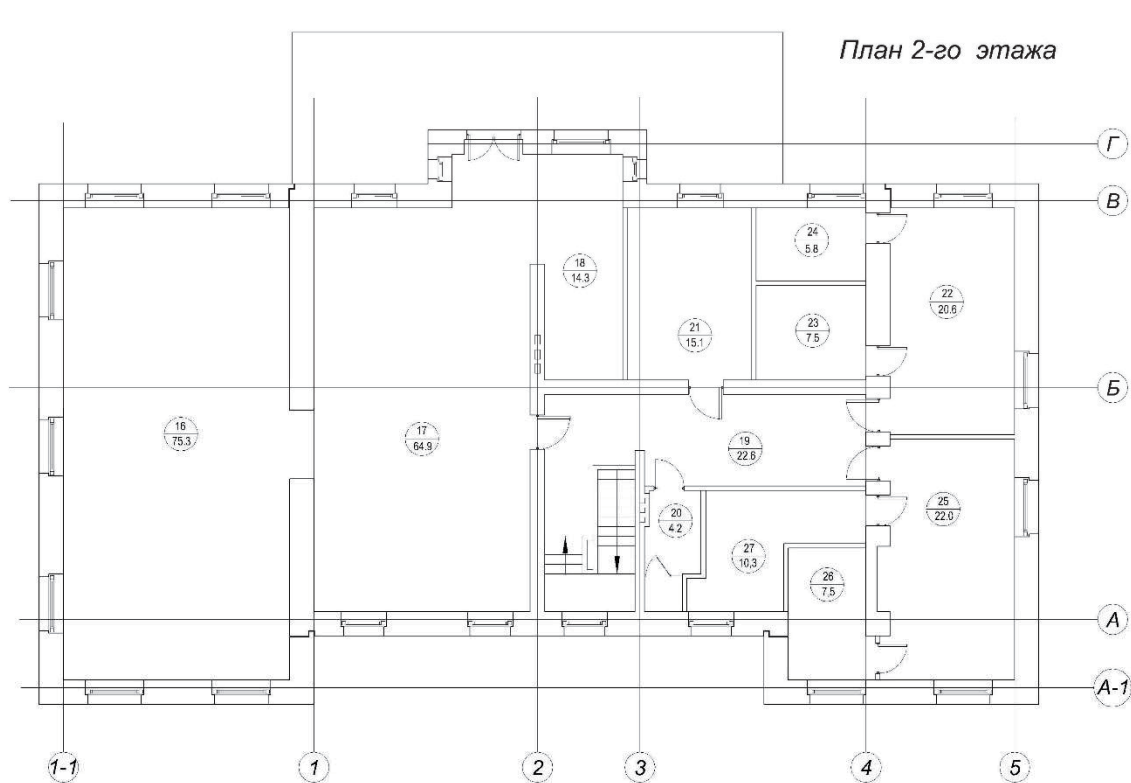


Рис. 2.1.2 - План второго этажа жилого дома

В цокольном помещении здания располагается котельная. На 1 этаже располагаются гостиная, столовая, кухня, сауна, постирочная, игровая, санузлы. На втором этаже располагаются зал, бильярдная, кабинет, три спальни, санузлы. На чердаке расположена венткамера.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Таблица 2.1.1 - Экспликация помещений

№ п/п	Наименование помещения	Площадь помещения, м ²	№ п/п	Наименование помещения	Площадь помещения, м ²
Первый этаж			16	Зал	75,3
1	Тамбур	3,8	17	Бильярдная	64,9
2	Холл	23,4	18	Кабинет	14,3
3	Гардеробная	4,3	19	Коридор	22,6
4	Гостиная	44,3	20	Санузел	4,2
5	Столовая	31,2	21	Спальня	15,1
6	Кухня	24,3	22	Спальня	20,6
7	Кладовая	6,6	23	Гардероб	7,5
8	Коридор	17,8	24	Санузел	5,8
9	Комната отдыха	31,8	25	Спальня	22,0
10	Сауна	15,6	26	Гардероб	11,1
11	Санузел	3,4	27	Санузел	7,1
12	Постирочная	11,2			
13	Гардеробная	6,8			
14	Спальня	20,4			
15	Санузел	6,0			
16	Игровая	21,7			

Район строительства объекта: город Саратов.

Стены здания выполнены из пеноблоков, изоляции и облицовочного кирпича. В качестве перекрытий используются железобетонные плиты. За отметку 0.000 принят уровень чистого пола первого этажа. Высота здания 10 м. Количество этажей в здании 2, также имеются цокольный на отм.-2.800 и чердак на отм.+7.000. Размер здания в плане, на отм.0.000: 26,5 x 13,74 м.

В цокольном помещении здания располагается котельная. На 1 этаже располагаются гостиная, столовая, кухня, сауна, постирочная, игровая, санузел. На втором этаже располагаются зал, бильярдная, кабинет, три спальни, санузел. На чердаке расположена венткамера.

Согласно [1] таб. 1:

1. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92: $t_5^{0,92} = -25^\circ\text{C}$.

2. Средняя температура воздуха, $^\circ\text{C}$, периода со среднесуточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$: $t_{\text{от.пер.}}^8 = -3,5^\circ\text{C}$. ($\leq 8^\circ\text{C}$ – для жилых зданий по СП 23-101-200 «Проектирование тепловой защиты зданий»).

3. Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$: $Z_{\text{от.пер.}}^8 = 188$ сут.

4. Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь: $V_H = 4,4$ м/с.

5. Средняя скорость ветра за период со средней суточной температурой $\leq 8^\circ\text{C}$: 3,3 м/с.

Согласно [1] таб. 2:

Расчетные параметры внутреннего климата для каждого помещения определяем согласно [3], [6] и [7].

2.2 Система отопления дома

Тепловая мощность системы отопления Q_{co} в общем виде равна сумме потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции Q , для помещений, расхода теплоты Q_i на нагревание инфильтрующегося воздуха минус тепловой поток бытовых тепловыделений.

$$Q_{\text{co}} = \Sigma Q + Q_i - Q_h \quad (2.2.1)$$

где Q – основные и добавочные потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции помещения, Вт;

Q_i – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещения, Вт;

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Q_h – суммарный тепловой поток, регулярно поступающий в помещения здания от электрических приборов, освещения, технологического оборудования, коммуникаций, материалов, людей и других источников, Вт.

- коэффициент теплопередачи:

- для наружной стены: $k = 0,33 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.
- для остекления: $k = 1,72 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.
- для входной наружной двери: $k = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.
- для перекрытия чердака: $k = 0,226 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.
- для пола подвала зоны I: $k = 0,48 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.
- для пола подвала зоны II: $k = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.
- для пола подвала зоны III: $k = 0,12 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.
- для пола подвала зоны IV: $k = 0,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

Теплопотери помещения за счёт теплопередачи через наружные ограждения определяется суммированием потерь тепла через наружное ограждение:

$$Q = k_i \cdot F_i \cdot (t_b - t_n) \cdot n_i \cdot (1 + \Sigma\beta) \quad (2.2.2)$$

где: k_i – коэффициент теплопередачи ограждения, $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$;

F_i – площадь поверхности ограждения по наружному обмеру, м^2 ;

t_b – температура помещения, $^{\circ}\text{C}$;

t_n – температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью $0,92 t_5^{0,92}$, $^{\circ}\text{C}$;

n_i – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

β – надбавка к основным теплопотерям.

- коэффициент корректировки перепада температур:

для наружных стен: $n = 1$.

для пола подвала: $n = 1$.

для чердачного перекрытия: $n = 0,9$.

Добавки на ориентацию сторон света:

Северная сторона: $0,1$

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Восточная сторона: 0,1

Южная сторона: 0

Западная сторона: 0,05

Теплопотери помещения за счет инфильтрации наружного воздуха:

$$Q_{\text{инф}} = F \cdot g_{\text{инф}}, \text{ Вт} \quad (2.2.3)$$

где F – площадь отдельной ограждающей конструкции через которую определяется инфильтрация, м^2 .

$$q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot G_i \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot K, \text{ Вт/м}^2 \quad (2.2.4)$$

где $c = 1,005$ кДж/кгК;

$t_{\text{н}} = -28^\circ\text{C}$ – температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

K – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях. $K = 0,8$ – для окон и дверей в отдельных переплётках; $K = 1$ – для окон и дверей в спаренных переплётках;

G_i – расход приточного, предварительно не подогреваемого, инфильтрующегося воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$G_i = \frac{1}{R_{\text{н}}^{\phi}} \cdot \left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)^{2/3} \quad (2.2.5)$$

$R_{\text{н}}^{\phi}$ – сопротивление воздухопроницанию. Для двухкамерных стеклопакетов из ПВХ профилей $R_{\text{н}}^{\phi} = 0,54$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/кг.

$\Delta P_0 = 10$ Па – разность давлений воздуха по обе стороны окна, при которой проводятся исследования.

ΔP – разность давлений по обе стороны окна расчетного помещения, Па.

$$\Delta P = 9,81 \cdot (H - h) \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}) + 0,5 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot v^2 \cdot (c_{\text{е,н}} - c_{\text{е,п}}) \cdot k_i - P_{\text{еi}} \quad (2.2.6)$$

g – ускорение свободного падения $\text{м}/\text{с}^2$.

$H = 10$ м – высота здания.

h – расстояние от земли до верха расчетной ограждающей конструкции, через которую определяется инфильтрация, м.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

v – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь.

ρ_n – плотность наружного воздуха, кг/м³.

$$\rho_n = \rho_o \cdot \frac{273}{273 + t_n} = 1,293 \cdot \frac{273}{273 - 25} = 1,42 \text{ кг/м}^3;$$

ρ_b – плотность внутреннего воздуха, кг/м³.

$$\rho_b = \rho_o \cdot \frac{273}{273 + t_b} = 1,273 \cdot \frac{273}{273 + 20} = 1,2 \text{ кг/м}^3;$$

c_n, c_z – аэродинамические коэффициенты для наветренной и заветренной поверхностей ограждений здания ($c_n = 0,8, c_z = -0,6$);

k_i – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания. $k_i = 0,65$.

P_{ei} – расчетные потери давления в естественной вытяжной системе, Па. Для цокольного этажа $P_{e1} = 0$ Па, для первого этажа $P_{e1} = 2$ Па, для второго этажа $P_{e2} = 4$ Па.

Цокольный этаж.

$$\Delta p_{ц} = 9,81 \cdot (10,0 - 0) \cdot (1,42 - 1,2) + 0,5 \cdot 1,42 \cdot 4,4^2 \cdot (0,8 - (-0,6)) \cdot 0,65 - 0 = 37,3 \text{ Па}$$

Первый этаж:

$$\Delta p_1 = 9,81 \cdot (10,0 - 2,3) \cdot (1,42 - 1,2) + 0,5 \cdot 1,42 \cdot 4,4^2 \cdot (0,8 - (-0,6)) \cdot 0,65 - 2 = 30,3 \text{ Па}$$

Второй этаж:

$$\Delta p_2 = 9,81 \cdot (10,0 - 5,5) \cdot (1,42 - 1,2) + 0,5 \cdot 1,42 \cdot 4,4^2 \cdot (0,8 - (-0,6)) \cdot 0,65 - 4 = 21,4 \text{ Па}$$

Цокольный этаж.

$$G_{o1} = \frac{1}{R_{и}} \cdot \left(\frac{\Delta p_{ц}}{10} \right)^{0,67} = \frac{1}{0,54} \cdot \left(\frac{37,3}{10} \right)^{0,67} = 4,47 \text{ кг/м}^2 \text{ч.}$$

Первый этаж:

$$G_{o1} = \frac{1}{R_{и}} \cdot \left(\frac{\Delta p_1}{10} \right)^{0,67} = \frac{1}{0,54} \cdot \left(\frac{30,3}{10} \right)^{0,67} = 3,9 \text{ кг/м}^2 \text{ч.}$$

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Второй этаж:

$$G_{o_2} = \frac{1}{R_{и}} \cdot \left(\frac{\Delta p_2}{10} \right)^{0,67} = \frac{1}{0,54} \cdot \left(\frac{21,4}{10} \right)^{0,67} = 3,1 \text{ кг/м}^2\text{ч.}$$

Для цокольного этажа получим:

$$Q_{ц} = 0,278 \cdot c_{в} \cdot (t_{в} - t_{н5}) \cdot F \cdot G_{оц} \cdot k = \\ = 0,278 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-25)) \cdot 4,47 \cdot 0,65 \cdot F = 39 \cdot F$$

Для первого этажа получим:

$$Q_1 = 0,278 \cdot c_{в} \cdot (t_{в} - t_{н5}) \cdot F \cdot G_{о1} \cdot k = \\ = 0,278 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-25)) \cdot 3,9 \cdot 0,65 \cdot F = 34 \cdot F$$

Для второго этажа получим:

$$Q_2 = 0,278 \cdot c_{в} \cdot (t_{в} - t_{н5}) \cdot F \cdot G_{о2} \cdot k = \\ = 0,278 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-25)) \cdot 3,1 \cdot 0,65 \cdot F = 27 \cdot F$$

Все расчеты ведем в табличной форме.

