VIESMANN

climate of innovation

Руководство по проектированию

Тепловые насосы

VIESMANN
climate of innovation

Руководство по проектированию

Тепловые насосы

11 Вступление

12 Введение

12 Указания к применению

14 A Основы применения тепловых насосов

16 A.1 История развития тепловых насосов

18 A.2 Физические процессы
19 A.2.1 Сжижение и испарение
19 A.2.2 Холодильный контур
21 A.2.3 Коэффициент преобразования
22 A.2.4 Число часов годовой наработки

24 A.3 Главные компоненты
25 A.3.1 Компрессор
28 A.3.2 Экспанзионный расширительный клапан
29 A.3.3 Теплообменник
31 A.3.4 Холодильник

32 A.4 Потенциал первичных источников
33 A.4.1 Тепловая энергия грунта
37 A.4.2 Тепловая энергия воды
37 A.4.3 Тепловая энергия наружного воздуха
38 A.4.4 Доступность и эффективность – оценка основных источников
38 A.4.5 Тепловая энергия уходящего тепла
39 A.4.6 Поддержка поглощения солнечной энергии
40 A.4.7 Фазовый переход „Накопление“ на первичной стороне

42 A.5 Различные типы тепловых насосов
43 A.5.1 Компрессорные тепловые насосы
43 A.5.2 Абсорбционные тепловые насосы
45 A.5.3 Адсорбционные тепловые насосы

46 B Предпосылки применения

48 B.1 Производство „Электрической энергии”
49 B.1.1 Производство эл. энергии в Германии
51 B.1.2 Безопасность применения
53 B.1.3 Средства измерения
54 B.1.4 Тепловые насосы и солнечные батареи
55 B.1.5 Конкуренция электрической энергии?

56 B.2 Законодательное регулирование
57 B.2.1 Тепловые насосы в EnEV
59 B.2.2 Тепловые насосы в EEWG
59 B.2.3 Европейские законодательные нормы

60 B.3 Анализ рентабельности

62 C Проектирование и выбор источника энергии

64 C.1 Рассольно/водяной тепловой насос
65 C.1.1 Определение источника тепла
69 C.1.2 Способ передачи тепловой энергии
70 C.1.3 Объемный расход и перепад давление рассольного контура

72 C.2 Водо/водяной тепловой насос
73 C.2.1 Грунтовые воды
75 C.2.2 Охлаждающая вода

76 C.3 Воздушно/водяной тепловой насос
77 C.3.1 Воздушно/водяной тепловой насос с нерегулируемым компрессором
77 C.3.2 Конструктивные особенности
79 C.3.3 Проектирование защиты от шума
82 C.3.4 Тепловые насосы воздух/вода для применения внутри помещения

84 D Проектирование установок

86 D.1 Режимы работы
87 D.1.1 Моновалентный режим работы
87 D.1.2 Бивалентный режим работы
89 D.1.3 Каскадная установка
90 D.1.4 Комбинирование с возобновляемыми источниками

92 D.2 Вторичный контур
93 D.2.1 Горячее водоснабжение (TWE)
106 D.2.2 Отопление
111 D.2.3 Охлаждение

116 D.3 Выбор мощности и помощь в проектировании
117 D.3.1 Определение выходной мощности теплового насоса
118 D.3.2 Помощь в выборе конкретных типов тепловых насосов

122 Примечания

124 Путь эффективности производительности теплового насоса

130 Указания для проверки и оптимизации

132 Предметный указатель

Вступление

Главной задачей нашего времени является защита окружающей среды и сокращение использования ископаемых невозобновляемых видов энергии.
Для современных систем отопления и кондиционирование предусматривается обязательное сокращение эмиссий вредных веществ, особенно CO_2. Это возможно осуществить путем значительного сокращения использования ископаемых видов топлива. Но, в виду постоянного развития производственных и муниципальных отраслей, ежегодный рост спроса на ископаемые виды топлива будет сохраняться и, тем самым, продолжать вносить негативный вклад в защиту окружающей среды. Цены на эти энергоносители будут также постоянно расти. Поэтому сегодня нашей основной задачей является повышение энергетической эффективности установок использующих ископаемые виды топлива и увеличение потенциала использования альтернативных видов энергии.

Сложившаяся ситуация заставляет политиков ставить масштабные и амбициозные цели по защите окружающей среды и ресурсосбережению и самый большой сектор реализации этих решений - рынок теплоснабжения. Таким образом, необходимо в максимально короткий срок модернизировать максимальное число устаревших систем теплоснабжения. Поэтому энергоэффективные технологии должны быть доступны.

Компания Viessmann в своей комплексной программе предлагает Вам широкий спектр энергоэффективного оборудования - от конденсационной техники для работы на жидком топливе и газе, котлов для работы на биотопливе, до гелиоустановок и тепловых насосов для любого случая применения.

Тепловые насосы за последние 10 лет заняли прочную позицию в системах отопления и горячего водоснабжения. Их объемная доля в сегменте рынка теплоснабжения нового строительства сегодня примерно равна объему газовых конденсационных установок. Но и в модернизации систем отопления тепловые насосы сегодня играют важную роль. Правильно спроектированные и установленные тепловые насосы помогут каждому потребителю для любого случая найти оптимальное решение по теплоснабжению, снизить издержки на отопление и внести свой вклад в охрану окружающей среды.

Компания Viessmann ожидает в ближайшей перспективе еще более масштабное использование тепловых насосов во всех сферах отопительной отрасли. С одной стороны, развитие и применение инновационных конструктивных материалов позволит расширить диапазон мощности тепловых насосов и сферу их применения, например, на промышленных и производственных объектах. А также, обеспечить более высокую компактность и производительность, что позволяет с успехом применять тепловые насосы и в индивидуальном строительстве.
С другой стороны, наши рыночные партнеры и, в конечном итоге, потребители, должны быть уверены в высокой надежности и эксплуатационной безопасности таких новых и еще не очень широкораспространенных систем теплоснабжения с тепловыми насосами. Я рад, что мы можем предложить поддержку нашим партнерам этим всеобъемлющим "Руководством по проектированию " систем теплоснабжения с использованием тепловых насосов .

Д-р Мартин Виссманн

VIESMANN
VIESMANN

Вступление

Данное руководство по проектированию содержит основные положения по проектированиию, установке и эксплуатации теповых насосов. Руководство может также использоваться как справочное или учебное пособие, в том числе, при подготовке коммерческих предложений.

Указания к применению

По сравнению с обычными устройствами отопления - тепловые насосы представляют собой довольно сложный комплексный продукт, применение которого требует предварительного компетентного проектирования и обучения, как для партнеров, продающих и устанавливающих тепловые насосы, так и для конечных потребителей. Основной функциональный принцип работы традиционного отопительного котла, работающего на жидком топливе или природном газе, довольно легко понять. А принцип работы теплового насоса требует некоторого объяснения, так как трудно понять, как относительно „холодный“ первичный источник тепла (тепло земли, грунтовой воды или воздуха) может дать высокопотенциальную энергию, пригодную для отопления. По этой причине, основной упор в нашем Руководстве по проектированию мы делаем на объяснение функционального принципа работы этих высокотехнологичных установок.

Все определения и иллюстрации дают понимание всех основных принципов работы тепловых насосов. Однако, данное руководство является вводным и ознакомительным, и не претендует на полноту предоставления информации, основная часть которой заключена в технических описаниях и инструкциях по проектированию и эксплуатации.
Вы можете получить полную информацию у наших региональных представителей, у авторизованных фирм-партнеров, в технической документации, а также на интернет-сайте.

Ссылки, приведенные во всех главах настоящего руководства, относятся к информации, предоставленной партнерами компании Viessmann, ведущие совместные разработки в сфере теплоснабжения тепловыми насосами.

A Основы применения тепловых насосов

Потенциал природной энергии, который может быть эффективно преобразован тепловыми насосами в тепло для отопления - неисчерпаем.

Тепло в восприятии большинства людей определяется скорее как чувство, чем измеримая величина. Мы ощущаем тепло солнечного дня или тепло обогреваемого помещения Вашего жилья, в противоположность зимнему холоду снаружи.

Но, с физической точки зрения, это не совсем холод. Потому что точкой абсолютного нуля принято считать величину (0 K = -273,15°C), а до этого предела тепловая энергия еще сохраняется. С тепловыми насосами мы можем эффективно использовать это низкопотенциальное тепло.

В этой главе объясняются основные принципы работы теплового насоса и его основные компоненты.

16 A.1 История развития тепловых насосов

18 A.2 Физические процессы

19 A.2.1 Сжижение и испарение
19 A.2.2 Холодильный контур
21 A.2.3 Коэффициент преобразования
22 A.2.4 Число часов годового использования

24 A.3 Главные компоненты

25 A.3.1 Компрессор
28 A.3.2 Экспанзионный расширительный клапан
29 A.3.3 Теплообменник
31 A.3.4 Холодильник

32 A.4 Потенциал первичных источников

33 A.4.1 Тепловая энергия грунта
37 A.4.2 Тепловая энергия воды
37 A.4.3 Тепловая энергия наружного воздуха
38 A.4.4 Доступность и эффективность – оценка основных источников
39 A.4.5 Тепловая энергия уходящего тепла
39 A.4.6 Поддержка поглощения солнечной энергии
40 A.4.7 Фазовый переход „Накопление“ на первичной стороне

42 A.5 Различные типы тепловых насосов

43 A.5.1 Компрессорные тепловые насосы
43 A.5.2 Абсорбционные тепловые насосы
45 A.5.3 Адсорбционные тепловые насосы

Тепловой насос Viessmann L-08
1981 года

История развития тепловых насосов

История возникновения тепловых насосов значительно старше, чем принято считать. Более двухсот лет назад были заложены первые основы в производство холодильного оборудования, послужившим прототипами современных установок.

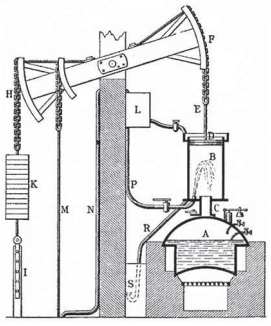


Рис. A.1-1 Паровая машина

Тепло используется человеком на протяжении тысячилетий, в первую очередь ждя обогрева жилища, приготовления пищи или для плавки металлов.

Развитие технологий привело человечество к созданию паровой машины в восемнадцатом веке и с тех пор индустриализация общества приобрела огромный масштаб: была открыта способность тепловой энергии совершать механическую работу. И с тех пор и по сегодняшний день наша производительность, мобильность и комфорт определяются этим принципом.

Паровая машина использовалась на протяжении многих десятилетий и вскоре была открыта еще одна возможность - использования тепловой энергии для получения энергии электрической.

Основные достижения в этой области принадлежат Николасу Леонарду Сади Карно, который по праву считается основателем термодинамики. Он определил основные принципы работы паровой машины и установил обратимость и взаимосвязанность всех процессов, происходящих при ее работе.

При правильной организации конструкции паровой машины и приложения определенной механической энергии можно не только вырабатывать тепло, но и поглощать его, практически без побочного воздействия на процесс температуры окружающей среды.

Первое технологическое применение этого принципа принадлежит американцу Якобу Перкинсу, создавшему в 1835 году первую компрессорную холодильную машину и зарегистрировавшему на него патент. До него понижать температуру удавалось только с помощью изменения давления.

Установка Перкинсона содержала уже тогда все необходимые основные элементы современной холодильной машины или теплового насоса: компрессор, элементы поглощения и выделения тепла и расширительное устройство. Он использовал в качестве рабочего тела эфир и ему удалось получить температуру рабочего тела ниже точки замерзания. Идея получила свое дальнейшее развитие в трудах Джона Горье, получившим в 1851 году патент на свою холодильную машину и Джеймса Харрисона, который впервые использовал этот эффект в промышленном производстве (заморозка продуктов питания). С открытием аммиака в качестве рабочей жидкости Фердинандом Карре в 1859 году - взрывоопасный эфир был заменен и установки сталее более безопасны в эксплуатации. В последнее десятилетие XIX - начале XX века холодильные машины стали успешно применяться в быту.

