

Тепловые насосы

Учебное пособие





1. История создания.....	4
2. Принцип работы.....	5
3. Источники энергии, необходимые требования.....	7
4. Виды тепловых насосов.....	10
5. Устройство первичного контура.....	11
6. Дополнительное оборудование теплового пункта.....	16
7. Интеграция теплового насоса в системы отопления/охлаждения.....	23
7.1. Режимы работы теплового насоса.....	23
7.2. Принципиальные схемы обвязки.....	24
7.3. Естественное охлаждение.....	28
7.4. Активное охлаждение.....	31
8. Техничко-экономические показатели.....	32

1. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ

Впервые концепцию тепловых насосов разработал в 1852 году талантливый британский физик и инженер Уильям Томсон (лорд Кельвин). Немного позже австрийский инженер Петер Риттер фон Риттингер усовершенствовал и детализировал ее. Именно его считают изобретателем теплового насоса, поскольку в 1855 году им было спроектировано и установлено первое устройство этого типа.

Однако на практике тепловой насос стали использовать значительно позже — в 40-х годах XX века, когда изобретатель-энтузиаст Роберт Вебер проводил эксперименты с морозильной камерой. Как-то раз ученый случайно коснулся горячей трубы на выходе камеры, поняв, что тепло просто выбрасывается наружу. Задумавшись над тем, как его использовать, Вебер решил поместить трубу в бойлер для нагрева воды, и в итоге обеспечил семью стольким количеством горячей воды, которое физически не могло быть ей использовано. При этом часть тепла от воды попадала в воздух, что натолкнуло изобретателя на следующую мысль: от одного источника тепла можно нагревать как воду, так и воздух. Вебер усовершенствовал свое изобретение, начав прогонять горячую воду по спирали (через змеевик), с помощью небольшого вентилятора распространяя тепло по дому, чтобы отопить его. Позже именно у Вебера возникла идея «выкачивать» тепло из земли, где температура не слишком менялась в течение года. Для этого он поместил в грунт медные трубы, по которым циркулировал фреон, «собиравший» земное тепло. Газ конденсировался, отдавал тепло внутри помещения и снова проходил через змеевик, чтобы подобрать очередную порцию тепла. Движение воздуха обеспечивал вентилятор, распространявший тепло по дому.

2. ПРИНЦИП РАБОТЫ

У большинства из нас есть дома тепловой насос в той или иной вариации, хотя мы можем даже не подозревать об этом. Холодильник и морозильная камера работают как тепловой насос, только с иными акцентами. В холодильнике используется «холодная» сторона, а в тепловом насосе — в основном «горячая». Насос забирает тепло из окружающей среды — почвы, воды или воздуха, «накачивает» его до более высокой температуры, после чего отдает качественное тепло в систему отопления. Основные компоненты теплового насоса — испаритель, компрессор, конденсатор и расширительный вентиль.

У каждого из них есть своя задача.

Испаритель

Как и конденсатор, испаритель — это теплообменник, его задача состоит в обмене тепловой энергией. Через испаритель при низком давлении и невысокой температуре циркулирует хладагент, отбирающий теплоту из окружающей среды (источник тепла). При этом фреон испаряется. Необходимо, чтобы температура источника тепла была выше температуры кипения хладагента, иначе передача тепла не произойдет.

Компрессор

Задача компрессора — всасывать из испарителя превращенный в пар хладагент, а также повышать его давление и температуру. Устройство при этом совершает механическую работу. Из компрессора перегретый пар хладагента высокого давления попадает в конденсатор.

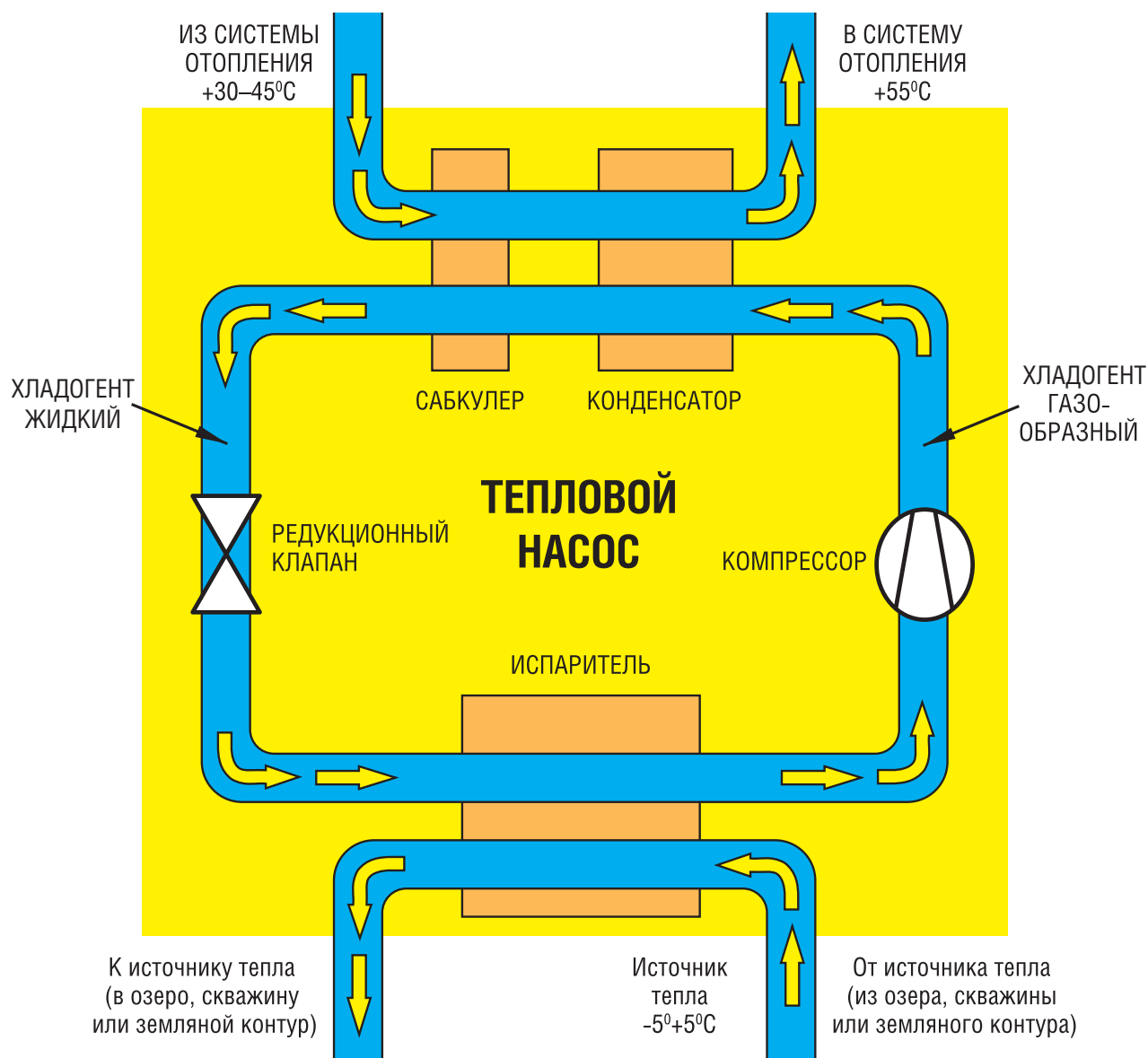
Конденсатор

В конденсаторе перегретый хладагент отдает теплоэнергию более холодному теплоносителю (например, воде контура отопления). Разность температур обеспечивает переход теплоты от хладагента к теплоносителю. Из-за этого хладагент конденсируется, а теплоноситель — нагревается.

Расширительный вентиль

Снижает высокое давление, созданное компрессором, для того, чтобы температура кипения хладагента становилась ниже температуры источника тепла, и цикл можно было возобновить. Также расширительный вентиль предназначен для подачи на испаритель такого количества хладагента, которое можно преобразовать испарителем в парожидкостную смесь.

Принцип работы теплового насоса



Для заметок

3. ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, НЕОБХОДИМЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Грунт, скальная порода, озеро, а также любой источник тепла, имеющий температуру -1 градус Цельсия и выше, доступный в зимнее время, может стать источником энергии. Например — река, море, выход теплого воздуха из системы вентиляции или какого-либо промышленного оборудования.

Скважина

Если в качестве источника тепла используют скалистую породу, трубопровод опускают в скважину. Вместо одной глубокой скважины можно пробурить несколько неглубоких, которые обойдутся дешевле. Главное — получить в итоге общую расчетную глубину.

Для предварительных расчетов можно воспользоваться таким соотношением: на 1 метр скважины — 50–60 Вт тепловой энергии. Тогда для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимы скважины, общая длина которых 170 метров.



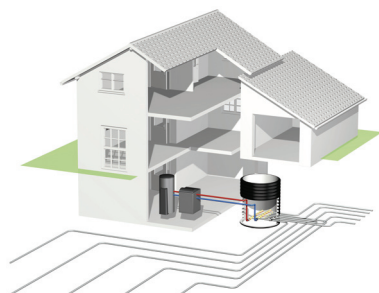
Земляной контур

Если в качестве источника тепла используют участок земли, трубопровод зарывают в почву на глубину ниже уровня промерзания для данного региона. Минимальное расстояние между соседними трубопроводами должно составлять 0,8..1 м. Не требуется специально подготавливать почву, засыпки и т. д. Желательно использовать участок с влажным грунтом, в идеале — с близко расположенными грунтовыми водами. Но и сухой грунт не будет помехой — придется лишь увеличить длину контура.

Значение тепловой мощности, приходящейся на 1 метр трубопровода, — примерно 15–25 Вт. То есть для установки теплового насоса производительностью 10 кВт нужен земляной контур, длина которого 350...450 м. Для его укладки потребуется участок земли около 400 кв. метров (20 м x 20 м).

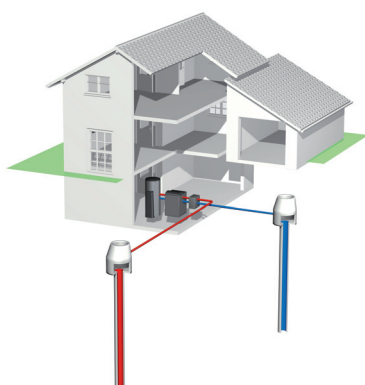
Для заметок

Укладывать контур необходимо ниже уровня промерзания почвы.