Таблица 2.2.1 - Расчет тепловых потерь ограждающими конструкциями

№ помещения	Наименование помещения, температура в помещении	Характеристики ограждающих конструкций							$(t_{в} - t_{н}) n$	Добавочные теплопотери $1 + \Sigma \beta$	Теплопотери инфильтрацией $Q_{инф}$	Суммарные теплопотери, Q
		Наименование	Ориентация	Длина	Ширина	Площадь	k	n				
Цокольный этаж												
1	Подвал 18	П1		2	20,6	41,2	0,48	1	46	1		843,6
		П2		2	20,6	41,2	0,23	1	46	1		412,0
		П3		1,9	3,6	6,8	0,12	1	46	1		34,2
Первый этаж												
2	Холл 20	НС	с	6	3,5	16,2	0,33	1	45	1,1		267,3
		ОК	с	1,1	2	2,2	1,72	1	45	1,1	74,8	262,6
		ОК	с	0,4	1	0,4	1,72	1	45	1,1	13,6	47,7
		ДВ	с	1	2,2	2,2	0,8	1	45	1,1	74,8	161,9

№ помещения	Наименование помещения, температура в помещении	Характеристики ограждающих конструкций							$(t_{в} - t_{н}) \cdot n$	Добавочные теплопотери $1+\Sigma\beta$	Теплопотери инфильтрацией $Q_{инф}$	Суммарные теплопотери, Q
		Наименование	Ориентация	Длина	Ширина	Площадь	k	n				
		П1		2	6	12,0	0,48	1	45	1		257,1
		П2		2	6	12,0	0,23	1	45	1		125,6
4	Гостинная 20	ОК	с	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	95,2	334,2
		ОК	с	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	95,2	334,2
		ОК	в	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	95,2	334,2
		ОК	в	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	95,2	334,2
		НС	с	7,3	3,5	19,95	0,33	1	45	1,1		329,2
		НС	в	8	3,5	22,40	0,33	1	45	1,1		369,6
		П1		2	17,1	34,20	0,48	1	45	1		732,9
		П2		2	11,3	22,60	0,23	1	45	1		236,5
		П3		2	7,3	14,60	0,12	1	45	1		76,4
		П4		2	1,3	2,60	0,07	1	45	1		8,2
5	Столовая 20	ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	95,2	312,4
		ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	95,2	312,4
		ОК	в	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	95,2	334,2
		НС	в	5,7	3,5	17,15	0,33	1	45	1,1		283,0
		НС	ю	6,8	3,5	18,20	0,33	1	45	1		273,0
		П1		2	12,5	25,00	0,48	1	45	1		535,7
		П2		2	8,5	17,00	0,23	1	45	1		177,9
П3		2	4,5	9,00	0,12	1	45	1		47,1		
6	Кухня 20	ДВ	ю	0,9	2	1,80	0,8	1	45	1	61,2	126,0
		НС	ю	3	3,5	8,70	0,33	1	45	1		130,5
		П1		2	3,6	7,20	0,48	1	45	1		154,3
		П2		2	3,6	7,20	0,23	1	45	1		75,3
		П3		2	3,6	7,20	0,12	1	45	1		37,7
		П4		0,7	3,6	2,52	0,07	1	45	1		8,0
9	Комната	ОК	в	0,5	2	1,00	1,72	1	45	1,1	34,0	119,3

№ помещения	Наименование помещения, температура в помещении	Характеристики ограждающих конструкций							$(t_{в} - t_{н}) n$	Добавочные теплопотери $1+\Sigma\beta$	Теплопотери инфильтрацией $Q_{инф}$	Суммарные теплопотери, Q
		Наименование	Ориентация	Длина	Ширина	Площадь	k	n				
	отдыха 20	ОК	з	0,5	2	1,00	1,72	1	45	1,05	34,0	115,5
		ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	95,2	312,4
		ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	95,2	312,4
		НС	в	1,4	3,5	3,90	0,33	1	45	1,1		64,4
		НС	з	1,4	3,5	3,90	0,33	1	45	1,05		61,4
		НС	ю	5,8	3,5	14,70	0,33	1	45	1		220,5
		ДВ	ю	0,95	2	1,90	0,8	1	45	1	64,6	133,0
		НС	ю	2	3,5	5,10	0,33	1	45	1		76,5
		П1		2	9,2	18,40	0,48	1	45	1		394,3
		П2		2	4,2	8,40	0,23	1	45	1		87,9
		П3		2	5,3	10,60	0,12	1	45	1		55,5
10	Сауна 20	НС	ю	4	3,5	14,00	0,33	1	45	1		210,0
		П1		2	4	8,00	0,48	1	45	1		171,4
		П2		2	4	8,00	0,23	1	45	1		83,7
		П3		0,5	4	2,00	0,12	1	45	1		10,5
12	Постирочная 20	ОК	с	1	2	2,00	1,72	1	45	1,1	68,0	238,7
		НС	с	3,7	3,5	10,95	0,33	1	45	1,1		180,7
		П1		2	3,7	7,40	0,48	1	45	1		158,6
		П2		2	1,7	3,40	0,23	1	45	1		35,6
14	Спальня 20	ОК	с	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	95,2	334,2
		ОК	з	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,05	95,2	323,3
		НС	с	4	3,5	11,20	0,33	1	45	1,1		184,8
		НС	з	6,5	3,5	19,95	0,33	1	45	1,05		314,2
		П1		2	10	20,00	0,48	1	45	1		428,6
		П2		2	6	12,00	0,23	1	45	1		125,6

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР

Лист

47

№ помещения	Наименование помещения, температура в помещении	Характеристики ограждающих конструкций							$(t_{в} - t_{н}) n$	Добавочные теплопотери $1+\Sigma\beta$	Теплопотери инфильтрацией $Q_{инф}$	Суммарные теплопотери, Q
		Наименование	Ориентация	Длина	Ширина	Площадь	k	n				
15	Санузел 20	ОК	с	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	95,2	334,2
		НС	с	3,2	3,5	8,40	0,33	1	45	1,1		138,6
		НС	в	1,8	3,5	6,30	0,33	1	45	1,1		104,0
		П1		2	5,4	10,80	0,48	1	45	1		231,4
		П2		2	1,4	2,80	0,23	1	45	1		29,3
16	Игровая	ОК	з	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,05	95,2	323,3
		ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	95,2	312,4
		НС	ю	4	3,5	11,20	0,33	1	45	1		168,0
		НС	з	7,2	3,5	22,40	0,33	1	45	1,05		352,8
		П1		2	11,2	22,40	0,48	1	45	1		480,0
		П2		2	7,2	14,40	0,23	1	45	1		150,7
		П3		2	3,2	6,40	0,12	1	45	1		33,5
Второй этаж												
16	Зал 20	ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	75,6	292,8
		ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	75,6	292,8
		ОК	в	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		ОК	в	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		ОК	в	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		ОК	с	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		ОК	с	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		НС	ю	6,7	3,5	17,85	0,33	1	45	1		267,8
		НС	в	13,7	3,5	39,55	0,33	1	45	1,1		652,6
		НС	с	6,7	3,5	17,85	0,33	1	45	1,1		294,5
		НС	з	1,8	3,5	6,30	0,33	1	45	1,05		99,2
		ПЧ		6	12,5	75,00	0,23	0,9	41	1		685,7
17,	Бильярдная,	ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	75,6	292,8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР

Лист

48

№ помещения	Наименование помещения, температура в помещении	Характеристики ограждающих конструкций							$(t_{в} - t_{н}) n$	Добавочные теплопотери $1+\Sigma\beta$	Теплопотери инфильтрацией $Q_{инф}$	Суммарные теплопотери, Q
		Наименование	Ориентация	Длина	Ширина	Площадь	k	n				
18	кабинет 20	ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	75,6	292,8
		ОК	ю	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1	75,6	292,8
		ОК	в	0,5	2	1,00	1,72	1	45	1,1	27,0	112,3
		ОК	з	0,5	2	1,00	1,72	1	45	1,05	27,0	108,5
		ОК	с	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		НС	ю	5,8	3,5	14,70	0,33	1	45	1		220,5
		НС	в	1,4	3,5	3,90	0,33	1	45	1,1		64,4
		НС	с	6	3,5	18,20	0,33	1	45	1,1		300,3
		НС	з	1,4	3,5	3,90	0,33	1	45	1,05		61,4
		НС	ю	3	3,5	7,70	0,33	1	45	1		115,5
		ПЧ		7,36	10,7	78,8	0,23	0,9	41	1		720,0
	Лестничная клетка 20	ОК	с	1,4	2	2,80	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		НС	с	2,7	7	16,10	0,33	1	45	1,1		265,7
		П1		2	2,7	5,40	0,48	1	45	1		115,7
		П2		2	2,7	5,40	0,23	1	45	1		56,5
		П3		1,7	2,7	4,59	0,12	1	45	1		24,0
		ПЧ		5,74	2,7	15,5	0,23	0,9	41	1		141,7
21	Спальня 20	ОК	ю	1	2	2	1,72	1	45	1	54,0	209,2
		НС	ю	3	3,5	8,5	0,33	1	45	1		127,5
		ПЧ		4,5	3	13,5	0,23	0,9	41	1		123,4
22	Спальня 20	ОК	ю	1,4	2	2,8	1,72	1	45	1	75,6	292,8
		НС	ю	4,6	3,5	13,3	0,33	1	45	1		199,5
		ОК	з	1,4	2	2,8	1,72	1	45	1,05	75,6	303,7
		НС	з	6,6	3,5	20,3	0,33	1	45	1,05		319,7
		ПЧ		6,6	3,3	21,78	0,23	0,9	41	1		199,1
24	Санузел	ОК	ю	1,4	2	2,8	1,72	1	45	1	75,6	292,8

№ помещения	Наименование помещения, температура в помещении	Характеристики ограждающих конструкций							$(t_{в} - t_{н}) n$	Добавочные теплопотери $1+\Sigma\beta$	Теплопотери инфильтрацией $Q_{инф}$	Суммарные теплопотери, Q
		Наименование	Ориентация	Длина	Ширина	Площадь	k	n				
20		НС	ю	2,9	3,5	7,35	0,33	1	45	1		110,3
		ПЧ		2,9	2	5,8	0,23	0,9	41	1		53,0
25	Спальня 20	ОК	с	1,4	2	2,8	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		НС	с	4,6	3,5	13,3	0,33	1	45	1,1		219,5
		ОК	з	1,4	2	2,8	1,72	1	45	1,05	75,6	303,7
		НС	з	6,6	3,5	20,3	0,33	1	45	1,05		319,7
		ПЧ		6,6	3,3	21,78	0,23	0,9	41	1		199,1
26	Гардероб 20	ОК	с	1,4	2	2,8	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		НС	с	2,7	3,5	6,65	0,33	1	45	1,1		109,7
		НС	в	1,9	3,5	6,65	0,33	1	45	1,1		109,7
		ПЧ		2	3,5	7	0,23	0,9	41	1		64,0
27	Санузел	ОК	с	1,4	2	2,8	1,72	1	45	1,1	75,6	314,6
		НС	с	2,7	3,5	6,65	0,07	1	45	1,1		23,2
		ПЧ		4	2,6	10,4	0,23	0,9	41	1		95,1

Примечание: НС – наружная стена, ОК – окно, П1, П2, П3 – зоны пола, ПЧ – перекрытие чердачное

Суммарные теплопотери по зданию составляют: $Q_{зд} = 28311$ Вт.

