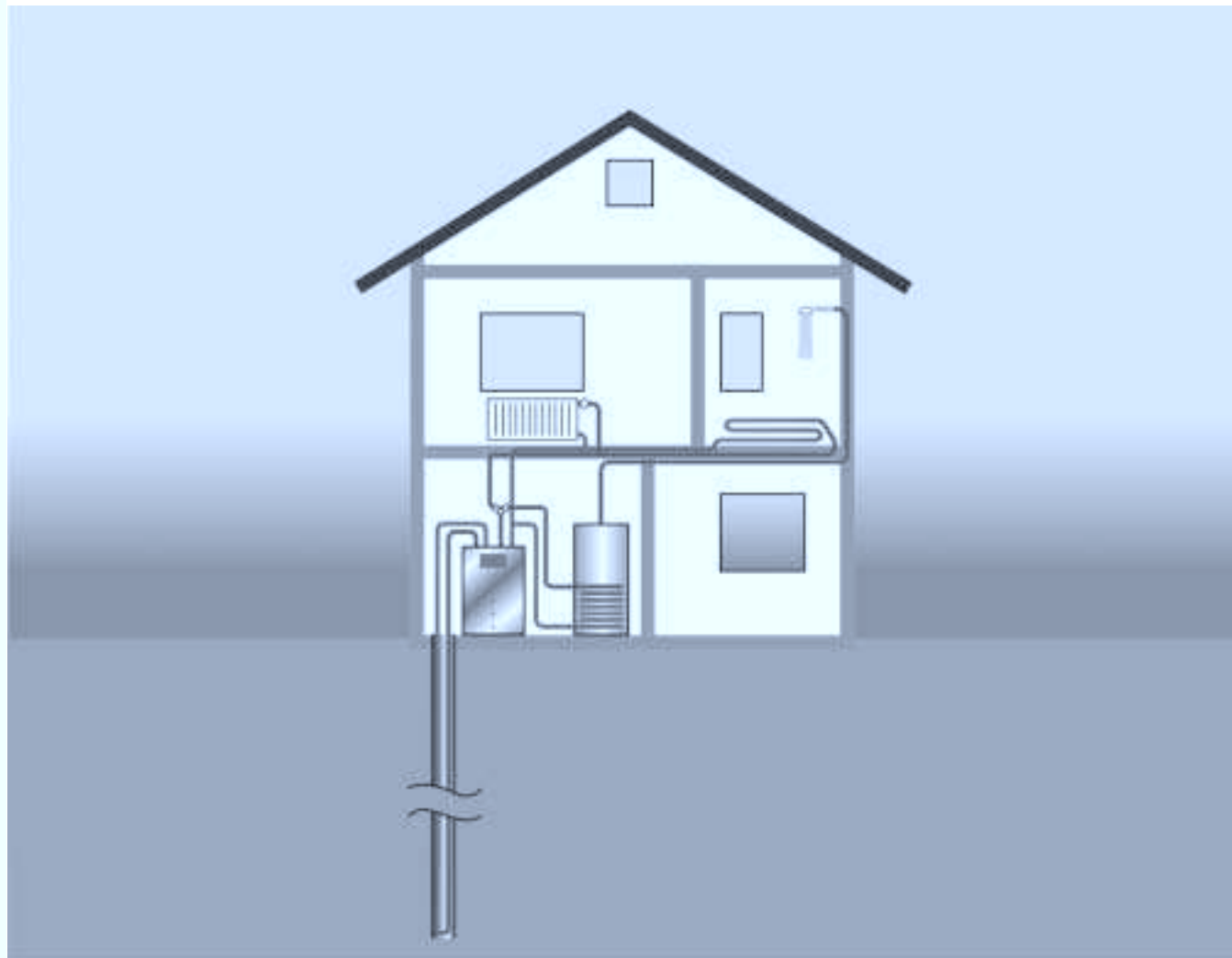


Инструкция по проектированию



Указание по хранению:
папка "Документация по проектированию
Vitoltec", регистр 5



Vitocal 300

Тип BW и WW

для температуры подачи до 55 °C

Тепловой насос с электроприводом для отопления и приготовления горячей воды в составе моно- или бивалентных отопительных установок

в модификации **рассольно-водяного теплового насоса** (тип BW) мощностью 4,8 – 81,2 кВт

или

в модификации **водо-водяного теплового насоса** (тип WW) мощностью 6,3 – 106,8 кВт

Vitocal 350

Тип BWH и WWH

для температуры подачи до 65 °C

Тепловой насос с электроприводом для отопления и приготовления горячей воды в составе моно- или бивалентных отопительных установок

в модификации **рассольно-водяного теплового насоса** (тип BWH) мощностью 11,0 – 17,1 кВт

или

в модификации **водо-водяного теплового насоса** (тип WWH) мощностью 14,1 – 20,0 кВт

Vitocal 300

Тип AW

для температуры подачи до 55 °C

Воздушно-водяной тепловой насос с электроприводом для отопления и приготовления горячей воды в составе моно- или бивалентных отопительных установок 5,4 – 14,6 кВт

Vitocal 350

Тип AWH

для температуры подачи до 65 °C

Воздушно-водяной тепловой насос с электроприводом для отопления и приготовления горячей воды в составе моно- или бивалентных отопительных установок 9,4 – 12,8 кВт

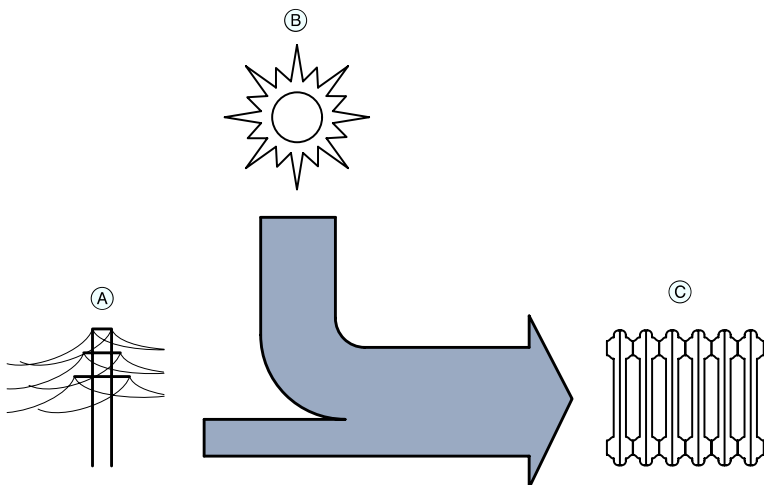
Оглавление

стр.

1 Технические основы тепловых насосов		
1. 1 Основные положения	3	
1. 2 Функция теплового насоса	4	
1. 3 Теплогенерация	5	
■ при использовании земляных коллекторов		
■ при использовании земляных зондов		
■ из грунтовых вод		
■ из окружающего (наружного) воздуха	9	
1. 4 Режимы работы	10	
1. 5 Коэффициент полезного действия и коэффициент использования	10	
2 Информация об изделиях		
2. 1 Vitocal 300 и Vitocal 350	11	
2. 2 Регулятор отопительного контура Divicon	12	
2. 3 Пакет принадлежностей для подключения рассольного контура	13	
2. 4 Распределитель рассола	14	
■ Земляной коллектор	14	
■ Земляной зонд/земляной коллектор	15	
3 Указания по проектированию		
3. 1 Определение параметров тепловых насосов	16	
■ Моновалентный режим работы	16	
■ Моноэнергетический режим работы	17	
■ Параллельный бивалентный режим работы	17	
■ Альтернативный бивалентный режим работы	17	
3. 2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов	18	
■ Земляной коллектор	18	
■ Земляной зонд – двойной U-образный трубчатый зонд	23	
■ Расчет компонентов	24	
3. 3 Расчет источников тепла для водо-водяных тепловых насосов	27	
■ Грунтовые воды		
■ Расчет теплообменника промежуточного контура	29	
■ Охлаждающая вода	30	
3. 4 Расчет источников тепла для воздушно-водяных тепловых насосов	31	
■ Наружный воздух	31	
■ Воздух помещения/отходящий воздух	32	
3. 5 Отопительные контуры и распределение тепла	33	
3. 6 Расчет буферной емкости греющего контура	33	
■ Буферная емкость греющего контура для оптимизации времени работы	33	
■ Буферная емкость греющего контура для перекрытия периодов блокировки	33	
3. 7 Приготовление горячей воды	34	
■ Непосредственное приготовление горячей воды	34	
■ Приготовление горячей воды с помощью внешнего теплообменника	35	
3. 8 Нагрев воды плавательного бассейна	38	
3. 9 Естественное охлаждение	40	
■ Описание функции	40	
■ Расчет теплообменника	41	
■ Охлаждение вентиляционными конвекторами	42	
■ Охлаждение охлаждающими перекрытиями	43	
■ Охлаждение посредством внутрипольного отопления	44	
3.10 Стыковка термических солнечных установок	46	
■ Описание функции	46	
■ Приготовление горячей воды солнечной энергией	46	
■ Нагрев воды плавательного бассейна солнечной энергией	47	
■ Поддержка отопления солнечной энергией	48	
3.11 Установка и источники шума	49	
3.12 Электроснабжение и тарифы	49	
4 Гидравлическая стыковка		
4. 1 Примеры монтажа на первичной стороне	50	
■ Рассольно-водяной тепловой насос – работа с земляным зондом	50	
■ Рассольно-водяной тепловой насос – работа с земляным коллектором	51	
■ Водно-водяной тепловой насос	52	
■ Воздушно-водяной тепловой насос	53	
4. 2 Примеры монтажа на вторичной стороне (исполнения установки 1, 3 – 10, 20 и 21)	54	
5 Приложение		
5. 1 Нормы и предписания	93	
5. 2 Глоссарий	94	
5. 3 Обзорная схема проектирования тепловой насосной установки	95	
5. 4 Программное обеспечение для проектирования земляных зондов и панелей	95	
5. 5 Адреса изготовителей	95	
5. 6 Контрольный лист для разработки предложения на тепловые насосы	96	

1.1 Основные положения

Принцип теплового насоса



- Ⓐ Движущая энергия (электрический ток)
- Ⓑ Тепло окружающей среды (грунт, вода, воздух)
- Ⓒ Греющее тепло

Современные тепловые электронасосы обладают эффективными техническими возможностями для экономии энергии и сокращения выбросов CO₂. В сочетании со снижением расхода энергии за счет улучшенной тепловой защиты тепловые электронасосы (прежде всего, в новых зданиях) являются целесообразной альтернативой. Разработка тепловых насосов с температурами подачи до 65 °C создала возможность для их использования при модернизации и ремонте отопительных установок. Оптимальная согласованность источника тепла и теплораспределительной системы с режимом работы теплового насоса является основой для создания надежных и экономичных теплонасосных отопительных установок.

Тепловой насос обеспечивает технические предпосылки для эффективного использования возобновляемой энергии в форме тепла окружающей среды для отопления и приготовления горячей воды.

Примерно три четверти необходимой для отопления энергии тепловой насос получает из окружающей среды, для остальной четверти ему требуется в качестве движущей энергии электрический ток.

Тепло окружающей среды – тепловая энергия солнца, накопленная в грунте, воде и воздухе – имеется в распоряжении в неограниченных количествах.

Тепловой насос обеспечивает возможность экономного и экологически щадящего отопления с использованием тепла окружающей среды.

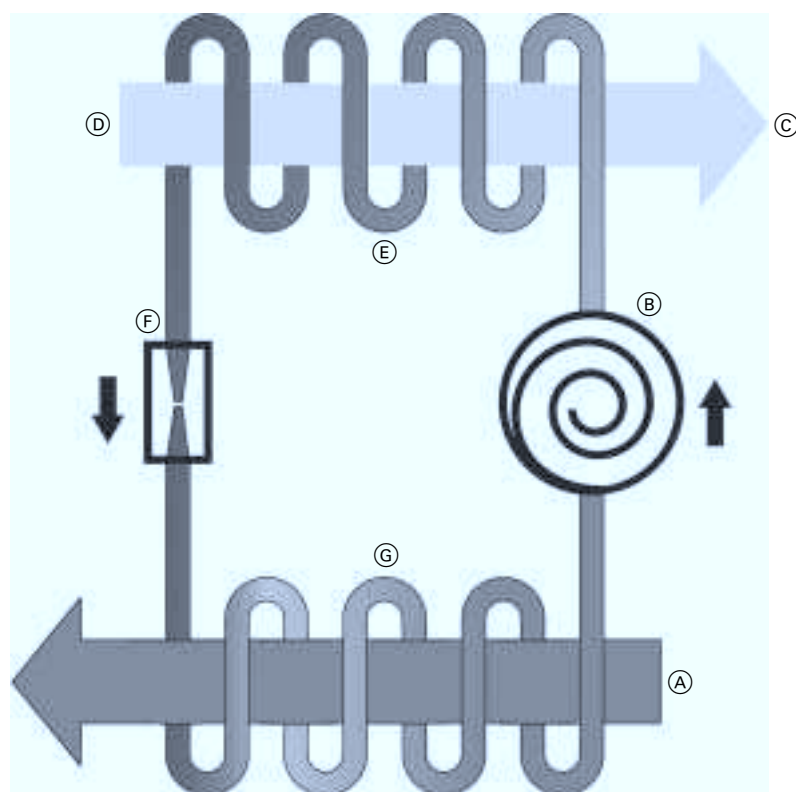
1.2 Функция теплового насоса

1.2 Функция теплового насоса

Принцип действия теплового насоса аналогичен работе холодильника. В холодильнике тепло от охлаждаемых продуктов отбирается посредством испарителя и через конденсатор прибора отводится в помещение. При работе теплового насоса тепло отбирается из окружающей среды (грунта, воды, воздуха) и подается в систему отопления.

Цикл работы холодильного агрегата осуществляется в соответствии с простыми физическими законами. Рабочая среда в виде уже охлажденной жидкости циркулирует в замкнутом контуре и при этом последовательно испаряется, конденсируется, сжимается и расширяется.

Контур теплового насоса



- | | |
|---|-----------------------------|
| (A) Тепло окружающей среды | (E) Холодильный конденсатор |
| (B) Компрессор | (F) Расширительный клапан |
| (C) Подающая магистраль отопительного контура | (G) Испаритель |
| (D) Обратная магистраль отопительного контура | |

Отбор тепла из окружающей среды

В испарителе находится жидкое рабочая среда при низком давлении. Уровень температур тепла окружающей среды на испарителе выше соответствующей давлению температуры кипения рабочей среды. За счет этого перепада температур происходит передача тепла окружающей среды рабочей среде, которая при этом кипит и испаряется. Требуемое для этого тепло отбирается от источника тепла.

Повышение температуры в компрессоре

Парообразная рабочая среда постоянно отсасывается компрессором из испарителя и сжимается. При сжатии повышаются давление и температура пара.

Отдача тепла системе отопления

Из компрессора парообразная рабочая среда попадает в конденсатор, омываемый теплоносителем. Температура теплоносителя ниже температуры конденсации рабочей среды, за счет чего пар охлаждается и сжижается (конденсируется). Поступившая в испаритель энергия (тепло) и дополнительно подведенная за счет работы компрессора электрическая энергия высвобождается в конденсаторе в результате конденсации и отдается теплоносителю.

Замкнутый цикл

Затем рабочая среда подается через расширительный клапан обратно в испаритель. Давление рабочей среды снижается с высокого уровня в конденсаторе до низкого уровня в испарителе.

При входе в испаритель снова обеспечиваются начальное давление и начальная температура. На этом цикл замыкается.

1.3 Теплогенерация

Для рационального использования тепла окружающей среды в качестве источников тепла в распоряжении имеются грунт, вода и окружающий воздух. Все они накапливают солнечную энергию, в результате чего посредством этих источников тепла косвенно используется солнечная энергия.

Грунт

Грунт обладает способностью аккумулировать солнечную энергию в течение длительного периода времени, что обеспечивает сравнительно равномерную температуру источника тепла в течение года и, тем самым, высокий к.п.д. работы теплового насоса. Температура в верхних слоях почвы меняется в зависимости от сезона. Ниже границы замерзания эти температурные колебания значительно снижаются.

Накопленное в грунте тепло извлекается посредством горизонтально проложенных геотермических теплообменников, называемых также земляными коллекторами, или посредством вертикально проложенных теплообменников, так называемых земляных зондов.

Тепло окружающей среды передается смесью воды и антифриза (рассолом), температура замерзания которой должна составлять примерно -15°C (принять во внимание данные изготовителя). Благодаря этому рассол не замерзает в процессе работы.

Вода

Вода хорошо аккумулирует солнечное тепло. Даже в холодный зимний период грунтовые воды имеют постоянную температуру от $+7$ до $+12^{\circ}\text{C}$. В этом заключается преимущество данного источника тепла.

Вследствие постоянного температурного уровня этого источника тепла к.п.д. (см. стр. 10) теплового насоса в течение всего года остается высоким.

К сожалению, грунтовые воды не везде имеются в достаточном количестве и подходящего качества. Однако там, где выполняются требуемые условия, их использование является выгодным.

Воздух

Воздух как источник тепла наиболее прост в использовании, имеется повсюду и в неограниченном количестве. При этом в большинстве случаев можно использовать только наружный воздух.

Для практического использования этих источников тепла необходимо принять во внимание следующие критерии:

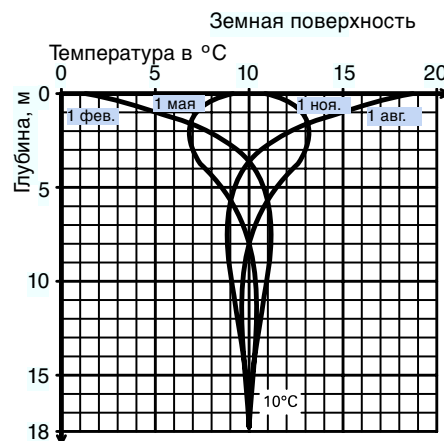
- достаточное наличие,
- как можно более высокая аккумулирующая способность,
- как можно более высокий уровень температур,
- достаточная регенерация,
- экономичное получение,
- низкие затраты на техническое обслуживание.

Эксплуатация установок осуществляется, как правило, в моновалентном режиме.

В соответствии с законодательством по охране водных ресурсов эти установки должны рассматриваться в качестве тепловых насосов грунтовых вод (см. также стр. 28).