Уильям Томсон Кельвин уже в 1852 году утверждал, что холодильные машины могут с успехом применяться для обогрева жилья, причем затраты первичной энергии в данном случае могут быть ниже, чем затраты при сжигании древесного топлива или угля. Однако, потребовалось еще около 100 лет, чтобы тепловые насосы начали широко использоваться в бытовом применении.

Рис. A.1–2 Николас Леонард Сади Карно

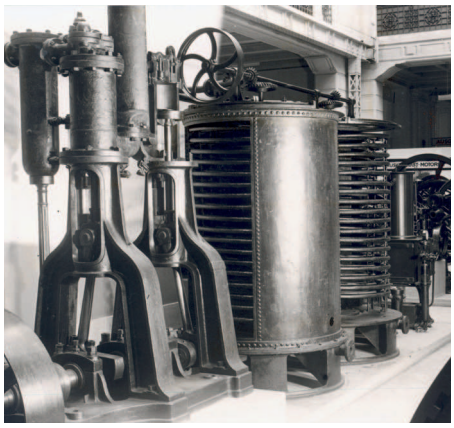


Рис. A.1–3 Холодильная машина Линда 1877 года

Первый бум в примении тепловых насосов в Германии произошел после нефтяного кризиса в 1970 году. Затем, при стабилизации цен на нефть в 80-ые годы, применение тепловых насосов несколько замедлилось. Сегодня, уже более 10 лет тепловые насосы прочно вошли в наш обиход.

Физические процессы

Для современной практики отопительной техники необходимо не только знать основные правила ее применения, но и понимать сущность физических процессов, происходящих при генерации тепла.

Для правильного проектирования, безопасного монтажа и ввода в эксплуатацию, как правило, достаточно соблюдать правила, изложенные с предписаниях. Однако, понимание физических процессов, протекающих при преобразовании энергии в тепловом насосе, полезно для оптимального использования всей системы отопления в целом.

Тепло - это одна из форм внутренней энергии материалов, вернее, термодинамических процессов, протекающих в них при изменении их основных свойств. И если существует возможность передачи этой энергии к другому физическому телу (другой системе), то фазовый переход осуществялется всегда в сторону более низких температур и этот процесс необратим.

Так, например, наполненный кипятком сосуд будет остывать при обычной окружающей темепратуре воздуха до тех пор пока темепература воды не сравняется с температурой этого воздуха. Тепловые насосы работают не нарушая этого базового принципа, но используют несколько другой эффект. Энергия, которая подается, приводит не только к изменению температуры, но и изменению агрегатного состояния вещества.

Например, если к кипящему сосуду продолжать подводить энергию извне, то при нормальном давлении температура воды больше не будет повышаться, а начнется ее испарение.

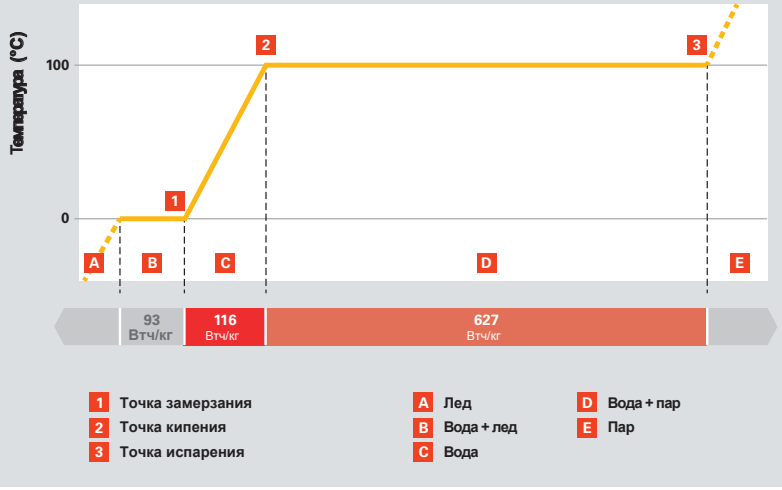
A.2.1 Сжижение и испарение

Сжижение и испарение - вот два ключевых процесса, которые происходят в тепловом насосе. Сжижение обозначает фазовый переход от газового агрегатного состояния рабочего тела в жидкое. Аналогичен обратный переход - испарение - из жидкого состояния в газообразное.

Для испарения каждой конкретной жидкости необходимо свое количество подводимой энергии - так называемой энергии испарения. Температура самого рабочего тела в данном случае при постоянном давлении не изменится, так как происходит насыщение парами среды окружения.

На рис. A.2.1–1 показан пример затрачиваемой энергии на нагрев одного литра воды с 0 °C до 100 °C равной 116 Вт*ч. Для нагрева воды на 1 °C необходимо затратить примерно 1,16 Вт*ч. Если температура воды достигла 100 °C при нормальном давлении, она должна полностью испариться. Для этого требуется дополнительно затратить энергию равной 627 Вт*ч, что в 500 раз превышает энергию затрачиваемую на нагрев 1 °C. Это же количество энергии высвобождается при обратном процессе конденсации.

Рис. A.2.1–1 Содержание энергии пара



Чтобы нагреть 1 литр (килограмм) воды до точки кипения необходимо затратить энергию равной 116 Вт/ч. Следующие 627 Вт/ч необходимы, чтобы полностью испарить воду (точка насыщения).

Указание

Часто в технической литературе используются единицы обозначения энергии в килоджоулях. В нашей книге мы будем использовать обозначение Ватт в час.

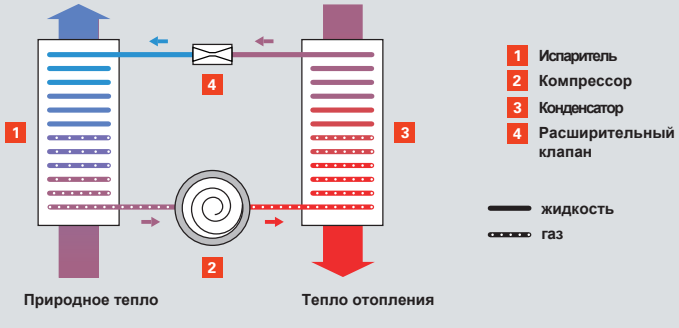
1 Дж = 1 Вт
3,6 КДж = 1 Вт*ч
3600 КДж = 1 кВт*ч

Основной принцип теплового насоса заключается в аккумулировании низкотемпературного тепла при испарении и дальнейшей отдачи энергии при последующей конденсации. DЭтот процесс происходит без изменения температуры, если только рабочее тело не будет сжато механически, что приведет к повышению температуры.

A.2.2 Холодильный контур

На рис. A.2.2–1 показаны четыре стадии типичного циркуляционного процесса фазовых переходов в тепловом насосе компрессионного типа.

Рис. A.2.2–1 Функционирование теплового насоса



Хладагент при низких температурах испаряется и поглощает при этом тепло. Сжатие повышает температуру пара, а последующая конденсация позволяет высвободить накопленное тепло.

Указания

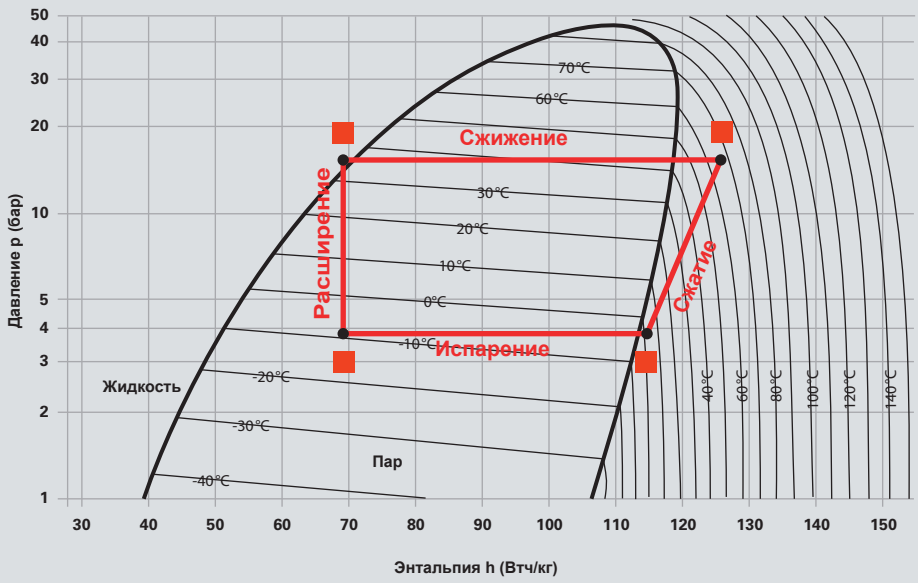
Термин определения содержания энергии в термодинамических системах называется энтальпией.

Для лучшего понимания процесса охлаждения обратимся к диаграмме давление/энтальпия (Рис. A.2.2–2). Логарифмическая ось Y обозначает давление (Па).

Устройства, указанные в этом типе диаграммы отличаются по принципу использования фазового перехода вещества. Если задействован процесс испарения, с уменьшением количесва тепла, то это холодильная машина. Если процесс конденсации - с выделением тепловой энергии, то это тепловой насос.

В качестве примера приведена диаграмма давления/энтальпии физического состояния хладагента R 407C, который используется в воздушно-водяных тепловых насосах Viessmann.

Рис. A.2.2–2 Логарифмическая диаграмма давление/энтальпия



Во время работы теплового насоса хладогент проходит следующие этапы фазового превращения:

1–2 Испарение
Хладагент испаряется. Необходимая для этого энергия (энтальпия испарения) будет отдаваться в окружающую среду (например, в атмосферу).

2–3 Сжатие
Компрессор повышает с момощью механической энергии сжатия давление хладагента, и следовательно, температуру. Энтальпия (содержание энергии) возрастает.

3–4 Сжижение
Хладагент в результате сжатия сжижается (конденсируется) и отдает поглощенную энергию при испарении и полученную энергию механического сжатия.

4–1 Расширение
Хладагент с помощью специального экспанзионного клапана расширяется, возвращаясь в свое первоначальное состояние, с соответствующей температурой и давлением. хладагент может быть повторно испарен и процесс повторен снова.

A.2.3 Коэффициент преобразования

Коэффициент преобразования - это относительное число, показывающее соотношение эффективности к издержкам. По отношению к тепловым насосам - это означает: эффективность, это полученная путем конденсации высвободившаяся высокотемпературная энергия тепла, издержки - это необходимость в подведении дополнительной энергии на сжатие. Для тепловых насосов это отношение называется коэффициентом преобразования – COP (= coefficent of performance, английское обозначение коэффициента преобразования).

Коэффициент преобразования для теплового насоса определяется с помощью соотношения по p,h-диаграмме

$$COP = \frac{h3 - h4}{h3 - h2}$$

COP Коэффициент преобразования
h2 Энтальпия в начале сжатия
h3 Энтальпия в конце сжатия / начале тепловыделения
h4 Энтальпия в конце сжижения

Пример

Для примера (красная линия) на рис. A.2.2–2 коэффициент преобразования расчитывается как:

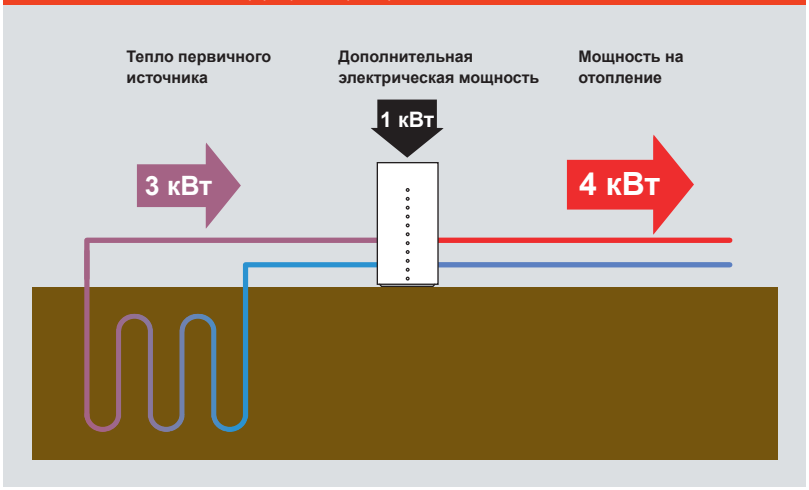
COP = Коэфф.преобразования
2 h2 = 114 Вт*ч/кг
3 h3 = 126 Вт*ч/кг
4 h4 = 69 Вт*ч/кг

$$COP = \frac{126\ Вт*ч/кг - 69\ Вт*ч/кг}{126\ Вт*ч/кг - 114\ Вт*ч/кг}$$

В этом примере тепловой насос имеет коэффициент преобразования COP - 4,75.