Грунтовые воды

Благодаря довольно высокой и постоянной температуре, грунтовые воды — подходящий источник тепла для тепловых насосов. С помощью заборной скважины, поставляющей воду из грунта, грунтовые воды поступают в тепловой насос, отдавая ему часть своей тепловой энергии. После (в режиме отопления) через скважину для закачки отработанной воды, охлажденные грунтовые воды возвращаются в землю. Однако в разных районах состав грунтовых вод может существенно отличаться — лучше заказать анализ воды, чтобы избежать повреждений насоса или нарушений в функционировании скважин. Если в воде содержится много железа, необходимо установить промежуточный теплообменник. Кроме того, удостоверьтесь, что количество грунтовых вод подходящего температурного уровня достаточно для покрытия необходимой тепловой потребности здания. Важное условие — проток 0,2 м³/ч на 1 кВт тепловой мощности.



Водоем

Если в качестве источника тепла используется вода ближайшего озера или реки, контур укладывают на дно. Этот вариант идеален с любой точки зрения: «высокая» температура окружающей среды (зимой температура воды

Для заметок

в водоеме всегда положительная), короткий внешний контур, высокий коэффициент преобразования энергии тепловым насосом.

Примерное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 метр трубопровода, — 30–35 Вт. То есть для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длиной 300 м. Чтобы трубопровод не всплывал, на 1 его погонный метр устанавливается около 5 кг груза.

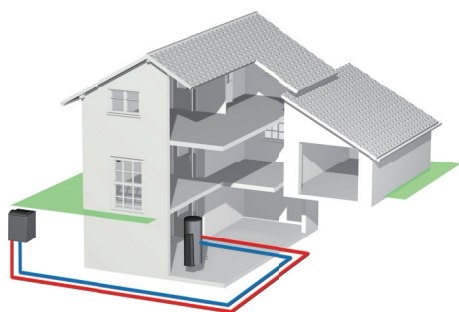
Необходимые требования: глубокое озеро или проточный незамерзающий водоем.



Теплый воздух

Чтобы получить тепло из теплого воздуха, — например, из вытяжки системы вентиляции, — устанавливают специальную модель теплового насоса с воздушным теплообменником. Тепло из воздуха можно собирать не только для отопления и обеспечения горячим водоснабжением жилых помещений, но и на производственных предприятиях, например, хлебопекарнях, предприятиях по производству керамики — на любых предприятиях, вырабатывающих большое количество теплого воздуха.

Тепло для системы горячего водоснабжения вырабатывается насосом не только в отопительный период, но и круглый год. Для среднего загородного дома затраты на приготовление горячей воды составляют примерно 15–20%.



Необходимые требования: 500 м³/ч на 1 кВт мощности.

Отстойники очистных сооружений

Также могут быть отличным источником низкопотенциальной тепловой энергии. Температура жидкости в отстойниках — в пределах 10–15°C. Установив теплообменный контур с использованием трубопроводов из PND, можно снимать до 35–40 Вт с 1 погонного метра трубы. На 1 кВт мощности необходимо проложить 250–300 м трубы диаметром, равным 40.

4. ВИДЫ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Тепловые насосы РАССОЛ/ВОДА

Принцип работы геотермального отопления на тепловом насосе BW (рассол-вода) заключается в извлечении тепла из грунта. Рассол снимает тепло земли, передает его для нагрева хладагента, получившего в свою очередь необходимый догрев, а затем попадает в компрессор, в котором давление хладагента увеличивается с 3,5 до 24 атмосфер. При этом вырабатывается тепловая энергия, передаваемая на теплообменник системы отопления.

Виды рассолов:

- Смесь воды и Etylenglykolu в соотношении 75 к 25%.
- Смесь воды и Propylenglykolu в соотношении 70 к 30%.
- Смесь воды и этанол (алкоголь) в соотношении 75 к 25%.
- Смесь воды и CaCl₂ в соотношении 82 к 18%.

Тепловые насосы ВОДА/ВОДА

Через заборную скважину, поставляющую воду из грунта, грунтовые воды поступают в тепловой насос, отдавая ему часть своей тепловой энергии. После (в режиме отопления) охлажденные грунтовые воды возвращаются в землю через скважину для сброса отработанной воды.

Тепловые насосы ВОЗДУХ/ВОДА

Принцип работы заключается в отборе тепла из атмосферного или технологического воздуха с помощью вытяжной системы вентиляции. Воздушный теплообменник снимает тепло и передает его для нагрева хладагента.

Основное преимущество этого типа насоса в том, что нет необходимости в устройстве первичного контура, за счет чего можно сэкономить до 50% капитальных затрат.

Недостаток — низкий коэффициент преобразования энергии, который при температуре воздуха ниже –20°C составляет 1–1,5. Минусом можно считать и высокий уровень шума при мощности 18 кВт — порядка 73 дБ (А).

5. УСТРОЙСТВО ПЕРВИЧНОГО КОНТУРА

Для заметок

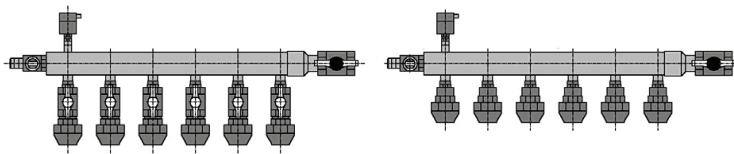
5. УСТРОЙСТВО ПЕРВИЧНОГО КОНТУРА

5.1. Горизонтальный коллектор

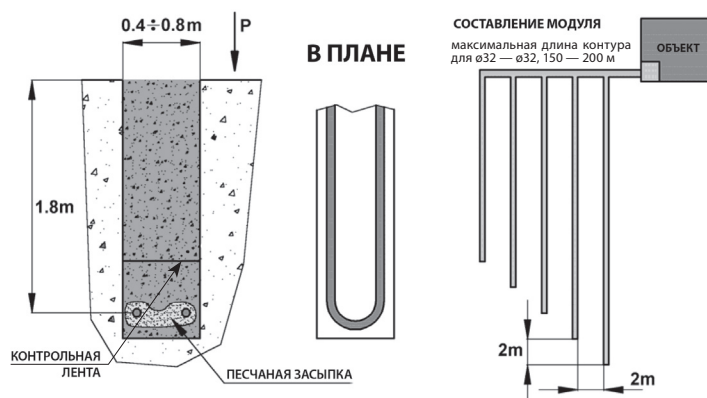
Величина коллектора системы должна иметь необходимую площадь и погружаться в нее на определенную глубину. При этом следует учесть состав грунта, поскольку каждый грунт имеет свою теплоотдачу.

Сухой, несвязный	6–10 W/м трубы
Влажный	12–18 W/м трубы
Влажный, сыпучий	25 W/м трубы

Основным условием коллекторных устройств является то, что все контуры должны быть одинаковой длины, чтобы можно было обеспечить одинаковый расход раствора во всех контурах. За единицу принят модуль земного обменника, который рассчитывается по типу грунта на метр длины и определяет тепловую производительность. Все модули, создающие комплекс земляной водонагревательной установки, подключаются к распределительному коллектору.



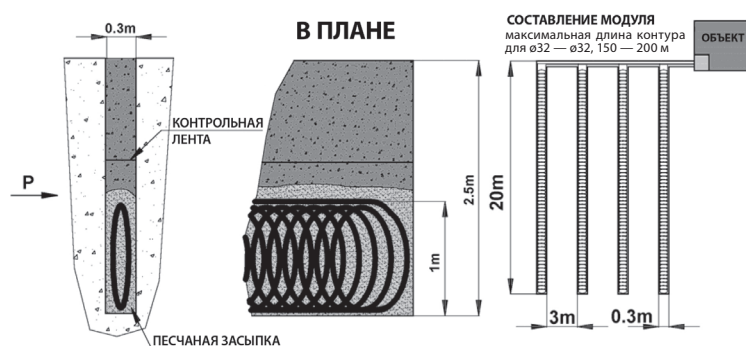
Классический горизонтальный коллектор



Для заметок



5.2. Горизонтальный коллектор — SLINKY-V



5.3. Вертикальный коллектор — геозонд

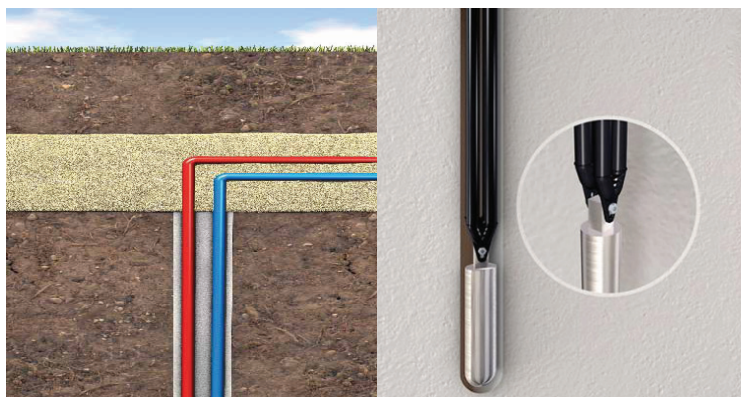
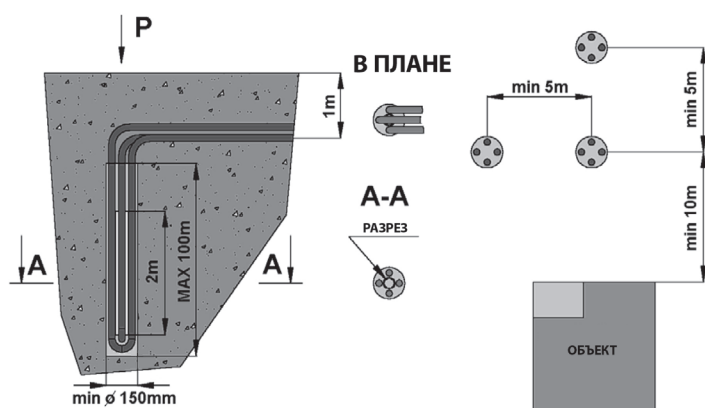
Это грунтовой тепловой теплообменник, выполненный по типу двойной Y-образного зонда и расположенный в пробуренной скважине. Модулем в данном случае является 1 метр глубины бурения. Необходимое для теплового насоса количество энергии зависит от мощности насоса, что и определяет количество скважин. Минимальное расстояние между скважинами — 5 метров. Минимальное расстояние от скважин до строения — 10 метров. Тепловая производительность на 1 метр скважины рассчитывается исходя из состава грунта.