Тепловые зонды и теплообменники разрешается вводить только в приповерхностные грунтовые воды. Установка тепловых зондов и теплообменников в глубинных слоях грунтовых вод, как правило, не разрешается контрольными органами, так как нельзя с достаточной гарантией исключить отрицательное воздействие на водоносные горизонты. Этим обеспечивается охрана подземных ресурсов питьевой воды.

Изменение температур в грунте в течение года



При использовании богатых кислородом грунтовых вод с высоким содержанием железа и марганца возможно обывзвествление колодцев. В этих случаях необходимо исключить контакт грунтовых вод с окружающим воздухом или требуется их соответствующая обработка (VDI 4640, лист 2).

Озера и реки также годятся при определенных условиях для теплогенерации, так как они тоже аккумулируют тепло. Информацию о возможностях использования водных ресурсов можно получить в водохозяйственных организациях.

Это целесообразно лишь в особых случаях, например, при промышленном использовании тепла отходящих газов.

1.3 Теплогенерация при использовании земляных коллекторов

Теплогенерация при использовании земляных коллекторов

Генерация тепла из грунта осуществляется посредством проложенных в грунте на большой площади систем полимерных труб.

Полимерные (полиэтиленовые) трубы прокладываются в грунте на глубине 1,2 – 1,5 м.

Длина трубопроводов не должна превышать 100 м, так как иначе имеет место значительная потеря давления и, тем самым, потребуется слишком высокая производительность насосов. На концах трубы соединяются распределительными гребенками подающей и обратной магистралей, которые должны располагаться немного выше самих труб, чтобы обеспечить возможность удаления воздуха из системы. Каждый трубопровод должен иметь отдельную запорную арматуру.

Рассол перекачивается циркуляционным насосом по полимерным трубам и при этом отбирает накопленное в грунте тепло. С помощью теплового насоса это тепло используется для отопления помещений.

Временное замерзание грунта в непосредственной близости от труб – как правило, во второй половине отопительного периода – не оказывает никакого отрицательного воздействия на работу системы и на произрастание растений.

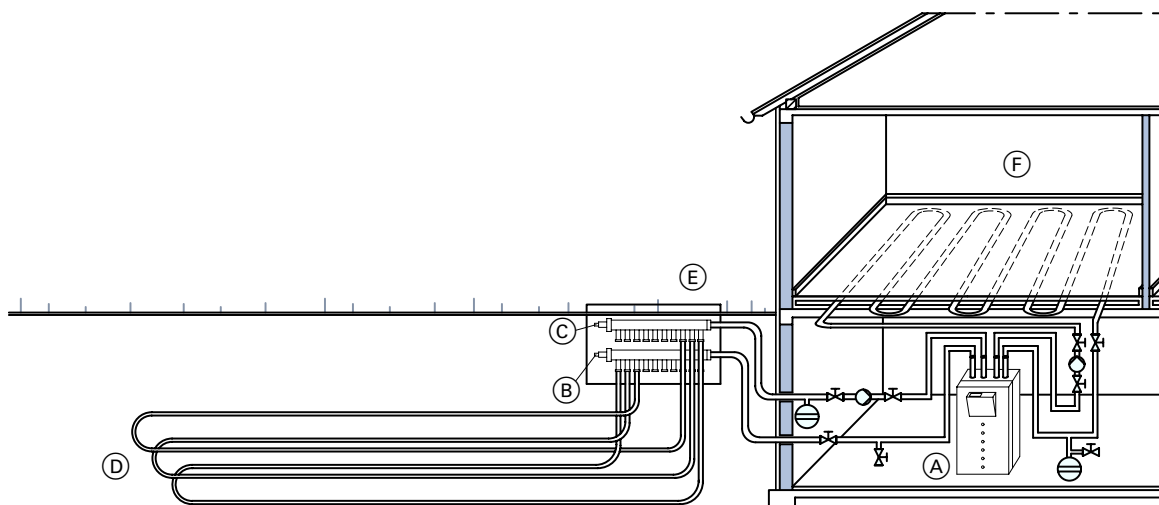
При этом, однако, не следует сажать растения с глубокими корнями на участке прокладки рассольных труб.

Регенерация прогретого грунта происходит уже во второй половине отопительного периода под влиянием усиливающейся инсоляции и осадков, в результате чего к следующему отопительному периоду грунт в качестве "аккумулятора тепла" снова может быть использован в целях отопления.

Необходимые работы по перемещению грунта при новом строительстве могут быть выполнены, как правило, без больших дополнительных затрат; в противоположность этому, для существующего здания связанные с этим расходы в большинстве случаев столь велики, что дооснащение уже по этой причине, как правило, исключается. Количество тепла, которое можно извлечь из грунта, зависит от различных факторов. В соответствии с имеющимися на данный момент сведениями в качестве источника тепла наиболее пригодна сильно пропитанная водой глинистая почва.

По опыту можно рассчитывать на получение тепла (холодопроизводительность) в количестве $\dot{q}_E = 10 - 35$ Вт на m^2 площади грунта в качестве среднегодового значения при круглогодичном (моновалентном) режиме работы (см. также стр. 18).

При почве с большим содержанием песка количество получаемой тепловой энергии ниже. При этом в неясных случаях рекомендуется обратиться к эксперту по состоянию почвы.

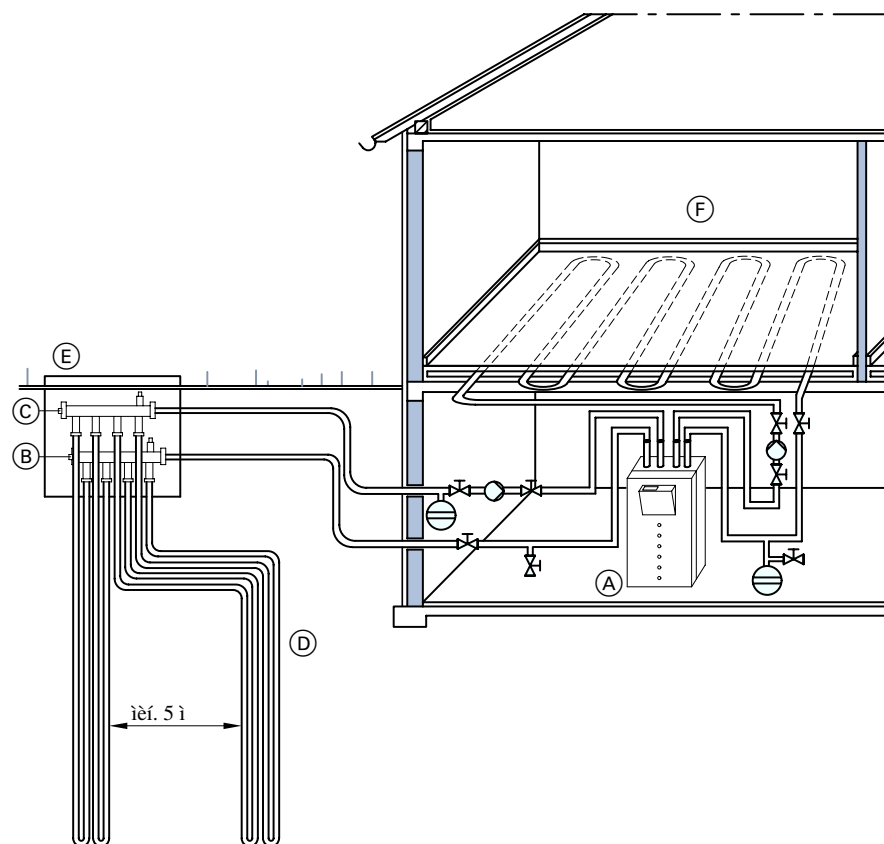


- (A) Тепловой насос Vitocal 300/350
(B) Распределитель рассола (обратная магистраль)

- (C) Распределитель рассола (подающая магистраль)
(D) Земляной коллектор

- (E) Коллекторный колодец с распределителем рассола
(F) Низкотемпературная отопительная установка

Теплогенерация при использовании земляных зондов



- (A) Тепловой насос Vitocal 300/350
- (B) Распределитель рассола (обратная магистраль)
- (C) Распределитель рассола (подающая магистраль)

- (D) Земляной (дуплексный) зонд
- (E) Коллекторный колодец
- (F) Низкотемпературная отопительная установка

Главным образом, вследствие большой занимаемой площади прокладка горизонтальных земляных коллекторов для новых сооружений зачастую затруднена. В особенности в местах плотного заселения с очень малыми по размеру земельными участками возможности реализации таких систем значительно ограничены. По этой причине в настоящее время все чаще находят применение вертикальные земляные тепловые зонды, достигающие глубин до 50 – 150 м.

Зонды состоят из полиэтиленовых труб. Как правило, устанавливаются параллельно четыре трубы (двойные U-образные трубные зонды). Рассол поступает по двум трубам от распределителя вниз и возвращается по двум другим трубам обратно вверх к коллектору.

Земляные тепловые зонды устанавливаются в зависимости от исполнения посредством буровых устройств или копров. Для таких установок требуется получение разрешения в соответствии с законодательством по охране водных ресурсов.

Надзор за бурением на глубину < 100 м осуществляют водохозяйственные органы, для бурения на глубину > 100 м требуется разрешение соответствующего органа горного надзора.

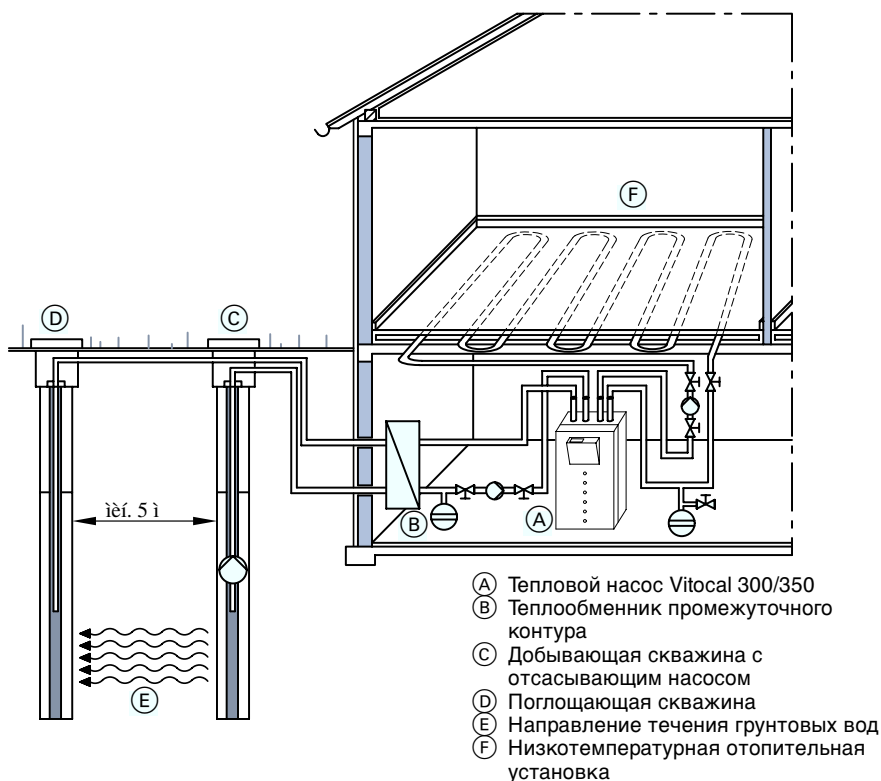
Буровые работы должны быть поручены специализированному предприятию, с которым можно заключить гарантийный контракт на производительность работ (например, сроком на 10 лет).

Актуальный перечень рекомендуемых фирмой Viessmann буровых компаний приведен на сайте www.viessmann.de. Произведенные замеры показывают, что при хороших гидрогеологических условиях, прежде всего при наличии проточных грунтовых вод, возможен моновалентный режим работы теплового насоса без длительного охлаждения грунта.

Условием для проектирования и установки земляных тепловых зондов являются точные знания характеристик почвы, залегания пластов, сопротивления грунта и наличия грунтовых или пластовых вод с определением уровня воды и направления ее течения. При проектировании системы земляных тепловых зондов при нормальных гидрогеологических условиях можно исходить из средней теплогенерации зонда 50 Вт/м длины зонда (согласно VDI 4640). Если зонд находится в мощном водоносном слое, то могут быть реализованы и более высокие мощности теплогенерации.

1.3 Теплогенерация из грунтовых вод

Теплогенерация из грунтовых вод



На пользование грунтовыми водами необходимо получить разрешение соответствующих организаций (как правило, водохозяйственных органов). Для теплогенерации необходимо пробурить отсасывающую и поглощающую или инфильтрационную скважину. В целом качество воды должно соответствовать предельным значениям, приведенным в нижеследующей таблице отдельно для используемых в теплообменнике материалов – нержавеющей стали (1.4401) и меди. При соблюдении данных предельных значений, как правило, не должно возникать проблем с эксплуатацией скважин. Если **предельные значения для меди** не могут быть выдержаны, то необходимо использовать смонтированный посредством резьбовых соединений теплообменник из нержавеющей стали в качестве теплообменника промежуточного контура (по причине непостоянства качества воды в целом рекомендуется) (см. стр. 29). При использовании воды из озер и прудов должен быть предусмотрен промежуточный контур.

Указание!

Заполнить промежуточный контур теплоносителем с примесью антифриза (рассол, мин. -5°C).

Стойкость нержавеющей стали (1.4401) и меди при воздействии ингредиентов/свойствах воды

Ингредиент	Концентрация мг/л	Нержавеющая сталь	Медь
Органические элементы	если обнаруживается	↑↑	↔
Гидрокарбонат (HCO_3^-)	< 70 70-300 > 300	↑↑ ↑↑ ↑↑	↔ ↑↑ ↔ / ↑↑
Сульфаты (SO_4^{2-})	< 70 70-300 > 300	↑↑ ↑↑ ↓	↑↑ ↔ / ↓ ↓
Гидрокарбонат (HCO_3^-)/сульфаты (SO_4^{2-})	< 1,0 > 1,0	↑↑ ↑↑	↔ / ↓ ↑↑
Аммиак (NH_3)	< 2 2-20 > 20	↑↑ ↑↑ ↑↑	↑↑ ↔ ↓
Хлориды (Cl^- , макс. 60°C)	< 300 > 300	↑↑ ↔	↑↑ ↔ / ↑↑
Сульфид (SO_3), свободный газообразный хлор (Cl_2)	< 1 1-5 > 5	↑↑ ↔ / ↑↑ ↔ / ↑↑	↑↑ ↔ ↔ / ↓
Железо (Fe), растворенное	< 0,2 > 0,2	↑↑ ↑↑	↑↑ ↔
Свободная агрессивная углекислота (CO_2)	< 5 5-20 > 20	↑↑ ↑↑ ↑↑	↑↑ ↔ ↓
Марганец (Mn), растворенный	< 0,1 > 0,1	↑↑ ↑↑	↑↑ ↔
Алюминий (Al), растворенный	< 0,2 > 0,2	↑↑ ↑↑	↑↑ ↔
Нитраты (NO_3), растворенные	< 100 > 100	↑↑ ↑↑	↑↑ ↔
Сероводород (H_2S)	< 0,05 > 0,05	↑↑ ↑↑	↑↑ ↔ / ↓

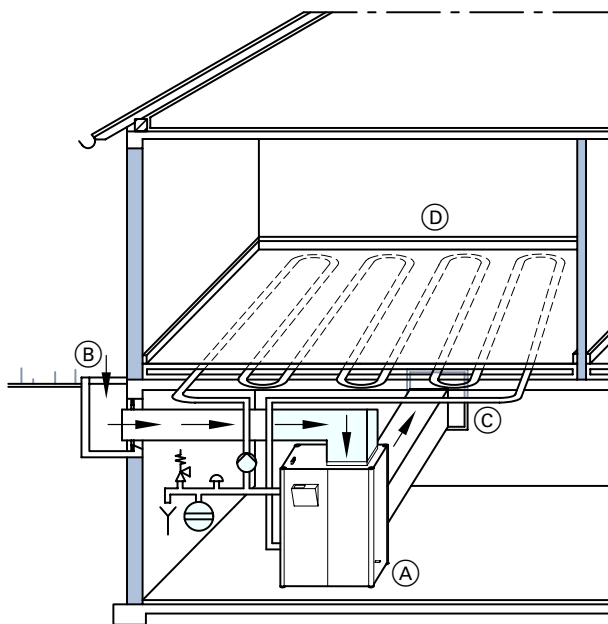
Свойство	Предельные значения	Нержавеющая сталь	Медь
Общая жесткость	4,0-8,5 град. нем. жесткости	↑↑	↑↑
pH	< 6,0 6,0-7,5 7,5-9,0 > 9,0	↔ ↔ / ↑↑ ↑↑ ↑↑	↔ ↔ ↑↑ ↑↑
Электропроводность	< 10 $\mu\text{Cm/cm}$ 10-500 $\mu\text{Cm/cm}$ > 500 $\mu\text{Cm/cm}$	↑↑ ↑↑ ↑↑	↔ ↔ ↓

↑↑ при нормальных условиях хорошая стойкость.
 ↔ опасность коррозии, в основном при наличии нескольких веществ с ↔.
 ↓ не годится

Указание!

Данная таблица является неполной и служит лишь в целях ориентации.

Теплогенерация из окружающего (наружного) воздуха



- (A) Тепловой насос Vitocal 300/350
- (B) Приточный канал
- (C) Вытяжной канал
- (D) Низкотемпературная отопительная установка

В настоящее время воздушно-водяные тепловые насосы, также как земляные тепловые насосы и насосы, использующие тепло грунтовых вод, могут работать круглогодично.

В зданиях, соответствующих современным строительным нормам, воздушно-водяной тепловой насос может работать в моноэнергетическом режиме в сочетании с электронагревательной вставкой.

Для воздушно-водяных тепловых насосов параметры источника тепла задаются конструкцией или размерами устройства.

При этом необходимое количество воздуха подается через воздушные каналы посредством встроенного вентилятора в испаритель и при этом охлаждается.

Тепловые насосы типа AWH могут работать в моновалентном режиме при температурах до -15°C .

Даже при температуре наружного воздуха -15°C они обеспечивают максимальную температуру подачи теплоносителя 65°C .

Приточные и вытяжные отверстия должны быть расположены таким образом, чтобы исключить возможность "замыкания" воздушного потока.

1.4 Режимы работы

1.5 Коэффициент мощности и коэффициент использования

1.4 Режимы работы

Режим работы теплового насоса зависит главным образом от имеющейся в здании системы распределения тепла. При указанных ниже необходимых температурах подачи могут быть использованы:

- до 55 °C – тепловой насос типа AW, BW или WW
- до 65 °C – тепловой насос типа AWH, BWH или WWH
- выше 65 °C – стандартный теплогенератор в качестве дополнительного оборудования.