Коэффициент преобразования для современных тепловых насосов лежит между значениями 3,5 и 5,5. Число 4 показывает, например, что тепловой насос отдает в четыре раза больше энергии, чем подведенная к нему энергия электрическая.

Рис. A.2.3–1 КПД как коэффициент преобразования

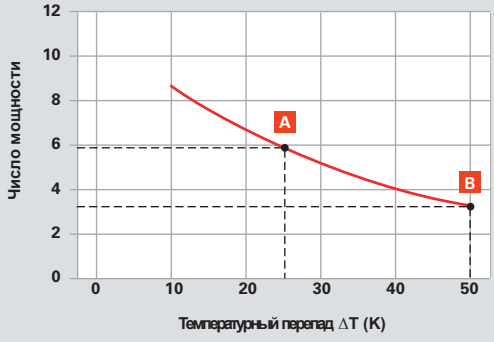


Тепловая мощность в данном случае превышает в 4 раза мощность подведенной электрической энергии.
Коэффициент преобразования здесь равен 4.

Чем меньше разница между температурой подачи отопительного контура и исходной температурой источника тепла, тем выше коэффициент преобразования.

Основное правило:
- Снижается температура подачи на 1 K → коэффициент преобразования повышается на 2,5 %
- Температура источника повышается на 1 K → коэффициент преобразования повышается на 2,7 %

Рис. A.2.3–2 Температурный перепад и коэффициент преобразования



Для того чтобы дать значения производительности тепловога насоса определяемое в любой точке рабочего процесса, необходимо воспользоваться базовыми нормами по DIN EN 14511. Температура рабочей точки принимается за отношение температуры первичного источника тепла (воздух A, рассол B, вода W) к температуре выдаваемой тепловым насосом в контур отопления.

Для следующих типов тепловых насосов приведены рабочие точки:

Тип	Температура источника	Температура подачи
Воздух/вода	A 2 °C	W 35 °C
Рассол/вода	B 0 °C	W 35 °C
Вода/вода	W 10 °C	W 35 °C

A для воздуха (= воздух)
B для рассола (= рассол)
W для воды (= вода)

В норме учтена энергия компрессора теплового насоса, энергия на устройство управления и энергия, необходимая для преодоление перепада гидравлического давления в теплообменниках.

A.2.4 Число часов годовой наработки

Указание

Для расчета сезонного фактора производительности теплового насоса в течение всего года на сайте www.viessmann.com доступен калькулятор.

Коэффициент преобразования (COP) есть отношение тепловой энергии к электрической в каждой точке рабочего процесса. Годовое число соответственно будет равным числу работы за год.

Коэффициент преобразовани используется в первую очередь для оценки эффективности работы теплового насоса – COP применим только для определенной точки рабочего процесса при определенных входной/выходной температурах.

Для правильного подбора теплового насоса необходимо определить эффективность его работы на протяжении всего года. Это позволит, в зависимости от изменяемой нагрузки в течении года, определить необходимое количество требуемой электрической энергии и затраты на нее.

Сюда входят также постоянные затраты на систему управления, циркуляционные насосы и т.п. В результате возникает число часов годовой наработки β:

$$\beta = \frac{Q_{WP}}{W_{EL}}$$

β число часов годовой наработки
Q_{WP} энергия тепла полученная от теплового насоса в течении года в кВт*ч
W_{EL} электрическая энергия, требуемая для работы теплового насоса в течении года в кВт*ч

Для приблизительного прогнозного расчета предлагаем воспользоваться правилами VDI-4650. Для более точного расчета необходимо руководствоваться DIN 18599.

Главные компоненты

Хорошие системы отопления с тепловыми насосами характеризуются эффективностью и надежностью в эксплуатации. Для этого необходимы высококачественные компоненты, обеспечивающие эти требования от на всех этапах генерации тепла.

Первичный контур теплового насоса состоит из элементов, участвующих в получении тепла из внешнего источника – например теплообменника, циркуляционного насоса рассола или воздушного вентилятора, а у водо-водяного теплового насоса еще и промежуточного теплообменника.

Вторичный контур включаетв себя компоненты, необходимые для преобразования энергии и передачи ее потребителю.

A.3.1 Компрессор

Компрессор является частью теплового насоса, из-за него устройство и имеет название „насос“ – он всасывает газообразный хладогент и сжимает его. Все типы аналогичных компрессоров предназначены только для сжатия газов и были бы повреждены, если в парообразное состояние хладогента попали бы капли влаги. Поэтому хладогент слегка перегревается, прежде чем он попадет в компрессор и этим процессом управляет экспанзионный клапан - важный компонент эффективной работы теплового насоса.

A.3.1.1 Типы компрессоров

Решающим процессом эффективной работы теплового насоса является процесс сжатия. В тепловых насосах на сегодняшний день наиболее оптимальным оказалось применение спиральных компрессоров Scroll. Спиральный компрессор состоит из двух взаимосвязанных спиралей, которые уплотняют хладогент. Спиральные компрессоры малошумны, работают без вибраций, поэтому надежны и не требуют технического обслуживания.

Рис. A.3.1–1 Спиральный компрессор Scroll

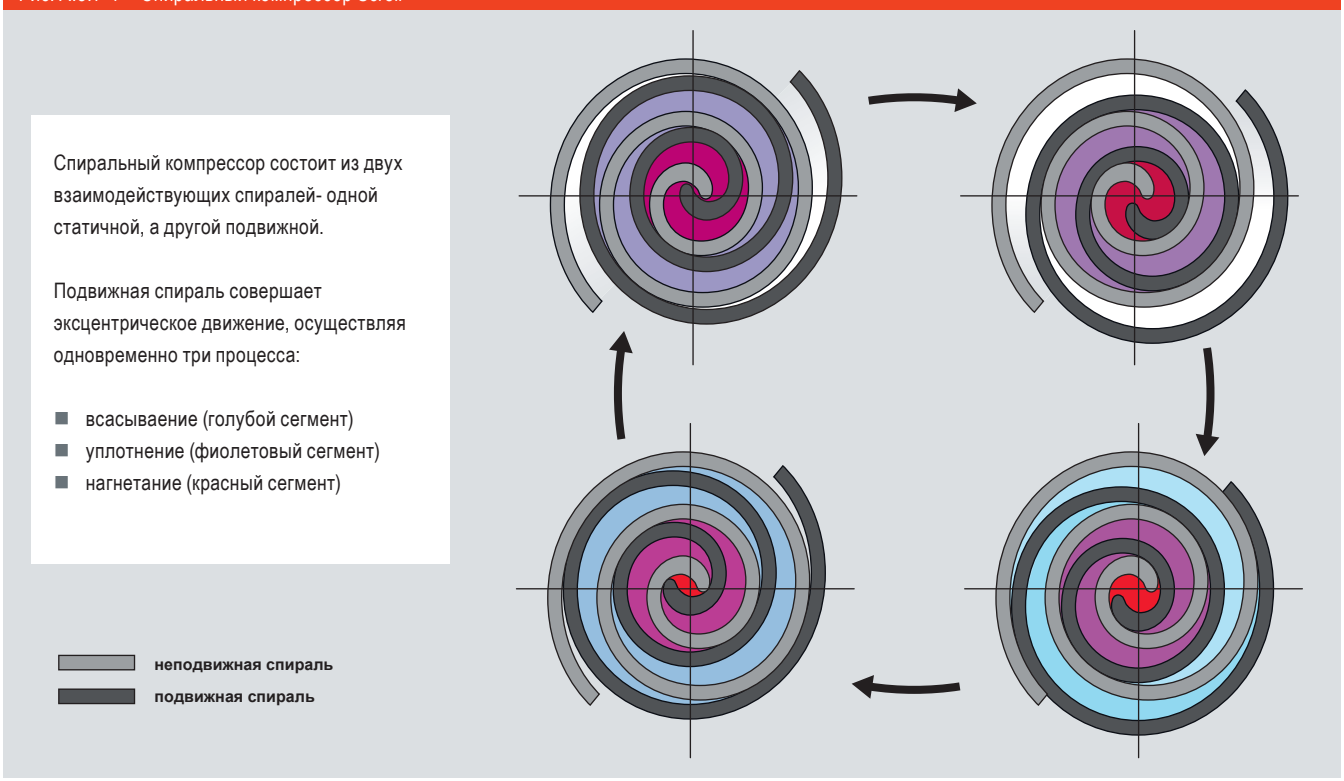
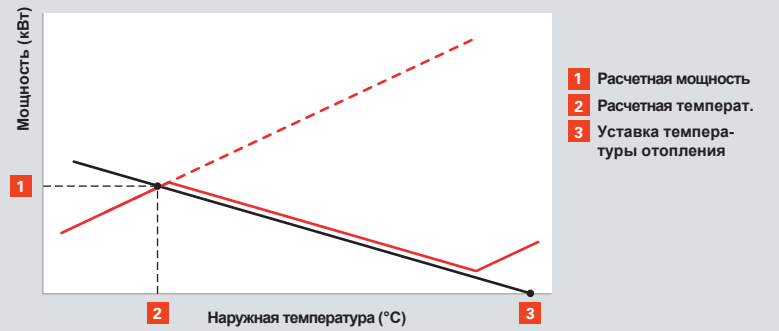


Рис. A.3.1–2 Регулирование мощности

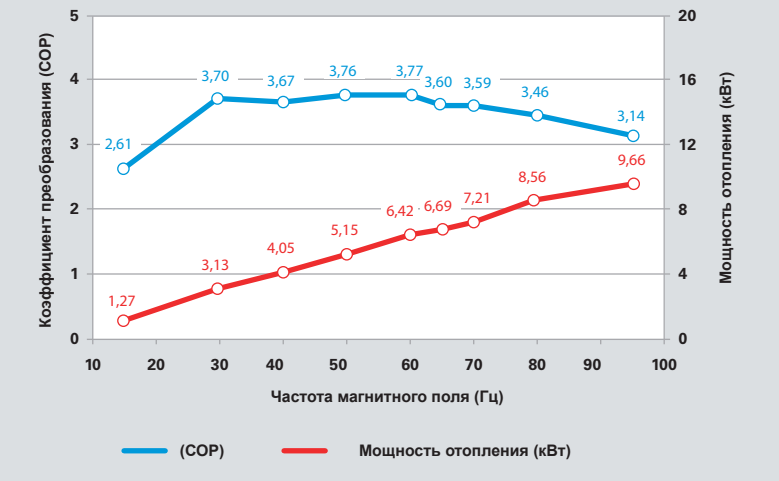


Регулирование мощности теплового насоса для предотвращения частого тактирования

Кроме того, существуют различные роторные компрессоры, поршневые или винтовые, которые используются в различных областях применения в разных диапазонах мощности.

На этой диаграмме наглядно показано увеличение мощности компрессора с повышением числа его оборотов.