Сухие наносы	30 W/м
Глина, суглинки	40–50 W/м
Ил, сланец	60 W/м
Скальная порода	80 W/м

Для заметок

Во влагонасыщенных грунтах теплоотдача с одного метра пробуренной скважины увеличивается в среднем на 10 W/м.

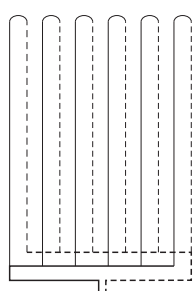
Прежде чем проводить буровые работы, необходимо узнать данные геологической разведки вашего региона. Изучив карту разреза, можно более детально определить термические свойства грунта. Бурение скважин должен выполнять квалифицированный персонал специализированных фирм, которые имеют лицензии на данный вид работ.



Трубопроводы от геозондов можно заводить непосредственно в помещение теплового пункта, где устанавливается распределительный коллектор.

Для заметок

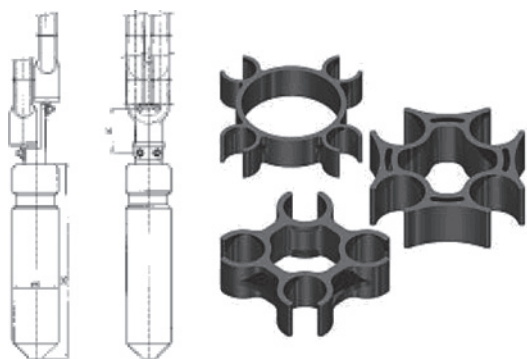
При установке коллектора вне теплового пункта в качестве распределительных собирающих систем можно использовать сварные ПНД коллекторы, выполненные по принципу Тихельмана. Необходимое условие: все контура геозондов должны быть одинаковой длины. Таким образом система станет самовыравнивающейся, а циркуляция теплоносителя по всем контурам будет равномерной. Преимущество этого типа коллекторов в том, что нет необходимости устанавливать дорогостоящую балансировочную арматуру на подключении каждого контура геозонда.



Если длина геозондов разная, собирающий коллектор необходимо оснастить балансировочной арматурой, а также организовывать сервисный доступ к коллектору. Коллектор устанавливают в кессонах или герметичных бетонных шахтах. Готовые модульные решения можно найти у европейских производителей.



Для заметок



Для устройства геозондов дополнительно необходимы распорки и направляющие грузы.

Распорки обеспечивают лучшее распределение труб геозонда в стволе скважины, а также необходимы для установки во внутреннее отверстие инъекционной трубы для последующего тампонирувания скважины.

5.4. Энергетические сваи

Использование энергетических свай экономически оправдано, если длина свай — от 6 метров. Как правило, сваи проходят через слои грунта, насыщенные грунтовыми водами. Если использовать системы энергетических свай для охлаждения здания, температура грунтовых вод возрастает. Однако на это необходимо разрешение соответствующей надзорно-разрешительной организации.

При укладке трубопроводов энергетических свай используют способ укладки в 2 вертикальных петли и 2 U-образных петли.



Вертикальные петли

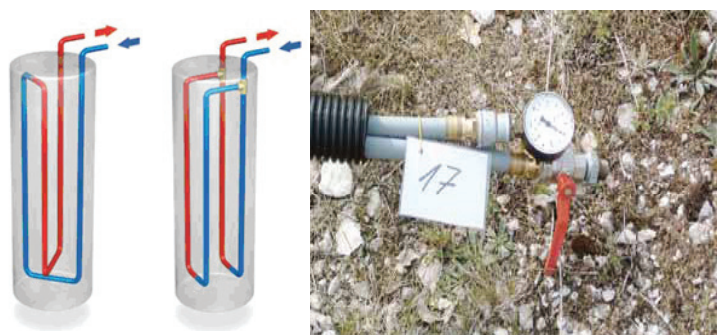
Трубы крепятся к армированным каркасам буронабивных свай по высоте в виде 2-х непрерывных петель. Этот вид укладки максимально упрощает монтаж. В верхней части сваи к отводам распределителей подключают один подающий и один обратный трубопровод.

2 U-образные петли

Трубы укладываются в 2 U-образные петли по высоте армокаркаса буронабивных свай. В верхней части свай

Для заметок

делают стык уложенных петель. Этот вид укладки упрощает удаление воздуха из системы. Подключение полученных подающего и обратного трубопроводов к отводам распределителей также производится в верхней части свай.

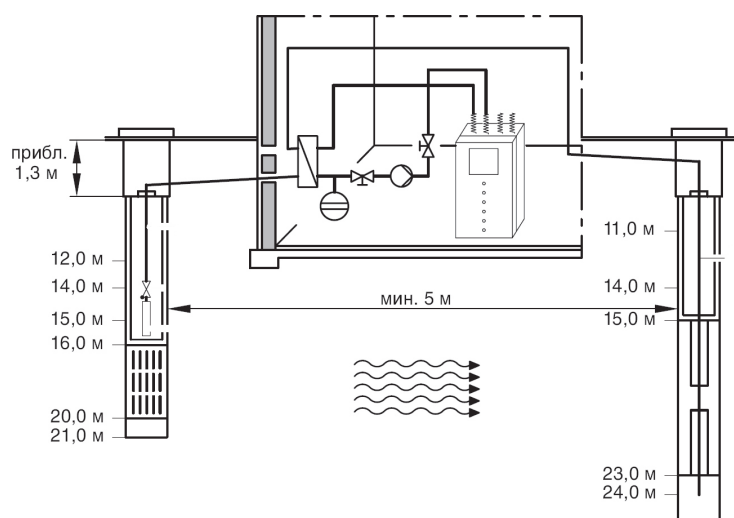


Далее необходимо установить контрольное оборудование с манометром и создать контрольное давление, равное 6 бар. После всех операций систему можно бетонировать.

6. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА

СИСТЕМЫ ВОДА/ВОДА

Погружной насос системы вода/вода



Необходимый минимальный объемный расход грунтовых вод, проходящих через гидравлический насос, зависит от необходимой производительности теплового насоса. Следует строго соблюдать минимальный объемный расход грунтовых вод для соответствующей производительности теплового насоса, иначе возможны неполадки устройства — например, отключение из-за низкого давления. При правильном объемном расходе грунтовые воды

Для заметок

охлаждаются в испарителе теплового насоса (в режиме отопления) на 3–4 К.

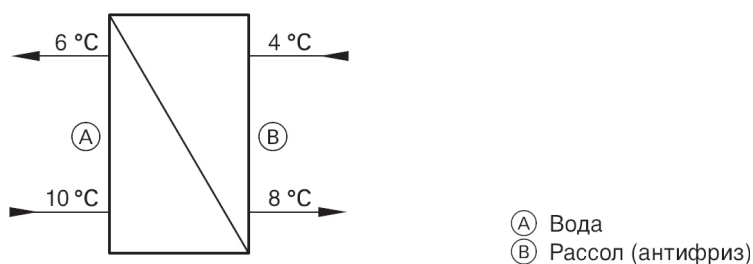
Для расчета гидравлического насоса в заборной скважине нужно учитывать как необходимый объемный расход, так и соответствующие ему потери давления в трубопроводах, на фасонных элементах и компонентах обвязки — например, трубных изгибах и фильтрах, а также потери давления в теплообменнике.

Усредненное значение расхода — 0,2 м³/ч на 1 кВт производимой мощности.

Теплообменник промежуточного контура

Чтобы избежать коррозии и повреждений при замерзании пластинчатых теплообменников, находящихся в тепловом насосе, следует использовать предохранительный теплообменник. При этом контур грунтовых вод отделен от теплового насоса предохранительным теплообменником с рассольным контуром.

Расчет теплообменника промежуточного контура



В таблице приведены данные, необходимые для подбора теплообменника, а также для расчета циркуляционного насоса промежуточного контура. Промежуточный контур заполняется теплоносителем с концентрацией –5С.

Холодопроизводительность кВт	Объемный расход		Потеря давления в	
	первич. (вода) м ³ /ч	вторич. (рассол) м ³ /ч	первич. (вода) кПа	вторич. (рассол) кПа
5,15	1,10	1,18	15	15
6,90	1,48	1,58	15	15
9,00	1,92	2,07	10	15
11,70	2,50	2,69	10	15
11,40	2,50	2,69	10	15
5,20	3,25	3,46	20	25
15,90	3,25	3,46	20	25
17,80	3,81	4,09	20	25
13,80	2,95	3,17	15	20
18,00	3,85	4,13	25	25
23,40	5,00	5,37	25	30
30,40	6,50	6,98	30	35
35,60	7,60	8,18	30	40

Для заметок

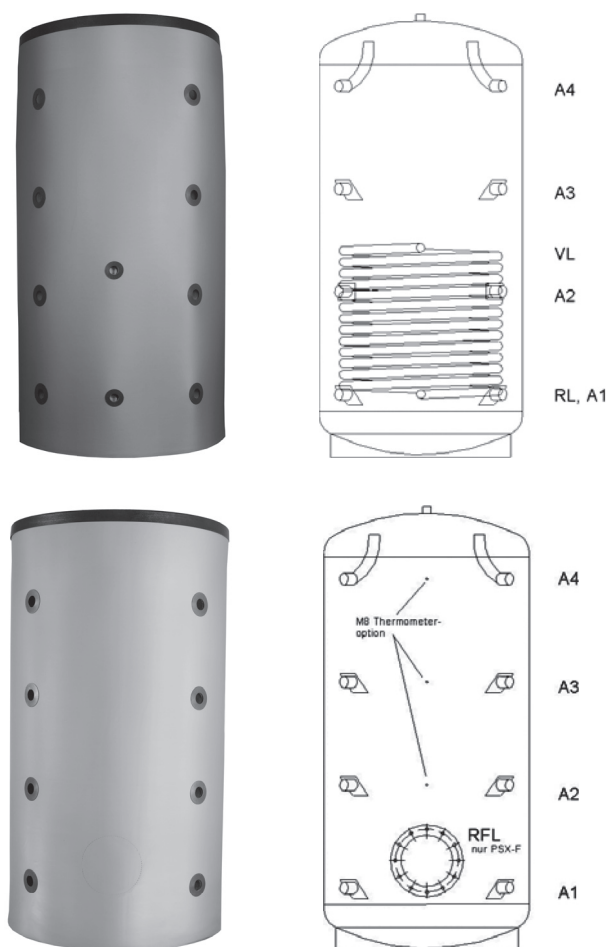
42,80	9,15	9,83	10	15
60,00	12,83	13,78	10	15
74,00	15,83	16,99	15	15
87,80	18,78	20,16	15	20

В дополнительное оборудование устройства первичного контура систем вода/вода входят:

- защитный выключатель электродвигателя для скважинного насоса;
- фильтр (ширина ячейки 0,3–0,6 мм);
- счетчик воды с запорными клапанами;
- дроссельный вентиль;
- термометры (на входе и выходе теплового насоса).