В новых постройках, как правило, имеется возможность свободного выбора системы распределения тепла. В данном случае с учетом максимально возможного годового коэффициента использования следует выбрать систему распределения тепла с максимальной температурой подачи 35 °C. Применительно к оборудованию установки различают следующие два режима работы:

Моновалентный режим работы

Моновалентный режим работы означает, что теплонасосная установка обеспечивает все теплоснабжение здания в качестве единственного теплогенератора. В качестве условия для этого последующая система распределения тепла должна быть рассчитана на температуру подачи ниже максимальной температуры подачи теплового насоса. Однако высокий годовой коэффициент использования установки может быть достигнут только в сочетании с системой распределения тепла с максимальной температурой подачи примерно 35 °C.

Бивалентный режим работы

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

Моноэнергетический режим работы

Бивалентный режим работы, при котором 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.

Тарифные особенности режимов работы тепловых насосов

Чтобы обеспечить экономичный режим эксплуатации теплонасосной отопительной установки, большинством энергоснабжающих организаций предлагаются особые тарифы на электроэнергию для тепловых насосов. Эти особые тарифы на электроэнергию, однако, по большей части связаны с требованием, чтобы подача электроэнергии для тепловых насосов могла быть прекращена в периоды высокой сетевой нагрузки. Так, например, подача электроэнергии для моновалентных теплонасосных установок может прерываться энергоснабжающей организацией в течение 24 часов трижды максимум на два часа. Периоды энергоснабжения между двумя перерывами не должны быть короче предыдущего перерыва в энергоснабжении.

Для бивалентных теплонасосных установок подача электроэнергии в течение отопительного периода может быть прервана максимум на 960 часов. Для новых сооружений оправдало себя использование моновалентного прерываемого режима работы. Тепловой насос в состоянии обеспечить круглогодичное теплоснабжение, и перерывы в энергоснабжении не оказывают отрицательного влияния на его функцию, так как, например, система внутрипольного отопления за счет своей аккумулирующей способности может перекрыть периоды прекращения энергоснабжения без заметного изменения температуры в помещениях. Для имеющихся зданий оптимален бивалентный режим работы, так как при этом имеется теплогенератор, который, как правило, можно продолжать использовать, чтобы обеспечить теплоснабжение в периоды пиковых нагрузок в холодные зимние дни с требуемой температурой подачи выше 55 °C. Если тепловой насос должен работать непрерывно, то особый тариф на электроэнергию не предлагается. В этом случае оплата осуществляется по общему расходу электроэнергии в домашнем хозяйстве или на предприятии.

1.5 Коэффициент мощности и коэффициент использования

Тепловой насос позволяет за счет подачи механической энергии довести тепло от бесполезных в других условиях источников, например, окружающего воздуха, грунтовых вод и почвы до более высокой, годной для использования температуры.

Для повышения коэффициента мощности необходимо стремиться по возможности к низкой температуре подачи, например, 35 °C, при использовании внутрипольного отопления.

Большая часть тепловой энергии, поступающей, например, в отопительную установку, обеспечивается не движущей энергией компрессора, а в основном действительно является солнечной энергией, аккумулированной естественным путем в воздухе, грунте и воде. Эта доля в зависимости от вида аккумулятора тепла и, в особенности, от его температурного уровня может в три – пять раз превышать энергию, вносимую компрессором.

Отношение полезной тепловой энергии к количеству внесенной движущей электроэнергии компрессора называют "коэффициентом мощности ϵ ".

$$\epsilon = \dot{Q}_{\text{TH}} / P_{\text{TH}}$$

$\dot{Q}_{\text{TH}}$ = отдаваемая тепловым насосом в данный момент тепловая мощность (кВт)

P_{TH} = подводимая в данный момент к тепловому насосу электрическая мощность (кВт)

Для каждого теплового насоса имеет силу следующий термодинамический закон: чем ниже разность температур между источником тепла (окружающей средой) и теплоснабжающей установкой (отопительной системой), тем выше (лучше) коэффициент мощности.

Отношение отданного теплонасосной установкой за год полезного тепла к общему количеству полученной теплонасосной установкой за год электрической работы называют коэффициентом использования β .

$$\beta = Q_{\text{TH}} / W_{\text{эл.}}$$

Q_{TH} = отданное теплонасосной установкой в течение года количество тепла (кВт ч)

$W_{\text{эл.}}$ = внесенная в тепловую установку в течение года электрическая работа (кВт ч)

2.1 Vitocal 300 и Vitocal 350

С электроприводом для отопления и приготовления горячей воды в моновалентном, моноэнергетическом или бивалентном режиме работы.

Тип BW/BWH и WW/WWH как

- **рассольно-водяной тепловой насос** мощностью 4,8 – 32,6 кВт
 - **водо-водяной тепловой насос** мощностью 6,3 – 43,0 кВт
- Рассольно-водяной тепловой насос и комплект для переналадки (регулятор температуры защиты от замерзания и реле расхода для контура грунтовой воды; комплект поставки типа WW/WWH).



Тепловой насос компактной конструкции (начиная с типа BW108, BW216, BWH110, WW108, WW216 и WWH110 с ограничителем пускового тока). Обшивка с эпоксидным покрытием. Низкий уровень шума и вибраций благодаря двойным опорам компрессора, включая звукопоглощающие регулируемые опоры. Не содержащий фреонов, негорючий хладагент R 407C (хладагент смешанного состава из 23% R 32, 25% R 125 и 52% R 134a). Проточный теплообменник из нержавеющей стали с медными паяными подключениями (1.4401) для отопительного контура и проточный теплообменник из нержавеющей стали с медными паяными подключениями (1.4401) для контура рассола или грунтовой воды. Устройство погодозависимого цифрового программного управления тепловым насосом и встроенный поворотный шкаф управления^{*1}.

Тип WW и BW как

- **водо-водяной тепловой насос** мощностью 52,0 – 106,8 кВт
 - **рассольно-водяной тепловой насос** мощностью 39,6 – 81,2 кВт
- водо-водяной тепловой насос, работающий с рассолом.



Тепловой насос компактной конструкции с ограничителем пускового тока и двумя ступенями компрессора одинаковой мощности. Обшивка с эпоксидным покрытием и быстродействующими затворами. Низкий уровень шума и вибраций благодаря двойным опорам компрессора, включая звукопоглощающие регулируемые опоры. Не содержащий фреонов, негорючий хладагент R 407C (хладагент смешанного состава из 23% R 32, 25% R 125 и 52% R 134a). Проточный теплообменник из нержавеющей стали с медными паяными подключениями (1.4401) для отопительного контура и проточный теплообменник из нержавеющей стали с медными паяными подключениями (1.4401) для контура рассола или грунтовой воды. Устройство погодозависимого цифрового программного управления тепловым насосом и два встроенных поворотных шкафа управления^{*1}.

Тип AW/AWH как

- **воздушно-водяной тепловой насос** мощностью 5,4 – 14,6 кВт



Тепловой насос компактной конструкции (начиная с типа AW108 и AWH110 с ограничителем пускового тока). Обшивка с эпоксидным покрытием и быстродействующими затворами. Низкий уровень шума и вибраций благодаря двойным опорам компрессора, включая звукопоглощающие основания. Не содержащий фреонов, негорючий хладагент R 407C (хладагент смешанного состава из 23% R 32, 25% R 125 и 52% R 134a). Проточный теплообменник из нержавеющей стали с медными паяными подключениями (1.4401) для отопительного контура. Система для размораживания горячего газа с размораживанием по действительной потребности. Устройство погодозависимого цифрового программного управления тепловым насосом и встроенный поворотный шкаф управления^{*1}.

Устройство погодозависимого цифрового программного управления тепловым насосом

Для теплонасосных установок с интегрированной функцией регулирования охлаждения и солнечной энергии, регулятор температуры емкостного водонагревателя для двух емкостных водонагревателей, устройство управления дополнительным теплогенератором. Функция регулирования охлаждения только для тепловых насосов типа BW/BWH/WW/WWH.

- Возможные сочетания 2 регулируемых контуров потребителей:
- 1 отопительный контур без смесителя и 1 отопительный контур со смесителем
 - 2 отопительных контура со смесителем
 - 1 отопительный контур со смесителем и функцией регулирования охлаждения
 - 1 отопительный контур со смесителем и функцией регулирования солнечной энергии
 - функция регулирования охлаждения и солнечной энергии

Функционально-зависимое управление через текстовое меню интегрированной системой диагностики. Датчик наружной температуры и датчик температуры обратной магистрали.

^{*1} Другие технические данные и рабочие характеристики см. в техническом паспорте.

2.2 Регулятор отопительного контура Divicon для тепловых насосов (до типа ... 116)

Подключение регулятора Divicon выполняется исключительно в соответствии с исполнением установки 5. Компактный распределитель для моновалентных/моноэнергетических установок с приготовлением горячей воды и только в сочетании с Vitocell 050, тип SVP и SVW в следующем составе:

- циркуляционный насос отопительного контура (Grundfos UPS 25-60),
- 3-ходовой переключательный клапан,
- обратный клапан,
- предохранительный клапан,
- перепускной клапан,
- 4 шаровых вентиля,
- манометр,
- патрубок для расширительного сосуда и
- стеновая консоль (расстояние от стены 340 мм)
- теплоизоляция.

Divicon упрощает монтаж теплонасосной установки. Все необходимые компоненты собраны в конструктивный узел.

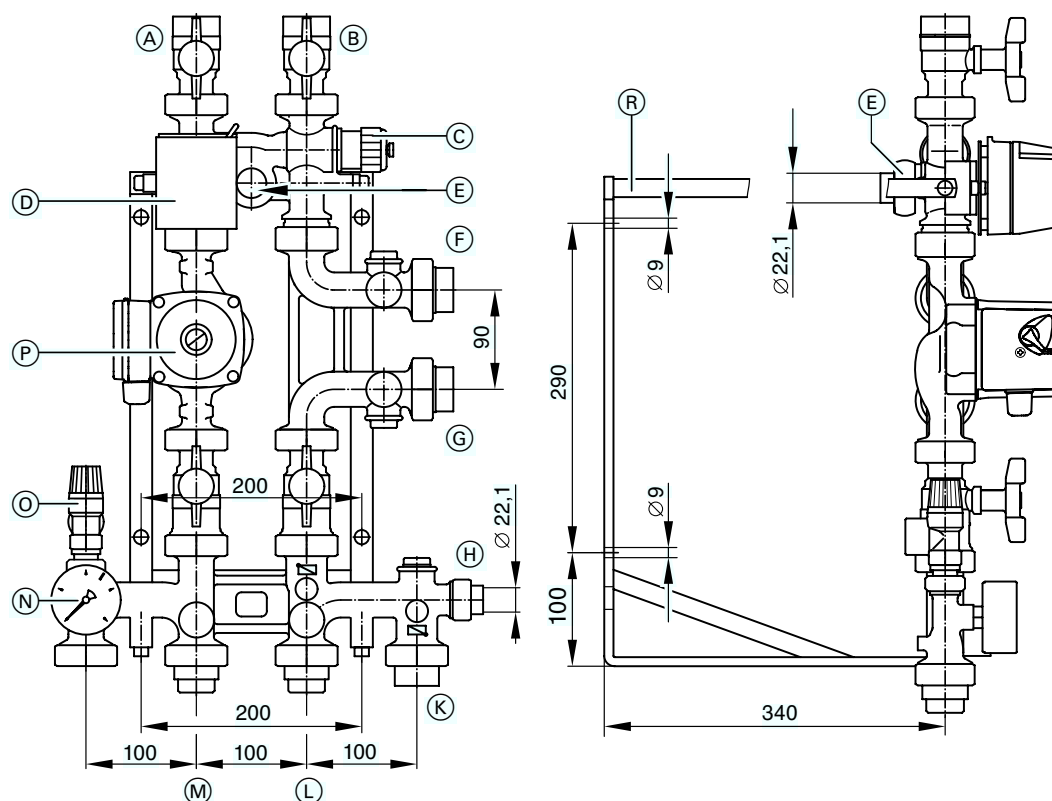
Функция

В режиме отопления Divicon позволяет подключить последовательно буферные емкости греющего контура в обратной магистрали отопительного контура. Если во время работы тепловых насосов для отопительных контуров больше не требуется тепло (закрывать терморегулирующие вентили/распределитель внутрипольного отопления), открывается перепускной клапан и теплоноситель возвращается через буферную емкость греющего контура к тепловому насосу. Количество воды в буферной емкости греющего контура достаточно, чтобы обеспечить минимальное время работы теплового насоса и предотвратить тактовый режим работы. При приготовлении горячей воды гидравлическая развязка буферной емкости греющего контура осуществляется посредством 3-ходового клапана.

Общие указания по проектированию и монтажу

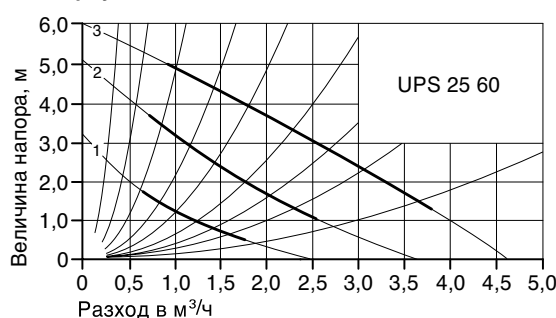
Модуль Divicon монтируется на стене. Тепловой насос можно подключить напрямую посредством гибких соединительных шлангов. Подключение с обратной стороны позволяет устанавливать емкостный водонагреватель справа и слева от теплового насоса.

Изображение без теплоизоляции



- | | |
|---|--|
| (A) Отопительный контур G 1 (подающая магистраль) | (L) Тепловой насос G 1 (обратная магистраль) |
| (B) Отопительный контур G 1 (обратная магистраль) | (M) Тепловой насос G 1 (подающая магистраль) |
| (C) Перепускной клапан | (N) Манометр |
| (D) Серводвигатель с переключательным клапаном | (O) Предохранительный клапан |
| (E) Емкостный водонагреватель DN 20 (подающая магистраль) | (P) Циркуляционный насос отопительного контура |
| (F) Буферная емкость греющего контура G 1 (подающая магистраль) | (R) Стеновая консоль |
| (G) Буферная емкость греющего контура G 1 (обратная магистраль) | |
| (H) Присоединительный патрубок расширительного сосуда DN 20 | |
| (K) Емкостный водонагреватель G 1 (обратная магистраль) | |

Характеристика встроенного циркуляционного насоса



5829 122 GUS

2.3 Пакет принадлежностей для подключения рассольного контура для тепловых насосов типа BW и BWH

Пакет принадлежностей для подключения рассольного контура для тепловых насосов мощностью до 32,6 кВт в следующем составе:

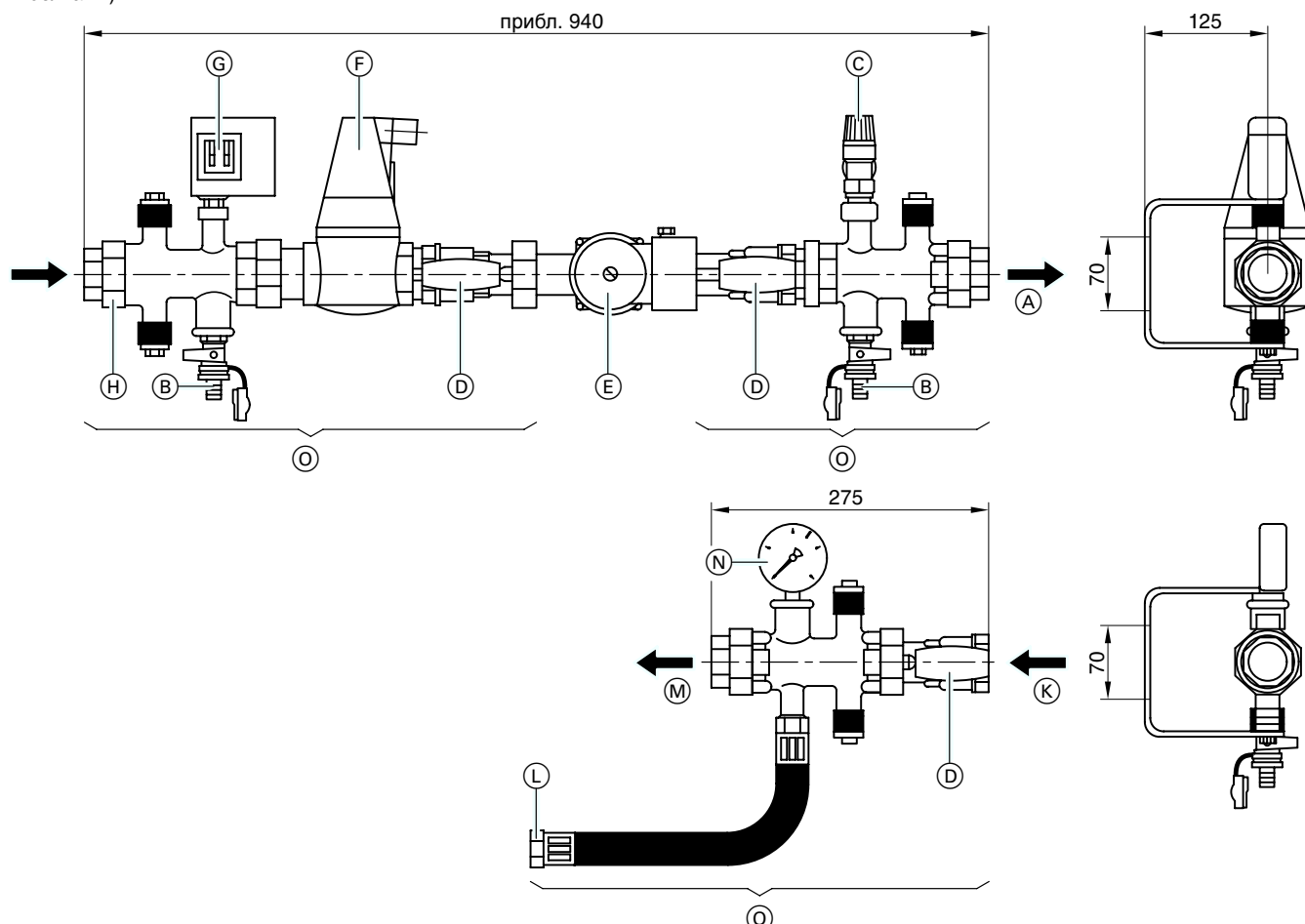
- циркуляционный (первичный) насос, Wilo TOP S 30/7 или TOP S 30/10, в зависимости от номинальной тепловой мощности теплового насоса)
- расширительный сосуд, 25, 35 или 50 л, в зависимости от номинальной тепловой мощности теплового насоса (в сочетании с солнечной установкой выбрать размеры расширительного сосуда в соответствии с инструкцией по проектированию Vitosol)
- реле давления
- воздухоотделитель
- предохранительный клапан на 3 бара
- манометр
- 2 крана наполнения/слива
- резьбовых соединения
- 3 запорных органа
- присоединительный патрубок для расширительного сосуда
- звукопоглощающая стенная консоль (с дюбелями $\varnothing$ 10 мм и крепежными болтами).