Расход воды в системе отопления при температурном графике 95/70°C составит:

$$G_{в} = \frac{Q_{о}}{c \cdot (t_{пр} - t_{обр})} = \frac{28,311}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 0,27 \text{ кг/с} = 16,2 \text{ л/мин} = 972 \text{ л/час.}$$

Выбираем насос для системы отопления Циркуляционный насос UNIPUMP UPA 15-90, производительностью 1 м³/час, напором м, мощность двигателя 120 Вт.

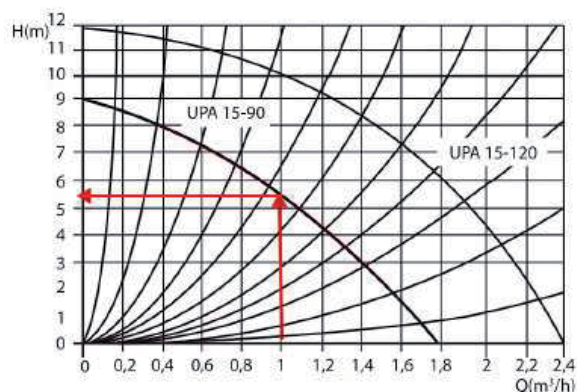


Рис. 2.2.1 - Подбор насоса для системы отопления



Рис. 2.2.2 - Насос UNIPUMP UPA 15-90

2.2.1 Теплоснабжение от автономной газовой котельной

Для обеспечения дома теплом и горячей водой проектируется автономная котельная.

Котельная создается на основе атмосферного напольного котла PROTHERM 40 PLO - 1шт., мощностью 35 кВт (производство Чехия) с автоматикой зима-лето.

Для обеспечения нужд горячего водоснабжения планируется установка бойлера REFLEX ST 200 (200 литров) с термостатом управления.

Обвязка оборудования топочной производится стальными трубами. Прокладка труб производится в теплоизоляции Энергофлекс, толщиной 9 мм.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Топочное помещение должно быть отделено от смежных, стенами с пределом огнестойкости 0,75 ч. и пределом распространения огня по конструкции равным нулю.

Естественное освещение в котельной - из расчета остекления 0,03 м² на 1 м³ помещения.

Ширина внешней двери котельной - не менее 80 см; высота помещения не менее 2,5 м; объем и площадь из условий удобного обслуживания тепловых агрегатов и вспомогательного оборудования, но не менее 15 м³.

В помещении котельной должна предусматриваться вентиляция из расчета: вытяжка в объеме 3-х кратного воздухообмена помещения в час, приток в объеме вытяжки плюс количество воздуха на горение газа.

Регулирование температуры отопления осуществляется трехходовым смесителем, в ручном режиме.

Теплоносителем является вода.

Помещение котельной представляет собой отдельное помещение в цокольном этаже жилого дома, размером 2169 мм (длина) x 1960 мм (ширина) и высотой 2800 мм. Подиумы котельной изготавливаются из монолитного бетона, покрываемого облицовочной плиткой.

Запроектированная котельная предназначена для работы в автоматическом режиме, без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Для визуального контроля за работой котельной, на трубопроводах установлены термометры и манометры.

В котельной предусмотрена двухконтурная система: один контур - отопление, а другой на горячее водоснабжение. Для компенсации температурных изменений объемов воды, в котельной предусмотрены расширительные баки, фирмы Reflex.

Регулирование температуры отопления осуществляется трехходовым смесителем, в ручном режиме, либо термостатом на котле. В процессе эксплуатации, возможно поставить погодозависимую автоматику.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

В котельной предусматривается система котловой и общекотловой автоматики безопасности.

Котловая система автоматики безопасности реализована на базе топочного автомата, поставляемого в комплекте с горелкой.

Котловая система автоматики прекращает подачу топлива к горелке и выдает световую сигнализацию при отклонении следующих параметров:

- повышенное, либо пониженное давление газа;
- погасание пламени горелки;
- отсутствие электроэнергии;
- не герметичность газовых клапанов.

Общекотельная система автоматики безопасности прекращает подачу газа в котельную, путем воздействия на клапан-отсекатель при возникновении следующих ситуаций:

- загазованность помещения котельной горючим газом более 10% НКПР;
- содержание угарного газа в помещении котельной более 100мг/м³;
- пожар в котельной;
- исчезновение электроэнергии.

В системе предусмотрена возможность заливки через сливной кран на котле и подпитки от водопровода горячей воды на бойлере (при этом автоматически исключается возможность попадания жидкости из системы в водопровод).

Греющая вода от котла поступает в бойлер REFLEX ST 200 (200 литров) и возвращается обратно в котел, а нагреваемая вода в систему горячего водоснабжения.

Бойлером REFLEX ST 200 (200 литров) управляет термостат.

Циркуляция воды в системе ГВС осуществляется насосом UP 20-15N.

Крепление трубопроводов выполняется к перекрытиям на подвесках и к стенам здания на кронштейнах.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Трубопроводы котельной выполняются из стальных труб, в верхних точках трубопроводов предусматриваются воздухоотводчики, а в нижних точках - сливные краны.

В проекте запроектирован одностенный дымоход, внутренний диаметр 150 мм, который при выходе из котельной проходит по наружной стене дома. Дымоход выполнен из нержавеющей стали, толщиной 1мм. Дымоход, следует, утеплить по всей длине, базальтовой фольгированной изоляцией (РАОРОС), толщиной не менее 30 мм.

Технические решения, принятые в проекте данной котельной установки, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих в РФ, и обеспечивают безопасную эксплуатацию объекта при соблюдении правил технической эксплуатации и предусмотренных данным проектом требований.

2.2.2 Теплоснабжение от электрической котельной

2.2.2.1 Подбор электрического котла

В качестве электродкотла примем электронагреватель ЭЛВИН ЭВП-30, мощностью 30 кВт.

Электроводонагреватели ЭВП (далее водонагреватели) предназначены для работы в составе автономных систем отопления зданий с естественной и принудительной (насосной) циркуляцией теплоносителя, при давлении не более 0,3 МПа (30м водяного столба) и температуре нагрева воды до 80 °С при напряжении однофазной сети 220В или трехфазной сети 380 В. Водонагреватели могут использоваться автономно или совместно с отопительными котлами, работающими на других видах топлива.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

2.2.2.2 Подключение к сети

Ближайший трансформатор расположен от границы участка в 185 м. От ввода кабеля на участок до месторасположения котельной еще 28 м.

То есть требуется проложить 213 м кабеля.

Сечение кабеля определим из требуемой мощности. Ввод электрической мощности в дом на бытовые электроприборы уже имеется. На питание системы отопления требуется 30 кВт для электрического котла и 3 кВт на двигатель циркуляционного насоса, систему автоматики и запас мощности. Электроэнергию подведем напряжением 380 В.

Используем медный кабель с сечением жилы 50 мм.

2.2.3 Использование солнечных батарей

Использование солнечных элементов схоже с работой других источников электрической энергии, однако, отличается прямой зависимостью от светового потока на их поверхность.

Облака в пасмурную погоду существенно снижают генерируемую мощность солнечной установки до 50%. Небольшой брак при производстве или повреждение при эксплуатации солнечных элементов снижает коэффициент полезного действия. Для генерирования требуемой мощности нужно соединять солнечные элементы по току выхода. Параметры солнечных элементов должны быть однородны.

КПД стандартного солнечного элемента находится в диапазоне от 10 до 15 %. Поэтому элемент размером 0,1х0,1 м может производить от 1 до 1,5 Вт.

Под расчетом фотоэлектрической системы понимается нахождение требуемой мощности модулей, их числа, схемы присоединения; определения типа, а также условий использования и емкости аккумуляторных батарей; типа и характеристик инвертора и управляющего контроллера заряда-разряда; расчет и подбор параметров кабелей, соединяющих всю систему в одно целое и подводящих электроэнергию в систему электроснабжения дома.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Требуемая емкость аккумулятора:

$$C_n = \frac{100}{S_p} \cdot \frac{P_n}{U_n} \cdot \Delta t_{\text{нв}} \quad (2.2.3.1)$$

где P_n – мощность нагрузки, Вт;

S_p – степень разрядки батареи, %;

U_n – напряжение, В;

$\Delta t_{\text{нв}}$ – время работы системы от аккумулятора, час.

$$C_n = \frac{100}{70} \cdot \frac{1550}{24} \cdot 16 = 1500 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

Аккумуляторная батарея с требуемой емкостью C_n складывается из батарей малой емкости за счет параллельного и последовательного соединения.

Если батареи соединить последовательно, то увеличится напряжение, а емкость всей системы будет равна емкости одной ячейки. Параллельное соединение аккумуляторов позволяет при одинаковом напряжении дает сумму емкостей отдельных элементов. Электрическая емкость аккумулятора автономной солнечной электростанции рассчитывается следующим образом:

$$W = C_n U_n \quad (2.2.3.2)$$

Число последовательно установленных аккумуляторных батарей:

$$n = \frac{U_n}{U_{\text{аб}}} = \frac{24}{12} = 2 \quad (2.2.3.3)$$

Число параллельных веток в системе аккумуляции

$$m = \frac{C_n}{C_{\text{аб}}} = \frac{1550}{200} = 6 \quad (2.2.3.4)$$

где $C_{\text{аб}}$ - емкость одной батареи.

Суммарное количество аккумуляторных батарей в установке равно:

$$N = 3 \cdot n \cdot m \quad (2.2.3.5)$$

Значит, в каждой аккумуляторной батарее нужны три группы по четыре аккумулятора по 200 Ач, по схеме 2x2, для обеспечения напряжения 24 В и емкость 400 А ч. И таких батарей нужно 20.

Одним из основных расчетов является определение числа и площади солнечных панелей, для обеспечения потребной мощности и напряжения.

Количество энергии, которое возможно получить от солнечной панели, сильно зависит от погоды. Для приблизительных расчетов нужно выяснить, сколько энергии отдается солнцем на рассматриваемом участке земной поверхности. Учитывается два фактора: средняя за год солнечная радиация, а также ее среднее значение за месяц с наихудшими условиями.

Один модуль сможет генерировать следующее количество электроэнергии:

$$W = \frac{kEP_w}{1000} \quad (2.2.3.6)$$

где E – инсоляция за расчетный период;

$k = 0,5$ ($0,7$) – коэффициент летнего (зимнего) периодов. Этот коэффициент учитывает нагрев панелей на солнце и угол солнечных лучей в течение периода. Для Самарской области инсоляция (усредненная) в марте составляет:

$$E = 2,36 \text{ кВт ч/сут.}$$

Март принят за расчетный период, поскольку в этом месяце наблюдается наименьшая инсоляция в Самарской области за солнечные месяцы, даже зимой солнечная активность выше.

Определим суммарную мощность солнечного модуля:

$$W = \frac{kEP_w}{1000} = \frac{0,7 \cdot 2700 \cdot 200}{1000} = 380 \text{ Вт} \quad (2.2.3.7)$$

380 Вт можно получить в солнечный день, используя один солнечный модуль номинальной мощностью 200 Вт.

Число модулей на каждую систему:

$$N = \frac{1550}{380} = 4.$$

Одним из главных приборов, обеспечивающих эксплуатацию автономной солнечной электрической станции, считается инвертор. Мощность инвертора определяется путем увеличения всей нагрузки на треть. Тогда инвертор даст возможность использовать электроприборы, которые локально потребляют большую мощность.

В рассматриваемом варианте потребляемая мощность одного блока равна 1550 Вт, с запасом определим минимальную мощность требуемого инвертора – 2015 Вт.

Подберем оборудование системы солнечных модулей. Выберем солнечные панели. Батарея Trunsun TSM-200



Рис. 2.2.3.2 - Trunsun TSM-200

Характеристики:

- Мощность 200 Вт.
- Напряжение при работе на нагрузку 36 В.
- Напряжение холостого хода 43,2 В.
- Ток при работе на нагрузку 6,22 А.
- Габаритные размеры 1580x808x35 мм.
- Цена 14500 р.

Понадобится $4 \times 3 \times 20 = 240$ шт. таких панелей. Разместить их на крыше не получится, площадь суммарная при размещении без зазоров потребуется:

$$F_{\text{пан}} = 240 \times 1,58 \times 0,808 = 306,4 \text{ м}^2.$$

Подберем контроллер заряда.