Рис. A.3.1–3 Регулирование мощности с помощью инверторного компрессора



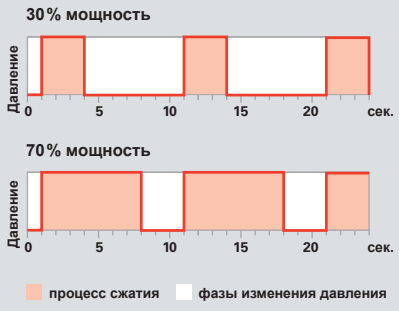
A.3.1.2 Регулирование мощности

Регулирование производительности компрессора становиться все более и более важным. В частности, в воздушно-водяных тепловых насосах с забором тепла из наружнего воздуха это регулирование наиболее важно, так как возникают большие температурные колебания окружающего воздуха в течении года. Кроме того, необходимо учесть тенденцию максимальной потребности в тепле при минимальной температуре окружающего воздуха.
Этот максимальный перепад температур отражается в определении коэффициента преобразования COP. Чтобы исключить тактирование в переходных режимах тепловой насос автоматически изменяет давление и температуру хладогента.

Регулирование мощности можно осуществлять различными технологическими способами. Применяемый чаще всего на практике метод - регулирование мощности компрессора с помощью инверторной технологии – изменение переменного напряжения (230 V ~) в постоянный ток, который позволяет регулировать производительность компрессора, изменяя

Пример

Регулирование мощности компрессора клапаном изменения давления



частоту вращения спирали компрессора. Инвертерное управление очень эффективно при частичных нагрузках.

Другая возможность - это регулирование мощности с помощью клапана изменения давления в компрессоре.

При открытии магнитного клапана компрессор будет работать на холостом ходу.

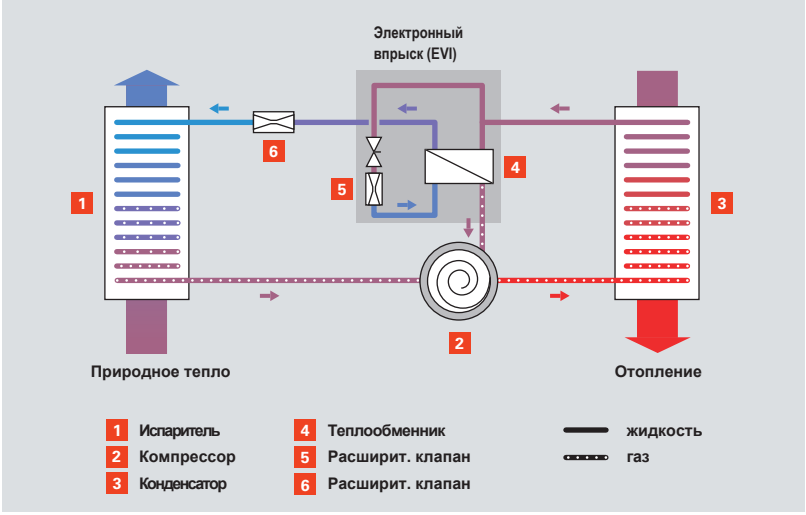
A.3.1.3 Промежуточный впрыск пара – EVI (Enhanced Vapourized Injection)

В отрасли теплоснабжения установлены определенные температурные стандарты, обеспечивающие единые правила проектирования и расчета систем отопления и горячего водоснабжения. Чтобы удовлетворить эти требования, тепловыому насосу необходимо поддерживать определенную разницу температур между источником тепла и температурой подачи. Для этого служит устройство регулирования, основанное на промежуточным впрыске пара непосредственно в компрессор.

Максимальная температура, которой могут достигать современные хладогенты в процессе сжатия составляет около 135 °C, дальнейшее ее повышение может привести к выходу из строя компрессора. Благодаря промежуточному впрыску пара напрямую в компрессор „Enhanced Vapourized Injection“ (EVI), сжатый хладоген охлаждается. Это происходит во второй трети процесса сжатия (см. рис A.3.1–4 и рис. A.3.1–5).

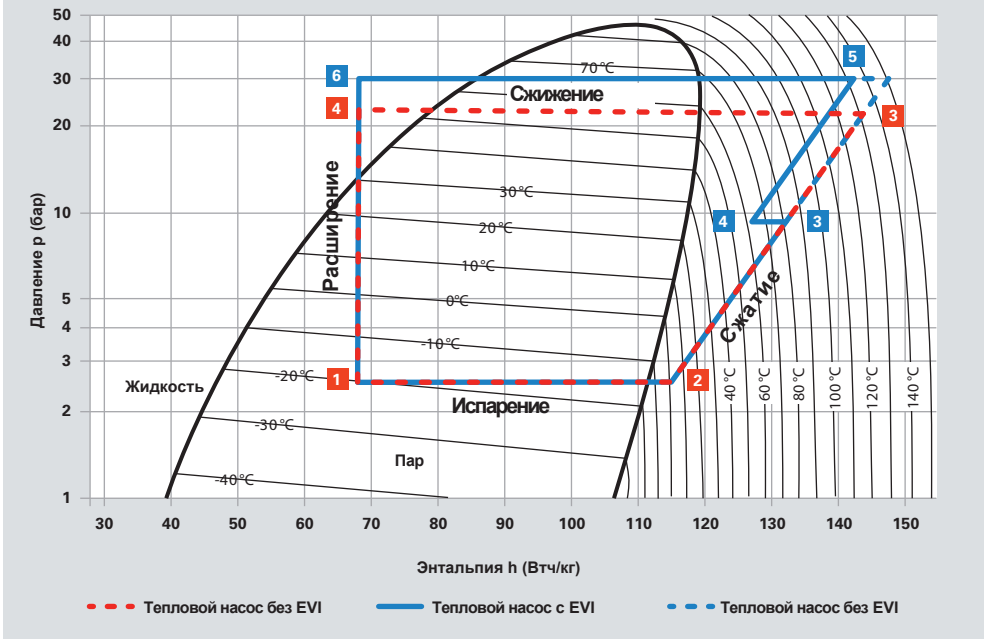
Стандартные решения без EVI позволяют достигать температуры до 60 K, с промежуточным впрыском 80 K. EVI позволяет достичь температуры подачи до 65 °C при более низкой температуре источника тепла. Это особенно важно для воздушно-водяных тепловых насосов.

Рис. A.3.1–4 Промежуточный впрыск пара (EVI)



После процесса сжижения (3) часть хладогента с помощью промежуточного теплообменника (4) и экспанзионного расширительного клапана (5) используется для создания пара для дополнительного впрыска напрямую в компрессор (2). Это происходит в момент завершающей фазы сжатия, примерно во второй ее трети. Благодаря этому происходит охлаждение уплотненного сжатием хладагента.

Рис. A.3.1–5 Влияние процесса EVI



Тепловой насос без промежуточного впрыска EVI (красная линия) при минимальной температуре источника –10 °C обеспечивает температуру подачи не выше 55 °C, так как процесс сжатия завершается при температуре 135 °C.
Благодаря промежуточному впрыску пара (от 3 до 4; голубая линия) давление возможно повысить без перегрева хладогента. Благодаря этому может быть достигнута температура подачи 65 °C.

Das thermostatische Expansionsventil wird hydraulisch über ein Kapillarrohr geregelt.

Рис. A.3.2–1 Термостат. экспанзионный клапан

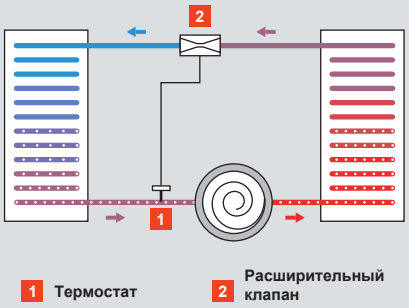
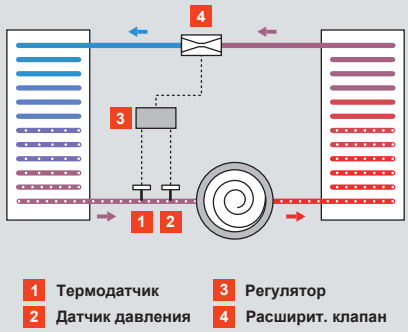


Abb. A.3.2–2 Elektronisches Expansionsventil



A.3.2 Экспанзионный клапан

Экспанзионный (расширительный) клапан предназначен для снижения давления и фазового превращения хладогента, после передачи его высокотемпературной энергии в контур системы отопления. Таким образом, расширительный клапан возвращает хладогент в первоначальное состояние, когда тот снова готов воспринять энергию окружающей среды. Дополнительно расширительный клапан регулирует количество хладогента, гарантируя его полное испарение в испарителе, предотвращая попадание капель в компрессор и защищая его от поломки.

Колебания температуры первичного источника тепла и тепловой нагрузки делает применение расширительного клапана в современных тепловых насосах необходимым.

A.3.2.1 Термостатический экспанзионный клапан

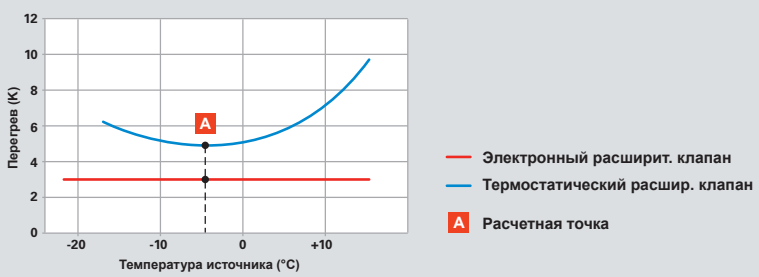
Термостатический экспанзионный клапан является регулирующим клапаном с задатчиком по температуре. Он измеряет температуру во всасывающей магистрали компрессора и регулирует подачу хладогента в испаритель.

A.3.2.2 Электронный экспанзионный клапан

С помощью электронного расширительного клапана перед компрессором измеряется как давление так и температура. Благодаря электрическому сервоприводу расширительный клапан позволяет очень быстро и точно регулировать расход хладогента, что позволяет поддерживать температуру на постоянном уровне (в Кельвинах) во всем диапазоне рабочей мощности теплового насоса.

Термостатические расширительные клапаны регулирут температуру только в определенной точке рабочего процесса, вызывая в остальных рабочих точках перегрев.

Рис. A.3.2–3 Рабочая точка



Электронный расширительный клапан регулирует быстро и точно во всем диапазоне рабочей мощности теплового насоса. Термостатический расширительный клапан осуществляет регулировку только в расчетной точке, в других точках не исключен перегрев.

A.3.3 Теплообменник

В этой главе описываются основные типы теплообменных апаратов, применяемых в тепловых насосах. Конструктивные различия самих тепловых насосов, которые будут здесь затронуты, подробно будут рассматриваться в главе 4.

A.3.3.1 Испаритель

В рассольно-водяных и водо-водяных тепловых насосах, как правило, применяются пластинчатые теплообменники, обеспечивающие высокую производительность при компактных размерах. Однако, в отдельных случаях, для водо-водяных тепловых насосов применяются коаксиальные теплообменники. Они гарантируют высокую надежность и длительную эксплуатацию при сильно загрязненной воде. Для использования тепла, например, сточных вод, применяются специальные конструкции теплообменников.

Высокой производительности пластинчатым теплообменникам также помогают достигать устройства распределения, которые равномерно распределяют хладагент по поверхности теплообменника, позволяя избегать гидроударов и оптимально используя всю полезную площадь теплообмена.