Подключение пакета принадлежностей для подключения рассольного контура осуществляется в соответствии с примерами монтажа на первичной стороне, начиная со стр. 50.

Пакет принадлежностей для подключения рассольного контура упрощает монтаж теплонасосной установки. Кроме циркуляционного насоса и расширительного сосуда все компоненты предварительно смонтированы (экономит время монтажа).

Общие указания по проектированию и монтажу

- Для обеспечения исправной работы воздухоотделителя пакет принадлежностей для подключения рассольного контура монтировать в горизонтальном положении.
- Воздуховыпускной патрубок должен располагаться над пакетом принадлежностей для подключения рассольного контура.
- Установить циркуляционный насос таким образом, чтобы ввод трубопровода был обращен вниз или вбок, при необходимости повернуть головку насоса.
- Непроницаемая для диффузии пара теплоизоляция должна быть смонтирована заказчиком.
- Если не подключается реле давления рассола, то пакет принадлежностей для подключения рассольного контура может быть установлен также в наружном передаточном колодце (в водозащищенном исполнении).



- (A) Рассольный контур G 1 ¼ (подающая магистраль к тепловому насосу)
- (B) Кран наполнения и слива
- (C) Предохранительный клапан (3 бар)
- (D) Шаровой вентиль
- (E) Первичный насос

- (F) Воздухоотделитель
- (G) Реле давления
- (H) Контур рассола G 1 ¼ (подающая магистраль к пакету принадлежностей для подключения рассольного контура)
- (K) Рассольный контур G 1 ¼ (обратная магистраль от теплового насоса)

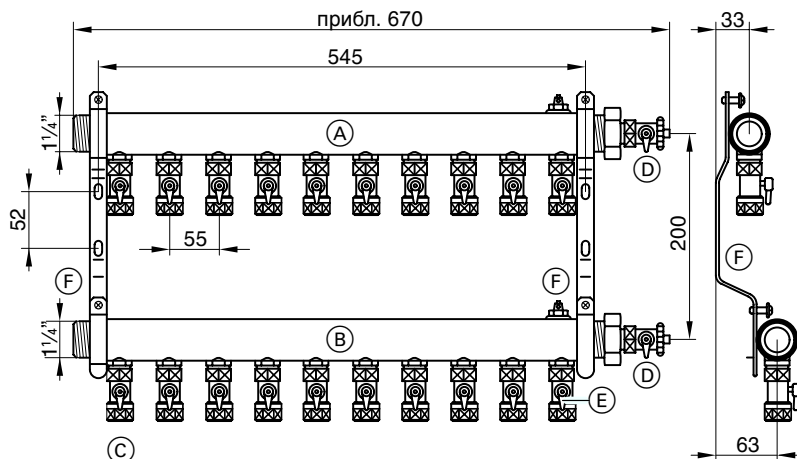
- (L) Присоединительный патрубок для расширительного сосуда
- (M) Рассольный контур G 1 ¼ (обратная магистраль от пакета принадлежностей для подключения рассольного контура)
- (N) Манометр
- (O) смонтирован в готовом виде

2.4 Распределитель рассола

Земляные коллекторы

2.4 Распределитель рассола

Земляной коллектор



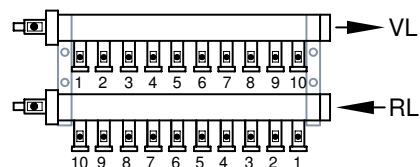
- Ⓐ Труба коллектора 1 1/4" (подающая магистраль)
- Ⓑ Труба коллектора 1 1/4" (обратная магистраль)
- Ⓒ Стяжные резьбовые соединения для полиэтиленовых труб 20 x 2,0 мм
- Ⓓ Шаровой вентиль для наполнения и слива
- Ⓔ Шаровые вентили для запираания отдельных контуров
- Ⓕ Звукопоглощающая консоль

Распределитель рассола для земляных коллекторов рассольно-водяного теплового насоса, в составе которого:

- латунный распределитель с трубами коллектора 2 x 1 1/4" (подающая и обратная магистраль),
- патрубки подающей и обратной магистрали для 10 рассольных контуров с подключением посредством стяжных резьбовых соединений для полиэтиленовых труб 20 x 2,0 мм, монтируемых по отдельности и запираемых шаровыми вентилями,
- 2 быстродействующих удалителя воздуха,
- 2 крана наполнения и слива.

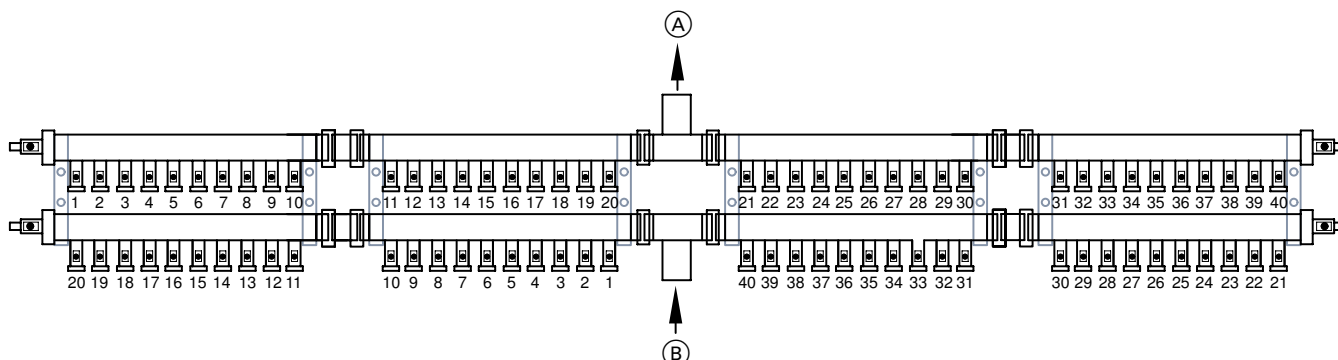
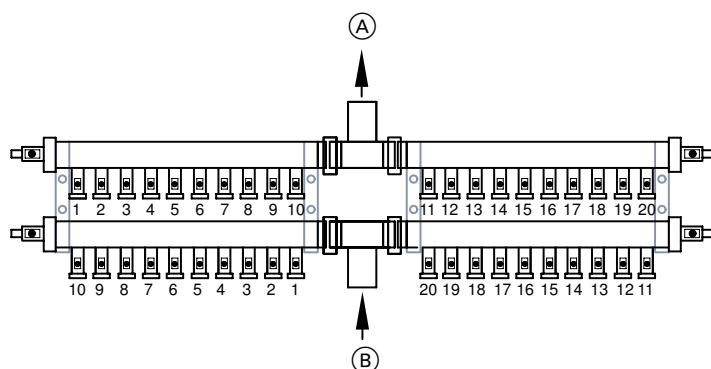
Распределитель предварительно смонтирован на двух звукопоглощающих консолях; устанавливается на стене дома, в подвальном или в коллекторном колодце.

Возможные варианты подключения



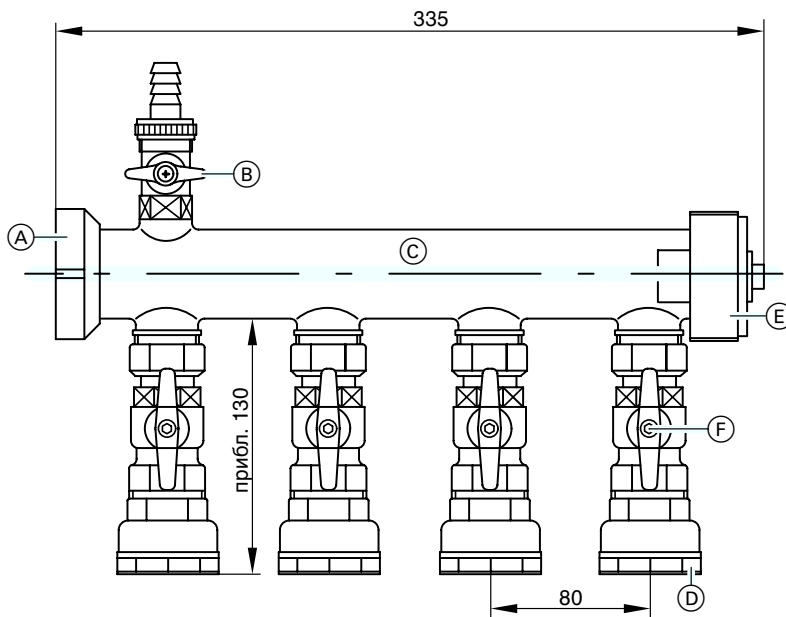
RL Обратная магистраль рассольного контура

VL Подающая магистраль рассольного контура



2.4 Распределитель рассола Земляной зонд

Земляной зонд/земляной коллектор



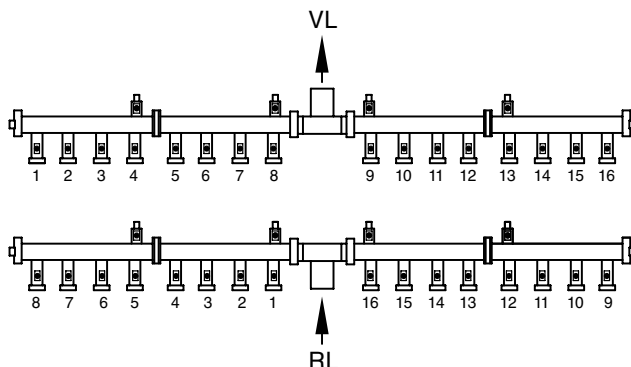
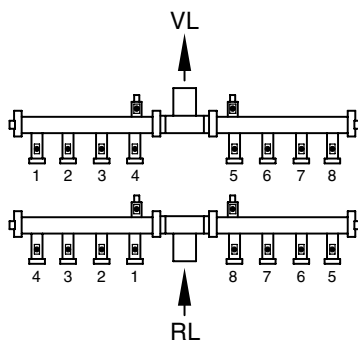
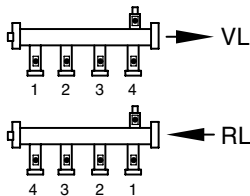
Распределитель рассола для земляных зондов рассольно-водяного теплового насоса, в составе которого:

- латунный распределитель с трубами коллектора 2 x 1 1/2" (подающая и обратная магистраль),
- патрубки подающей и обратной магистрали для 4 рассольных контуров с подключением посредством стяжных резьбовых соединений для полиэтиленовых труб 32 x 2,9 мм или 25 x 2,3 мм, монтируемых по отдельности и запираемых шаровыми вентилями.
- 2 крана наполнения и слива.

Распределитель рассола устанавливается с помощью монтажных приспособлений (входят в комплект поставки) на стене дома, в подвальном или в коллекторном колодце.

- (A) Накладная гайка 2" для подсоединения шарового вентиля, стяжного резьбового соединения или другого модуля
- (B) Шаровой вентиль для наполнения и слива
- (C) Труба коллектора 1 1/2"
- (E) Концевая крышка 2" с заглушкой 1/2"
- (F) Шаровые вентили для запираения отдельных контуров

Возможные варианты подключения



- RL Обратная магистраль рассольного контура
- VL Подающая магистраль рассольного контура

3.1 Определение параметров тепловых насосов

3.1 Определение параметров тепловых насосов

Указание!

В теплонасосных установках с моновалентным режимом работы точное определение параметров установки особенно важно, так как избыточные размеры оборудования часто связаны с непропорционально большими затратами. Поэтому необходимо избегать чрезмерно больших размеров!

Вначале необходимо определить номинальное теплотребление здания Q_N . Для переговоров с заказчиком и составления предложения, как правило, достаточен приближенный расчет теплотребления.

Перед выдачей заказа необходимо, как и для всех отопительных систем, определить теплотребление здания по DIN 4701/EN 12831 и выбрать соответствующий тепловой насос.

Моновалентный режим работы

При моновалентном режиме работы теплонасосная установка в качестве единственного теплогенератора должна обеспечивать все теплотребление здания согласно DIN 4701/EN 12831.

Чтобы определить необходимую тепловую мощность, должны быть также учтены прибавки на периоды прекращения подачи электроэнергии энергоснабжающей организацией. Подача электроэнергии может быть прервана максимум на 3 x 2 часа в течение 24 часов. Для заказчиков, имеющих особые контракты с энергоснабжающей организацией, следует также принять во внимание возможные особые правила. По причине инертности здания при определении прибавки на мощность 2 часовой период прекращения подачи электроэнергии в расчет не принимается. При этом, однако, длительность периода снабжения между двумя прекращениями подачи должна быть не меньше предыдущего времени прекращения снабжения.

Приближенный расчет теплотребления на основе отапливаемой площади

Отапливаемая площадь (в m^2) умножается на следующую величину удельного теплотребления:

дом с улучшенными показателями энергосбережения, в которых реализованы высокие технологии	10 Вт/ m^2
энергосберегающий дом	40 Вт/ m^2
новое здание (хорошая теплоизоляция)	50 Вт/ m^2
дом (нормальная теплоизоляция)	80 Вт/ m^2
дом старой постройки (без специальной теплоизоляции)	120 Вт/ m^2

Пример:
Новое здание с хорошей теплоизоляцией, площадь 180 m^2 → теплотребление примерно 9 кВт

Теоретический расчет при 3 x 2 часах перерыва в снабжении электроэнергией

Расчетное теплотребление составляет 9 кВт
Максимальный перерыв в снабжении электроэнергией составляет 3 x 2 часа при минимальной наружной температуре согласно DIN 4701/EN 12831

В расчете на 24 ч суточное теплотребление составит:

$$9 \text{ кВт} \times 24 \text{ ч} = 216 \text{ кВт ч}$$

Для покрытия максимального суточного теплотребления вследствие перерывов в снабжении электроэнергией длительностью 3 x 2 ч в распоряжении имеются лишь 18 ч/сут. Вследствие инертности здания 2 часа в расчет не принимаются.

$$\frac{216 \text{ кВт ч}}{(18 + 2) \text{ ч}} = 10,8 \text{ кВт}$$

Чисто теоретически, исходя из расчета, достаточно установить тепловой насос с тепловой мощностью 10,8 кВт. При максимальной длительности перерыва в энергоснабжении 3 x 2 ч в день мощность теплового насоса необходимо повысить на 17%. Часто перерывы в энергоснабжении реализуются только в случае потребности. Необходимо навести справки в соответствующей энергоснабжающей организации заказчика о перерывах в энергоснабжении.

Прибавка на приготовление горячей воды

Обычно в жилищном строительстве исходят из максимального расхода горячей воды в количестве около 50 л на человека в сутки при температуре примерно 45 °C.

Это соответствует дополнительной тепловой мощности около 0,25 кВт на человека при 8-часовом периоде нагрева. Эта прибавка учитывается лишь в том

случае, если сумма дополнительной тепловой мощности превышает 20% от рассчитанного по DIN 4701/EN 12831 теплотребления.

	Расход горячей воды при температуре горячей воды 45 °C, л/сут. на человека	Удельное полезное тепло, Вт ч/сут. на человека	Рекомендуемая прибавка на приготовление горячей воды, кВт ч/чел. ^{*1}
Низкое потребление	15-30	600-1200	0,08-0,15
Нормальное потребление ^{*2}	30-60	1200-2400	0,15-0,30
или			
	при эталонной температуре 45 °C	Удельное полезное тепло, Вт ч/сут. на человека	Рекомендуемая прибавка на приготовление горячей воды, кВт ч/чел. ^{*1}
Квартира, занимающая целый этаж (оплата по потреблению)	30	прибл. 1200	прибл. 0,15
Квартира, занимающая целый этаж (общая сумма оплаты)	45	прибл. 1800	прибл. 0,225
Одноквартирный дом ^{*2} (среднее потребление)	50	прибл. 2000	прибл. 0,25

^{*1} При времени нагрева емкостного водонагревателя 8 ч.

^{*2} Если реальный расход горячей воды превышает указанные значения, то необходимо выбрать более высокую прибавку мощности.

Моноэнергетический режим работы

В режиме отопления теплонасосная установка дополняется работающим от электроэнергии теплогенератором (например, проточным водонагревателем для теплоносителя). Включение дополнительного теплогенератора может осуществляться контроллером в зависимости от наружной (бивалентной) температуры и теплопотребления. Максимальная температура подачи составляет для типа AW, BW и WW 55 °C и для типа AWH, BWH и WWH 65 °C.

Для установок типичной конфигурации тепловая мощность теплового насоса выбирается в расчете примерно на 70 – 85% от максимального теплопотребления здания согласно DIN 4701/EN 12831. Доля теплонасосной установки в среднегодовой длительности работы отопления составляет примерно от 92 до 98%.

В связи с меньшими размерами инвестиций на теплонасосную установку в целом моноэнергетический режим работы может оказаться экономически более выгодным в сравнении с теплонасосной установкой, работающей в моновалентном режиме, особенно в новых зданиях.

Параллельный бивалентный режим работы

Теплонасосная установка в режиме отопления дополняется еще одним теплогенератором (водогрейным насосом для жидкого и газообразного топлива). Включение дополнительного теплогенератора может осуществляться контроллером в зависимости от наружной (бивалентной) температуры и теплопотребления. Максимальная температура подачи составляет для типа AW, BW и WW 55 °C и для типа AWH, BWH und WWH 65 °C.

Для установок типичной конфигурации тепловая мощность теплового насоса выбирается в расчете примерно на 50 – 70% от максимального теплопотребления здания согласно DIN 4701/EN 12831. Доля теплонасосной установки в среднегодовой длительности работы отопления составляет примерно от 75 до 92%.