СИСТЕМЫ ГРУНТ/ВОДА

Буферная емкость первичного контура



Представляет собой накопитель теплоносителя, необходимого для работы первичного контура теплового насоса.

Для заметок

Установка емкости в первичный контур, позволяет получить множество преимуществ, повышающих надежность геотермальной установки.

Поскольку буферные емкости имеют как минимум 8 патрубков для подключения, можно разделить первичный контур на 3 циркуляционные группы. Плюс в том, что можно применять насосы бытовой серии, стоимость которых существенно ниже стоимости насосов промышленной серии.

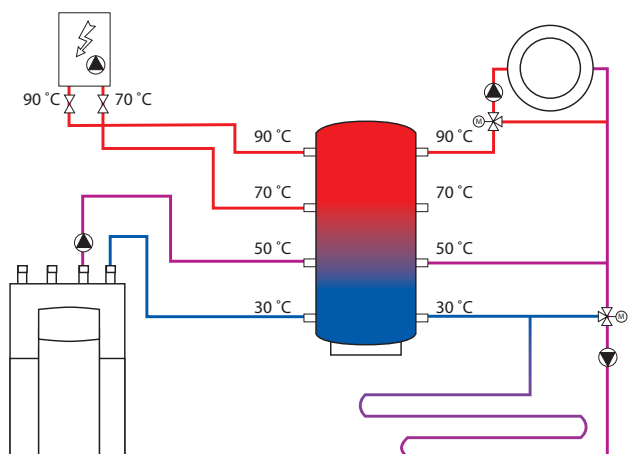
Еще одним преимуществом является постоянная разница температур на подающей и обратной линиях теплового насоса. Если при расчете первичного контура была допущена ошибка и циркуляция теплоносителя неодинакова во всех контурах, буферная емкость выравнивает температуру теплоносителя, снимая избыточную нагрузку с более коротких петель геозондов.

В межсезонье — особенно в конце февраля — начале марта — система геозондов теряет способность регенерации, образуя «столбы холода». Буферная емкость со встроенным теплообменником в комбинированных системах отопления с использованием солнечных панелей дает возможность сбрасывать в грунт избыток тепловой энергии, подогревая таким образом первичный контур теплового насоса.

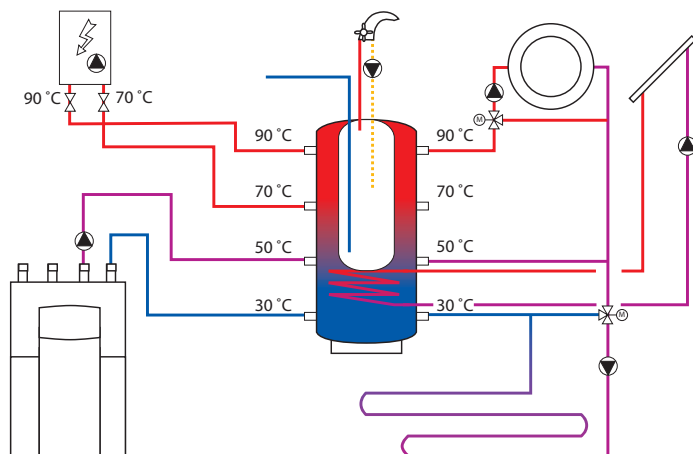
Буферная емкость вторичного контура

Основное назначение буферной емкости вторичного контура — в увеличении инерционности системы отопления. Если тепловой насос имеет большое количество циклов включения/выключения, его КПД значительно падает в связи с неполной отработкой термодинамического цикла и неполной работой компрессора.

Преимуществом также является возможность функционирования теплопроизводителей и теплопотребителей с различными графиками температур.

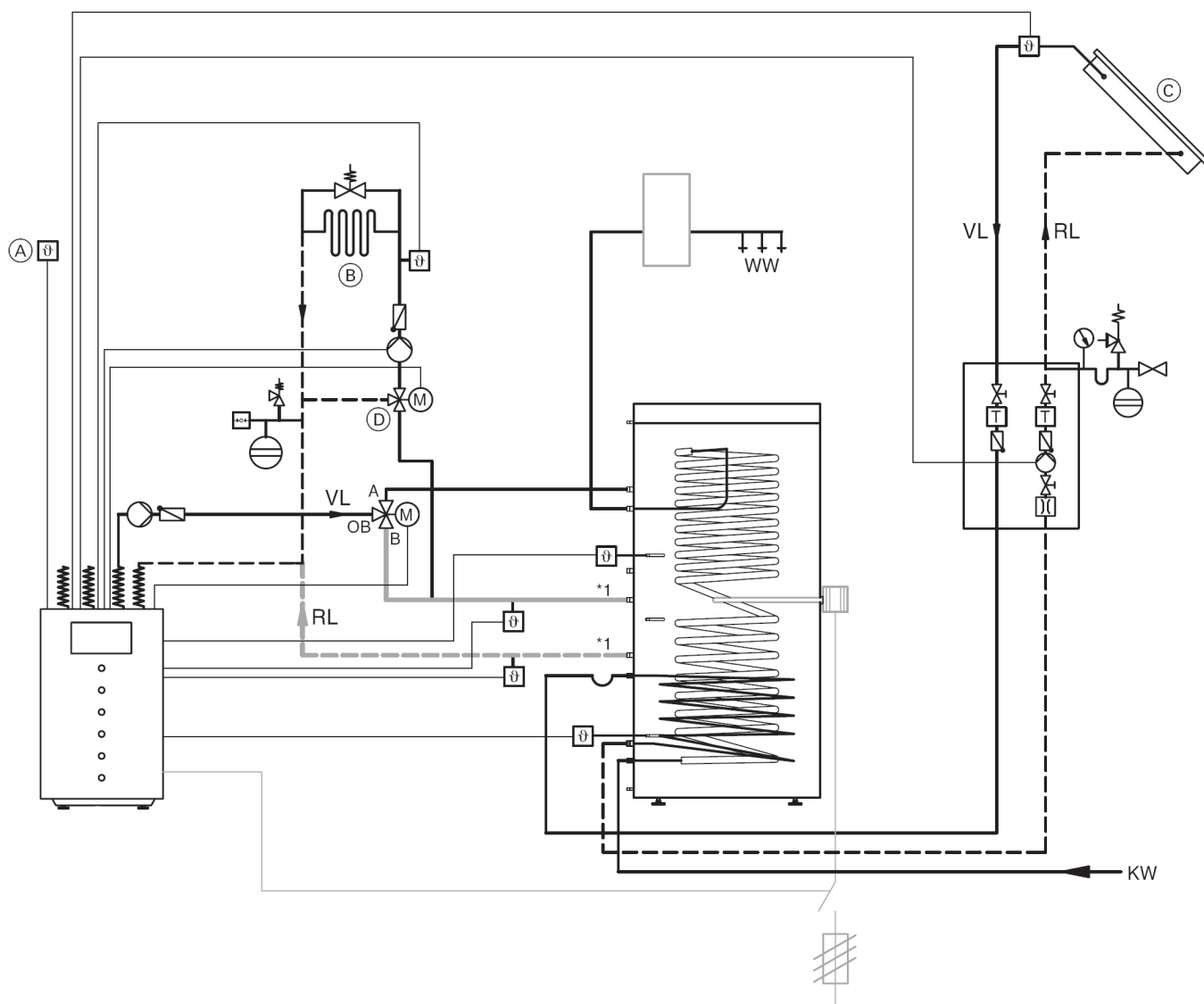


Для заметок



Кроме того, есть возможность использовать многовалентные системы.

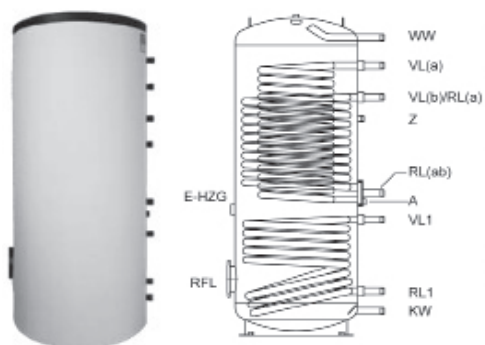
6. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ПУНКТА



- Ⓐ Датчик наружной температуры
- Ⓑ Контур внутрипольного отопления
- Ⓒ Солнечный коллектор
- Ⓓ 3-ходовой смеситель

- KW Трубопровод холодной воды
- RL Обратная магистраль
- VL Подающая магистраль
- WW Трубопровод горячей воды

Для заметок



Расчет буферной емкости греющего контура, оптимизация работы:

$V_{\text{бг}} = Q_{\text{ТН}} \cdot (20-25 \text{ л})$, где

$Q_{\text{ТН}}$ — номинальная мощность теплового насоса, абсолютная

$V_{\text{бг}}$ — объем буферной емкости греющего контура, л

Расчет буферной емкости греющего контура, перекрытие периодов блокировки:

$$V_{\text{бг}} = \frac{Q_{\text{Г}} \cdot t_{\text{sz}}}{C_{\text{п}} \cdot \Delta\vartheta}, \text{ где}$$

$C_{\text{п}}$ — удельная теплоемкость, кВт ч/(кг · К)

$Q_{\text{Г}}$ — теплотребление здания, кВт

t_{sz} — время блокировки, ч

$V_{\text{бг}}$ — объем буферной емкости греющего контура, л

$\Delta\vartheta$ — охлаждение системы, К

Пример: $Q_{\text{Г}} = 10 \text{ кВт} = 10000 \text{ W}$

$t_{\text{sz}} = 2 \text{ ч}$ (макс. 3 раза в день)

$\Delta\vartheta = 10 \text{ К}$

$$V_{\text{бг}} = \frac{10000 \text{ W} \cdot 2 \text{ h}}{1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} 10 \text{ K}} = 1720 \text{ кг воды} \approx 1720 \text{ л}$$

7. ИНТЕГРАЦИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ/ОХЛАЖДЕНИЯ

7.1. Режимы работы теплового насоса

Моновалентный режим работы

Означает, что теплонасосная установка обеспечивает все теплопотребление здания в качестве единственного теплогенератора. Как условие для этого, последующая система распределения тепла должна быть рассчитана на температуру подачи ниже максимальной температуры подачи теплового насоса. Но высокий годовой коэффициент использования установки может быть достигнут только в сочетании с системой распределения тепла с максимальной температурой подачи, равной примерно 35°C.