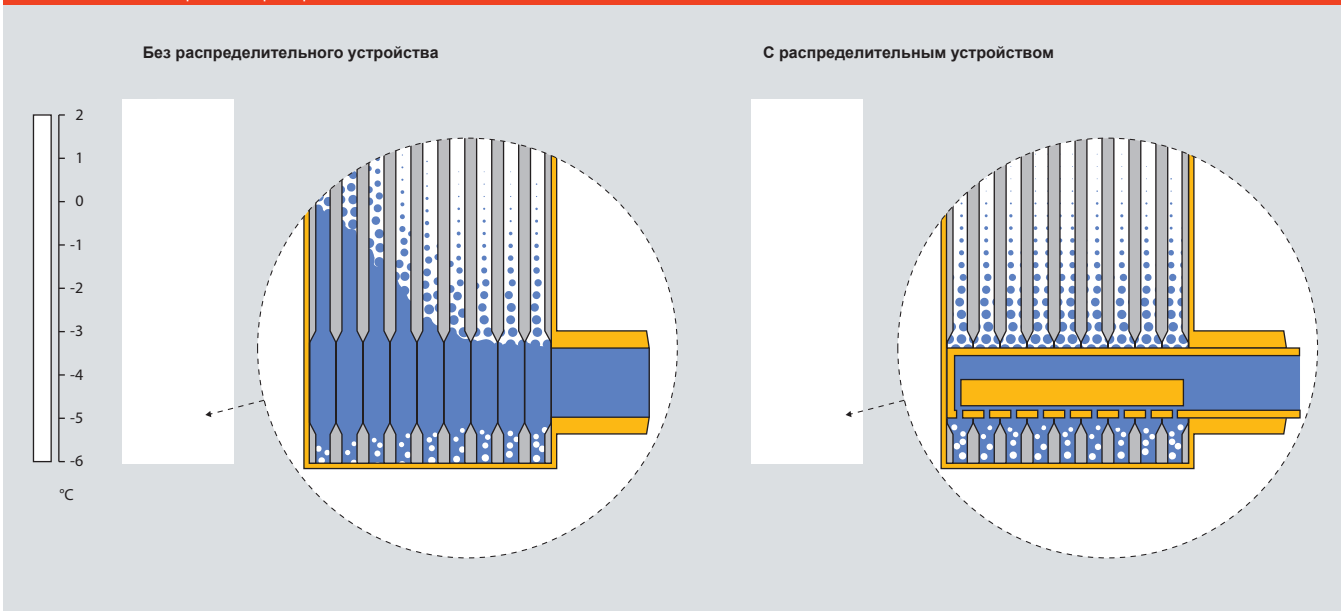
В воздушно-водяных тепловых насосах применяются ламельные теплообменники. Это связано с тем, что первичные поверхности теплообмена, находящиеся на стороне воздуха, должны быть более развиты, чем вторичные поверхности, обращенные к воде (рассолу) из-за разницы в коэффициенте теплопередачи этих сред.

При температурах окружающего воздуха, близких к точке замерзания водяных паров, находящихся в нем, ламельные поверхности теплообменника начинают обмерзать. Современные тепловые насосы могут в автоматическом режиме обеспечивать регулярное их размораживание, однако, чем меньше дополнительной энергии тепловой насос тратит на дополнительные функции, тем эффективнее он работает.

A.3.3.2 Сжижение

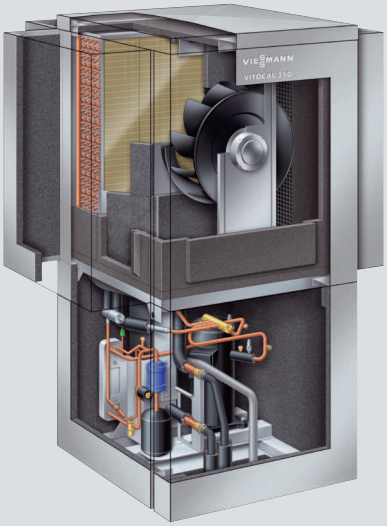
Также, в процессе сжижения конструктивно используются пластинчатые теплообменники, как обеспечивающие высокую производительность.

Рис. A.3.3–1 Испаритель с распределением и без



Термографические снимки наглядно показывают распределение тепла в теплообменном аппарате без распределительного устройства (слева), когда хладагент неравномерно покрывает поверхность теплообмена и с распределительным устройством (справа).

Рис. A.3.3–2 Воздушно-водяной насос

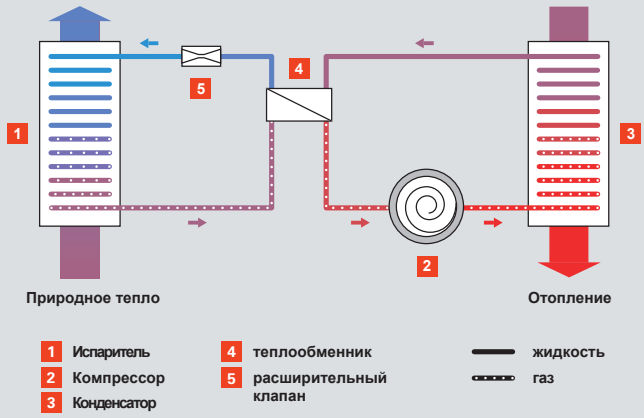


Воздушно-водяной тепловой насос
Vitocal 350-A

A.3.3.3 Всасывающий теплообменник

Управление расширительным клапаном гарантирует нагрев хладагента до необходимого парообразного состояния перед входом в компрессор. Это особенно актуально для рабочей жидкости, состоящей из смеси хладагентов с различными температурами кипения. Отсутствие капель жидкости в паровой фазе позволяет избежать поломкм компрессора.

Рис. A.3.3–3 Всасывающий теплообменник

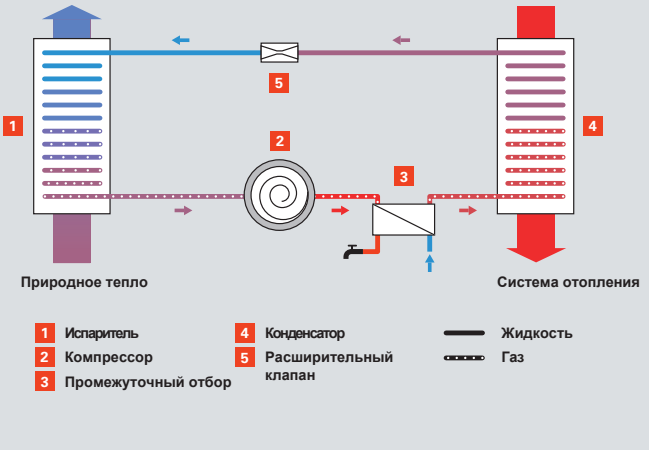


A.3.3.4 Частичный отбор пара

Иногда на практике применяют частичный отбор пара перед сжижением хладагента, чтобы получить более высокие температурные показатели теплоносителя контура системы горячего водоснабжения. Количество энергии, как правило, отбираемой для этих нужд составляет около 10 процентов от общего количества энергии. Оставшееся количество энергии передается затем на производство тепла в контуре отопления.

В тепловых насосах Viessmann такая технология не нашла своего применения, как не всегда удовлетворяющая требованиям потребителя при резкой перемене нагрузки горячего водоснабжения и постоянной нагрузке отопления.

Рис. A.3.3–4 Отбор горячей газовой фазы



A.3.4 Хладагент

Хладагент предназначен для восприятия первичной энергии от природного источника тепла (воздух, грунт или вода), преобразовании его (испарение) и передачи вторичному теплоносителю (сжижение), циркулирующем в контуре отопления. При этом во всех точках рабочего процесса это одно и то же рабочее тело.

Поэтому хладагент применяемый в тепловых насосах должен иметь сразу несколько исключительных свойств: он должен обладать возможно более низкой точкой кипения, небольшим объемом пара и высокой, относительно первоначального объема, холодопроизводительностью. Кроме того, он должен быть нейтрален к конструкционным материалам теплового насоса, быть огне-и взрывобезопасным, а также иметь минимальную токсичность и высокую экологичную составляющую по отношению к озоновому слою (ODP = Ozone deplation potential) и "парниковому эффекту" (GWP = Global warming potential).

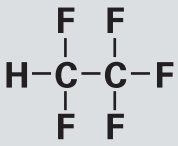
Этим требованиям наиболее всего удовлетворяют частично галогенирующие фтороуглеродные смеси (H-FKW), которые и используются в большинстве случаев в тепловых насосах. Наряду с искуственными (синтетическими) хладагентами в отдельных случаях используются и естественные, такие как CO_2, пропан или бутан. H, так как два последних вещества являются взрывчатыми, при работе с ними необходимо соблюдать особые меры безопасности.

Перечень хладагентов определен в немецком стандарте DIN 8960. Они начинаются с буквы R (refrigerant), а цифры подразумевают связи химического взаимодействия (см. рис. A.3.4–2).

Все хладагенты, названия которых после буквы R начинаются с цифры 4 представляют собой смеси различных хладагентов, не входящих в вышеописаную структуру. Эти смеси отличаются особенно высокими характеристиками и экологичной безопасностью по отношению к окружающей среде. Выбор хладагента зависит от условий эксплуатации теплового насоса и требованиям предъявляемым к источнику первичного тепла и системе теплоснабжения.

Пример

Органический хладагент пентафлюороэтан:



Молекула состоит из двух атомов углерода (C), одного атома воды (H) и пяти атомов фтора (F). Общая формула - C_2HF_5 (R-125).

Не каждый хладагент или смесь хладагента подходит под тот или иной тип теплового насоса.

Рис. A.3.4–2 Таблица хладагентов Viessmann

Хладагент		Тепловые насосы		
Тип	Раствор	Рассольно/ Водяной	Водо/ Водяной	Воздушно/ Водяной
R-410A	50 % R-32 (CH_2F_2, Дифлюороэтан) 50 % R-125 (C_2HF_5, Пентафлюороэтан)	x	x	x
R-407C	25 % R-125 23 % R-32 52 % R-134a (CF_3CH_2F, Тетрафлюоро)	x	x	x
R-134a	100 % CF_3CH_2F, Тетрафлюороэтан	x	x	

Потенциал первичных источников

В воздухе, грунте или воде содержится тепло, накопленное ими от солнечной энергии. Это природное тепло - экологически чистая энергия, которую можно использовать с помощью тепловых насосов.

Тепловые насосы, как правило, в качестве первичного источника тепла используют природную энергию грунта, воды или воздуха. Однако, они также могут использовать и любое уходящее технологическое тепло.

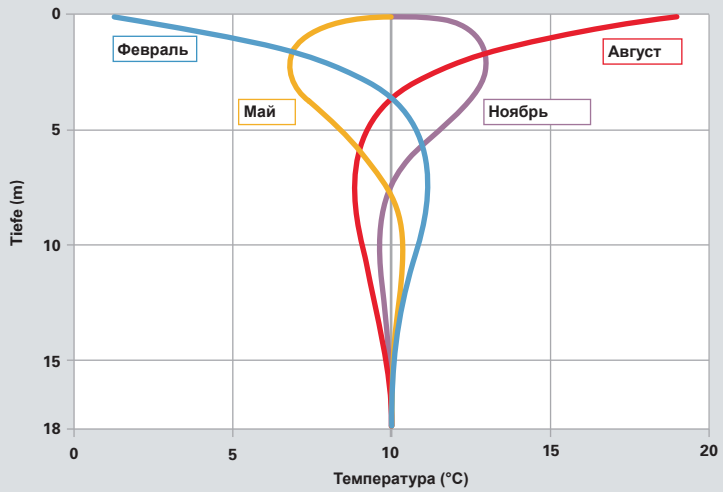
В этих главах Вы найдете описание различных первичных источников тепла и типов тепловых насосов для каждого из них.

A.4.1 Источник тепла - грунт

Верхний слой земной поверхности „грунт“ является стабильным источником тепла: температура на глубине трех метров относительно постоянна и лежит в диапазоне от 7 °C до 13 °C.

Восприятие тепла грунта происходит с помощью горизонтальнго и вертикально-проложеного теплообменника (коллектора/зонда), находящегося недалеко от обогреваемого здания. Тепло с помощью теплоносителя (рассола) поступает из грунта в тепловой насос. Обозначение рассольно-водяной означает, что в первичном контуре (грунте) находится теплоноситель (рассол), а во вторичном контуре (системе отопления здания) - вода. Первичный контур воспринимает тепло грунта привнесенное туда солнечной радиацией, дождем или талыми водами.