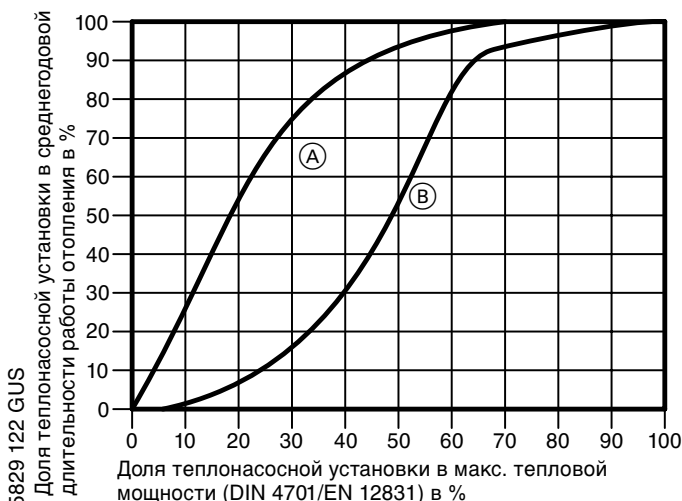
В связи с меньшими размерами инвестиций на теплонасосную установку в целом бивалентный режим работы в особенности пригоден для имеющихся водогрейных котельных установок в зданиях после капитального ремонта.

Альтернативный бивалентный режим работы

В режиме отопления теплонасосная установка до определенной наружной (бивалентной) температуры, соответствующей определенной температуре подачи отопительного контура в зависимости от отопительной характеристики (макс. 50 °C), полностью осуществляет отопление. При температурах ниже бивалентной температуры тепловой насос выключается, и все теплоснабжение здания выполняется водогрейным котлом для жидкого и газообразного топлива. Выключением теплового насоса и включением водогрейного котла управляет контроллер.

Альтернативный бивалентный режим работы обеспечивает также возможность максимальных температур в системе выше 50 °C. Поэтому данный режим в особенности пригоден для зданий прежних лет постройки с обычной (радиаторной) системой распределения и отдачи тепла. Так как производительность воздушно-водяных тепловых насосов при низких наружных температурах невелика, мы рекомендуем в этом случае использовать альтернативный бивалентный режим работы.

На диаграмме в качестве примера показана доля теплового насоса в теплоснабжении в процентах от среднегодовой длительности работы (только отоплению) для стандартного жилого дома в зависимости от выбранной тепловой мощности теплового насоса и выбранного режима работы – параллельного бивалентного или альтернативного бивалентного режима.



- (A) Параллельный бивалентный режим работы
- (B) Альтернативный бивалентный режим работы

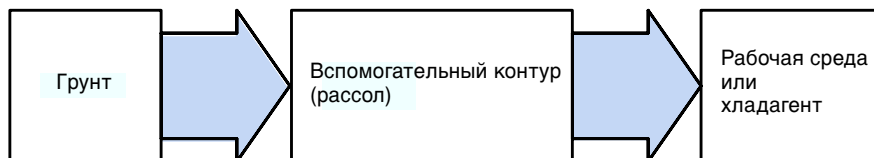
3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов

Земляной коллектор

3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов

Земляной коллектор

Тепловой поток из грунта



Прием тепла осуществляется плоскими коллекторами или земляными зондами. Тепло отдается грунтом вспомогательному (рассольному) контуру, который затем отдает его рабочей среде в тепловом насосе.

Под источником тепла применительно к грунту понимается верхний слой почвы глубиной до 1,2 – 1,5 м (см. стр. 5). Тепло вырабатывается посредством теплообменника, который устанавливается на незастроенной площади вблизи от отапливаемого здания. Поступающее из глубинных слоев вверх тепло составляет лишь 0,063 – 0,1 Вт/м², и им в качестве источника тепла для верхних слоев можно пренебречь. Количество полезного тепла и, тем самым, размеры необходимой площади в значительной степени зависят от теплофизических свойств грунта и от энергии инсоляции, т.е. от климатических условий.

Такие термические характеристики, как объемная теплоемкость и теплопроводность очень сильно зависят от состава и состояния грунта. В качестве факторов влияния здесь в первую очередь необходимо указать содержание воды, содержание минеральных компонентов, например, кварца и полевого шпата, а также долю и размеры заполненных воздухом пор. Упрощенно можно сказать, что аккумулирующие свойства и теплопроводность грунта тем больше, чем выше содержание в нем воды, чем больше доля минеральных компонентов и чем меньше количество пор.

Мощность, отбираемая из грунта, составляет при этом от 10 до 35 Вт/м².

Сухая песчаная почва	$q_E = 10-15 \text{ Вт/м}^2$
Влажная песчаная почва	$q_E = 15-20 \text{ Вт/м}^2$
Сухая глинистая почва	$q_E = 20-25 \text{ Вт/м}^2$
Влажная глинистая почва	$q_E = 25-30 \text{ Вт/м}^2$
Почва с грунтовыми водами	$q_E = 30-35 \text{ Вт/м}^2$

Этими показателями определяется необходимая площадь грунта в зависимости от теплотребления здания и состояния почвы. Необходимая площадь грунта определяется по холодопроизводительности $\dot{Q}_K$ теплового насоса: разность между тепловой мощностью теплового насоса ($\dot{Q}_{TH}$) и потребляемой мощностью (P_{TH}).

$$\dot{Q}_K = \dot{Q}_{TH} - P_{TH}$$

3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов Земляной коллектор

Пример:

Холодопроизводительность теплового насоса Vitocal 300 (тип BW110) при температурах B0/W35 (B0 = входная температура рассола 0 °C, W35 = выходная температура теплоносителя 35 °C) составляет $Q_K = 8,4$ кВт.

При удельном отборе мощности $\dot{q}_E$, равном 25 Вт/м², необходимая площадь для отбора мощности (F_E) составляет

$$F_E = \frac{\dot{Q}_K}{\dot{q}_E} \text{ м}^2$$

$$F_E = \frac{8400}{25} = 336 \text{ м}^2 \text{ грунта}$$

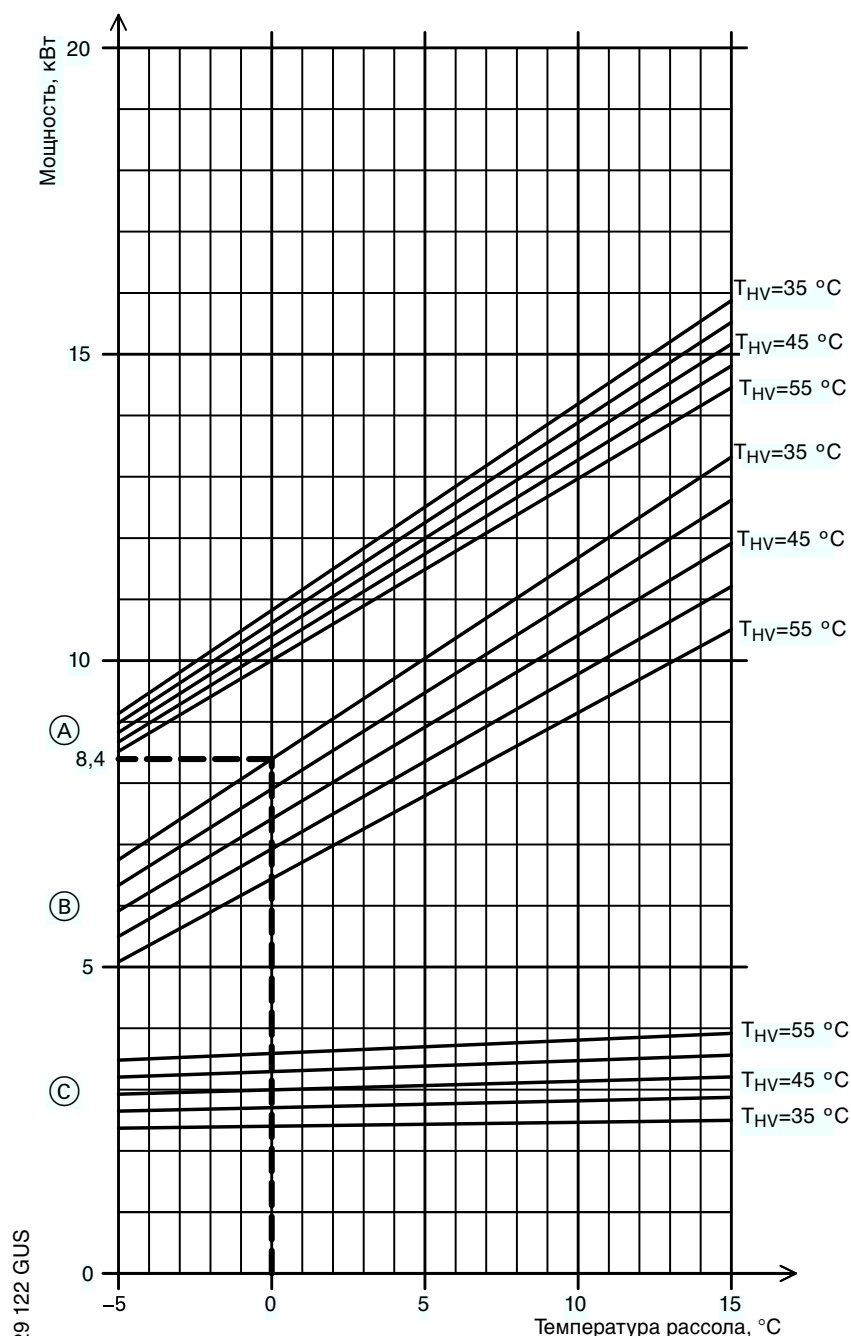
Для отбора тепла с данной площади грунта необходимо проложить в грунте полимерные трубы в несколько контуров (полиэтиленовая труба, жесткость PN 10).

Отдельные трубные контуры должны иметь одинаковую длину и не должны содержать недоступных подключений и соединений.

На практике хорошо зарекомендовали себя трубные контуры длиной 100 м.

В данном примере при использовании полиэтиленовых труб 20 x 2,0 для площади грунта 336 м² x 3 м труб/м² = 1008 м труб, что соответствует 10 трубным контурам длиной по 100 м (см. стр. 21).

Рабочая характеристика Vitocal 300, тип BW110



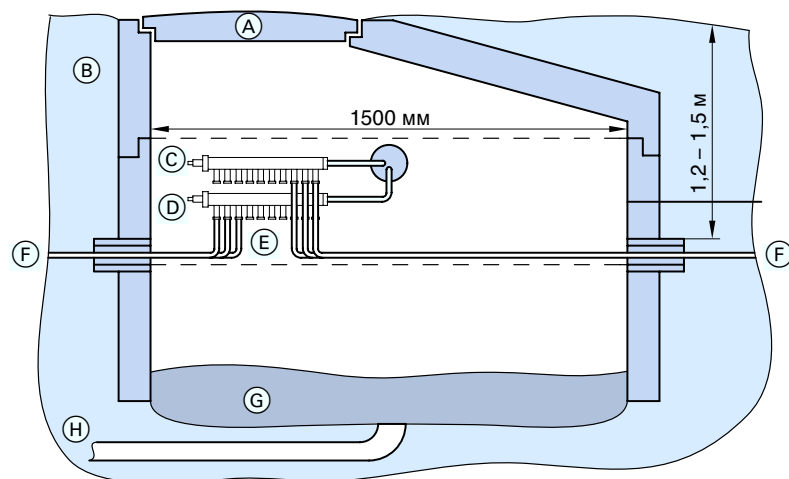
- Ⓐ Тепловая мощность
- Ⓑ Холодопроизводительность
- Ⓒ Потребляемая электрическая мощность

3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов

Земляной коллектор

Распределители и коллекторы должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить к ним доступ для последующих техосмотров, например, в отдельных распределительных колодцах вне здания или в подвальной приемке у дома. Каждый трубный контур должен иметь запорную арматуру для наполнения и удаления воздуха из коллектора в подающей и обратной магистрали.

Пример исполнения коллекторного колодца



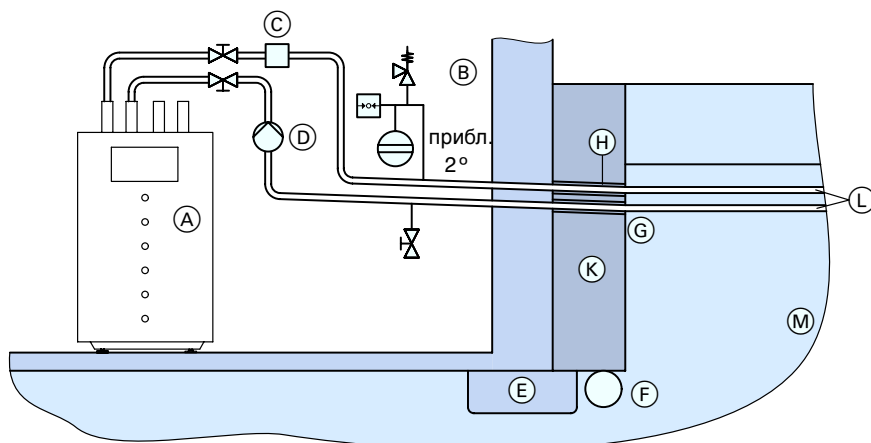
- Ⓐ Крышка входного люка 600 мм
- Ⓑ Бетонные кольца
- Ⓒ Подающая магистраль рассольного контура
- Ⓓ Обратная магистраль рассольного контура
- Ⓔ Распределитель рассола
- Ⓕ Коллекторные трубы
- Ⓖ Щебень
- Ⓗ Дренаж

Все прокладываемые трубы, фасонные детали и т.п. должны быть выполнены из коррозионно-стойкого материала. В подающей и обратной магистралях протекает холодный рассол (температура рассола < температуры подвала). Поэтому все трубопроводы внутри дома и стенные проходы (в том числе внутри стеной конструкции) должны быть оборудованы теплоизоляцией, непроницаемой для диффузии паров, чтобы предотвратить образование конденсата и связанных с ним повреждений под действием влаги. Альтернативно можно установить подходящий сточный желоб для отвода конденсата. Для наполнения установки хорошо зарекомендовал себя рассол в виде готовой смеси.

Трубопроводы должны быть проложены с небольшим уклоном к наружной стороне здания, чтобы предотвратить попадание воды даже при сильных ливнях. Отвод дождевой воды обеспечивается посредством установки входного дренажа.

При наличии особых требований строительного надзора к давлению со стороны воды необходимо установить стенные проходы, имеющие допуск к эксплуатации (например, фирмы Dyma).

Пример исполнения стенового прохода



- Ⓐ Тепловой насос Vitocal 300/350
- Ⓑ Здание
- Ⓒ Реле давления рассола (опция)
- Ⓓ Первичный насос
- Ⓔ Фундамент
- Ⓕ Дренаж
- Ⓖ Уплотнение
- Ⓗ Обсадная труба
- Ⓙ Галька
- Ⓛ Полиэтиленовые трубы 32 x 2,9
- Ⓜ Грунт

3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов Земляной коллектор

Таблица для расчета параметров

Расчет необходимо выполнять на основе **холодопроизводительности в рабочей точке В0/В35**.

$$\text{Необходимая площадь } F_E = \frac{Q_K}{q_E}$$

Полиэтиленовые трубы 20 x 2,0

Полиэтиленовые трубы 25 x 2,3

Полиэтиленовые трубы 32 x 2,9

$$\frac{F_E \cdot 3}{100} = \text{трубные контуры по 100 м длиной}$$

$$\frac{F_E \cdot 2}{100} = \text{трубные контуры по 100 м длиной}$$

$$\frac{F_E \cdot 1,5}{100} = \text{трубные контуры по 100 м длиной}$$

Необходимые трубопроводы и распределители рассола для рассольно-водяного теплового насоса при среднем отборе мощности $q_E = 25 \text{ Вт/м}^2$

Тепловой насос Тип	Холодопроизводительность Q_K кВт	Необх. площадь грунта м^2	Полиэтил. трубы 20 x 2,0		Полиэтил. трубы 25 x 2,3		Полиэтил. трубы 32 x 2,9	
			Необх. кол-во ниток полиэтил. трубы по 100 м длиной	Количество распределит. рассола № для заказа 7143 762	Необх. кол-во ниток полиэтил. трубы по 100 м длиной	Количество распределит. рассола № для заказа 7182 043	Необх. кол-во ниток полиэтил. трубы по 100 м длиной	Количество распределит. рассола № для заказа 7143 763
BW 104	3,7	148	5	1	3	1	3	1
BW 106	5,0	200	6	1	4	1	4	1
BW 108	6,5	260	8	1	6	2	4	1
BW/ BWH 110	8,4	336	10	1	7	2	5	2
BW 113	11,0	440	13	2	9	3	7	2
BWH 113	12,4	508	15	2	10	3	8	2
BW 116	12,7	508	15	2	10	3	8	2
BW 212	10,0	400	12	2	8	2	6	2
BW 216	13,0	520	16	2	11	3	8	2
BW 220	16,8	672	20	2	13	4	10	3
BW 226	22,0	880	26	3	18	5	14	4
BW 232	25,4	1016	30	3	20	5	16	4
WW 240 ^{*1}	30,4	1250	—	—	—	—	19	5 ^{*2}
WW 254 ^{*1}	42,7	1700	—	—	—	—	26	7 ^{*2}
WW 268 ^{*1}	52,6	2100	—	—	—	—	32	8 ^{*2}
WW 280 ^{*1}	62,3	2500	—	—	—	—	38	10 ^{*2}

Точный расчет зависит от состояния почвы и может быть сделан только на месте монтажа.

Расстояние между нитками при прокладке

- полиэтиленовых труб 20 x 2,0 принято равным
прибл. 0,33 м (3 пог. м трубы/м²),
 - полиэтиленовых труб 25 x 2,3 принято равным
прибл. 0,50 м (2 пог. м трубы/м²),
 - полиэтиленовых труб 32 x 2,9 принято равным
прибл. 0,70 м (1,5 пог. м трубы/м²),
- при этом длина трубных контуров составляет 100 м.

^{*1} Использование теплового насоса в рассольно-водяной модификации.

^{*2} Так как можно подсоединить друг к другу до 4 распределителей рассола, необходимо установить несколько коллекторных панелей. Проектирование и расчет должны выполняться специализированной фирмой (например, проектной организацией).

3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов

Земляной коллектор

Пример

Рабочие характеристики см. в технических паспортах теплового насоса.