Бивалентный режим работы

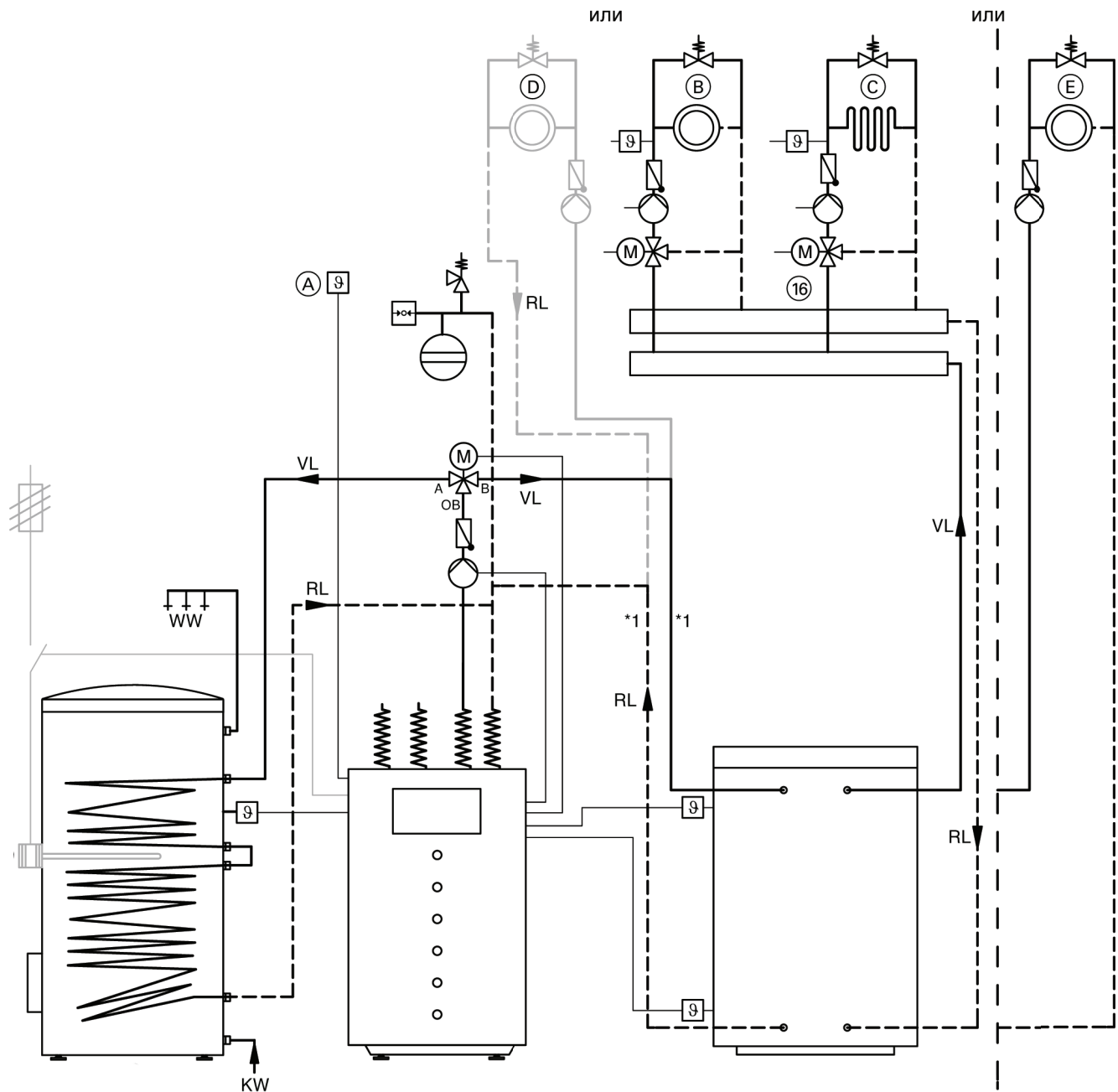
Отопительная установка для бивалентного режима работы включает два теплогенератора. Электроприводной тепловой насос комбинируется как минимум еще с одним теплогенератором для твердого, жидкого или газообразного топлива.

Моноэнергетический режим работы

При этом режиме работы используется второй теплогенератор с тем же видом энергии (электрический ток) — например, проточный водонагреватель для теплоносителя в подающей магистрали отопительного контура или электронагревательная вставка в емкостном водонагревателе и/или в буферной емкости греющего контура.

7.2. Принципиальные схемы обвязки

Режим работы моновалентный или моноэнергетический

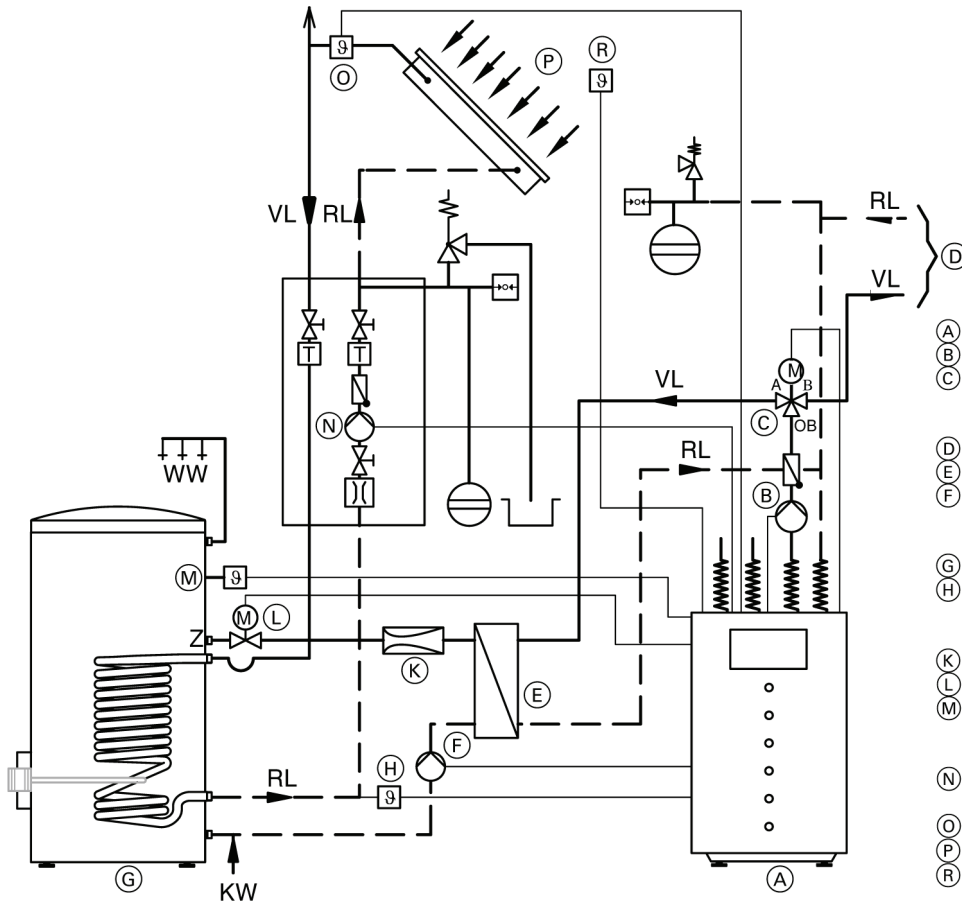


- (A) Датчик наружной температуры
- (B) Контур со смесителем 1
- (C) Контур со смесителем 2 (контур внутритольного отопления)
- (D) Отопительный контур, вариант 2
- (E) Отопительный контур, вариант 1

- KW Трубопровод холодной воды
- RL Обратная магистраль
- VL Подающая магистраль
- WW Трубопровод горячей воды

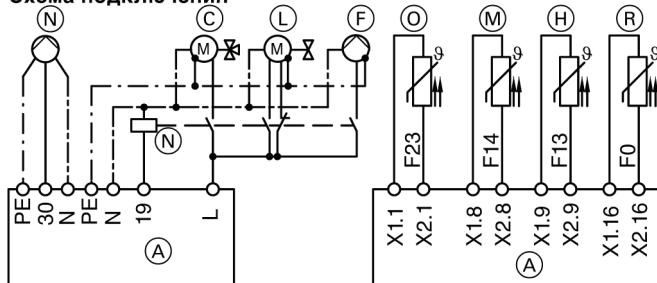
7. ИНТЕГРАЦИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ/ОХЛАЖДЕНИЯ

Режим работы бивалентный с приготовлением ГВС солнечными панелями



- (A) Тепловой насос
- (B) Вторичный насос
- (C) 3-ходовой переключающий клапан отопления/приготовления горячей воды
- (D) к отопительным контурам
- (E) Теплообменник
- (F) Циркуляционный насос греющего контура емкостного водонагревателя
- (G) Емкостный водонагреватель
- (H) Датчик температуры емкостного водонагревателя (солнечной установки)
- (K) Ограничитель объемного расхода
- (L) 2-ходовой клапан
- (M) Датчик температуры емкостного водонагревателя (теплового насоса)
- (N) Циркуляционный насос контура солнечной установки
- (O) Датчик температуры коллектора
- (P) Солнечный коллектор
- (R) Датчик наружной температуры