Контроллер выберем встроенный в инвертор для увеличения надежности системы и упрощения эксплуатации.

Остановимся на инверторе Stark Country 3000INV.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59



Рис. 2.2.3.3 - Инвертор Stark Country 3000INV

Данный комплекс включает в себя инвертор, встроенный контроллер и проводное зарядное устройство. Контроллер и инвертор требуются для подключения солнечных модулей. Инвертор StarkCountry3000INV имеет панель управления с показывающим дисплеем, на который выводятся ключевые параметры системы в режиме настройки и эксплуатации.

Для рассматриваемого примера установим десять инверторов, по одному на две системы.

Подберем аккумуляторы для системы.

Для нашей установки понадобится 4x3x20 батареи ChallengerA12-200, присоединенных 2x2, что даст требуемую емкость и расчетное напряжение 24В.



Рис. 2.2.3.4 - ChallengerA12-200

Аккумуляторные модули ChallengerA12-200 представляют собой необслуживаемые батареи типа VRLA.

В них электролит жидкий. Межпластиновые промежутки заполнены микропористым веществом-сепаратором. Сепаратор не дает кислоте растекаться.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

2.2.4 Использование теплового насоса

Принципиальная тепловая схема теплового насоса представлена на рисунке.

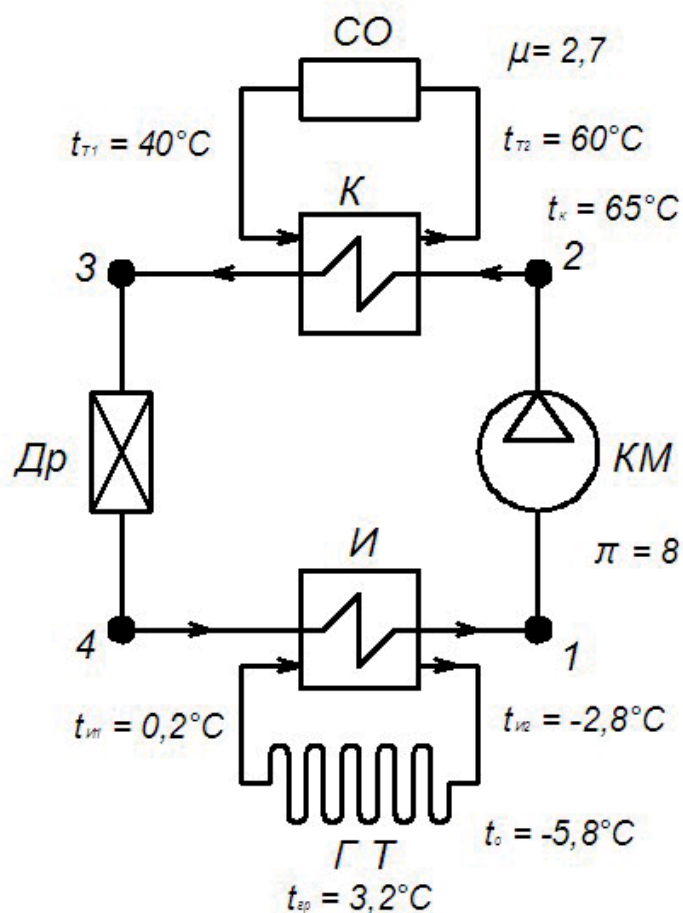


Рис. 2.2.4.1 Расчетная схема теплового насоса

Теоретическая основа теплового насоса [14] – это термодинамические циклы – круговые процессы в термодинамике, т.е. такие процессы, в которых начальные и конечные параметры, определяющие состояние рабочего тела (давление, объём, температура, энтропия) совпадают. Термодинамические циклы используются в тепловых машинах для превращения тепловой энергии в механическую работу, а также для охлаждения/нагрева при использовании обратного цикла. Тепловая машина состоит из рабочего тела, которое и проходит цикл нагревателя и холодильника (с помощью которых меняется состояние рабочего тела).

Тепловой насос состоит из трёх контуров: так называемого земляного (или грунтового контура), внутреннего и отопительного. В земляном контуре происходит отбор тепла (в разных моделях тепловых насосов температура земляного контура от -13 до +5°C), которое внутренний контур «перекачивает», превращая его на подаче в отопительном контуре в температуру 40-60°C с помощью рабочего тела (хладагента).

Пар хладагента сжимается в компрессоре КМ до высокого давления и поступает в конденсатор КД. В нем пар хладагента конденсируется, отдавая теплоту воде из системы отопления СО. Далее хладагент дросселируется в дроссельном клапане Др до давления, при котором происходит испарение в испарителе И. Испарение хладагента осуществляется с подводом низкопотенциального тепла от грунта. Тепло от грунта получаем в грунтовом теплообменнике ГТ с помощью промежуточного теплоносителя. Цикл замыкается.

Зададим температуру охлаждаемого теплоносителя – НПИТ (низкопотенциального источника теплоты). Так как расход теплоносителя НПИТ неизвестен, то принимаем температуру теплоносителя НПИТ на выходе из испарителя – $t_{и2}$, которая должна быть ниже температуры НПИТ на входе в испаритель $t_{и1}$ на $\Delta t_{и}$:

$$t_{и2} = t_{и1} - \Delta t_{и} \quad (2.2.4.1)$$

где $\Delta t_{и}$ – разность температур, принимаемая в зависимости от типа испарителя, теплоносителя НПИТ и условий теплообмена. Задаем $\Delta t_{и} = 3^{\circ}\text{C}$.

Температура теплоносителя НПИТ на входе в испаритель – $t_{и1}$ должна быть ниже температуры грунта $t_{гр}$ на $\Delta t_{гр}$:

$$t_{и1} = t_{гр} - \Delta t_{гр} \quad (2.2.4.2)$$

где $\Delta t_{гр}$ – разность температур между грунтом и температурой теплоносителя на выходе из грунтового теплообменника. Задаем $\Delta t_{гр} = 3^{\circ}\text{C}$.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Температура грунта в районе города Саратов и области на глубине 1 м в самый неблагоприятный месяц (февраль) $t_{гр} = 3,2^{\circ}\text{C}$.

Тогда

$$t_{И1} = t_{гр} - \Delta t_x = 3,2 - 3 = 0,2^{\circ}\text{C}.$$

$$t_{И2} = t_{И1} - \Delta t_{И} = 0,2 - 3 = -2,8^{\circ}\text{C}$$

Для грунтового теплообменника в качестве промежуточного теплоносителя используем 20% водный раствор этиленгликоля. Температура замерзания такого раствора -10°C . Этого достаточно для предотвращения ледяных пробок в грунтовом теплообменнике.

Свойства такого теплоносителя:

- плотность $\rho_{вэ} = 1036 \text{ кг/м}^3$;
- теплоемкость $c_{вэ} = 3,87 \text{ кДж/кгК}$;
- теплопроводность $\lambda_{вэ} = 0,5 \text{ Вт/мК}$;
- динамическая вязкость $\mu_{вэ} = 3,11 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$;
- кинематическая вязкость $\nu_{вэ} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- число Прандтля $Pr = 31$

Температура кипения должна быть ниже минимальной температуры теплоносителя НПИТ $t_{И2}$ на Δt_o , где Δt_o – разность температур в испарителе, принимаемая в зависимости от типа испарителя и условий теплообмена. Зададимся $\Delta t_o = 3^{\circ}\text{C}$. Тогда

$$t_o = t_{И2} - \Delta t_o = -2,8 - 3 = -5,8^{\circ}\text{C}$$

При охлаждении конденсатора с применением теплоносителя температура конденсации рабочего тела должна быть на Δt_k выше температуры теплоносителя на выходе из конденсатора – $t_{т2}$:

$$t_k = t_{т2} + \Delta t_k \quad (2.2.4.3)$$

где $t_{т2}$ – температура теплоносителя на выходе из конденсатора;

Δt_k - разность температур в конденсаторе, принимаемая в зависимости от типа конденсатора и условий теплообмена.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Задавшись необходимыми параметрами, рассчитаем температуру конденсации: $t_k = t_{T2} + \Delta t_k = 60 + 5 = 65^\circ\text{C}$.

Исходя из расчетов, выбираем в качестве рабочего тела насоса фреон R134a. Хладагент R134a — это гидрофторуглеродное соединение (НГС), имеет нулевой озоноразрушающий потенциал и повсеместно считается идеальным хладагентом для работы в условиях высоких температур кипения и конденсации. R134a — это беспримесный хладагент, который имеет нулевое температурное «скольжение».

Формула хладагента CF_3CFH_2 (тетрафторэтан). Молекула R134a имеет меньшие размеры, чем молекула R12, что делает более значительной опасность утечек.

Хладагент R134a нетоксичен и не воспламеняется во всем диапазоне температур эксплуатации. Однако при попадании воздуха в систему и сжатии могут образовываться горючие смеси. Пар R134a разлагается под влиянием пламени с образованием отравляющих и раздражающих соединений, таких, как фторводород.

Физические свойства R134a:

- Марка: фреон 134, фреон r134a (134a)
- Потенциал разрушения озона (ODP) 0,000
- Потенциал глобального потепления (GWP) 1300
- Плотность насыщенной жидкости при 25°C 1160 кг/м³
- Давление паров насыщенной жидкости при 25°C 667 кПа (абс)
- Температура плавления -101°C
- Нормальная температура кипения ($P = 0,1$ МПа) $-26,5^\circ\text{C}$
- Критическая температура $101,5^\circ\text{C}$
- Критическое давление 4,06 МПа

Произведем расчет термодинамического цикла рабочего тела в трансформаторе теплоты.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Для автоматизации расчетов воспользуемся программным средством Solkane 6.0.0.3.

Тепловая схема для расчета представлена на рисунке:

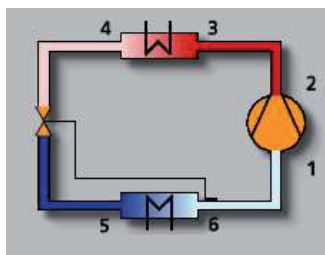


Рис. 2.2.4.2 - Тепловая схема для расчета

Исходные данные для расчетов представлены на рисунке:

Испаритель		Конденсатор	
Температура	-5,80 °C	Температура	65,00 °C
Перегрев	0,00 K	Переохлаждение	0,00 K
Потеря давления	0,00 bar	Потеря давления	0,00 bar
Холодопроизводительность	15,0 kW	Расчет	

Рис. 2.2.4.3 - Исходные данные

Первичные результаты расчетов представлены на рисунке:

Производитель		Одноступенчатый процесс	
Испаритель	15,0 kW	Отношение давлений	8,01
Конденсатор	23,2 kW	Разность давлений	16,54 bar
Компрессор	8,16 kW	Массовый расход	150,77 g/s
		Объемная подача	46,25 m ³ /h
		Объемная холодопроизводительность	1168 kJ/m ³
Всасывающий трубопровод	0,000 kW	Холодильный коэффициент	1,84
Нагнетательный трубопровод	0,000 kW		

Рис. 2.2.4.4 - Первичные результаты расчетов

Мощность конденсатора получилась выше заданной. Подбрав мощность конденсатора, получим нужную мощность компрессора, которая будет расчетной.