Рис. A.4.1–1 Годовое распределение температуры



A.4.1.1 Грунтовый коллектор

Контур грунтового коллектора располагается на глубине от 1,2 до 1,5 м. Здесь температура в течении года уже достаточно постоянна. Дальнейшее углубление приводит к повышению строительных расходов и оправдано для регионов с более холодным климатом и более продолжительным зимним периодом.

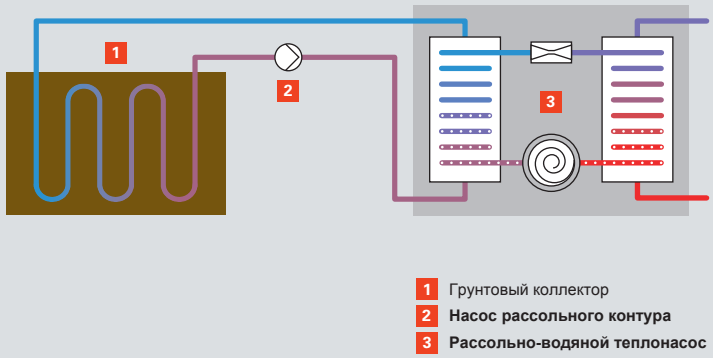
Каждый контур грунтового коллектора должен быть равен по длине соседним контурам, чтобы не создавать гидравлического перепада давлений по контурам. Следует также избегать протяженности отдельного контура более, чем 100 метров, так как гидравлическое сопротивление труб приведет к повышению расхода энергии циркуляционных насосов. Трубки коллектора располагаются в грунте под небольшим углом, чтобы избежать завоздушивания и собираются на коллекторные гребенки, откуда теплоноситель поступает в тепловой насос и передает аккумулированное тепло.

Работа теплового насоса может вызывать незначительное обмерзание трубок грунтового коллектора, однако это никак не сказывается на жизнедеятельности и регенерации грунта. Однако, следует избегать посадки над коллекторами деревьев с развитой корневой системой (в том числе и для защиты самих коллекторов).

Рис. A.4.1–2 Грунтовый коллектор

Пластиковые трубы земляного коллектора укладываются на глубине от 1,2 до 1,5 м.

Рис. A.4.1–3 Источник тепла - грунтовый коллектор



Площади земли, находящиеся над проложенными грунтовыми коллекторами должны, по возможности, иметь минимальную застройку и затенение, чтобы полноценно регенерировать в течение теплого времени года. Солнечное излучение и осадки должны обеспечивать полную регенерацию грунта, чтобы к началу отопительного периода он был готов отдавать накопленное тепло.

Для прокладки грунтовых коллекторов необходимо проведение большого объема земляных работ. Для нового строительства это, как правило, не влечет за собой больших дополнительных затрат, однако, если речь идет о модернизации системы отопления уже существующего объекта, издержки возрастают многократно. И во многих случаях от такого устройства прокладки коллекторов приходится отказываться.

Полезный теплосъем сильно зависит от теплофизических свойств грунта, солнечного излучения и климатической зоны, в которой расположен объект. В щ значительной степени полезный теплосъем зависит и от количества влагосодержания грунта. Наиболее эффективными в этом отношении являются насыщенные влагой плотные почвы, например, глинистые.

Теплоотдача различных свойств грунта лежит в пределах от 10 до 35 Вт/м^2.

Рис. A.4.1–4 Теплоотдача различных грунтов

Грунт	Теплоотдача
Сухая, песчаная почва	10 – 15 Вт/м^2
Влажная, песчаная почва	15 – 20 Вт/м^2
Сухая, глинистая почва	20 – 25 Вт/м^2
Влажная, глинистая почва	25 – 30 Вт/м^2
Насыщенная грунтовыми водами почва	30 – 35 Вт/м^2

Ориентировочная теплоотдача различных типов грунта

A.4.1.2 Грунтовый зонд

В то время, как прокладка 1 метра грунтового коллектора лежащего горизонтально требует большого объема земляных работ, применение вертикального зонда осуществляется с помощью буровых установок и занимает гораздо меньше времени. Важную роль здесь играет расположение скважин и их глубина. Поэтому монтаж грунтовых зондов должны проводить специализированные компании с компетентными специалистами. Кроме того, с ними заключается договор на гарантийное и послегарантийное обслуживание скважин. Оптимальным является предложение монтажа скважины "под ключ" от одной компании, которая выполняет расчет проекта, монтаж, и дальнейшее техническое обслуживание.

Современные законодательные нормы и правила требуют в большинстве случаев согласований с местными властями и получения разрешения на право проведения буровых работ.

Зонд закладывается в пробуренную скважину, которая потом заполняется специальным теплопроводящим раствором.

Для правильного проектирования и подбора тепловых насосов большое значение играет точное определение состава почвы на всей глубине бурения скважины, наличие горунтовых вод, насыщенность ими почвенных слоев, а также возможность попадания зондов в русла подземных рек. В среднем, при нормальных гидрогеодезических условиях, для укрупненного определения мощности скважины для расчета принимается значение 50 Ватт на метр (согласно VDI 4640). Если зонд находится в почве высокоговлагосодержания, то это значение может быть несколько выше.
Буровики с большим опытом уже знают примерный состав почвы в том или ином месте бурения. К тому же, при бурении, они анализируют состав пород по всей глубине скважины, и своевременно предоставляют керны пород, чтобы получить более точные результаты проектирования.

Грунтовый коллектор состоит, как правило, из одной или двух пар пластиковых труб, первые из которых служат подающей магистралью, а

Рис. A.4.1–5 Грунтовые зонды

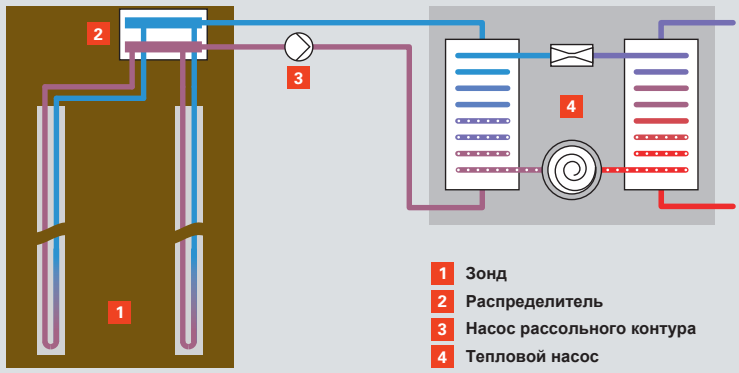


Рис. A.4.1–6 Бурение скважин

Бурение происходит в трех фазах: бурение, закладка зондов, заполнение специальным раствором

Рис. A.4.1–7 Типы буров

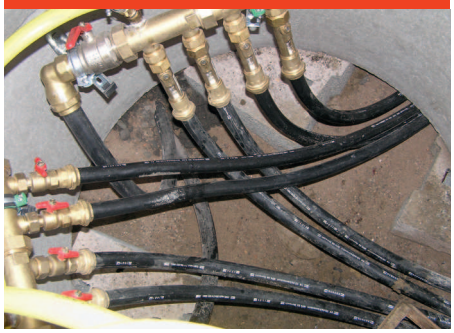
В зависимости от типа породы и глубины скважины используются различные виды буров.

Указание

Температурный тест (TRT): Определенное количество энергии передается грунтовому зонду и на выходе скважины в течении нескольких дней измеряется температура. Такой тест дает возможность более точно расчитать мощность всей скважины в целом.

вторые - обратной магистралью, соединенных внизу скважины специальным монтажным оголовком.

Abb. A.4.1–8 Soleverteiler bei Erdsonden



Возможная специфическая производительность двойных U-зондов указана по VDI 4640

Рис. A.4.1–9 Производительность грунтовых зондов

Вид	Теплоотдача
Общие значения	
Плохой грунт (супесчаные смеси)	20 Вт/м
Нормальный грунт, скальные породы или насыщенный грунтовыми водами	50 Вт/м
Плотные горные породы с высокой теплоотдачей	70 Вт/м
Отдельные типы пород	
Гравий, песок, сухой	< 20 Вт/м
Гравий, песок, влажный	55–65 Вт/м
Суглинок, глина, влажные	30–40 Вт/м
Известняк	45–60 Вт/м
Песчаник	55–65 Вт/м
Кислые магматиты (например, гранит)	55–70 Вт/м
Основные магматиты (например, базальт)	35–55 Вт/м

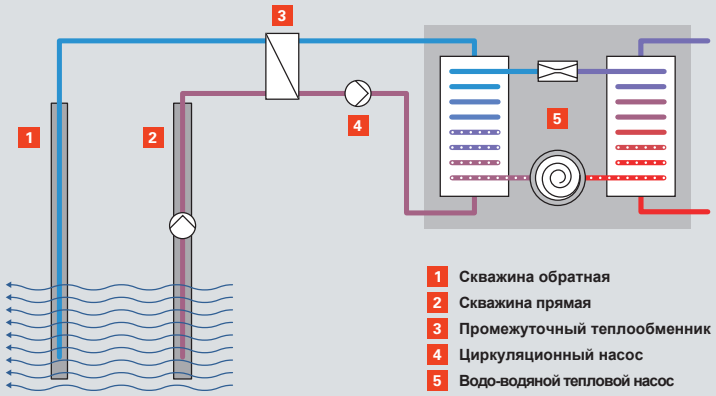
A.4.2 Источник тепла - вода

Вода также является хорошим источником первичного тепла для теплового насоса. Даже в холодные зимние месяцы температура грунтовой воды остается постоянной и лежит в пределах от 7 °C до 12 °C. Чтобы использовать грунтовые воды, их выкачивают из "верхней" скважины, направляют в теплообменник водо-водяного теплового насоса и затем охлажденную воду сбрасывают в "нижнюю" скважину.

Поверхностные грунтовые воды также могут эффективно использоваться в качестве первичного источника тепла, однако, следует помнить, что их температура сильно колеблется в зависимости от времени года.

Качество воды должно соответствовать требованиям производителя тепловых насосов, так как высокоэффективные пластинчатые теплообменники тепловых насосов очень чувствительны к качеству воды. Чтобы избежать поломки теплообменника, как правило, рекомендуют использовать промежуточные теплообменники. В этом качестве хорошо себя зарекомендовали теплообменники из нержавеющей стали, передающие тепло от грунтовой воды

Рис. A.4.2–1 Источник тепла - грунтовая вода между скважинами



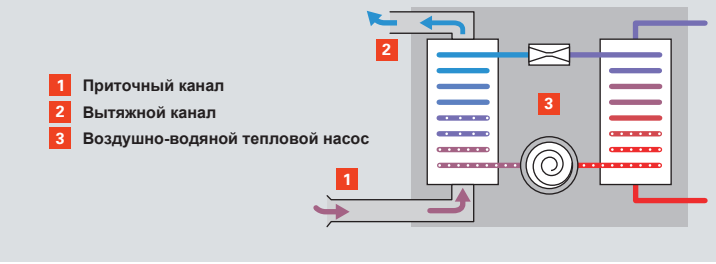
первичного контура к рассолу внутреннего контура теплового насоса. Тем самым, тепловой насос оказывается надежно защищенным.
Возникновение дополнительного гидравлического контура требует некоторого увеличения производительности насосов, однако мощность теплового насоса и COP снижаются незначительно, что составляет лишь несколько процентов.

A.4.3 Источник тепла - окружающий воздух

Наружный воздух, как источник тепла, требует самых небольших издержек при применении. Воздух засасывается вентилятором, охлаждается в испарителе теплового насоса и выбрасывается обратно в окружающее пространство.