Теплопотребление здания:	4,8 кВт
Прибавка на приготовление горячей воды для семьи из 3 человек:	0,75 кВт (согласно стр. 16: 0,75 кВт < 20% теплопотребления здания)
Периоды прекращения электроснабжения:	3 x 2 ч/сут. (в расчет принимаются только 4 ч, см. стр. 16)
Потребляемая мощность здания:	5,76 кВт
Температура системы (при мин. наружной температуре -14 °C):	45/40 °C
Рабочая точка теплового насоса:	B0/W35

Выбранный тепловой насос: рассольно-водяной тепловой насос, тип BW106 с тепловой мощностью 6,4 кВт (включая прибавку на периоды прекращения электроснабжения, без приготовления горячей воды), холодопроизводительность $\dot{Q}_K = 5,0$ кВт.

Расчет параметров земляного коллектора

Средний отбор мощности $\dot{q}_E = 25$ Вт/м²

$Q_K = 5$ кВт

$$F_E = \frac{\dot{Q}_K}{\dot{q}_E} = \frac{5000 \text{ W}}{25 \text{ W/m}^2} = 200 \text{ м}^2$$

Количество X необходимых трубных контуров (полиэтиленовые трубы 20 x 2,0) по 100 м длиной рассчитывается по формуле

$$X = \frac{F_E \cdot 3}{100} = \frac{200 \text{ м}^2 \cdot 3 \text{ м/м}^2}{100 \text{ м}} = 6 \text{ трубных контуров}$$

Выбрано: 6 трубных контуров по 100 м длиной ($\varnothing$ 20 мм x 2,0 мм по 0,201 л/м согласно таблице на стр. 26)

Количество теплоносителя

(В соответствии с количеством трубных контуров предусмотреть один распределитель. Диаметр подающей линии должен быть больше диаметра трубных контуров, мы рекомендуем PE 32 – PE 63.)

Подающая линия: 10 м (2 x 5 м) размером PE 32 x 3,0 (2,9)

m = количество трубных контуров x 100 м x объем трубопроводов + длина подающей линии x объем трубопровода

$$= 6 \times 100 \text{ м} \times 0,201 \text{ л/м} + 10 \text{ м} \times 0,531 \text{ л/м} = 120,6 \text{ л} + 5,31 \text{ л} = 125,91 \text{ л} \rightarrow \text{выбрано } 130 \text{ л}$$

(включая количество рассола для солнечного насоса)

Потеря давления в земляном коллекторе

Теплоноситель: Tyfocor

Производительность теплового насоса: 1600 л/ч (см. технический паспорт теплового насоса)

$$\text{Расход на каждый трубный контур} = \frac{1600 \text{ л/ч}}{6 \text{ трубных контуров} \times 100 \text{ м}} = 267 \text{ л/ч на трубный контур}$$

Δp = значение R x длина трубы Значение R для PE 20 x 2,0 при 267 л/ч $\approx$ 208 Па/м (согласно таблице на стр. 25)
Значение R для PE 32 x 3,0 (2,9) при 1600 л/ч $\approx$ 520,61 Па/м (согласно таблице на стр. 25)

$$\Delta p_{\text{труб.контур}} = 208 \text{ Па/м} \times 100 \text{ м} = 20800 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{под.лин.}} = 520,61 \text{ Па/м} \times 10 \text{ м} = 5206,1 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{тепл.насос}} (\text{значение см. в техническом паспорте теплового насоса}) = 9000,00 \text{ Па}$$

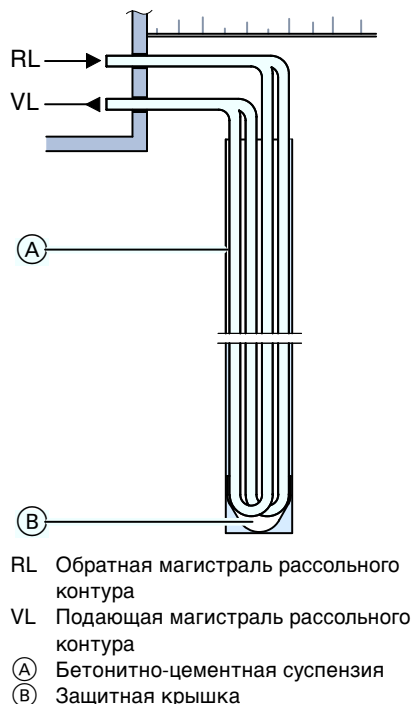
$$\Delta p = \Delta p_{\text{труб.контур}} + \Delta p_{\text{под.лин.}} + \Delta p_{\text{тепл.насос}} = 20800 \text{ Па} + 5206,1 \text{ Па} + 9000,00 \text{ Па} = 35006 \text{ Па} \triangleq 350,06 \text{ мбар} \triangleq 3,5 \text{ м вод. ст.}$$

Характеристики насосов рассольного контура (из пакета принадлежностей для подключения рассольного контура) см. на стр. 26.

3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов Земляной зонд – двойной U-образный трубчатый зонд

Земляной зонд – двойной U-образный трубчатый зонд

Для небольших земельных участков и при дооснащении существующих зданий земляные зонды являются альтернативой земляному коллектору. Ниже описан двойной U-образный трубчатый зонд. Другим вариантом являются две двойных U-образных петли полимерного трубопровода в одной скважине. Все промежутки между трубами и грунтом заполняются материалом с хорошей теплопроводностью (бетонит).



Охлажденный теплоноситель с примесью антифриза (рассол) перетекает к нижней точке и затем обратно к испарителю теплового насоса.

При этом он поглощает тепло. Опыт показывает, что удельный тепловой поток в значительной степени непостоянен и составляет от 20 до 100 Вт/м длины зонда.

Если исходить из среднего значения 50 Вт/м, то это означает, что, например, для холодопроизводительности 6,5 кВт требуется зонд длиной 130 м или два зонда по 65 м.

Расстояние между 2 земляными зондами должно составлять

- при глубине до 50 м минимум 5 м
- при глубине до 100 м минимум 6 м

При монтаже подобных установок необходимо своевременно известить о строительном проекте соответствующий водохозяйственный орган.

Земляные тепловые зонды устанавливаются в зависимости от исполнения посредством буровых устройств или копров. Для таких установок требуется получение разрешения в соответствии с законодательством по охране водных ресурсов.

Дополнительную информацию можно получить у изготовителей земляных зондов.

Адреса буровых предприятий можно узнать на фирме Viessmann или в региональной энергоснабжающей организации.

Возможный удельный отбор мощности для земляных зондов (двойных U-образных трубчатых зондов) (по VDI 4640 лист 2)

Грунт	Удельный отбор мощности
Общие нормативные показатели	
Плохой грунт (сухая осадочная порода) ($\lambda < 1,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$)	20 Вт/м
Нормальная твердая каменная порода и насыщенная водой осадочная порода ($\lambda < 1,5\text{-}3,0 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$)	50 Вт/м
Твердая каменная порода с высокой теплопроводностью ($\lambda > 3,0 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$)	70 Вт/м
Отдельные породы	
Галька, сухой песок	< 20 Вт/м
Галька, влажный песок	55-65 Вт/м
Влажная глина, суглинок	30-40 Вт/м
Известняк (массивный)	45-60 Вт/м
Песчаник	55-65 Вт/м
Кислые магматические породы (например, гранит)	55-70 Вт/м
Щелочные магматические породы (например, базальт)	35-55 Вт/м
Гнейс	60-70 Вт/м

Таблица для расчета параметров

Основа для расчета:

холодопроизводительность в рабочей точке B0/W35.

Точный расчет зависит от состояния почвы и водоносных слоев грунта и может быть выполнен буровым предприятием только на месте монтажа.

Указание!

Уменьшение количества скважин с соответствующим увеличением глубины зонда повышает необходимую мощность насоса и преодолеваемую потерю давления.

Приближенный расчет: необходимые земляные зонды и распределители рассола

при среднем отборе мощности $\dot{q}_E = 50 \text{ Вт/м}$ зонда (по VDI 4640) при 2000 часах работы

Тепловой насос Тип	Объемный расход первич. л/ч	Холодопроизводительность $\dot{Q}_K$ кВт	Земляные зонды для PE 32 × 2,9 кол-во × длина, м	Кол-во распредел. рассола для земляных зондов PE 32 × 2,9 № для заказа 7143 763
BW104	1150	3,7	1 × 75	1
BW106	1600	5,0	1 × 100	1
BW108	2100	6,5	2 × 65	1
BW/BWH110	2700	8,4	2 × 85	1
BW/BWH113	3600	11,0	3 × 75	2
BW116	3900	12,7	3 × 90	2
BW212	3200	10,0	2 × 100	1
BW216	4200	13,0	3 × 90	2
BW220	5400	16,8	4 × 90	2
BW226	7200	22,0	5 × 88	3
BW232	7800	25,4	5 × 100	3
WW240*1	9 200	30,4	8 × 91*2	—
WW254*1	12600	42,7	10 × 102*2	—
WW268*1	15600	52,6	12 × 105*2	—
WW280*1	18600	62,3	16 × 94*2	—

*1 Использование тепловых насосов в рассольно-водяной модификации.

*2 Проектирование и расчет должны выполняться специализированной фирмой (например, проектной организацией). Прибавка в размере 20% уже принята в расчет в нормативных показателях.

3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов

Земляной зонд – двойной U-образный трубчатый зонд

Расчет компонентов

Пример (в виде двойной U-образной трубы)

Средний отбор мощности $\dot{q}_E = 50$ Вт/м длины зонда
 $Q_K = 5,0$ кВт

$$\text{Длина зонда } l = \frac{\dot{Q}_K}{\dot{q}_E} = \frac{5000 \text{ W}}{50 \text{ W/m}} = 100 \text{ м}$$

Выбранная труба для зонда: PE 32 x 3,0 (2,9) м при 0,531 л/м (согласно таблице на стр. 26)

Количество теплоносителя

(При количестве зондов > 1 предусмотреть распределитель рассола. Диаметр подающей линии должен быть больше диаметра трубных контуров, мы рекомендуем PE 32 – PE 63.)

Трубный зонд в виде двойной U-образной трубы

Подающая линия: 10 м (2 x 5 м) размером PE 32 x 3,0 (2,9)

$m = 2 \times \text{длина зонда} \times 2 \times \text{объем трубопровода} + \text{длина подающей линии} \times \text{трубопровода}$

$$= 2 \times 100 \text{ м} \times 2 \times 0,531 \text{ л/м} + 10 \text{ м} \times 0,531 \text{ л/м} = 217,7 \text{ л} \rightarrow \text{выбрано } 220 \text{ л (включая количество рассола в тепловом насосе)}$$

Потеря давления в земляном зонде

Теплоноситель: Tyfocor

Производительность теплового насоса: 1600 л/ч (см. технический паспорт теплового насоса)

Расход на каждую U-образную трубу 1600 л/ч : 2 = 800 л/ч

$\Delta p = \text{значение } R \times \text{длина трубы}$ Значение R для PE 32 x 3,0 (2,9) при 800 л/ч $\approx 154,78$ Па/м (согласно таблице на стр. 25)
Значение R для PE 32 x 3,0 (2,9) при 1600 л/ч $\approx 520,61$ Па/м (согласно таблице на стр. 25)

$$\Delta p_{\text{дв. U-тр. зонда}} = 154,78 \text{ Па/м} \times 2 \times 100 \text{ м} = 30956 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{под.лин.}} = 520,61 \text{ Па/м} \times 10 \text{ м} = 5206,1 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{тепл.насос}} (\text{значение см. в техническом паспорте теплового насоса}) = 9000,00 \text{ Па}$$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{дв. U-тр. зонда}} + \Delta p_{\text{под.лин.}} + \Delta p_{\text{тепл.насоса}} = 30956 \text{ Па} + 5206 \text{ Па} + 9000,00 \text{ Па} = 45162 \text{ Па} \triangleq 451,62 \text{ мбар} \triangleq 4,5 \text{ м вод. ст.}$$

Характеристики насосов рассольного контура (из пакета принадлежностей для подключения рассольного контура) см. на стр. 26.

Расчет компонентов

Расчет мембранного расширительного сосуда для рассольного контура

V_A = общий объем установки (рассола) в л

V_N = номинальный объем мембранного расширительного сосуда, л

V_Z = рост объема при нагреве установки, л

$$= V_A \cdot \beta$$

β = коэффициент расширения (β для Tyfocor = 0,01)

V_V = предохранительный затвор (теплоноситель Tyfocor), л

$$= V_A \times (\text{водяной затвор: } 0,005), \text{ мин. } 3 \text{ л (по DIN 4807)}$$

p_e = допуст. конеч. избыт. давление в бар

$$= p_{si} - 0,1 \cdot p_{si} = 0,9 \cdot p_{si}$$

p_{si} = давление срабатывания предохранительного клапана = 3 бар

$$V_N = \frac{V_Z + V_V}{p_e - p_{st}} \cdot (p_e + 1)$$

p_{st} = входное давление азота = 1,5 бар

Объем мембранного расширительного сосуда при использовании земляного коллектора (данные из примера на стр. 22)

V_A = объем земляного коллектора, включая подающую линию + объем теплового насоса = 130 л

$$V_Z = V_A \cdot \beta = 130 \text{ л} \times 0,01 = 1,3 \text{ л}$$

$$V_V = V_A \times 0,005 = 130 \text{ л} \times 0,005 = 0,65 \text{ л} \rightarrow \text{выбрано } 3 \text{ л}$$

$$V_N = \frac{1,3 \text{ л} + 3,0 \text{ л}}{2,7 \text{ бар} - 1,5 \text{ бар}} \cdot (2,7 \text{ бар} + 1) = 13,25 \text{ л}$$

Объем мембранного расширительного сосуда при использовании земляного зонда (данные из приведенного выше примера)

V_A = объем земляного зонда, включая подающую линию + объем теплового насоса = 220 л

$$V_Z = V_A \cdot \beta = 220 \text{ л} \times 0,01 = 2,2 \text{ л}$$

$$V_V = V_A \times 0,005 = 220 \text{ л} \times 0,005 = 1,1 \text{ л} \rightarrow \text{выбрано } 3 \text{ л}$$

$$V_N = \frac{2,2 \text{ л} + 3,0 \text{ л}}{2,7 \text{ бар} - 1,5 \text{ бар}} \cdot (2,5 \text{ бар} + 1) = 15,17 \text{ л}$$

3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов

Расчет компонентов

Потери давления

В выделенной области имеет место ламинарный поток, вне ее – турбулентный.

Значение R для теплоносителя Tyfocog (кинематическая вязкость = 4,0 мм²/с, плотность = 1050 кг/м³)

Полиэтиленовая труба 20 × 2,0 мм, PN 10

Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м	Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м
л/ч		л/ч	
100	77,4	600	954,4
120	92,9	620	1010,7
140	108,4	640	1068,5
160	123,9	660	1127,6
180	139,4	680	1188,1
200	154,9	700	1249,9
220	170,3	720	1313,0
240	185,8	740	1377,5
260	201,3	760	1443,4
280	216,8	780	1510,5
300	232,3	800	1578,9
320	247,8	820	1648,6
340	263,3	840	1719,6
360	278,7	860	1791,9
380	294,2	880	1865,5
400	309,7	900	1940,3
420	325,2	920	2016,4
440	554,6	940	2093,7
460	599,5	960	2172,3
480	645,8	980	2252,1
500	693,7	1000	2333,2
520	742,9	1020	2415,4
540	793,7	1040	2498,9
560	845,8	1060	2583,6
580	899,4	1080	2669,6

Полиэтиленовая труба 25 × 2,3 мм, PN 10

Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м	Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м
л/ч		л/ч	
100	27,5	620	313,6
120	32,9	640	331,5
140	38,4	660	349,9
160	43,9	680	368,6
180	49,4	700	387,8
200	54,9	720	407,4
220	60,4	740	427,4
240	65,9	760	447,8
260	71,4	780	468,7
280	76,9	800	489,9
300	82,3	820	511,5
320	87,8	840	533,5
340	93,3	860	556,0
360	98,8	880	578,8
380	104,3	900	602,0
400	109,8	920	625,6
420	115,3	940	649,6
440	120,8	960	674,0
460	126,3	980	698,8
480	131,7	1000	723,9
500	137,2	1020	749,4
520	142,7	1040	775,3
540	246,3	1060	801,6
560	262,4	1080	828,3
580	279,1	1100	855,3
600	296,1		

Полиэтиленовая труба 32 × 3,0 мм (32 × 2,9 мм), PN 10

Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м	Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м
л/ч		л/ч	
300	31,2	1240	333,3
320	33,3	1280	352,3
340	35,4	1320	371,8
360	37,5	1360	391,7
380	39,5	1400	412,1
400	41,6	1440	433,0
420	43,7	1480	454,2
440	45,8	1520	475,9
460	47,9	1560	498,1
480	49,9	1600	520,6
500	52,0	1640	543,6
520	54,1	1680	567,0
540	56,2	1720	590,9
560	58,3	1760	615,1
580	60,3	1800	639,8
600	62,4	1840	664,9
620	64,5	1880	690,4
640	66,6	1920	716,3
660	68,7	1960	742,6
680	70,7	2000	769,3
700	122,5	2040	796,4
720	128,7	2080	824,0
740	135,0	2120	851,9
760	141,5	2160	880,2
780	148,1	2200	909,0
800	154,8	2240	938,1
820	161,6	2280	967,6
840	168,6	2320	997,5
860	175,7	2360	1027,8
880	182,9	2400	1058,5
900	190,2	2440	1089,5
920	197,7	2480	1121,0
940	205,3	2520	1152,8
960	213,0	2560	1185,0
980	220,8	2600	1217,6
1000	228,7	2640	1250,6
1020	236,8	2680	1283,9
1040	245,0	2720	1317,6
1060	253,3	2760	1351,7
1080	261,7	2800	1386,2
1100	270,2	2840	1421,1
1120	278,9	2880	1456,3
1140	287,7	2920	1491,8
1160	296,6	2960	1527,8
1180	305,6	3000	1564,1
1200	314,7		

Полиэтиленовая труба 40 × 3,7 мм, Py 10

Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м	Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м
л/ч		л/ч	
1500	165,8	5200	1589,2
1600	209,6	5400	1712,5
2000	274,0	5500	1787,9
2100	305,5	6200	2274,2
2300	383,6	6300	2340,0
2400	389,1	7200	—
2500	404,2	7800	—
2700	479,5	9200	—
3000	575,4	9300	—
3200	675,6	12600	—
3600	808,3	15600	—
3900	952,2	18600	—
4200	1082,3		

Полиэтиленовая труба 50 × 4,6 мм, PN 10

Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м	Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м
л/ч		л/ч	
1500	56,9	5200	530,2
1600	61,7	5400	569,9
2000	96,0	5500	596,0
2100	102,8	6200	739,8
2300	117,8	6300	771,3
2400	128,8	7200	1000,1
2500	141,8	7800	1257,7
2700	163,7	9200	1568,7
3000	189,1	9300	1596,1
3200	216,5	12600	2794,8
3600	202,8	15600	—
3900	315,1	18600	—
4200	356,2		