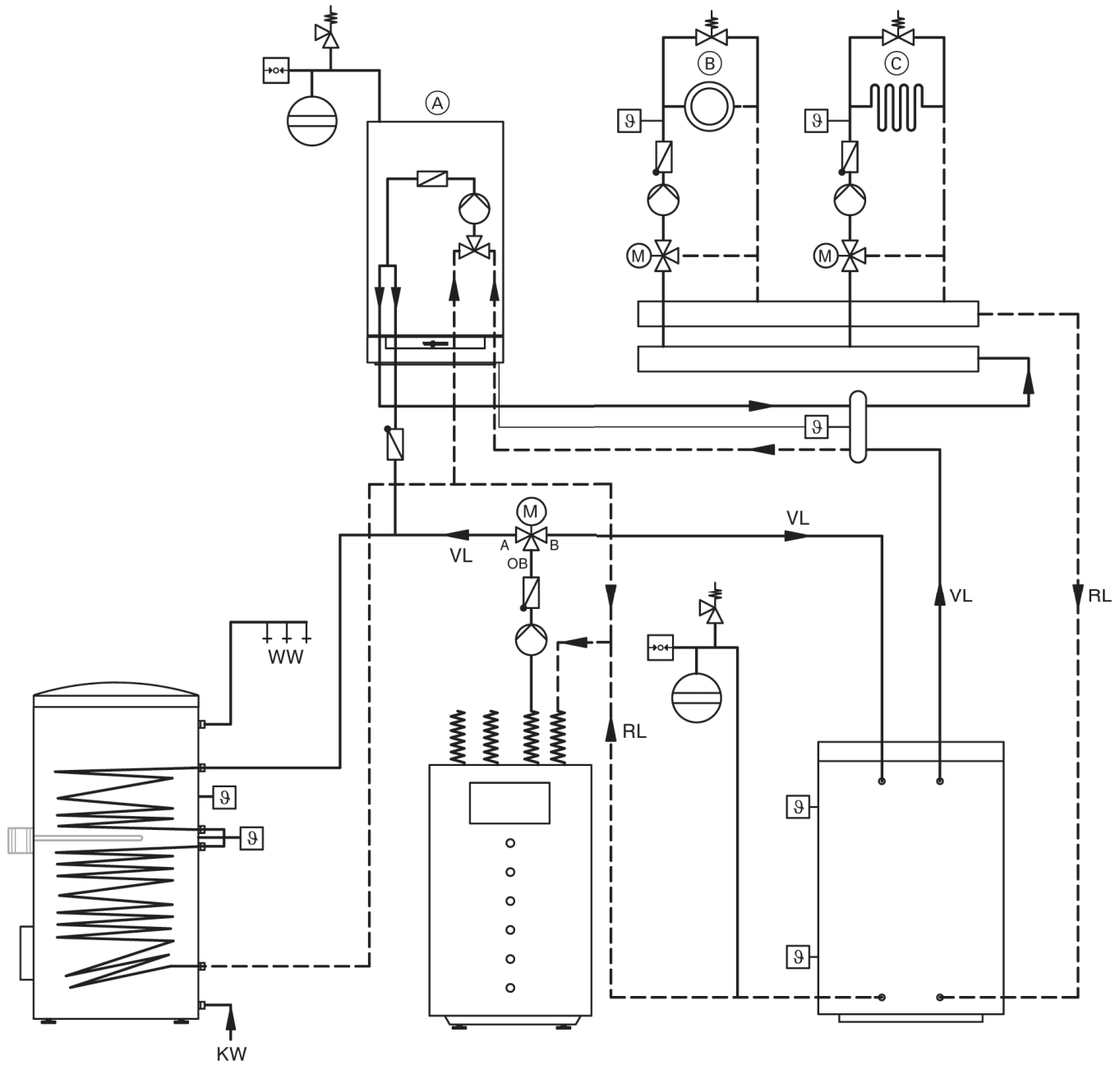
Схема подключения



- KW Трубопровод холодной воды
- RL Обратная магистраль
- VL Подающая магистраль
- WW Трубопровод горячей воды
- Z Патрубок циркуляционного трубопровода

7. ИНТЕГРАЦИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ/ОХЛАЖДЕНИЯ

Режим работы бивалентный с одноконтурным настенным котлом

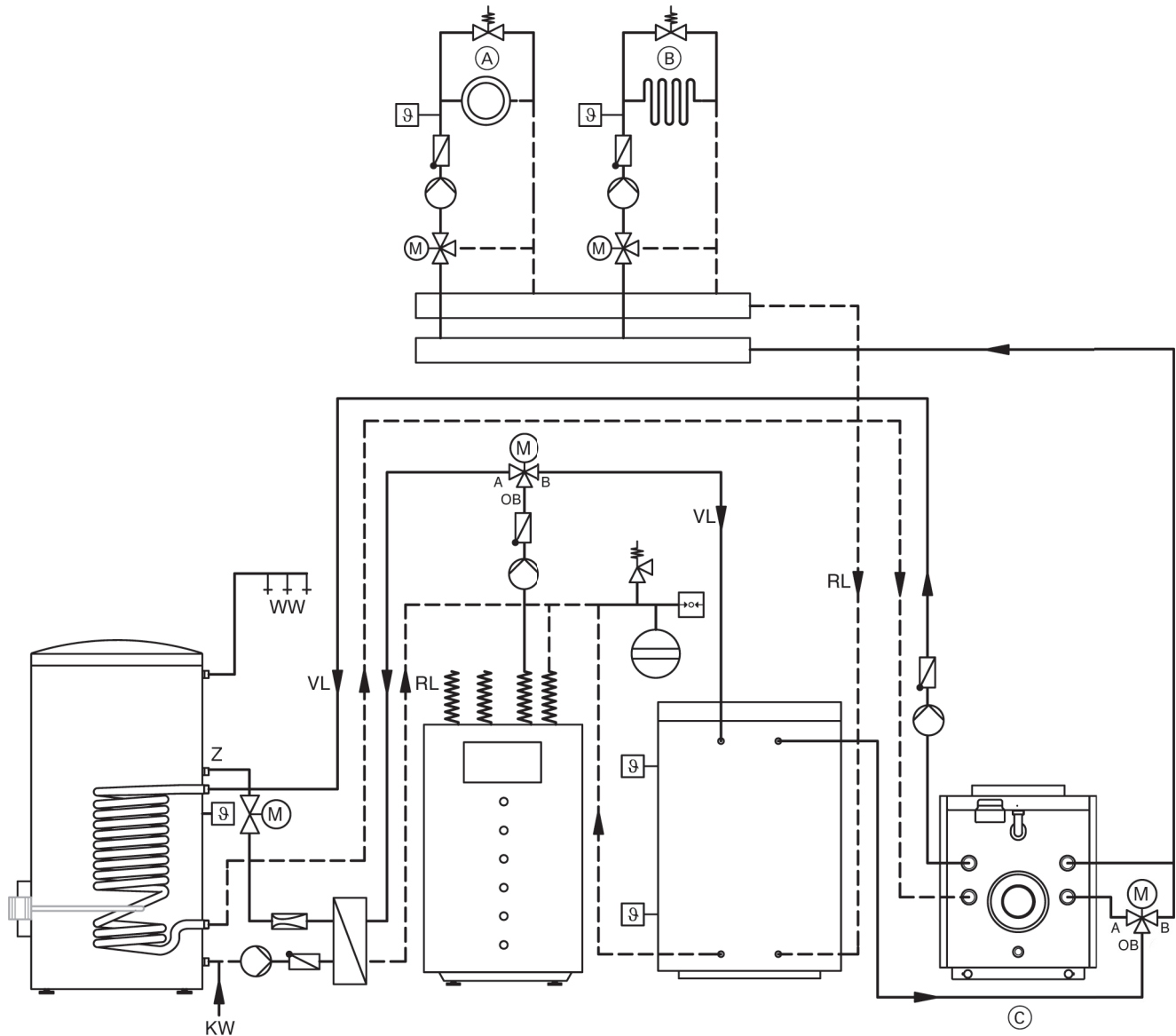


- Ⓐ Настенный модуль для жидкого и газообразного топлива
- Ⓑ Контур со смесителем 1
- Ⓒ Контур со смесителем 2 (контур внутривольного отопления)

- KW Трубопровод холодной воды
- RL Обратная магистраль
- VL Подающая магистраль
- WW Трубопровод горячей воды

7. ИНТЕГРАЦИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ/ОХЛАЖДЕНИЯ

Режим работы бивалентный с напольным котлом



- Ⓐ Контур со смесителем 1
- Ⓑ Контур со смесителем 2 (контур внутрипольного отопления)
- Ⓒ Водогрейный котел для жидкого и газообразного топлива

- KW Трубопровод холодной воды
- RL Обратная магистраль
- VL Подающая магистраль
- WW Трубопровод горячей воды
- Z Циркуляционный трубопровод

Для заметок

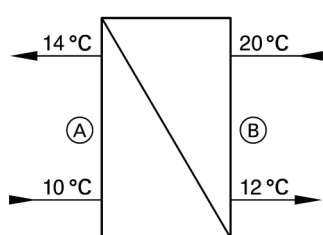
7.3. Естественное охлаждение

Если тепловой насос эксплуатируется в летний период, можно задействовать первичный контур в качестве источника для охлаждения здания. Функция естественного охлаждения — наиболее энергосберегающий метод охлаждения, поскольку требуется незначительное потребление электроэнергии для циркуляционных насосов.

В режиме естественного охлаждения компрессор теплового насоса включается только для приготовления горячей воды. Управление всеми необходимыми циркуляционными насосами, переключающими распределительными и смесительными вентилями, а также регистрацию требуемых температур и контроль точки росы осуществляет программное управление теплового насоса.

Теплообмен с источником холода происходит с помощью теплообменника, включенного в первичный контур.