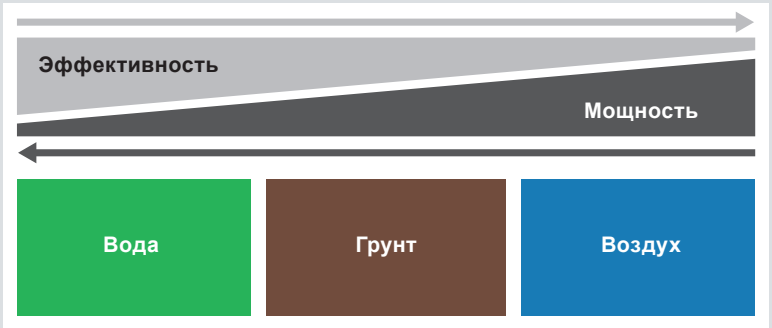
До температуры окружающего воздуха равной –20 °C современные воздушно-водяные тепловые насосы могут обеспечить теплоснабжение помещения. Однако, при более низких температурах такой тепловой насос не может обеспечить теплом помещение в моновалентном режиме и требуется дополнительный теплогенератор.

Рис. A.4.3–1 Источник тепла - наружный воздух (внутренняя установка)



Так как теплообменники воздушно-водяных тепловых насосов обеспечивают большой расход воздуха (3 000 до 4 500 м^3/ч), необходимо предусмотреть правильное расположение воздухозаборников для создания комфортных условий проживания.

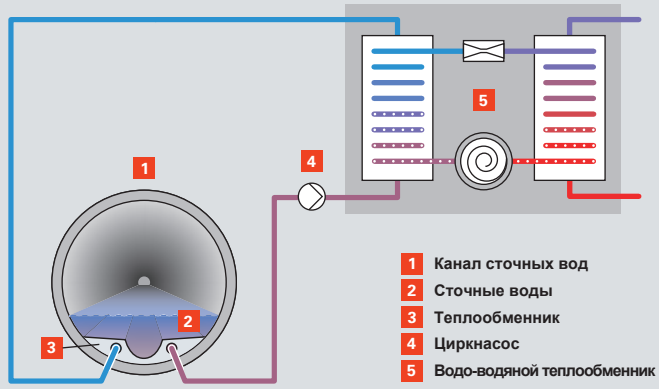
Abb. A.4.4–1 Доступность и эффективность



A.4.4 Доступность и эффективность – оценка первичных источников тепла

На рис. A.4.4–1 показано отношение доступности того или иного первичного источника тепла для тепловых насосов и его эффективности. Очевидно, что самая высокая эффективность у водо-водяного теплового насоса, к тому же, постоянство температуры грунтовой воды на протяжении года обеспечивают его высокую производительность. Наружный воздух как источник тепла действительно имеет неограниченное применение, но значительное колебание температуры наружного воздуха снижает эффективность применения таких типов тепловых насосов.

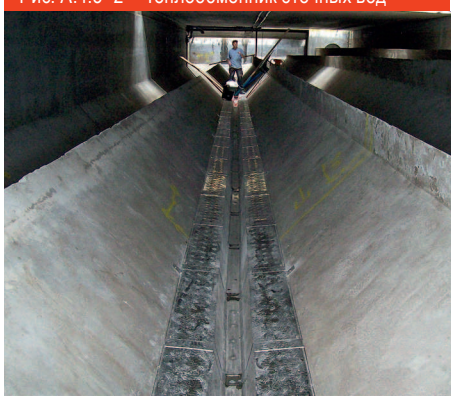
Рис. A.4.5–1 Источник тепла - сточные воды



A.4.5 Источник тепла - сточные воды

Кроме тепла наружного воздуха, земли или воды - тепловые насосы могут эффективно использовать тепло сточных или технологических вод, а также тепло уходящего воздуха с вентиляцией помещений, когда вторичное тепло используется для подогрева горячей воды или приточного наружного воздуха. Тепло сточных вод с успехом рекуперируется, но для этого необходимо предусмотреть систему с промежуточным теплообменником из стали высокой коррозионной стойкости.

Рис. A.4.5–2 Теплообменник сточных вод



Сточные воды могут являться источником высокопотенциального тепла с минимальными издержками.

A.4.6 Абсорберы солнечных коллекторов

В качестве первичного источника тепла также с успехом может использоваться солнечная радиация, аккумулированная в солнечных коллекторах или непрозрачных неостекленных солнечных абсорберах.

Так, энергия солнечной радиации, заключенная в солнечных абсорберах, используется для контура испарителя теплового насоса. Однако, период солнечной интенсивности периодичен и меняется не только в течении суток, но и на протяжении года. Поэтому коэффициент преобразования COP не можкт быть одинаково высок при использовании данной схемы подключения. Необходимо учитывать, что в период максимальной тепловой нагрузки абсорберы могут не получать солнечного излучения из-за снега, покрывающего их.

Для решения этой проблемы применяют аккумулирующие емкости, позволяющие накапливать полученную тепловую энергию в течении светлого времени суток, которую затем использует тепловой насос. Падение на несколько Кельвин температуры воды в аккумулирующей емкости не оказывает значительного негативного влияния на работу теплового насоса.

Однако, на практике применение таких схем не оправдывает себя из-за дороговизны принятых решений по отношению к полученному теплу. Применение тепловых насосов вкупе с солнечными коллекторами наиболее эффективно в схемах с фазовым переходом в теплоаккумуляторах.

Рис. A.4.6–1 Источник тепла - неостекленные абсорберы

Исторические фотографии непрозрачных абсорберов для восприятия солнечного излучения и тепла окружающего воздуха.

A.4.7 Изменение фаз как „сохранение“ тепла на первичной стороне

Если ни вода, ни воздух, ни грунт не могут использоваться в качестве непосредственного источника тепла - можно использовать для изменения фазового состояния накопительную технику, как первичный источник тепла.

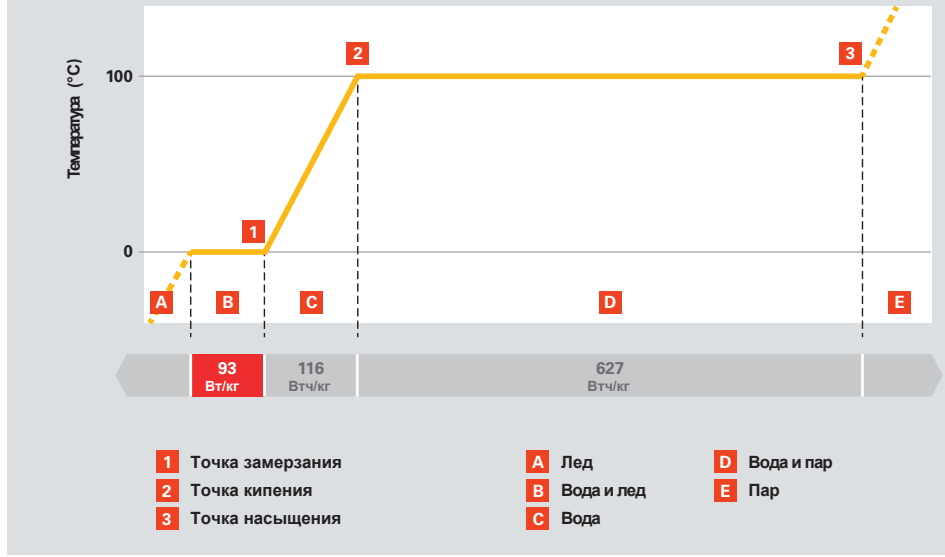
Например, накопительные емкости с традиционным теплоносителем, нагреваются в течении светового дня с помощью солнечной энергии от гелиоколлекторов.

Затем это тепло может быть использовано тепловыми насосами в качестве низкопотенциального тепла. werden. Наряду с водой (льдом) в качестве теплоносителя может также применяться парафин.

Принцип использования тот-же - при испарении воды возможно образование парообразной смеси, занимающей большое пространство, в то время как парафин из твердой фазы плавится в жидкую с сохранением практически того-же объема.

Для фазового перехода одного килограмма льда в жидкое состояние при постоянной температуре требуется 93 Втч.

Рис. A.4.7–1 Сохранение тепла фазового перехода



Комплексное устройство подземного теплообменника, осуществляющего фазовый переход воды в лед.

Рис. A.4.7–2 Накопители тепла с фазовым переходом

Различные типы тепловых насосов

Тепловые насосы могут не только работать по принципу изменения агрегатного состояния рабочего тела. Рассмотрим тепловые насосы, функционирующие по другим принципам.

В предыдущей главе мы описывали тепловые насосы, принцип работы которых основан на фазовом переходе рабочего тела из жидкого состояния в газообразное. Есть и другие переходные процессы, изменение состояния рабочего тела в которых связано с выделением энергии, использующейся в тепловых насосах.

Если, к примеру, насыпать соль в сосуд с водой, то саоль растворится в ней, образуя гомогенный солевой раствор. При этом вода будет охлаждаться. Если теперь обратить процесс, то тепловая энергия будет выделяться, пока вода полностью не испарится, оставив кристаллы соли.

В этой главе описываются тепловые насосы, которые используют энергию фазового перехода рабочего тела в жидкое или твердое состояние, что является наиболее экологически чистым решением на сегодняшний день.

A.5.1 Тепловой насос сжатия с двигателем внутреннего сгорания

В основном, компрессорные тепловые насосы работают на природном газе, жидком топливе или биотопливе (рапсовое масло, биогаз и проч.). Для работы компрессора приводом служит не электрический двигатель, а двигатель внутреннего сгорания. В этом случае возникают дополнительные издержки на звуко-и теплоизоляцию, систему удаления продуктов сгорания и систему топливоподачи.

Компрессионные тепловые насосы могут дополнительно использовать вторичное тепло, возникающее в процессе работы двигателя внутреннего сгорания.

A.5.2 Абсорбционный тепловой насос

Абсорбционные тепловые насосы работают по тем же принципиальным физическим основам, что и компрессорные тепловые насосы. Но, в отличие от них, абсорбционные тепловые насосы используют природный газ и вместо механического применяется тепловой компрессор.

Затраты энергии (электрической) для такого теплового насоса очень незначительны. Энергия для работы этого теплового насоса подводится в виде тепла. В данном случае используется любое тепло, например теплоноситель термических солнечных коллекторов.

Абсорбционный тепловой насос является очень эффективным, не имеет, кроме компрессора, движущихся элементов и работает очень тихо.

Абсорбционные тепловые насосы высокой производительности (более 50 кВт) используются в современной технике кондиционирования. Установки небольшой мощности до 2 кВт могут использоваться, например, в пропановых автономных холодильниках для кемпинга. Для эффективного использования этих тепловых насосов в среднем диапазоне мощности пока оптимальных решений нет.

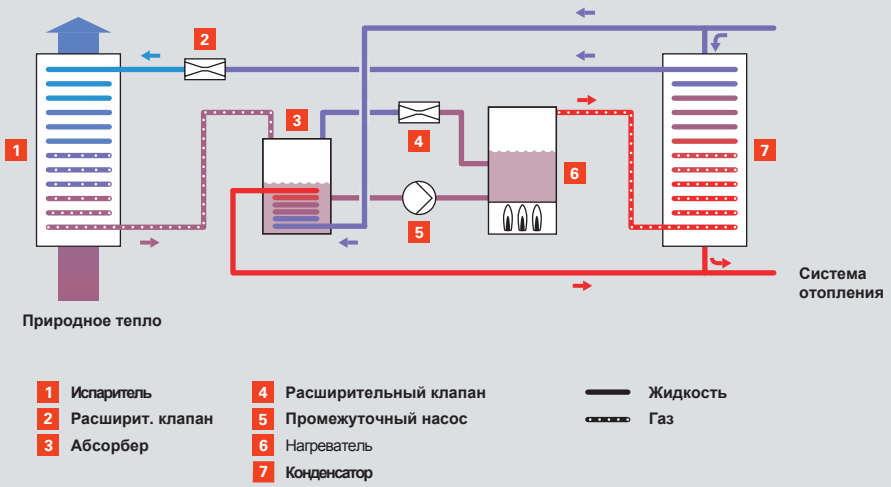
Указание

Сорбционный принцип работы теплового насоса означает накопление энергии каждой фазы рабочего тела или на границе раздела двух фаз.