Полиэтиленовая труба 63 × 5,8 мм, PN 10

Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м	Расход	Значение R потери давл./ м трубо- провода Па/м
л/ч		л/ч	
1500	17,8	5200	161,7
1600	25,3	5400	187,7
2000	30,1	5500	191,8
2100	34,0	6200	227,4
2300	42,7	6300	239,8
2400	45,2	7200	316,5
2500	48,0	7800	367,2
2700	56,2	9200	493,2
3000	63,0	9300	509,6
3200	69,9	12600	956,3
3600	84,9	15600	1315,2
3900	102,8	18600	1808,4
4200	121,9		

3.2 Расчет источников тепла для рассольно-водяных тепловых насосов

Расчет компонентов

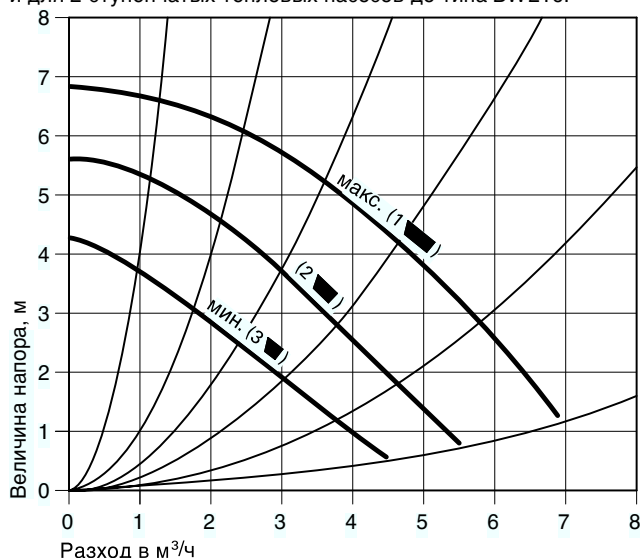
Объем в трубах (полиэтиленовая труба, Ру 10)

Размер трубы, наружный Ø x толщина стенки мм	20 × 2,0	25 × 2,3	32 × 3,0 (2,9)	40 × 2,3	40 × 3,7	50 × 2,9	50 × 4,6	63 × 5,8	63 × 3,6
DN	15	20	25	32	32	40	40	50	50
Объем на м трубы л	0,201	0,327	0,531	0,984	0,835	1,595	1,308	2,070	2,445

Характеристики насоса рассольного контура-

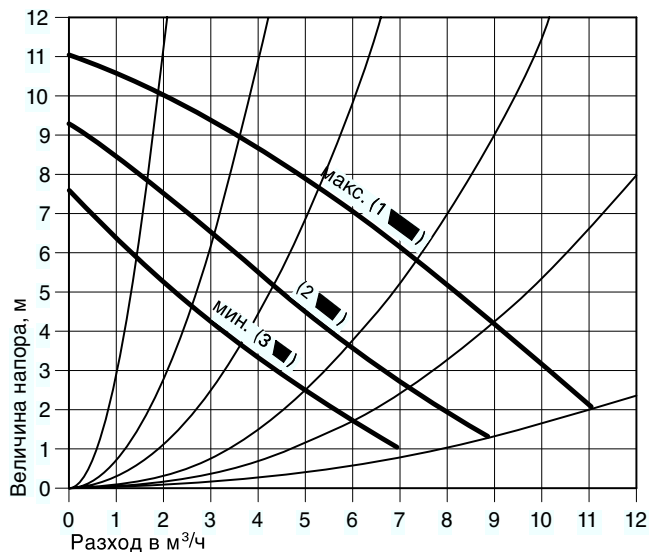
Wilo-TOP-S 30/7 (3 ~ 400 В/50 Гц – R 1 ¼)

Циркуляционный насос входит также в пакеты принадлежностей для подключения рассольного контура для 1-ступенчатых тепловых насосов до типа BW113, BWH113 и для 2-ступенчатых тепловых насосов до типа BW216.



Wilo-TOP-S 30/10 (3 ~ 400 В/50 Гц – R 1 ¼)

Циркуляционный насос входит также в пакеты принадлежностей для подключения рассольного контура для тепловых насосов до типа BW232 и BWH113.



Процентные надбавки на мощность насоса для работы с теплоносителем Tyfocor

Расчетная подача насоса

$$Q_A = Q_{\text{воды}} + f_Q (\%)$$

Расчетная величина напора

$$H_A = H_{\text{воды}} + f_H (\%)$$

Выбрать насос при повышенных параметрах производительности $\dot{Q}$ и H_A .

Указание!

Надбавки включают в себя только поправку для насосного агрегата. Поправки для характеристики и параметров установки необходимо определить на основе специальной литературы и сведений изготовителя арматуры.

В теплоносителе "Tyfocor" фирмы Viessmann (готовая смесь до -15 °C) объемная доля Tyfocor составляет 28,6% (в расчет принимается 30%).

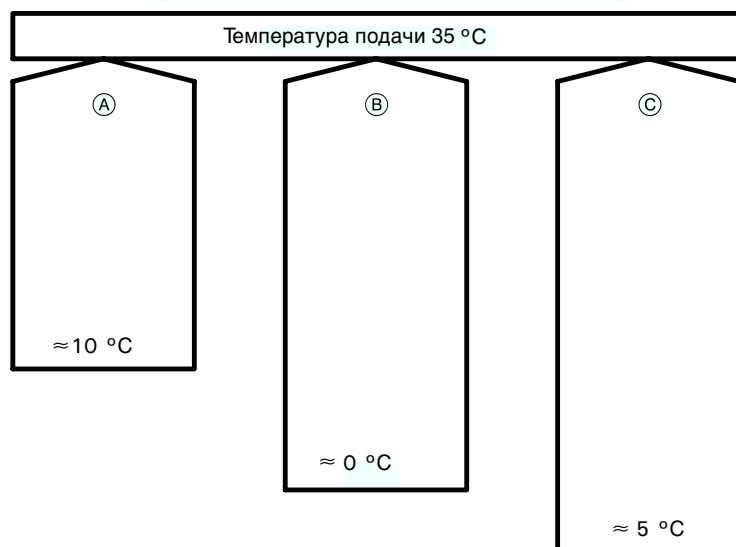
Объемная доля этиленгликоля %	25	30	35	40	45	50
При рабочей температуре 0 °C						
■ f_Q %	7	8	10	12	14	17
■ f_H %	5	6	7	8	9	10
При рабочей температуре +2,5 °C						
■ f_Q %	7	8	9	11	13	16
■ f_H %	5	6	6	7	8	10
При рабочей температуре +7,5 °C						
■ f_Q %	6	7	8	9	11	13
■ f_H %	5	6	6	6	7	9

3.3 Расчет источников тепла для водо-водяных тепловых насосов

Грунтовые воды

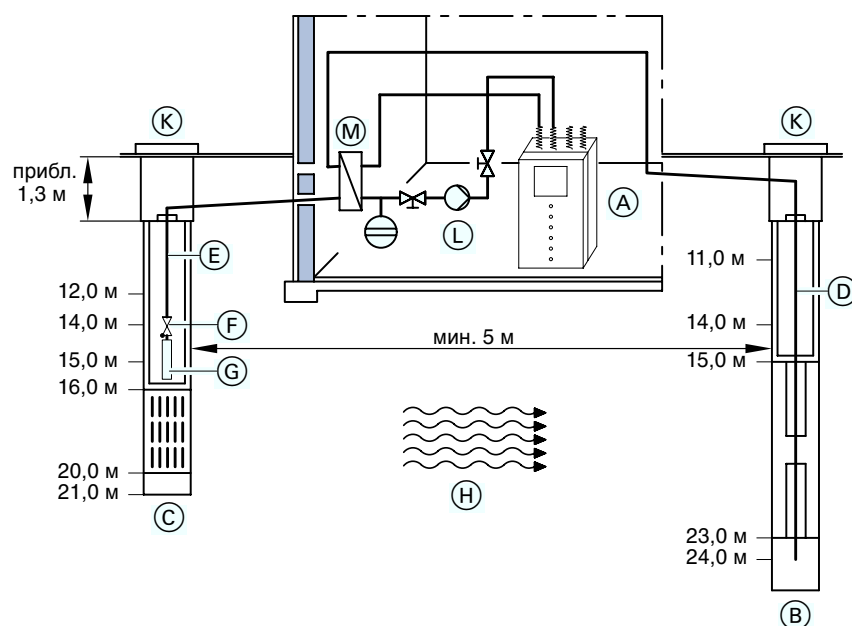
Водо-водяные тепловые насосы используют тепло, содержащееся в грунтовых водах или в охлаждающей воде.

Повышение температуры на примере теплового насоса, использующего тепло грунтовых вод, грунта и воздуха



Водо-водяные тепловые насосы для грунтовых вод достигают высоких показателей мощности. Грунтовые воды в течение всего года имеют примерно постоянную температуру 7 – 12 °C (см. рис.). Поэтому в сравнении с другими источниками тепла требуется лишь сравнительно небольшое повышение температуры, чтобы иметь возможность использовать их для отопления. Рекомендуется, однако – это относится к одно- и двухквартирному дому – не выкачивать грунтовые воды с глубин больше 15 м (см. рекомендуемые размеры на рисунке внизу). Иначе это связано с чрезмерными затратами на перекачивающее оборудование. Применительно к промышленным и крупным установкам большие глубины отсоса могут оказаться, однако, вполне целесообразными.

Между отбором (добывающей скважиной) и возвратом воды в грунт (поглощающей скважиной) должно соблюдаться расстояние не менее 5 м. Добывающая и поглощающая скважины должны быть ориентированы в направлении потока грунтовых вод, чтобы исключить "замыкание" потоков (см. рис.). Поглощающая скважина должна быть выполнена таким образом, чтобы выход воды происходил ниже уровня грунтовых вод.



Посредством нагнетательного насоса грунтовые воды подаются к испарителю теплового насоса. Там они отдают свое тепло рабочей среде или хладагенту, который при этом испаряется. Грунтовые воды в зависимости от конструкции установки охлаждаются до разности температур 5 K, в остальном же их качество остается неизменным. В завершение вода возвращается в подземные грунтовые воды через поглощающую скважину.

В зависимости от качества воды может понадобиться разделение контуров установки между скважинами и тепловым насосом. Подающий и возвратный трубопровод грунтовых вод к теплому насосу и от него должны быть проложены с защитой от замерзания и с уклоном в направлении скважины.

3.3 Расчет источников тепла для водо-водяных тепловых насосов Грунтовые воды

Определение требуемого количества грунтовых вод

Объемный расход, т.е. требуемый расход воды зависит от мощности оборудования и от охлаждения.

$$\dot{Q}_K = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_{WQE} - t_{WQA})$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}_K}{\rho \cdot c_p \cdot (t_{WQE} - t_{WQA})}$$

Холодопроизводительность $\dot{Q}_K$ равна тепловой мощности теплового насоса $\dot{Q}_{TH}$ за вычетом электрической мощности привода P_{TH}

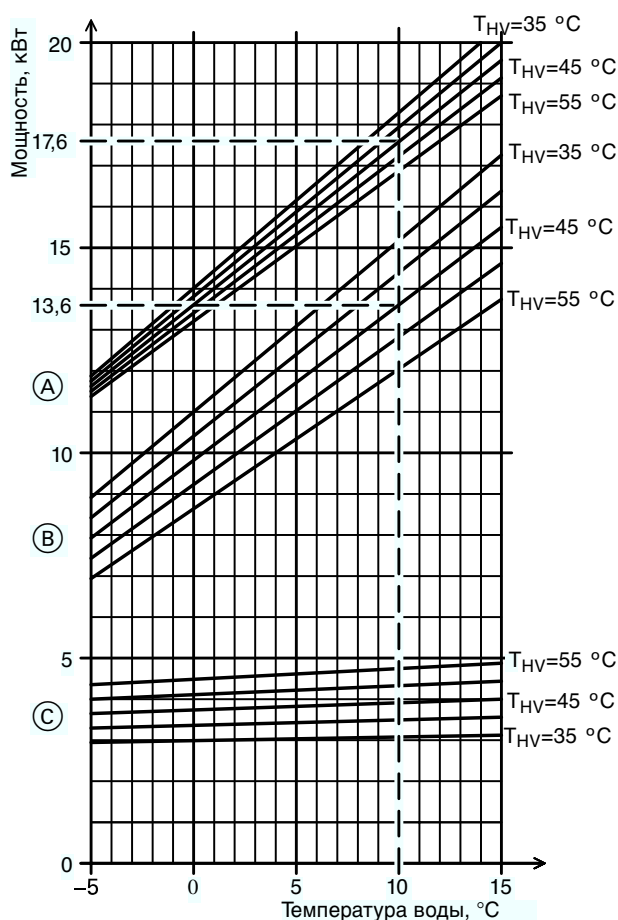
$$\dot{Q}_K = \dot{Q}_{TH} - P_{TH}$$

Обозначения:

c_p удельная теплоемкость, кВт ч/(кг · К)
 P_{TH} потребляемая электрическая мощность, кВт
 $\dot{Q}_K$ холодопроизводительность, кВт
 $\dot{Q}_{TH}$ тепловая мощность, кВт
 t_{WQA} выходная температура источника тепла, К
 t_{WQE} входная температура источника тепла, К
 $\dot{V}$ объемный расход, м³/ч
 ρ плотность, кг/м³

Пример

Рабочая характеристика Vitocal 300, тип WW113



- (А) Тепловая мощность
(В) Холодопроизводительность
(С) Потребляемая электрическая мощность

Теплопотребление согласно DIN 4701/EN 12831: 12 кВт
Минимальная наружная температура: -14 °C
Максимальная температура подачи: 45 °C
Периоды прекращения электроснабжения: 2 x 3 ч
8 человек
Общее теплопотребление (включая периоды прекращения электроснабжения и приготовление горячей воды, см. стр. 16): 16,9 кВт

Выбран водо-водяной тепловой насос Vitocal 300, тип WW113, обеспечивающий при постоянной температуре воды 10 °C в рабочей точке W10/W45 холодопроизводительность 13,6 кВт и тепловую мощность 17,6 кВт (см. диаграмму).

Тем самым, при использовании этого теплового насоса возможен моно-валентный режим.

Требуемая холодопроизводительность теплового насоса $\dot{Q}_K$ составляет 13,6 кВт, и к нему должны подаваться грунтовые воды от источника тепла. При охлаждении на 4 К объемный расход грунтовых вод рассчитывается $\dot{V}$ следующим образом:

$$\dot{V} = \frac{13,6 \text{ kW}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 4 \text{ K}}$$

$$\dot{V} = 2,92 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Принять во внимание минимальный объемный расход на первичной стороне для типа BW113 (см. технический паспорт):

$$\dot{V}_{\text{мин.}} = 3600 \text{ л/ч}$$

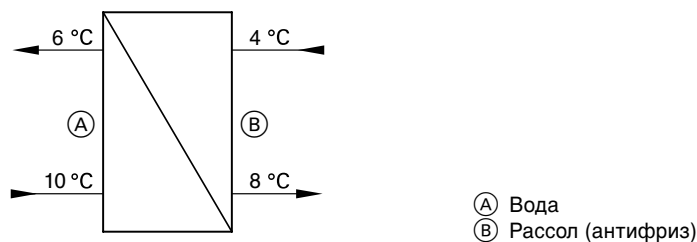
Получение разрешения на водо-водяную теплонасосную установку с использованием грунтовых вод

На проект должно быть получено разрешение от местной администрации. В Баварии для установок мощностью до 50 кВт разрешение считается выданным, если в течение одного месяца не будет получен отказ.

Выдача разрешения может быть связана с определенными требованиями. Если здание подлежит подключению к централизованной системе водоснабжения, необходимо получение разрешения от местной администрации на использование грунтовых вод в качестве источника тепла.

3.3 Расчет источников тепла для водо-водяных тепловых насосов Расчет теплообменника промежуточного контура

Расчет теплообменника промежуточного контура



Проточный теплообменник из нержавеющей стали с резьбовыми соединениями.

Изготовитель: Tranter AG.

В сочетании с теплообменником промежуточного контура повышается эксплуатационная надежность водо-водяного теплового насоса. При правильном расчете параметров насоса промежуточного контура (принадлежность) и оптимальной конструкции промежуточного контура коэффициент мощности водо-водяного теплового насоса ухудшается не более чем на 0,4.

В нижеследующей таблице приведены в качестве примера необходимые теплообменники промежуточного контура для различных тепловых насосов.

Указание!

Заполнить промежуточный контур теплоносителем с примесью антифриза (рассол, мин. -5°C).