Расчет теплообменника



- Ⓐ Рассольный контур (рассол) или контур грунтовой воды (вода)
- Ⓑ Система охлаждения (вода)

Таблица для подбора теплообменника, рассольно-водяной контур

Холодопроизводительность кВт	Объемный расход		Потеря давления в теплообменнике	
	рассольного контура (рассол) м³/ч	системы охлаждения (вода) м³/ч	рассольного контура (рассол) кПа	системы охлаждения (вода) кПа
3,7	1,15	0,53	6,63	1,03
5,0	1,60	0,60	12,48	1,24
6,5	2,10	0,75	7,82	0,86
8,4	2,70	0,95	13,40	1,47
11,0	3,60	1,27	11,20	1,30
12,4	3,90	1,50	13,01	2,01
12,7	3,90	1,50	13,01	2,01
10,0	3,20	1,10	9,18	0,94
13,0	4,20	1,40	8,97	0,95
16,8	5,40	1,90	14,99	1,59
22,0	7,20	2,40	11,17	1,13
25,4	7,70	2,74	13,00	1,52

7. ИНТЕГРАЦИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ/ОХЛАЖДЕНИЯ

Для заметок

30,4	8,20	3,27	30,00	7,00
42,7	12,60	4,60	30,00	7,00
52,6	15,60	5,66	30,00	8,00
62,3	18,60	6,71	25,00	4,00

Таблица для подбора теплообменника,
водно-водяной контур

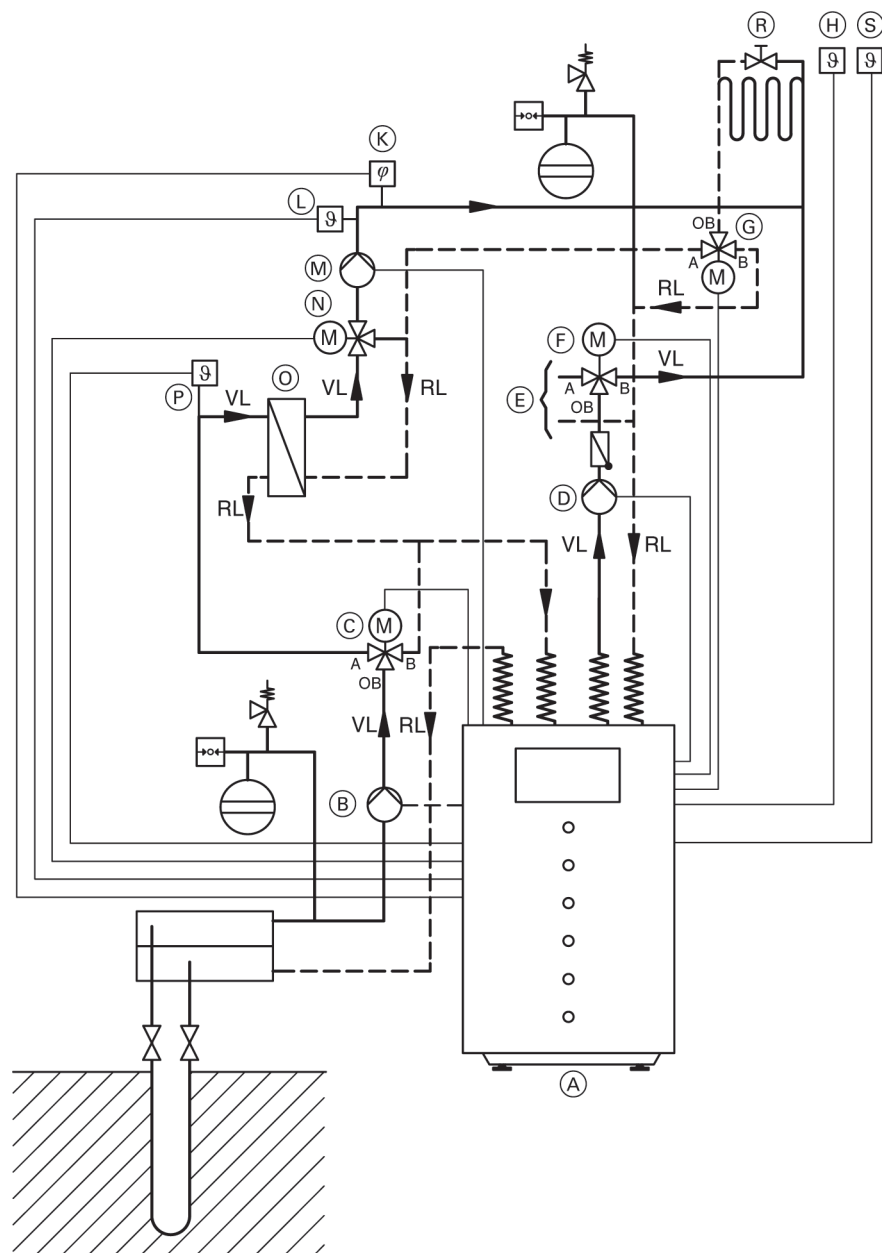
Холодопроизводительность кВт	Объемный расход		Потеря давления в	
	Грунтовые воды (вода) м ³ /ч	системы охлаждения (вода) м ³ /ч	Грунтовые воды (вода) кПа	системы охлаждения (вода) кПа
5,15	1,15	0,44	26	5
6,90	1,60	0,58	26	6
9,00	2,10	0,73	29	5
11,70	2,70	1,00	27	6
15,20	3,60	1,25	26	4
17,20	3,90	1,50	28	5
17,80	3,60	1,50	28	5
13,80	3,20	1,16	27	5
18,00	4,20	1,46	29	5
23,40	5,40	2,00	29	5
30,40	7,20	2,50	31	5
35,60	7,80	3,00	31	9
42,80	9,20	3,70	30	8
60,00	12,60	5,17	30	7
74,00	15,60	6,37	30	7
87,80	18,60	7,56	30	7

Для охлаждения здания можно использовать следующие системы:

- вентиляционные конвекторы с конденсатосборником;
- система фанкойлов;
- потолочные и стеновые панели систем отопления/охлаждения;
- система темперирования ядра бетонного перекрытия.

7. ИНТЕГРАЦИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ/ОХЛАЖДЕНИЯ

Функциональная схема естественного охлаждения:



- (A) Тепловой насос
- (B) Первичный насос
- (C) 3-ходовой переключающий клапан отопления/охлаждения (рассол)
- (D) Вторичный насос
- (E) к емкостному водонагревателю
- (F) 3-ходовой переключающий клапан отопления/приготовления горячей воды
- (G) 3-ходовой переключающий клапан отопления/охлаждения
- (H) Датчик наружной температуры
- (K) Влажностьчувствительный элемент "natural cooling" (естественное охлаждение)
- (L) Датчик температуры подающей линии охлаждения
- (M) Насос охлаждающего контура
- (N) Смеситель охлаждающего контура
- (O) Охлаждающий теплообменник
- (P) Регулятор температуры защиты от замерзания
- (R) Внутрипольное отопление
- (S) Устройство дистанционного управления с датчиком температуры помещения
- (T) Вспомогательный контактор

RL Обратная магистраль
VL Подающая магистраль

В целом функция естественного охлаждения уступает кондиционерам в эффективности. При естественном охлаждении не происходит удаление влаги.

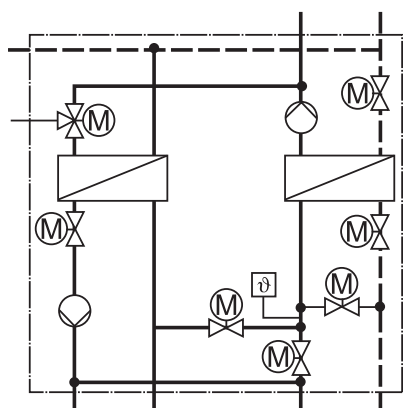
Но есть и существенные преимущества: отсутствие сквозняков и постоянный температурный баланс помещения за счет инерционности применяемых систем охлаждения.

Для заметок

7.4. Активное охлаждение

В режиме активного охлаждения тепловой насос работает по принципу холодильной машины. Избытки тепловой энергии при этом утилизируются в грунт, если в летний период нет других теплопотребителей, кроме системы ГВС или системы подогрева бассейна.

Многие производители тепловых насосов предлагают готовые решения в виде блока активного охлаждения.



Блок активного охлаждения (АС)

Предварительно изготовленный блок для реализации функции “active cooling” с одним отопительным/охлаждающим контуром без смесителя.

Для подключения охлаждающих перекрытий или вентиляторных конвекторов.

Макс. холодопроизводительность до 13 кВт в зависимости от используемого теплового насоса и источника тепла.

Монтаж слева возле теплового насоса.

В комплекте:

- пластинчатые теплообменники
- переключающие клапаны
- реле контроля защиты от замерзания
- насос контура охлаждения
- теплоизолированный корпус
- клеммная коробка для электрических подключений.

Функциональное использование этих блоков ограничивается максимальной холодопроизводительностью до 13 кВт.

При необходимости большей холодопроизводительности в гидравлической системе обвязки добавляют дополнительный теплообменник — для утилизации тепла. При этом первичный контур отключают от теплового насоса с помощью трехходовых распределительных вентилей.

8. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Чаще всего потенциальные заказчики задают вопрос «Насколько экономически оправдано применение данной системы, и каков период ее окупаемости?»

В этом разделе приведены некоторые раскладки по капитальным вложениям и эксплуатационным затратам по различным системам.

Все расчеты произведены для аналогичного по классу оборудования с современными системами управления. Также учтены действующие тарифы на энергоресурсы. Данные приведены в розничных ценах (см. таблицу).