Производитель		Одноступенчатый процесс	
Испаритель	12,6 kW	Отношение давлений	8,01
Конденсатор	20,0 kW	Разность давлений	16,54 bar
Компрессор	7,44 kW	Массовый расход	126,65 g/s
		Объемная подача	38,85 m ³ /h
		Объемная холодопроизводительность	1168 kJ/m ³
Всасывающий трубопровод	0,000 kW	Холодильный коэффициент	1,69
Нагнетательный трубопровод	0,000 kW		

Рис. 2.2.4.5 - Результаты расчетов

Показатели термодинамического цикла:

	p	t	v	h	s	x
	bar	°C	dm ³ /kg	kJ/kg	kJ/kgK	--
1	2,36	-5,80	85,20	395,09	1,7302	
2s	18,90	72,69	10,77	438,39	1,7302	
2	18,90	84,87	11,86	453,85	1,7742	
3	18,90	84,87	11,86	453,85	1,7742	
3'	18,90	65,00	9,97	427,84	1,6994	
3-4m	18,90	65,00	N.N.	361,72	1,5041	
4'	18,90	65,00	0,97	295,60	1,3089	
4	18,90	65,00	0,97	295,60	1,3089	
5	2,36	-5,80	43,79	295,60	1,3581	0,510
5-6m	2,36	-5,80	N.N.	345,34	1,5442	
6'	2,36	-5,80	85,20	395,09	1,7302	
6	2,36	-5,80	85,20	395,09	1,7302	

Рис. 2.2.4.6 - Показатели термодинамического цикла

Термодинамический цикл в T, s и p, h – диаграммах представлен на рисунках. Коэффициент трансформации теплоты в цикле:

$$\mu = \frac{Q_k}{Q_k - Q_{и}} = \frac{20}{20 - 12,6} = 2,7 \quad (2.2.4.4)$$



Рис. 2.2.4.7 - Схема грунтового теплообменника

Из расчета испарителя получено, что необходимо нагреть $G = 1,1$ кг/с раствора этиленгликоля с температуры минус $2,8^{\circ}\text{C}$ до температуры $0,2^{\circ}\text{C}$. Температура грунта в районе строительства $3,2^{\circ}\text{C}$.

Свойства раствора этиленгликоля:

- плотность $\rho_{вэ} = 1036$ кг/м³;
- теплоемкость $c_{вэр} = 3,87$ кДж/кгК;
- теплопроводность $\lambda_{вэ} = 0,5$ Вт/мК;
- динамическая вязкость $\mu_{вэ} = 3,11 \cdot 10^{-3}$ Па·с;
- кинематическая вязкость $\nu_{вэ} = 3 \cdot 10^{-6}$ м²/с;
- число Прандтля $Pr = 31$.

Для прокладки в грунте использует металлопластиковую трубу 20x2,0.

Примем к установке 4 контура теплоносителя. Тогда скорость раствора в трубках будет равна:

$$v = \frac{4 \cdot G}{\rho \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n_{\text{к}}} = \frac{4 \cdot 1,1}{1036 \cdot 3,14 \cdot 0,016^2 \cdot 4} = 1,32 \text{ м/с} \quad (2.2.4.5)$$

Расчет коэффициента теплоотдачи от грунта к трубке проведем по двум методикам и сравним результаты.

Первая методика описана в электронном журнале энергосервисной компании «Экологические системы», №2 от февраля 2009.

Согласно методике, линейное термическое сопротивление грунта R , мК/Вт, определяется по формуле:

$$R = G/\lambda \quad (2.2.4.6)$$

где λ – теплопроводность грунта, Вт/(К • м),

G – фактор, учитывающий нестационарность теплообмена в грунте при сменяющихся циклах направления теплового потока от цилиндрического теплообменника в грунт и от грунта к теплообменнику. Величина этого фактора связана с критерием Фурье Fo :

$$G = f(Fo) \quad (2.2.4.7)$$

Число Фурье – это один из критериев подобия нестационарных тепловых процессов, которым характеризуется соотношение между скоростью изменения тепловых условий в окружающей среде и скоростью перестройки температурного поля внутри рассматриваемой системы. Число Фурье зависит от размеров тела и коэффициента его теплопроводности. Применительно к рассматриваемой задаче:

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{d^2} \quad (2.2.4.8)$$

где a – коэффициент температуропроводности грунта, м²/сут;

τ – цикл в сутках, в течение которого происходит изменение направления теплового потока;

Нужно вычислять число Фурье трижды, поскольку оно влияет на величины термического сопротивления грунта. Авторы методики рекомендуют при этом задаваться значениями $\tau = 365$ (а), 30 (м) и 1 (д) суток соответственно, что отвечает интервалам времени в год, один месяц и сутки. Логику такой рекомендации понять трудно. Приходится предположить, что авторы методики используют теоретически подходящее число Фурье, манипулируя им с целью подогнать вычисления под практически проверенный результат. Мы смело последуем их примеру, поскольку результат, который практически проверен – это как раз то, что нас более всего интересует.

Свойства почвы определяется на месте геологическими испытаниями, почвы влажные, суглинистые.

Для таких почв коэффициент температуропроводности $a = 0,07$ м²/сут, а теплопроводности $\lambda = 1,59$ Вт/мК.

Итак: $\tau_a = 365$ сут, $\tau_m = 30$ сут, $\tau_d = 1$ сут.

Числа Фурье:

$$Fo_a = \frac{a \cdot \tau_a}{d^2} = \frac{0,07 \cdot 365}{0,02^2} = 63875,$$

$$Fo_m = \frac{a \cdot \tau_m}{d^2} = \frac{0,07 \cdot 30}{0,02^2} = 5250,$$

$$Fo_d = \frac{a \cdot \tau_d}{d^2} = \frac{0,07 \cdot 1}{0,02^2} = 175$$

Факторы, учитывающие нестационарность теплообмена в грунте:

$$G_a = 0,0756 \cdot \ln(Fo_a) + 0,0927 = 0,0756 \cdot \ln(63875) + 0,0927 = 0,9292,$$

$$G_m = 0,0756 \cdot \ln(Fo_m) + 0,0927 = 0,0756 \cdot \ln(5250) + 0,0927 = 0,74,$$

$$G_d = 0,0756 \cdot \ln(Fo_d) + 0,0927 = 0,0756 \cdot \ln(175) + 0,0927 = 0,483.$$

Линейные термические сопротивления грунта:

$$R_a = \frac{G_a}{\lambda} = \frac{0,9292}{1,59} = 0,5844 \text{ мК/Вт},$$

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

$$R_m = \frac{G_m}{\lambda} = \frac{0,74}{1,59} = 0,4654 \text{ мК/Вт},$$

$$R_d = \frac{G_d}{\lambda} = \frac{0,483}{1,59} = 0,3 \text{ мК/Вт}.$$

Коэффициенты учета составляющих: $k_a = 1,04$, $k_m = 1,26$, $k_d = 1,42$.

Среднее линейное термическое сопротивление грунта:

$$\begin{aligned} R_{гр}^л &= \frac{k_a \cdot R_a + k_m \cdot R_m + k_d \cdot R_d}{3} = \\ &= \frac{1,04 \cdot 0,5844 + 1,26 \cdot 0,4654 + 1,42 \cdot 0,3}{3} = 0,54 \text{ мК/Вт} \end{aligned}$$

Термическое сопротивление грунта, приведенное к единице площади поверхности трубы:

$$R_{гр} = R_{гр}^л \cdot \pi \cdot d = 0,54 \cdot 3,14 \cdot 0,02 = 0,0339 \text{ м}^2\text{К/Вт} \quad (2.2.4.9)$$

Вторая методика, которой мы воспользуемся, изложена в книге под ред. Н.К.Громова «Водяные тепловые сети: Справочное пособие», 1988 г.

По этой методике термическое сопротивление массива грунта вокруг трубы определяется по формуле:

$$\begin{aligned} R_{гр} &= \frac{d}{2 \cdot \lambda_{гр}} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot h}{d} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot h}{d} \right)^2 - 1} \right) = \\ &= \frac{0,02}{2 \cdot 1,59} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot 1,2}{0,02} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 1,2}{0,02} \right)^2 - 1} \right) = 0,0345 \text{ м}^2\text{К/Вт} \end{aligned}$$

Как видно, две разные методики расчета дали очень близкие результаты. За расчетное термическое сопротивление массива грунта вокруг трубы примем среднюю величину:

$$R_{гр} = (0,0339 + 0,0345) / 2 = 0,0342 \text{ м}^2\text{К/Вт} \quad (2.2.4.10)$$

Определяем режим течения раствора в трубках.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Число Рейнольдса:

$$Re_{ж} = \frac{v \cdot d_{вн}}{\nu} = \frac{1,32 \cdot 0,016}{3 \cdot 10^{-6}} = 7040 \text{ - турбулентный режим течения;}$$

Число Нуссельта:

$$Nu_{ж} = 0,021 \cdot Re_{ж}^{0,8} \cdot Pr_{ж}^{0,43} = 0,021 \cdot 7040^{0,8} \cdot 31^{0,43} = 110 \quad (2.2.4.11)$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны воды:

$$\alpha_w = \frac{Nu_{ж} \cdot \lambda_{вэ}}{d_{вн}} = \frac{110 \cdot 0,5}{0,016} = 3437 \text{ Вт/м}^2\text{К} \quad (2.2.4.12)$$

Теплопроводность стенки металлопластиковой трубы 0,43 Вт/мК (по данным изготовителя), накипь на ее поверхности не образуется.

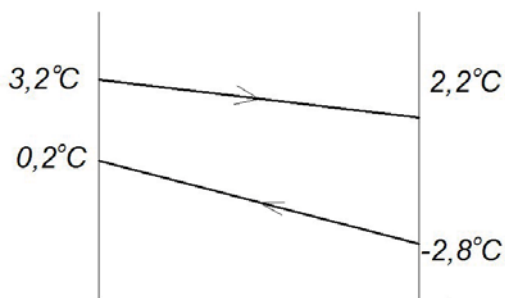
Средний коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{1}{R_{тр} + \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_{тр}}{\lambda_{тр}}} = \frac{1}{0,0342 + \frac{1}{3437} + \frac{0,002}{0,43}} = 25,5 \text{ Вт/м}^2\text{К} \quad (2.2.4.13)$$

Температура теплоносителя на входе: $t_1 = -2,8^\circ\text{C}$

Температура на выходе: $t_2 = 0,2^\circ\text{C}$.

Примем, что температура грунта изменяется на 1°C , т.е. он охлаждается от $3,2$ до $2,2^\circ\text{C}$ (в наихудших условиях).



Большая разность температур:

$$\Delta t_6 = t_{гр2} - t_1 = 2,2 - (-2,8) = 5^\circ\text{C}.$$

Меньшая разность температур:

$$\Delta t_m = t_{гр1} - t_2 = 3,2 - (0,2) = 3^\circ\text{C}.$$

Среднелогарифмическая разность температур:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} = \frac{5 - 3}{\ln \frac{5}{3}} = 3,92^\circ \text{C}.$$

Требуемая поверхность теплообмена:

$$F = \frac{Q_k}{k \cdot \Delta t} = \frac{G \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1)}{k \cdot \Delta t} = \frac{1,1 \cdot 3,87 \cdot 10^3 \cdot (0,2 - (-2,8))}{25,5 \cdot 3,92} = 127,8 \text{ м}^2 \quad (2.2.4.14)$$

При расположении труб в один ход по раствору нужная длина трубок:

$$l_{\text{тр}} = \frac{F_{\text{тр}}}{\pi \cdot d} = \frac{127,8}{3,14 \cdot 0,02} = 2034 \text{ м} \quad (2.2.4.15)$$

В каждом контуре длина трубок:

$$l_{\text{тр}}^{\text{к}} = \frac{l_{\text{тр}}}{n} = \frac{2034}{4} = 508,5 \text{ м}. \quad (2.2.4.16)$$

Использовать грунтовый теплообменник горизонтального типа не выгодно, т.к. (это видно из расчета и конструктивно) он занимает большую площадь поверхности земли.

Использование грунтового теплообменника вертикального типа более выгодно:

1. меньшая затрата площади поверхности,
2. на глубине температура почвы более высокая,
3. в испаритель промежуточный теплоноситель придет с большим запасом температуры.

Для оценки уровня температуры на разных глубинах воспользуемся результатами работы исследования Корнеевой И.А. и Локощенко М.А. «Многолетние изменения температуры грунта на разных глубинах в Москве». По данным измерений градиент температуры на глубине от 1,6 м до 3,2 м составил $\Delta t_{\text{гр}} = 0,55^\circ \text{C}/\text{м}$.

Глубина скважины 24 метра.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

За неимением других, более подробных данных, примем, что температура грунта с глубиной увеличивается линейно, тогда скважина глубиной 24 м достигнет слоя земли с температурой:

$$t_{24}^{гп} = t_{гп} + h \cdot \Delta t_{гп} = 3,2 + (24 - 1,6) \cdot 0,75 = 20^{\circ}\text{C}$$

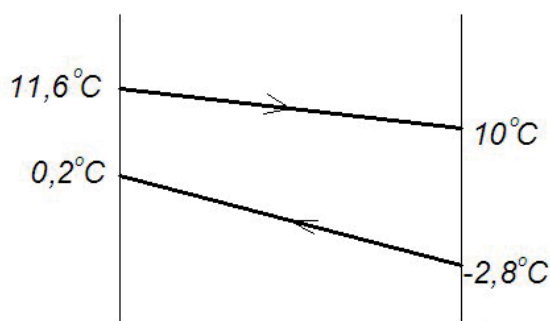
Температура теплоносителя на входе: $t_1 = -2,8^{\circ}\text{C}$

Температура на выходе: $t_2 = 0,2^{\circ}\text{C}$.