Таблица для выбора проточного теплообменника для водо-водяного теплового насоса (конструкция в соответствии с монтажной схемой на стр. 52)

Тепловой насос Тип	Холодопроизводительность кВт	Объемный расход		Потеря давления в		Проточный теплообменник (с резьбовыми соединениями) Тип (фирма Tranter AG)
		первич. (вода) м³/ч	вторич. (рассол) м³/ч	первич. (вода) кПа	вторич. (рассол) кПа	
WW104	5,15	1,10	1,18	15	15	GX-7 PI 17
WW106	6,90	1,48	1,58	15	15	GX-7 PI 21
WW108	9,00	1,92	2,07	10	15	GX-7 PI 27
WW110	11,70	2,50	2,69	10	15	GX-7 PI 33
WWH110	11,40	2,50	2,69	10	15	GX-7 PI 33
WW113	15,20	3,25	3,46	20	25	GX-7 PI 39
WWH113	15,90	3,25	3,46	20	25	GX-7 PI 39
WW116	17,80	3,81	4,09	20	25	GX-7 PI 45
WW212	13,80	2,95	3,17	15	20	GX-7 PI 37
WW216	18,00	3,85	4,13	25	25	GX-7 PI 45
WW220	23,40	5,00	5,37	25	30	GX-7 PI 57
WW226	30,40	6,50	6,98	30	35	GX-7 PI 71
WW232	35,60	7,60	8,18	30	40	GX-7 PI 83
WW240	42,80	9,15	9,83	10	15	GC-16 P 44
WW254	60,00	12,83	13,78	10	15	GC-16 P 60
WW268	74,00	15,83	16,99	15	15	GC-16 P 74
WW280	87,80	18,78	20,16	15	20	GC-16 P 88

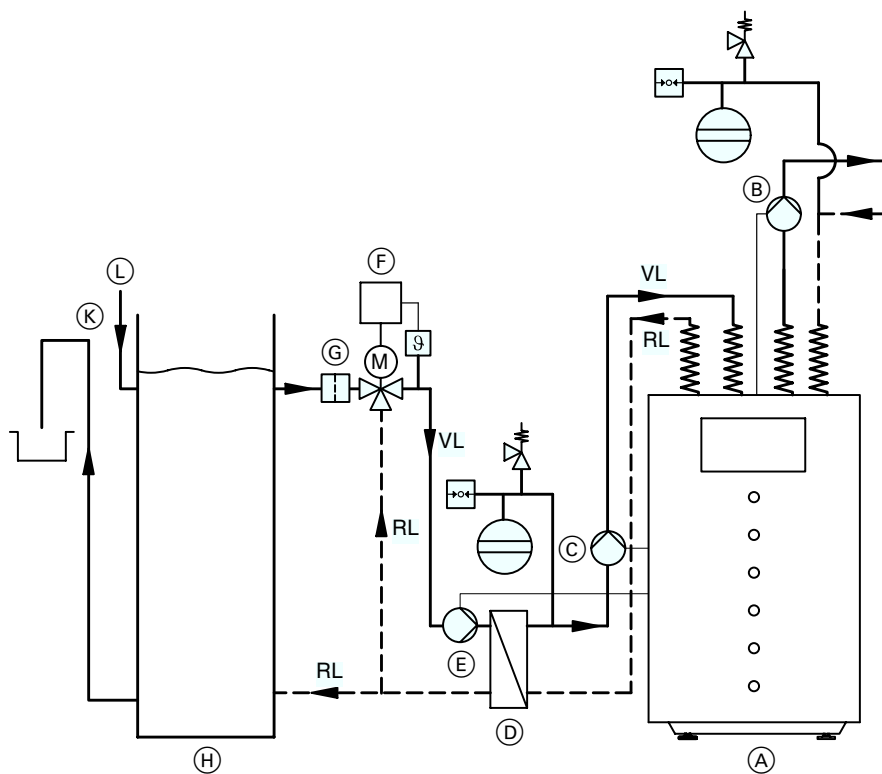
3.3 Расчет источников тепла для водо-водяных тепловых насосов

Охлаждающая вода

Охлаждающая вода

Если в качестве источника тепла для водо-водяного теплового насоса (при определенных условиях распространяется также на рассольно-водяные тепловые насосы) используется охлаждающая вода, содержащая тепло промышленных отходящих газов, то необходимо принять во внимание следующее:

- Качество воды должно находиться в пределах показателей из таблицы на стр. 8. В противном случае необходимо использовать теплообменник промежуточного контура из нержавеющей стали (например, фирмы Tranter AG). Расчет параметров выполняется изготовителем.
- Имеющееся в распоряжении количество воды должно, как минимум, соответствовать минимальным объемным расходам первичной стороны теплового насоса (см. технический паспорт Vitocal 300/350).
- Максимальная входная температура для рассольно-водяных или водо-водяных тепловых насосов составляет 25 °C. При более высоких температурах охлаждающей воды должен быть предусмотрен так называемый регулятор для поддержания низкой температуры (например, фирмы Landis & Staefa GmbH Siemens Building Technologies) на первичной стороне теплового насоса, путем подмешивания холодной воды обратной магистрали ограничивающий максимальную входную температуру на уровне 25 °C.



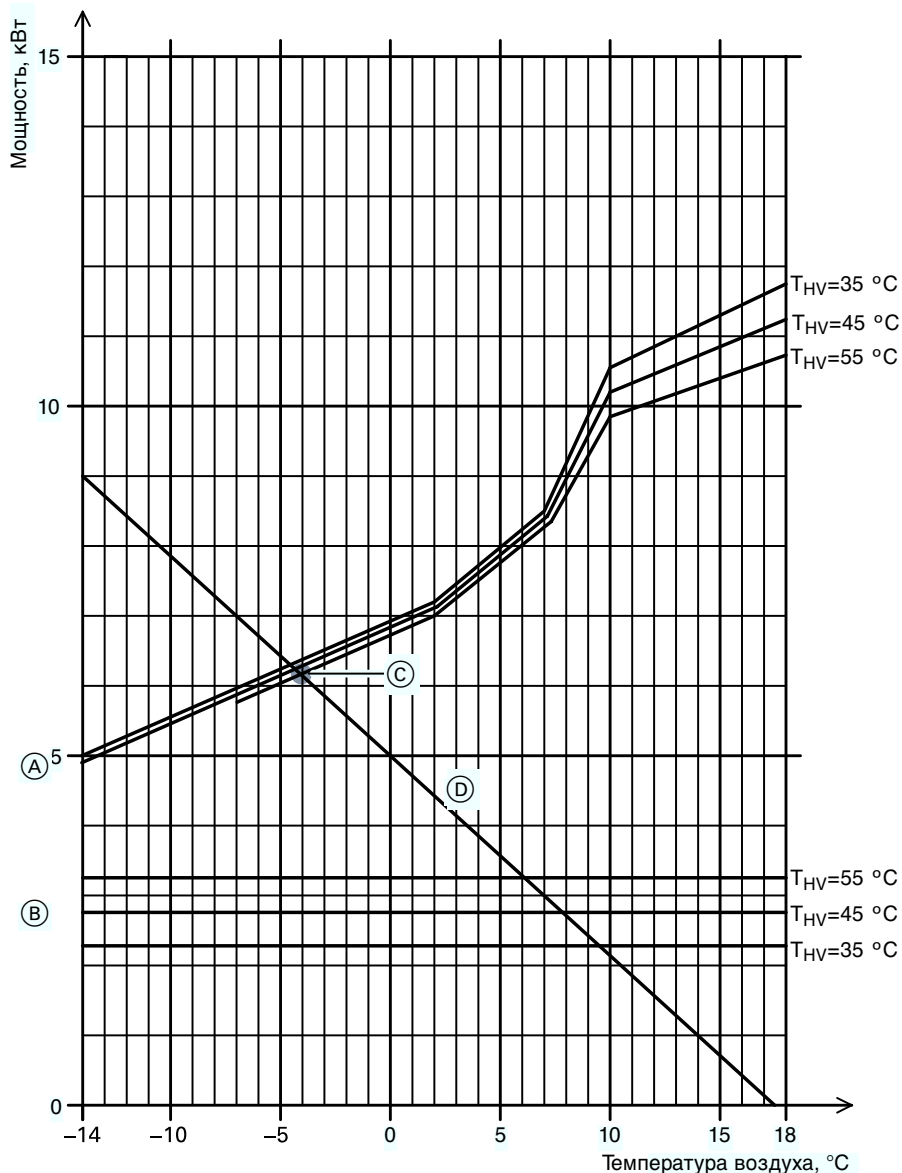
- | | | |
|--|--|--|
| (A) Тепловой насос Vitocal 300/350 | (E) Циркуляционный насос теплообменника | (H) Бак для воды (объемом мин. 3000 л, приобретается отдельно) |
| (B) Вторичный насос | (F) Регулятор и клапан для поддержания низкой температуры (приобретаются отдельно) | (K) Перелив |
| (C) Первичный насос | (G) Грязеуловитель (приобретается отдельно) | (L) Подающий трубопровод |
| (D) Теплообменник промежуточного контура (см. стр. 29) | | |

3.4 Расчет источников тепла для воздушно-водяных тепловых насосов Наружный воздух

3.4 Расчет источников тепла для воздушно-водяных тепловых насосов

Наружный воздух

Рабочая характеристика Vitocal 300, тип AW108



- (A) Тепловая мощность
(B) Потребляемая электрическая мощность

- (C) Бивалентная точка
(D) Теплопотребление

Кроме моновалентного или моно-энергетического режима воздушно-водяные тепловые насосы могут работать также в бивалентном режиме. При низких наружных температурах тепловая мощность теплового насоса снижается, причем одновременно повышается теплопотребление. При работе установок в моновалентном режиме при этом потребовались бы установки очень больших размеров. Для большей части периода работы тепловой насос оказался бы чрезмерно мощным.

Вплоть до бивалентной точки установки (см. диаграмму рабочих характеристик) тепловой насос обеспечивает все необходимое теплопотребление. Ниже бивалентной точки тепловой насос повышает температуру возвратной магистрали отопительной установки и второй теплогенератор производит догрев.

Расчет параметров выполняется в соответствии с диаграммой рабочих характеристик в техническом паспорте.

Пример 1

Теплопотребление согласно DIN 4701/EN 12831: 9 кВт
Минимальная наружная температура: -14 °C
Максимальная температура подачи: 55 °C

Выбран:
Воздушно-водяной тепловой насос Vitocal 300, тип AW108

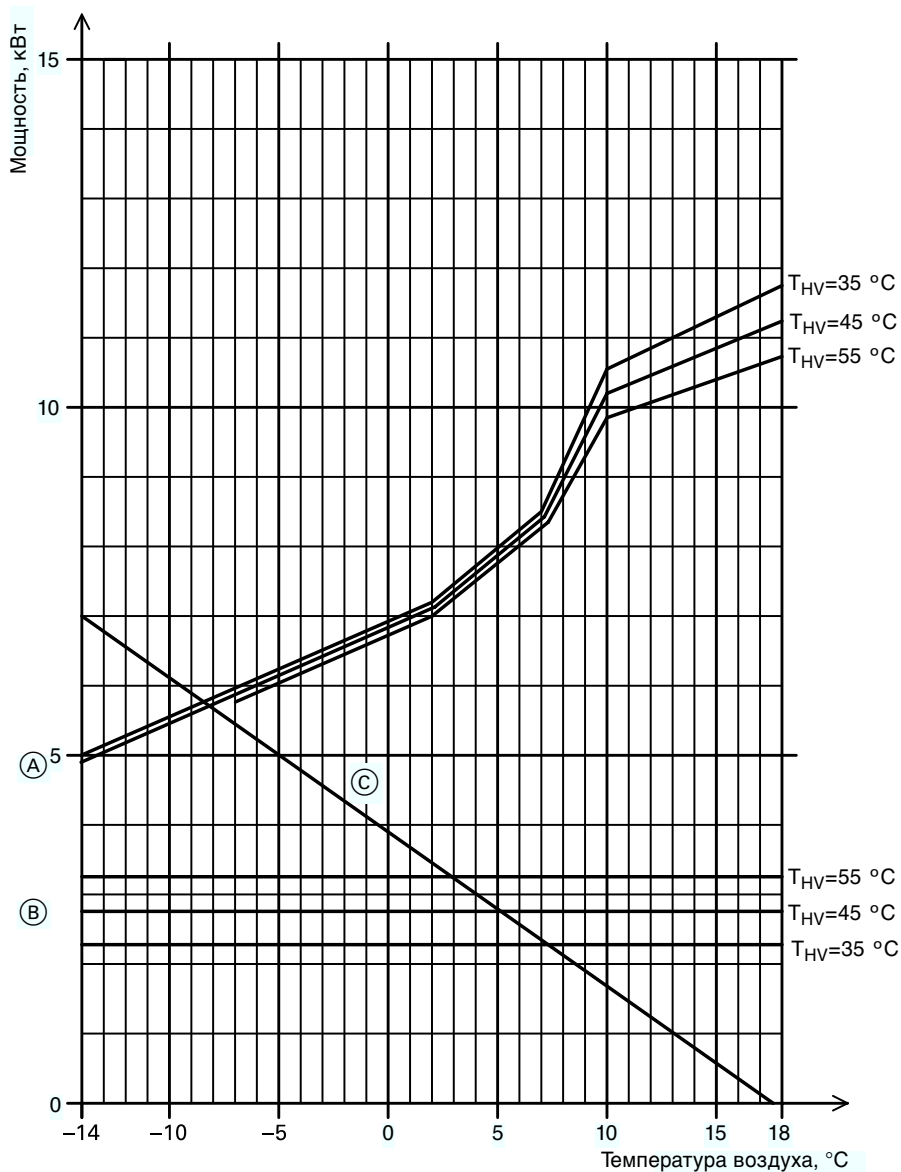
По диаграмме рабочих характеристик получаем бивалентную точку $-4,5\text{ °C}$ при мощности 6,1 кВт.

3.4 Расчет источников тепла для воздушно-водяных тепловых насосов

Наружный воздух

Воздух помещения/отходящий воздух

Рабочая характеристика Vitocal 300, тип AW 108



- (A) Тепловая мощность
- (B) Потребляемая электрическая мощность
- (C) Теплопотребление

Пример 2:

Теплопотребление согласно DIN 4701/EN 12831: 7 кВт
 Минимальная наружная температура: -14 °C
 Максимальная температура подачи: 35 °C

Выбран:
 Воздушно-водяной тепловой насос Vitocal 300, тип AW 108 и электронагревательная вставка мощностью 3 кВт, т.е. моноэнергетический режим работы

По диаграмме рабочих характеристик получаем при наружной температуре -14 °C мощность теплового насоса 5 кВт.

Рекомендуемая прибавка на приготовление горячей воды: 0,25 кВт/чел.

Воздух помещения/отходящий воздух

Если в качестве источника тепла воздушно-водяного насоса используется воздух помещения, нагретый за счет отходящего тепла (промышленного оборудования/производственных процессов) или отходящий воздух кондиционеров, то необходимо иметь в виду следующее:

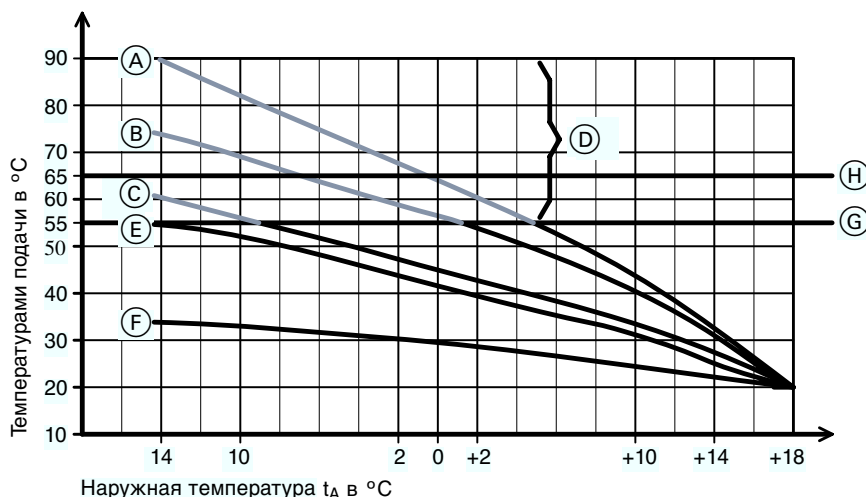
- Имеющийся в распоряжении объемный расход должен составлять мин. 3500 м³/ч.
- Максимальная входная температура в непрерывном режиме составляет 35 °C.

- Используемый воздух должен быть очищен (от пыли, грязи и т.п.) и не должен содержать аммиак и другие едкие вещества, против которых не обладает стойкостью алюминий.

3.6 Расчет буферной емкости греющего контура

3.5 Отопительные контуры и распределение тепла

Зависимость между температурами подачи греющего контура и наружной температурой



- Ⓐ макс. температура подачи греющего контура = 90 °C
- Ⓑ макс. температура подачи греющего контура = 75 °C
- Ⓒ макс. температура подачи греющего контура = 60 °C
- Ⓓ Условно пригодные системы отопления для бивалентного режима работы теплового насоса
- Ⓔ макс. температура подачи греющего контура = 55 °C $\triangleq$ макс. температуры подачи теплового насоса, условие для моновалентного режима работы теплового насоса
- Ⓕ макс. температура подачи греющего контура = 35 °C, идеально для моновалентного режима работы теплового насоса
- Ⓖ макс. температура подачи теплового насоса типа AW, BW или WW = 55 °C
- Ⓗ макс. температура подачи теплового насоса типа AWH, BWH или WWH = 65 °C

В зависимости от конструкции отопительной системы необходимы различные температуры подачи греющего контура. Тепловой насос типа AW, BW или WW обеспечивает максимальную температуру подачи 55 °C. Чтобы обеспечить возможность работы теплового насоса в моновалентном режиме, должна быть установлена низкотемпературная система отопления с температурой подачи теплоносителя ≤ 55 °C. При использовании радиаторов, а также при модернизации и ремонте водогрейных котлов можно при соблюдении максимальной температуры подачи 65 °C установить тепловой насос типа AWH, BWH или WWH. Чем ниже выбранная максимальная температура подачи греющего контура, тем выше коэффициент использования теплового насоса.

3.6 Расчет буферной емкости греющего контура

Буферная емкость греющего контура для оптимизации времени работы

$$V_{BG} = Q_{TH} \cdot (20 - 25 \text{ л})$$

Пример: тип BW110 $Q_{TH} = 10,8$ кВт

$$V_{BG} = 10,8 \cdot 20 \text{ л} = \text{объем буферной емкости 216 л}$$

Выбор: Vitocell 050 с буферной емкостью объемом 200 л

Q_{TH} = номинальная мощность теплового насоса, абсолютная
 V_{BG} = объем буферной емкости греющего контура, л

Буферная емкость греющего контура для перекрытия периодов блокировки

Этот вариант используется в системах распределения тепла без дополнительной буферной массы (например, радиаторов, гидравлического вентилятора теплого воздуха).

100%-ное аккумулирование тепла для работы в периоды блокировки возможно, но не рекомендуется, так как размер буферных емкостей будет слишком большим.

c_p = удельная теплоемкость, кВт ч/(кг · K)
 Q_G = теплопотребление здания, кВт
 t_{SZ} = время блокировки, ч
 V_{BG} = объем буферной емкости греющего контура, л
 $\Delta\theta$ = охлаждение системы, K

100%-ный расчет (при соблюдении имеющихся теплообменных поверхностей)

$$V_{BG} = \frac{Q_G \cdot t_{SZ}}{c_p \cdot \Delta\theta}$$

Пример: $Q_G = 10$ кВт = 10000 W $t_{SZ} = 2$ ч (макс. 3 раза в день) $\Delta\theta = 10$ K

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

Выбор: 2 Vitocell 050 емкостью 900 л

Приближенный расчет с использованием задержки охлаждения здания

$$V_{BG} = Q_G \cdot (60 - 80 \text{ л})$$

Пример: $Q_G = 10$ кВт

$$V_{BG} = 10 \cdot 60 \text{ л} = 600 \text{ л}$$

Выбор: Vitocell 050 с буферной емкостью объемом 600 л