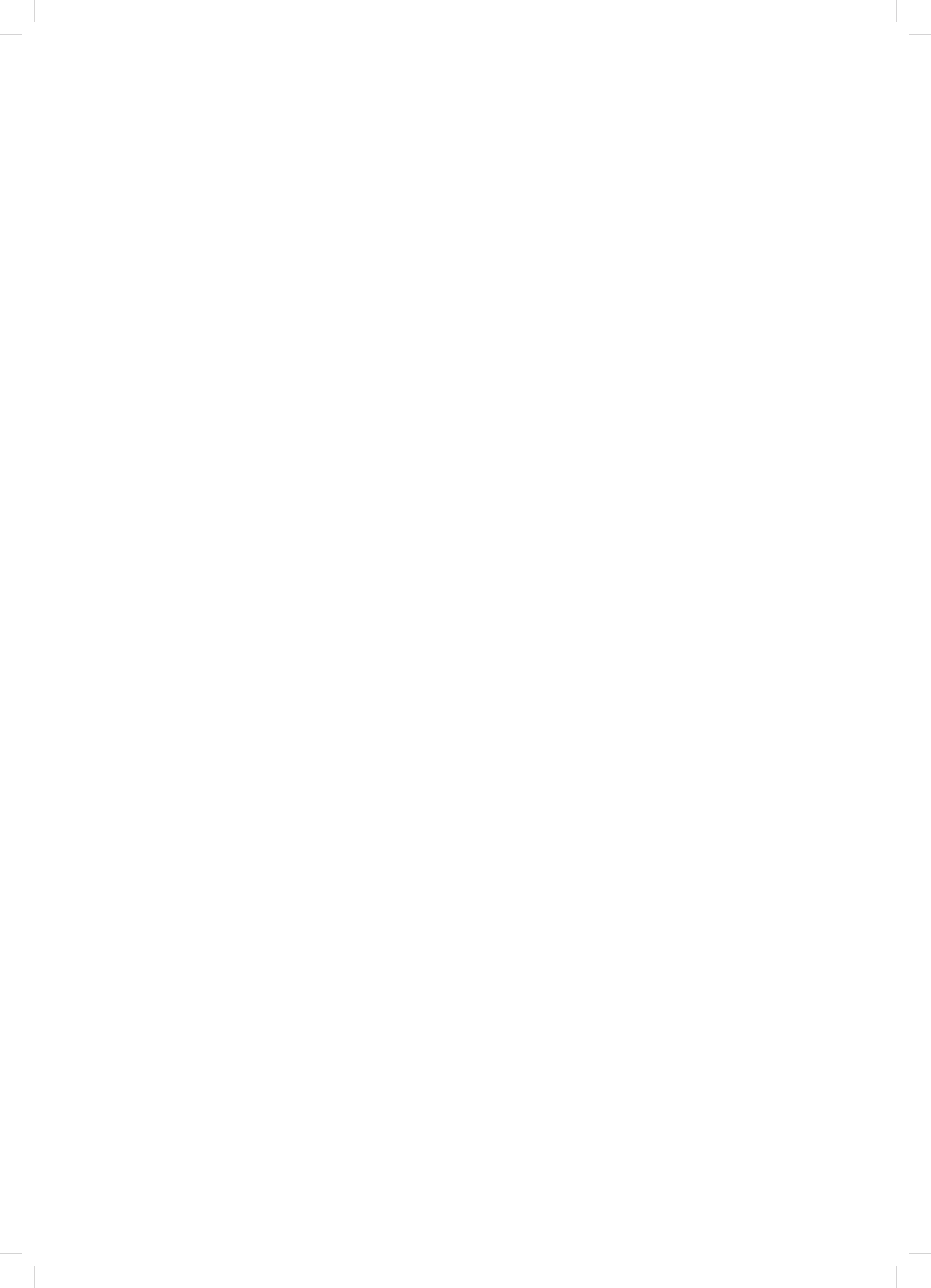
ТАБЛИЦА СРАВНЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА 30 КВТ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И 15 КВТ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ, РУБ.							
Капитальные вложения		Тепловые насосы	Газовый котел (магистральный газ)	Газовый котел (сжиженный газ устройство газгольдера)	Дизельный котел	Электрический котел	Холодильная машина 15 кВт
1	Стоимость первичного контура						
1-а	грунт/вода бурение скважин	720000	0	0	0	0	0
1-б	грунт/вода горизонтальный коллектор	140000	0	0	0	0	0
1-в	вода/вода	460000	0	0	0	0	0
2	Подключение к теплопроизводителю включая затраты на работы оборудование и согласование	0	300000	350000	30000	25000	280000
3	Стоимость оборудования	700000	120000	125000	150000	45000	
4	Устройство дымохода	0	100000	100000	100000	0	0
Итого капитальные вложения отопление							
1-а	грунт/вода скважина	1420000	520000	575000	280000	70000	280000
1-б	грунт/вода коллектор	840000	520000	575000	280000	70000	280000
1-в	вода/вода	1160000	520000	575000	280000	70000	280000
Итого капитальные вложения отопление+охлаждение							
1-а	грунт/вода скважина	1420000	800000	855000	560000	350000	
1-б	грунт/вода коллектор	840000	800000	855000	560000	350000	
1-в	вода/вода	1160000	800000	855000	560000	350000	
Эксплуатационные затраты на отопление 1 год, работа установки 6 месяцев из расчета полной нагрузки 10ч в сутки 1820 часов/год		43800	21140	67012	107016	184000	0
Эксплуатационные затраты 1 год отопление и холодоснабжение, Работа холодильной машины 600 часов/год		43800	41360	87232	127236	204220	20220

8. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Капитальные вложения	Тепловые насосы	Газовый котел (магистральный газ)	Газовый котел (сжиженный газ устройство газгольдера)	Дизельный котел	Электрический котел	Холодильная машина 15 кВт
Эксплуатационные затраты на отопление 5 лет, работа установки 6 месяцев из расчета полной нагрузки 10ч в сутки 1820 часов/год	219000	105700	335060	535080	920000	0
Эксплуатационные затраты 5 лет отопление и холодоснабжение, Работа холодильной машины 600 часов/год	219000	206800	436160	636180	1021100	101100
Эксплуатационные затраты отопление 10 лет, работа установки 6 месяцев из расчета полной нагрузки 10ч/сутки 1820 часов/год	438000	211400	670120	1070160	1840000	0
Эксплуатационные затраты 10 лет отопление и холодоснабжение, Работа холодильной машины 600 часов/год	438000	413600	872320	1272360	2042200	202200
Эксплуатационные затраты отопление 15 лет, работа установки 6 месяцев из расчета полной нагрузки 10ч/сутки 1820 часов/год	657000	317100	1005180	1605240	2760000	
Эксплуатационные затраты 15 лет отопление и холодоснабжение, Работа холодильной машины 600 часов/год	657000	620400	1308480	1908540	3063300	
Энергопотребление/ч.	7,17 кВт/ч	3,52 м3/ч	2,63 м3/ч	2,8 л/ч	30 кВт/ч	10 кВт/ч
Электроэнергия тариф 3,37 руб/кВт						
Магистральный газ 3,3 руб/м3						
Сжиженный газ 14 руб/л						
Дизельное топливо 21 руб/л						
ОТОПЛЕНИЕ						
Суммарные капитальные и эксплуатационные вложения 5 лет						
1-а	грунт/вода скважина	1639000	625700	910060	815080	990000
1-б	грунт/вода коллектор	1059000	625700	910060	815080	990000
1-в	вода/вода	1379000	625700	910060	815080	990000
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ 5 лет						
1-а	грунт/вода скважина		-1013300	-728940	-823920	-649000
1-б	грунт/вода коллектор		-433300	-148940	-243920	-69000
1-в	вода/вода		-753300	-468940	-563920	-389000
Суммарные капитальные и эксплуатационные вложения 10 лет						
1-а	грунт/вода скважина	1858000	731400	1245120	1350160	1910000
1-б	грунт/вода коллектор	1278000	731400	1245120	1350160	1910000
1-в	вода/вода	1598000	731400	1245120	1350160	1910000
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ 10 лет						
1-а	грунт/вода скважина		-1126600	-612880	-507840	52000
1-б	грунт/вода коллектор		-546600	-32880	72160	632000
1-в	вода/вода		-866600	-352880	-247840	312000

Капитальные вложения		Тепловые насосы	Газовый котел (магистральный газ)	Газовый котел (сжиженный газ устройство газгольдера)	Дизельный котел	Электрический котел	Холодильная машина 15 кВт
Суммарные капитальные и эксплуатационные вложения 15 лет							
1-а	грунт/вода скважина	2077000	837100	1580180	1885240	2830000	
1-б	грунт/вода коллектор	1497000	837100	1580180	1885240	2830000	
1-в	вода/вода	1817000	837100	1580180	1885240	2830000	
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ 15 лет							
1-а	грунт/вода скважина		-1239900	-496820	-191760	753000	
1-б	грунт/вода коллектор		-659900	83180	388240	1333000	
1-в	вода/вода		-979900	-236820	68240	1013000	
ОТОПЛЕНИЕ+ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ							
Суммарные капитальные и эксплуатационные вложения 5 лет							
1-а	грунт/вода скважина	1639000	1006800	1291160	1196180	1371100	
1-б	грунт/вода коллектор	1059000	1006800	1291160	1196180	1371100	
1-в	вода/вода	1379000	1006800	1291160	1196180	1371100	
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ 5 лет							
1-а	грунт/вода скважина		-632200	-347840	-442820	-267900	
1-б	грунт/вода коллектор		-52200	232160	137180	312100	
1-в	вода/вода		-372200	-87840	-182820	-7900	
Суммарные капитальные и эксплуатационные вложения 10 лет							
1-а	грунт/вода скважина	1858000	1213600	1727320	1832360	2392200	
1-б	грунт/вода коллектор	1278000	1213600	1727320	1832360	2392200	
1-в	вода/вода	1598000	1213600	1727320	1832360	2392200	
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ 10 лет							
1-а	грунт/вода скважина		-644400	-130680	-25640	534200	
1-б	грунт/вода коллектор		-64400	449320	554360	1114200	
1-в	вода/вода		-384400	129320	234360	794200	
Суммарные капитальные и эксплуатационные вложения 15 лет							
1-а	грунт/вода скважина	2077000	1420400	2163480	2468540	3413300	
1-б	грунт/вода коллектор	1497000	1420400	2163480	2468540	3413300	
1-в	вода/вода	1817000	1420400	2163480	2468540	3413300	
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ 15 лет							
1-а	грунт/вода скважина		-656600	86480	391540	1336300	
1-б	грунт/вода коллектор		-76600	666480	971540	1916300	
1-в	вода/вода		-396600	346480	651540	1596300	

При составлении учебного пособия были использованы материалы компаний Рехау, Майбес, Виссманн, Нуклеон.





ООО «Компания МВ»
www.masterwatt.ru

г. Москва
Открытое шоссе, д. 18, стр. 1
☎ +7 (495) 730-22-99
✉ pochta@masterwatt.ru

г. Самара
ул. 3-й проезд, д. 37
☎ +7 (846) 260-56-77
✉ samara@masterwatt.ru

г. Пермь
ул. Леонова, д. 41
☎ +7 (342) 223-52-02
✉ perm@masterwatt.ru