Средняя температура грунта:

$$\frac{20 + 3,2}{2} = 11,6^{\circ}\text{C}.$$

Примем, что температура грунта изменяется на $1,6^{\circ}\text{C}$, т.е. он охлаждается (по средней температуре) от $11,6$ до 10°C .



Большая разность температур:

$$\Delta t_{\delta} = t_{гп2} - t_1 = 10 - (-2,8) = 12,8^{\circ}\text{C}.$$

Меньшая разность температур:

$$\Delta t_{м} = t_{гп1} - t_2 = 11,6 - (0,2) = 11,4^{\circ}\text{C}.$$

Среднелогарифмическая разность температур:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}}} = \frac{12,8 - 11,4}{\ln \frac{12,8}{11,4}} = 12,1^{\circ}\text{C}.$$

При использовании вертикального грунтового теплообменника температурный напор больше в три раза.

Более того, теплообмен интенсивнее, что оценить сложно.

Таким образом, вертикальный грунтовой теплообменник выгоднее горизонтального.

2.2.5 Теплоснабжение от котельной на жидком топливе

На необходимую мощность подойдет котел Kiturami Turbo-30R, мощностью 30 кВт.

Жидкотопливный котёл Kiturami Turbo-30R предназначен для отопления частных домов, а также для организации горячего водоснабжения.

Для работы платы управления жидкотопливного котла требуется его подключение к электрической сети 220 В.

Закрытая камера сгорания (по-другому такие котлы называют турбированными) подразумевает наличие в данном котле вентилятора, который принудительно осуществляет забор воздуха и удаление продуктов сгорания на улицу или коллективный дымоход. Для таких котлов обычно используют коаксиальные дымоходы — «труба в трубе».

Теплота сгорания жидкого топлива: 42650 кДж/кг.

максимальный расход топлива:

$$B_p = \frac{Q}{Q_n^p \cdot \eta_k} = \frac{30}{42650 \cdot 0,9} = 0,0112 \text{ кг / с} = 40,33 \text{ кг / час} \quad (2.2.5.1)$$

Емкость топлива должна содержать 10-ти дневный запас горючего, что составит:

$$V_{тб} = \frac{B_p \cdot 24 \cdot n_{зап}}{\rho_T} = \frac{40,33 \cdot 24 \cdot 10}{0,84} = 11522 \text{ л} = 12 \text{ м}^3 \quad (2.2.5.2)$$

2.2.6 Комбинированные системы

Для комбинирования предлагается двухтопливный котел (на газе и дизельном топливе).

Можно комбинировать солнечные панели с электрической схемой, но их требуемая площадь по расчету получилась колоссальна.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

3 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Сравнение капитальных вложений

Расчет капитальных вложений в саму систему отопления с циркуляционным насосом рассчитывать не требуется, так как она сооружается в любом варианте и затраты на нее не влияют на сравнение.

3.1.1 Подключение к централизованному источнику теплоснабжения

Теплотрасса от Саратовской ТЭЦ проходит в 750 м от дома (по прямой).
Онлайн калькулятор на сайте <http://www.minstroy.saratov.gov.ru> рассчитал стоимость подключения 0,025 Гкал/час (30 кВт) с прокладкой теплотрассы диаметром 32 мм в 5 010 000 руб.

3.1.2 Сооружение газовой котельной

Подключение к газовой магистрали:

- проект газоснабжения дома 25000 р.;
- согласование проекта 2000 р.;
- подключение газопровода до участка 58000 р.;
- разводка труб до дома, необходимая арматура с монтажом (ориентировочно) 62000 р..
- Котел газовый с системой автоматики 62400 р.
- Монтаж всей системы 45000 р.
- Получение разрешения на эксплуатацию 3500 р.

Общие капитальные затраты 257 900 руб.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

3.1.3 Сооружение электрической котельной

1. Сооружение электрической котельной на основе электродкотла.

Стоимость подключения:

$$S_{\text{подкл}} = N_{\text{тр}} \times C_{\text{подкл}} = 33 \times 4680 = 154\,440 \text{ р.}$$

Стоимость котла электрического 11200 р.

Стоимость кабеля (провод силовой ПуГВ 50 Ж/З (м) Альгиз):

$$S_{\text{каб}} = L_{\text{каб}} \times C_{\text{каб}} = 213 \times 357 = 76041 \text{ р.}$$

Монтаж системы 25000 р.

Общие капитальные затраты 266 681 руб.

2. Сооружение системы с солнечными панелями.

Батарея Trunsun TSM-200 стоит 14500р.

Понадобится $4 \times 3 \times 20 = 240$ шт. таких панелей.

Стоимость получается:

$$S_{\text{сп}} = 240 \times 14500 = 3\,480\,000 \text{ р.}$$

Инвертор Stark Country 3000INV стоит 31500р.

Понадобится 10 таких инвертора.

Стоимость получается:

$$S_{\text{ин}} = 10 \times 31500 = 315\,000 \text{ р.}$$

Аккумуляторы ChallengerA12-200 стоят 25850р.

Для нашей установки понадобится $4 \times 3 \times 20$ батарей, значит, суммарная стоимость аккумуляторов:

$$S_{\text{ак}} = 240 \times 25850 = 6\,204\,000 \text{ р.}$$

Суммарные затраты на оборудование системы:

$$S = S_{\text{сп}} + S_{\text{ин}} + S_{\text{ак}} = 3\,480\,000 + 315\,000 + 6\,204\,000 = 9\,999\,000 \text{ р.}$$

Суммарные затраты на оборудование составят 10 млн. руб.

Плюс нужно учесть доставку, установку и отладку режимов функционирования, что увеличит стоимость системы до 11,5 млн.руб.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

3.1.4 Тепловой насос с земляным контуром

В данном проекте спроектирован тепловой насос производственной мощностью 20 кВт. Таким образом, опираясь на усредненные значения цен различных фирм производителей (для примера приняты пять наиболее известных производителей) рассчитать стоимость теплового насоса исходя из средней удельной стоимости оборудования 16573 руб./кВт.

Таким образом, можно рассчитать стоимость теплового насоса:

$$C_{\text{ТН}} = Q_k \cdot S = 20 \cdot 16\,573 = 331\,460,0 \text{ руб}$$

К этой стоимости нужно добавить стоимость труб грунтового теплообменника.

Суммарная длина трубок четырех контуров:

$$L_{\text{тр}} = 500 + 500 + 513 + 514 = 2027 \text{ м.}$$

Используем трубу Hydrosta по цене 30 руб. 90 коп. за 1 метр.

Стоимость трубы:

$$C_{\text{тр}} = L_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр}} = 2027 \cdot 30,9 = 62\,634,0 \text{ руб.}$$

Монтаж и отладка оборудования: $C_{\text{м}} = 25000 \text{ руб}$ [28].

Суммарная стоимость одной теплонасосной установки:

$$C_{\text{ТНУ}} = C_{\text{ТН}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{м}} = 331\,460 + 62\,634 + 25\,000 = 419\,094,0 \text{ руб.}$$

3.1.5 Сооружение жидкотопливной котельной

Стоимость котла жидкотопливного 42660 р.

Стоимость емкости объемом 12 м³, подземного исполнения 278 000 р.

Земляные работы 52000 р.

Монтаж системы 25000 р.

Общие капитальные затраты 397 660 руб.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

3.1.6 Сравнение капитальных затрат

Проведенные расчеты сведем в общую таблицу.

Таблица 3.1.6.1 - Сравнение капитальных затрат на систему теплогенерации

№ п/п	Наименование системы	Капитальные затраты, руб.
1	Централизованное теплоснабжение	5 010 000
2	Газовая котельная	257 900
3	Электрокотельная с котлом	266 681
4	Электрокотельная с солнечными панелями	11 500 000
5	Теплонасосная установка	419 094
6	Жидкотопливная котельная	397 660

Для дальнейшего сравнения выбираем четыре системы: с газовым, электрическим, жидкотопливным котлом, а также тепловой насос. Затраты на сооружение других систем очень большие.

3.2 Расчет эксплуатационных затрат

3.2.1 Газовая котельная

Количество тепловой энергии, потребляемое за год на отопление здания:

$$Q_{\text{год}} = 3,6 \cdot Q_{\text{оmax}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{н5}}} \cdot Z_{\text{оп}} \cdot 24 =$$

$$= 3600 \cdot 28,311 \cdot \frac{18 - (-3,5)}{18 - (-25)} \cdot 188 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 230 \text{ ГДж} = 54,9 \text{ Гкал}$$

Количество газа, сжигаемого на отопление дома:

$$V = \frac{Q_{\text{год}}}{Q_{\text{p}} \cdot \eta} = \frac{230000}{33,300 \cdot 0,92} = 7,5 \text{ тыс.м}^3 / \text{год}$$

Тариф на природный газ для Саратова:

$$T_{\text{r}} = 5,03 \text{ руб/м}^3.$$

Издержки на отопление здания:

$$C_{\text{газ}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{r}} = 7500 \cdot 5,03 = 37,7 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на заработную плату.

Принимаем одного сотрудника для обслуживания всех инженерных систем, который будет работать неполный рабочий день. В его функции будет входить

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

ревизия систем, поддержание систем в рабочем состоянии, мелкий текущий ремонт и диагностирование неполадок с последующим вызовом ремонтной бригады.

Годовые издержки на заработную плату такого сотрудника:

$$C_{з.п.} = 25 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на текущий ремонт ($C_{т.р.}$) принимаем в размере 2% от сметной стоимости капитальных затрат.

$$C_{т.р.} = 257900 \times 0,02 \approx 5,2 \text{ тыс. руб.}$$

Амортизационные отчисления ($C_{ам.}$) рассчитываются в соответствии с «Нормами амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства РСФСР», 7 % от капитальных вложений на оборудование.

$$C_{ам.} = 62400 \times 0,07 = 4,4 \text{ тыс. руб.}$$

Расход электроэнергии на циркуляционный насос не учитываем, поскольку он будет равным во всех вариантах.

Прочие расходы ($C_{пр.}$) принимаются в размере 5% от суммы амортизационных отчислений и заработной платы обслуживающего персонала.

$$C_{пр.} = 0,05 \times (C_{ам.} + C_{з.п.}), \text{ руб.},$$

$$C_{пр.} = 0,05 \times (4,4 + 25) = 1,5 \text{ тыс. руб.}$$

Годовые эксплуатационные затраты определяются по формуле:

$$\begin{aligned} C_{г} &= C_{газ} + C_{з.п.} + C_{эл.} + C_{ам.} + C_{т.р.} + C_{пр.} = \\ &= 37,7 + 25 + 0 + 4,4 + 5,2 + 1,5 = 73,8 \text{ тыс. руб./год.} \end{aligned}$$

3.2.2 Электрическая котельная

Средняя мощность системы отопления в году:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{оmax}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{н5}}} =$$
$$= 28,311 \cdot \frac{18 - (-3,5)}{18 - (-25)} = 14,2 \text{ кВт}$$

Отопительный период длится 188 сут.

Число кВт х час, потребляемой котельной:

$$N_{\text{эл}} = Q_{\text{год}} \times z_{\text{оп}} \times 24 = 14,2 \times 188 \times 24 = 64070 \text{ кВтхчас/год.}$$

Тариф на электроэнергию для Саратова:

$$T_{\text{эл}} = 3,43 \text{ руб/кВт*час.}$$

Издержки на отопление здания:

$$C_{\text{эл}} = N_{\text{эл}} \cdot T_{\text{эл}} = 64070 \cdot 3,43 = 219,8 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на заработную плату.

Принимаем одного сотрудника для обслуживания всех инженерных систем, который будет работать неполный рабочий день. В его функции будет входить ревизия систем, поддержание систем в рабочем состоянии, мелкий текущий ремонт и диагностирование неполадок с последующим вызовом ремонтной бригады.

Годовые издержки на заработную плату такого сотрудника:

$$C_{\text{з.п.}} = 25 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на текущий ремонт ($C_{\text{т.р.}}$) принимаем в размере 2% от сметной стоимости капитальных затрат.

$$C_{\text{т.р.}} = 266,681 \times 0,02 \approx 5,3 \text{ тыс. руб.}$$

Амортизационные отчисления ($C_{\text{ам.}}$) рассчитываются в соответствии с «Нормами амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства РСФСР», 7 % от капитальных вложений на оборудование.

$$C_{\text{ам.}} = 11200 \times 0,07 = 0,8 \text{ тыс. руб.}$$

Расход электроэнергии на циркуляционный насос не учитываем, поскольку он будет равным во всех вариантах.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Прочие расходы ($C_{пр.}$) принимаются в размере 5% от суммы амортизационных отчислений и заработной платы обслуживающего персонала.

$$C_{пр.} = 0,05 \times (C_{ам.} + C_{з.п.}), \text{ руб.},$$

$$C_{пр.} = 0,05 \times (0,8 + 25) = 1,3 \text{ тыс. руб.}$$

Годовые эксплуатационные затраты определяются по формуле:

$$\begin{aligned} C_{г} &= C_{газ} + C_{з.п.} + C_{эл.} + C_{ам.} + C_{т.р.} + C_{пр.} = \\ &= 0 + 25 + 219,8 + 0,8 + 5,3 + 1,3 = 252,2 \text{ тыс. руб./год.} \end{aligned}$$

3.2.3 Жидкотопливная котельная

Количество тепловой энергии, потребляемое за год на отопление здания:

$$\begin{aligned} Q_{год} &= 3,6 \cdot Q_{омак} \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср}}{t_{вн} - t_{н5}} \cdot Z_{оп} \cdot 24 = \\ &= 3600 \cdot 28,311 \cdot \frac{18 - (-3,5)}{18 - (-25)} \cdot 188 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 230 \text{ ГДж} = 54,9 \text{ Гкал} \end{aligned}$$

Количество топлива, сжигаемого на отопление дома:

$$B = \frac{Q_{год}}{Q_p^H \cdot \eta} = \frac{230000}{42,650 \cdot 0,9} = 6 \text{ тыс.кг/год}$$

Цена жидкого топлива в Саратове:

$$T_{г} = 42500 \text{ руб/т.}$$

Издержки на отопление здания:

$$C_{т} = B_{год} \cdot T_{г} = 6 \cdot 42500 = 255 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на заработную плату.

Принимаем одного сотрудника для обслуживания всех инженерных систем, который будет работать неполный рабочий день. В его функции будет входить ревизия систем, поддержание систем в рабочем состоянии, мелкий текущий ремонт и диагностирование неполадок с последующим вызовом ремонтной бригады.

Годовые издержки на заработную плату такого сотрудника:

$$C_{з.п.} = 25 \text{ тыс. руб.}$$

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

Затраты на текущий ремонт ($C_{т.р.}$) принимаем в размере 2% от сметной стоимости капитальных затрат.

$$C_{т.р.} = 397,66 \times 0,02 \approx 8 \text{ тыс. руб.}$$

Амортизационные отчисления ($C_{ам.}$) рассчитываются в соответствии с «Нормами амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства РСФСР», 7 % от капитальных вложений на оборудование.

$$C_{ам.} = (42660 + 278000) \times 0,07 = 22,4 \text{ тыс. руб.}$$

Расход электроэнергии на циркуляционный насос не учитываем, поскольку он будет равным во всех вариантах.

Прочие расходы ($C_{пр.}$) принимаются в размере 5% от суммы амортизационных отчислений и заработной платы обслуживающего персонала.

$$C_{пр.} = 0,05 \times (C_{ам.} + C_{з.п.}), \text{ руб.},$$

$$C_{пр.} = 0,05 \times (22,4 + 25) = 2,4 \text{ тыс. руб.}$$

Годовые эксплуатационные затраты определяются по формуле:

$$\begin{aligned} C_{г} &= C_{т} + C_{з.п.} + C_{эл.} + C_{ам.} + C_{т.р.} + C_{пр.} = \\ &= 255 + 25 + 0 + 22,4 + 8 + 2,4 = 312,8 \text{ тыс. руб./год.} \end{aligned}$$

3.2.4 Отопление тепловым насосом

Средняя мощность системы отопления в году:

$$\begin{aligned} Q_{год} &= Q_{оmax} \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср}}{t_{вн} - t_{н5}} = \\ &= 28,311 \cdot \frac{18 - (-3,5)}{18 - (-25)} = 14,2 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Отопительный период длится 188 сут.

Число кВт х час, потребляемой котельной:

$$N_{эл} = Q_{год} \times z_{оп} \times 24 = 14,2 \times 188 \times 24 = 64070 \text{ кВтхчас/год.}$$

$$COP = T_2 / (T_2 - T_1)$$

где COP (англ. Coefficient of Perfomance) - коэффициент преобразования или тепловой коэффициент. Это значение показывает во сколько раз тепловой насос производит больше энергии, чем потребляет сам, то есть определяет разницу между производимой и потребляемой тепловым насосом энергией;

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

T_1 - температура источника тепла (грунта, воды, воздуха);

T_2 - температура воды в отопительном контуре (температура воды, циркулирующей в трубках теплого пола, теплого плинтуса).

$$COP = 328 / (328 - 276,35) = 6,35$$

Такой расчет дает слишком завышенное значение, так как рассчитывается исходя из того, что все составляющие теплового насоса работают со 100% КПД, то есть сами не потребляют энергии. В реальности же, компрессор и другие составляющие значительно снижают COP теплового насоса.

С учетом КПД конденсатора, компрессора, испарителя, дросселя и пр. составляющих системы понизим COP на 40%, таким образом $COP = 3,81$

Следовательно, Число кВт х час, потребляемой энергии:

$$N_{эл} = (Q_{год} \times z_{оп} \times 24) / 3,81 = (14,2 \times 188 \times 24) / 3,81 = 16\,816 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{год}.$$

Тариф на электроэнергию для Саратова:

$$T_{эл} = 3,43 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{час}.$$

Издержки на отопление здания:

$$C_{эл} = N_{эл} \cdot T_{эл} = 16\,816 \cdot 3,43 = 57,6 \text{ тыс. руб.}$$

3.2.5 Сравнение вариантов систем отопления

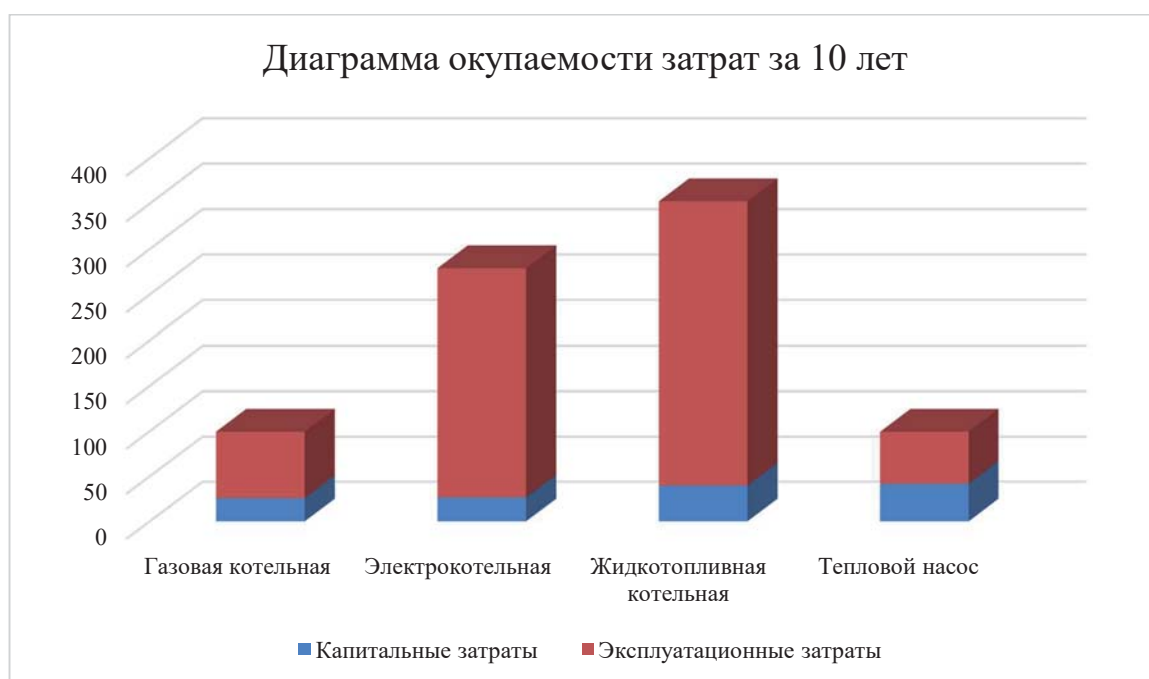
Таблица 3.2.5.1 - Сравнение эксплуатационных затрат

№ п/п	Наименование системы	Эксплуатационные затраты, тыс.руб./год
1	Газовая котельная	73,8
2	Электрокотельная с котлом	252,2
3	Жидкотопливная котельная	312,8
4	Тепловой насос	57,6

Таблица 3.2.5.2 – Окупаемость затрат

№ п/п	Наименование системы	Общие затраты 1-й год эксплуатации, тыс.руб./год	Общие затраты за 10 лет* эксплуатации тыс.руб./год
1	Газовая котельная	331,7	995,9
2	Электрокотельная с котлом	518,8	2 788,6
3	Жидкотопливная котельная	710,4	3 525,6
4	Тепловой насос	476,7	995,1

*В таблице окупаемости не учтены ежегодный рост тарифов на энергоносители.

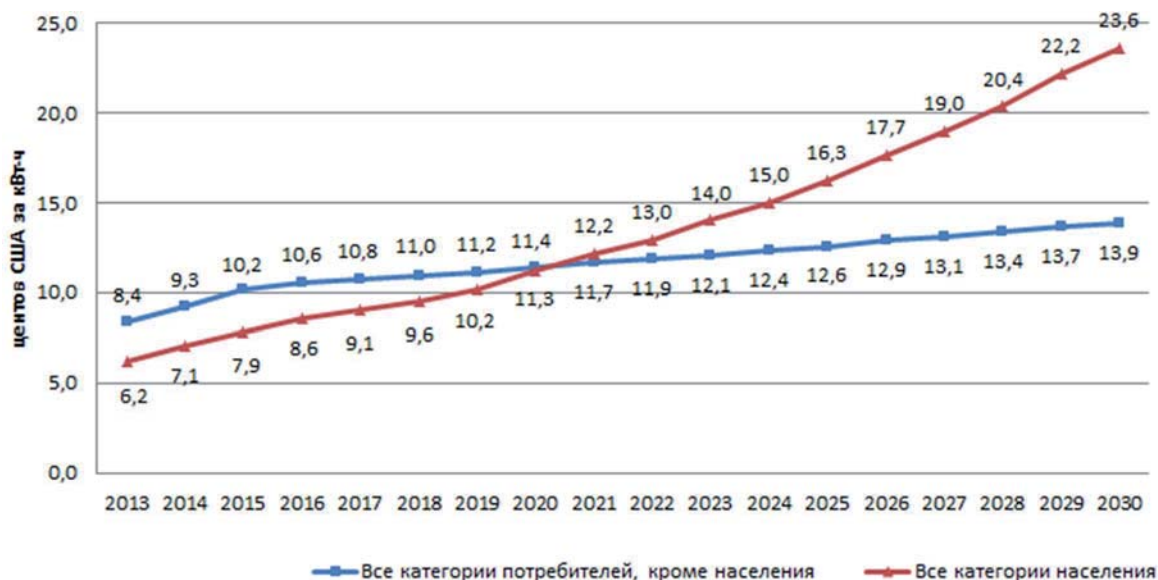


Из диаграммы окупаемости затрат за 10 лет, можно сделать вывод, что наиболее экономичными вариантами осуществления системы отопления частного дома являются отопление по средством газового котла и теплового насоса, без учета роста тарифов на энергоносители.

Составим прогноз, для двух наиболее экономичных систем, исходя из оценки Минэкономразвития о росте тарифов до 2030 года.

Цены на электроэнергию для всех потребителей с 2013 по 2030 годы вырастут в 2,4-3,0 раза в зависимости от того сценария развития, который будет выбран правительством России.

Максимальный рост предполагает консервативный сценарий - по нему экономика России будет развиваться также, как сейчас. Но и по "инновационному", и по "прорывному" сценариям, подразумевающих большие реформы и госинвестиции, повышение стоимости электроэнергии будет опережать темпы инфляции до середины 20-х годов.



Источник: Минэкономразвития; расчеты и графика: "Финмаркет"

Рис. 3.2.5.1 – Динамика цен(тарифов) на электроэнергию для населения и других потребителей в среднем за год (консервативный сценарий)

Примем усредненный коэффициент повышения тарифа на электроэнергию равный 2.7, по линейной интерполяции вычислим повышение цены за каждый последующий год.

Таблица 3.2.5.3 – Результаты интерполяции

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Цена за единицу энергии	3,43	4,07	4,72	5,37	6,02	6,66	7,31	7,96	8,61	9,26
Издержки на отопление за ОС тыс. руб	57,6	68,4	79,3	90,3	101,2	111,9	122,9	133,8	144,7	155,7
Итого за 10 лет тыс. руб										870,8

Аналогичным образом будут расти и цены на газ.

К 2030 году граждане станут платить на треть больше, чем другие потребители газа. Тарифы для населения вырастут в 4,1-5,7 раз. Промышленность тоже станет платить больше, но в 2,5-3,5 раза в зависимости от сценария.

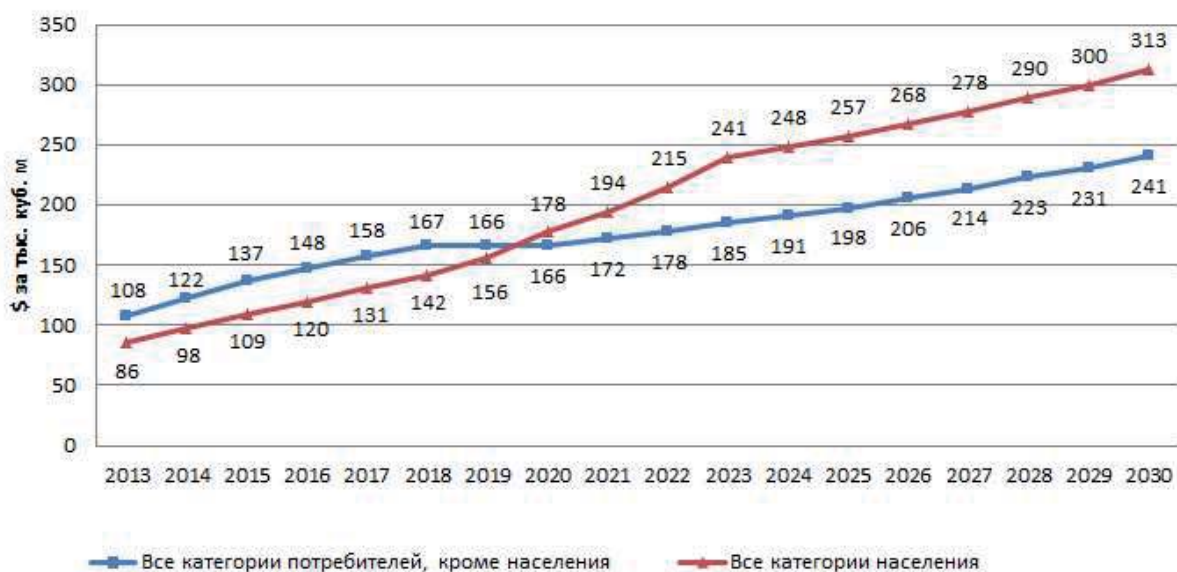


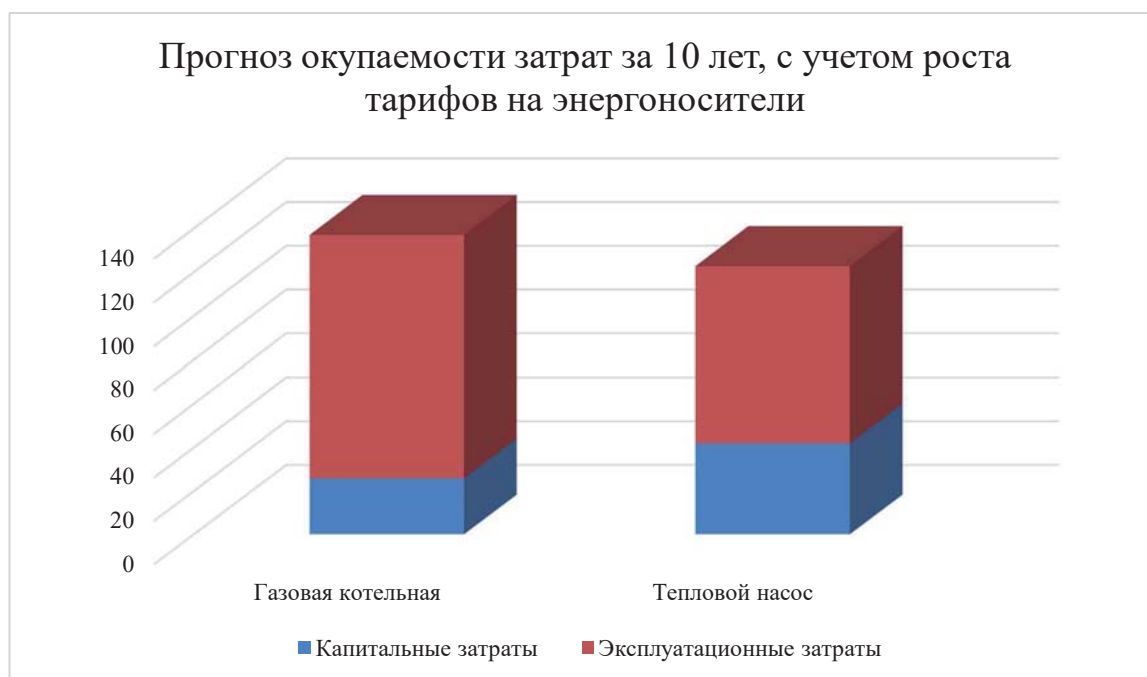
Рис. 3.2.5.2 – Динамика цен(тарифов) на газ для населения и других потребителей в среднем за год (консервативный сценарий)

Примем усредненный коэффициент повышения тарифа на электроэнергию равный 4.9, по линейной интерполяции вычислим повышение цены за каждый последующий год.

Таблица 3.2.5.4 – Результаты интерполяции

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Цена за единицу энергии	5,03	7,20	9,38	11,56	13,74	15,94	18,10	20,28	22,46	24,64
Издержки на отопление за ОС тыс. руб	37,7	54,0	70,3	86,7	103,0	119,5	135,7	152,1	168,4	184,5
Итого за 10 лет тыс. руб										1 111,9

Следовательно получаем новую диаграмму окупаемости затрат на 10 лет.



В зависимости от технических возможностей, следует подбирать систему отопления индивидуально для конкретного объекта. Из представленных диаграмм можно сделать вывод, что газовый котел и тепловой насос наиболее экономичные варианты и показывают себя стабильно с учетом прогнозируемого роста цен на тарифы.

Таблица 3.2.5.5 – Преимущества и недостатки видов систем отопления

Топливо	Природный газ	Сжиженный газ	Дизельное топливо	Электричество	Твердое топливо	Тепловой насос
Необходимость проектных работ	+	+	+	-	-	+
Техническое обслуживание	+	+	+	-	-	+
Дополнительные требования	Наличие отдельного помещения	Наличие отдельной топливной ёмкости	Наличие отдельной топливной ёмкости	Не требуется	Не требуется	Не требуется
Сложность конструкции	+	+	+	-	-	+
Экологичность	-	-	-	+	+	+
Экономичность	+	-	-	-	+	+
Транспортные недостатки	Снижение давления в сети	Наличие подъездных путей	Наличие подъездных путей	Перепады напряжения	Перепады напряжения (на работу системы не влияют)	Перепады напряжения (на работу системы не влияют)
Комфортность воздуха в помещении	Снижает влажность воздуха, конвекция	Снижает влажность воздуха, конвекция	Снижает влажность воздуха, конвекция	Снижает влажность воздуха, конвекция	Не снижает влажность воздуха, уменьшает конвекцию	Не снижает влажность воздуха, уменьшает конвекцию
Лёгкость в монтаже	-	-	-	+	+	-

Исходя из технических характеристик тепловой насос имеет преимущество перед газовым котлом в экологичности, что немаловажно в современных условиях и сложившейся экологической обстановке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе произведено сравнение систем отопления частного двухэтажного дома, расположенного в пригороде города Саратов.

Для нового частного дома необходимо выбрать источник теплоты для системы отопления. Выбор осуществляется по техническим и инженерным соображениям (наличию технической возможности, местным условиям, особенностям расположения и пр.), а также технико-экономическим сравнением вариантов при технической возможности их создания.

Целью работы было сравнение вариантов системы отопления частного жилого дома в окрестностях г. Саратов.

В ходе работы рассчитана система отопления жилого дома, определена мощность системы, которая получилась равной 28,311 кВт.

Рассмотрены различные системы теплоснабжения, выявлены технические возможности их использования (подключение к центральным сетям теплоснабжения, создание газовой или жидкотопливной автономной котельной, электрическое отопление от центральной сети электроснабжения и от солнечных батарей, использование теплового насоса).

В работе рассчитаны капитальные вложения в каждую систему и эксплуатационные затраты в четыре наиболее реальные с точки зрения капитальных затрат.

В результате проведенных расчетов экономически целесообразными признаются система с газовым водогрейным котлом и система с тепловым насосом.

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чопра К., Дас С. Тонкопленочные солнечные элементы (Перевод с английского с сокращениями). – Москва: Мир, 1986. - 435 с.
2. В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К.Малинин Солнечная энергетика. Методы расчетов, - Москва: "Солнечная энергетика" МЭИ, 2008. – 317 с.
3. Байерс Т. 20 конструкций с солнечными элементами (Перевод с английского). – Москва: Мир, 1988. – 197 с.
4. С. Гибилиско Альтернативная энергетика без тайн (Перевод с английского). – Москва: Эксмо-Пресс, 2010. – 368 с.
5. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки, - Москва: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
6. Солнечный коллектор. Пособие по проектированию, Перевод с венгерского. – Будапешт: GB-GANZ Tüzelestechnikai Kft, 2007. – 32 с.
7. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, земли, воды, биомассы, - Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2014. – 320 с.
8. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов /под ред. Виссарионова В. И., М.: изд. дом МЭИ, 2008
9. Челябин В. Ф. Солнечная энергетика - энергетика будущего. «Энергия: экономика, техника, экология», № 10, 2008
10. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки М.: «Энергоатомиздат», 1991
11. Н.Хайнрих Т., Найорк ., Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. - М.: Стройиздат, 1985. - 351с.
12. Отопление вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочное пособие. Москва "Пантори" 2003г
13. Е.Я. Соколов. Теплофикация и тепловые сети. М., МЭИ, 1999

					08.04.01.2018.188 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

14. С.Л. Ривкин А.А. Александров. Термодинамические свойств воды и водяного пара. Справочник. М., "Энергоатомиздат", 1984
15. Ш.И. Каганов. Охрана труда при производстве санитарно - технических работ. - М.: Стройиздат, 1980г.
16. К.С. Орлов. Монтаж санитарно - технических, вентиляционных систем и оборудования. - М.: 1999г.
17. <http://www.avante.com>
18. <http://www.greenenergy.com>
19. <http://www.energyland.info.ru>
20. <http://www.nitolsolar.com>
21. <http://www.nanonewsnet.ru>
22. <http://www.sci-lib.com>,
23. <https://rp5.ru>
24. www.energo-konsultant.ru
25. <https://energovopros.ru>
26. <http://elektrobiz.ru/zametki-elektrika>
27. <https://www.teplomatica.ru>
28. <http://www.minstroy.saratov.gov.ru>
29. <http://oaosaratovgaz.ru>