Абсорбция является частным случаем сорбции и означает поглощение газов жидкостью или твердым телом.

Адсорбция предусматривает концентрацию (накопление) на границе раздела двух фаз. Жидкость или газообразное вещество осаждаются на поверхности рабочего тела, например, активированного угля или цеолита.

Рис. A.5.2–1 Принципиальная схема работы абсорбционного теплового насоса



Испарение
Хладагент (чаще всего аммиак) при испарении поглащает энергию из окружающей среды(1).

Абсорбция
Пары хладагента поступают в абсорбер (3), где поглощаются растворителем (как правило водой). При конденсации возникает тепло – которое отводится с помощью теплообменника в систему отопления.

Тепловое сжатие
Возникающий в абсорбере пар от рабочего тела (растворителя) и хладагента поступает с помощью насоса (5) в "тепловой компрессор“ (6). Эти составные части имеют разную температуру кипения, каждая - свою. У хладагента она, как правило, ниже. В результате подведенной тепловой энергии, например, от пламени газовой горелки, хладагент опять совершает фазовое превращение.

Сжижение (I)
Жидкая фаза рабочего тела, отделенная от газовой, под высоким давлением поступает через расширительный клапан (4) обратно в абсорбер. Здесь снова встречается рабочее тело (растворитель) и хладагент и конденсируясь, отдают тепло.

Сжижение (II)
При высоком давлении и температуре пары хладагента поступают в конденсатор (7) и конденсируясь, отдают запасенное теплов отопительную систему.

Расширение
Жидкий хладагент через расширительный клапан (2) дросселируется и возвращается к своим перавоначальным значениям давления и температуры и готов снова испариться с поглощением тепла окружающей среды.

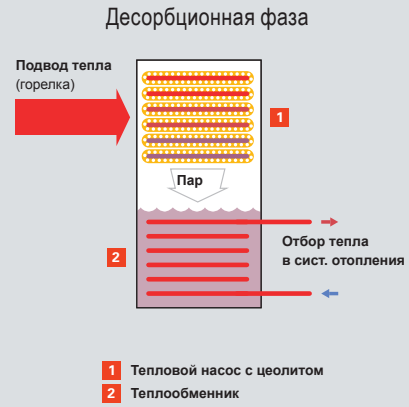
A.5.3 Адсорбционные тепловые насосы

Адсорбционный тепловой насос работает с такими твердыми веществами, как активированный уголь, силикагель или цеолит. У минерала цеолита есть хорошее качество адсорбировать водяные пары, при этом достигая температуры до 300 °C. Это классический пример экзотермической реакции.

Как уже было описано выше, принцип действия адсорбционного насоса заключается в периодическом процессе поглощения и выделения тепла в двух различных фазовых состояниях рабочего тела. Для работы адсорбционного теплового насоса требуется создание вакуума.

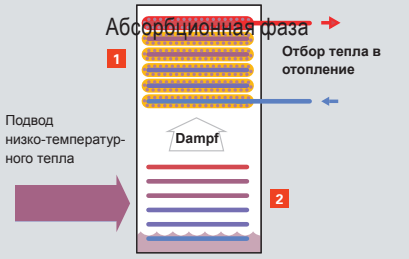
На рисунке A.5.2–1 показан принцип работы адсорбционного теплового насоса, который сегодня широко используется в холодильных машинах большой мощности. В настоящее время ведутся разработки конструкции адсорбционного теплового насоса для индивидуальных потребителей. Здесь высокие издержки возникают пока из-за необходимости создания вакуумной системы.

Рис. A.5.3–1 Принципиальная схема адсорбционного теплового насоса



Десорбция
В первой фазе теплообменный аппарат с твердым веществом (силикагель или цеолит) (1) получает тепло от, например, газовой горелки или солнечных коллекторов. Накопленная твердым веществом вода начинает интенсивно испаряться (десорбироваться) и получившийся пар поступает во вторичный теплообменник (2).

Сжижение
Этот теплообменник в данной фазе выполняет роль конденсатора. Выделяемо при конденсации тепло поступает в систему отопления.
Тепловыделение прекращается, когда цеолит "высушивается", т.е. вся накопленная влага испарилась и сконденсировалась в теплообменнике.



Испарение
Во второй фазе теплообменник (2) несет функции испарителя. Тепло подводится к нему до тех пор, пока вода не испариться полностью.

Адсорбция
Водяной пар поступает назад к покрытому твердым телом теплообменнику (1), где снова насыщает силикагель или цеолит, отдавая при этом теплов отопительную систему (адсорбируется). Как только весь водяной пар будет адсорбирован твердым телом, рабочий процесс адсорбционного теплового насоса начинается заново.

B. Предпосылки применения

Прежде чем инвестировать в систему отопления с тепловым насосом - Вам необходима обязательная консультация компетентного специалиста. Залог успеха - всеобъемлющий анализ применения теплового насоса, исходя не только из технического описания функционирования устройств.

Решение о потенциальном инвестировании в систему отопления с тепловыми насосами на сегодняшний день зависит от целого ряда факторов. Какой вид энергии и выбранное топливо окажется оптимальным в долгосрочной перспективе? Удовлетворяет ли выбранная схема всем законодательным и экологическим требованиям? Какое решение будет более предпочтительным с точки зрения снижения отопительных издержек?

На эти вопросы Вам помогут ответить компетентные специалисты нашей компании. В отличие от систем отопления на традиционных видах топлива, здесь важную роль играет вопрос необходимого обеспечения электрической энергией компрессора.

В этой главе будут рассмотрены наиболее существенные факторы применения теплового насоса.

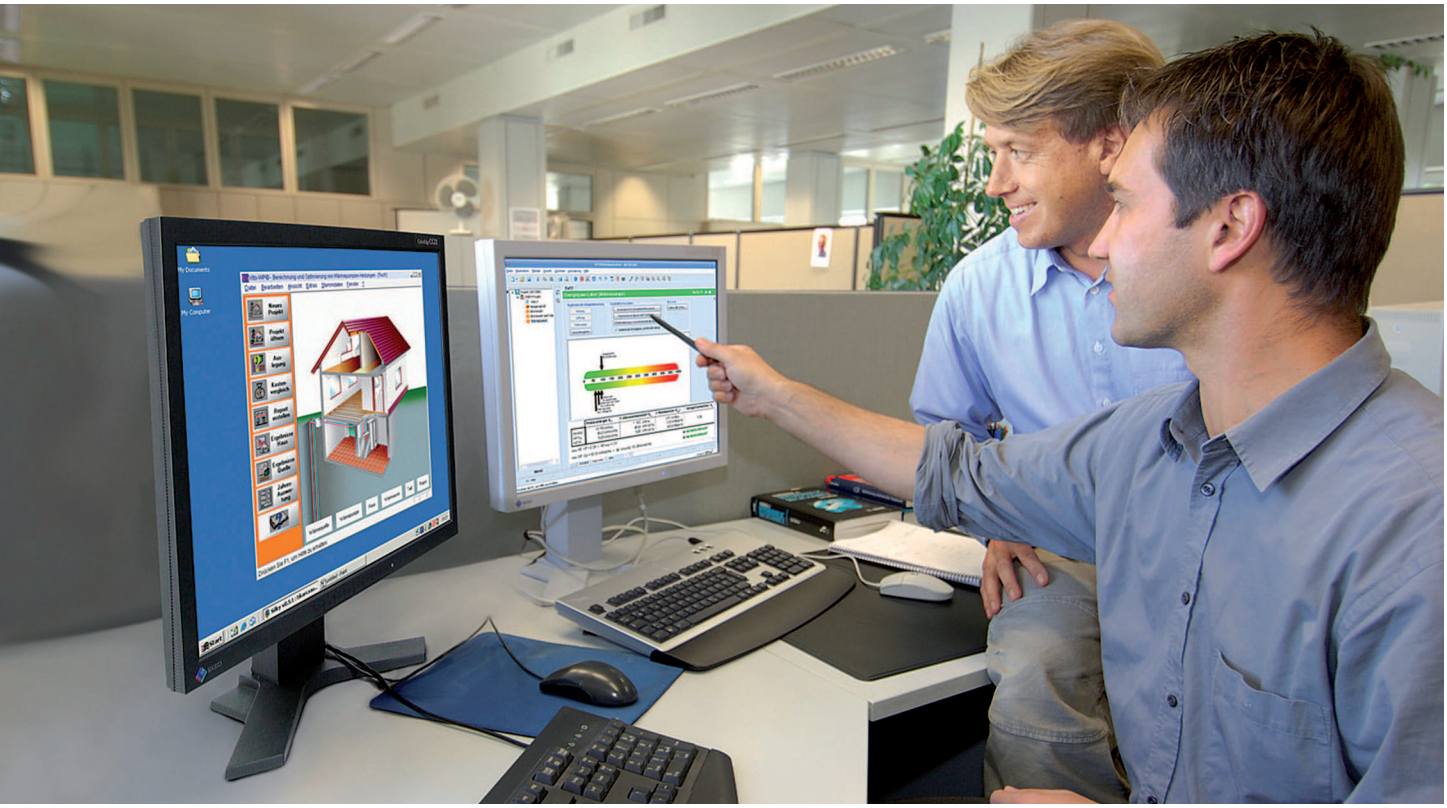
48 B.1 Производство „электрической энергии“

49 B.1.1 Производство электроэнергии в Германии
51 B.1.2 Безопасность применения
53 B.1.3 Средства измерения
54 B.1.4 Тепловые насосы и солнечные батареи
55 B.1.5 Конкуренты электрической энергии

56 B.2 Законодательное регулирование

57 B.2.1 Тепловые насосы в EnEV
59 B.2.2 Тепловые насосы в EEWärmeG
59 B.2.3 Европейские законодательные нормы

60 B.3 Анализ рентабельности



Производство „электрической энергии“

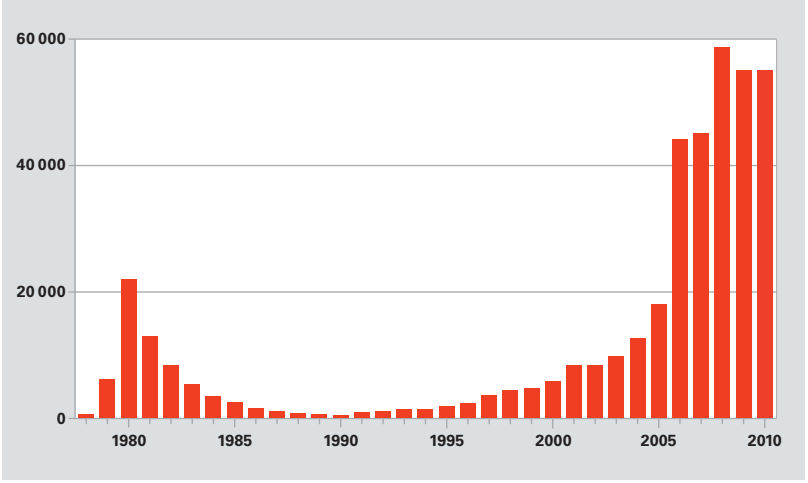
Тепловому насосу для работы компрессора требуется электрическая энергия. В этой главе рассматривается вопрос правильного расчета потребляемой электрической мощности теплового насоса.

Традиционное за последние 100 лет применение ископаемых видов топлива сегодня претерпевает значительное изменение.

Изменение климата, снижение запасов и постоянное удорожание таких традиционных видов топлива, как нефть, газ и уголь активно способствовали использованию в современных системах отопления солнечных коллекторов и энергии биомассы и тепловых насосов. Доля тепловых насосов в общем числе теплогенераторов рынка теплоснабжения начиная с 1990 года стремительно растет.

Динамика рынка тепловых насосов за последние три десятилетия (как и солнечных коллекторов и устройств, работающих на биомассе) показывает некоторую неравномерность развития, которая обусловлена многими факторами, главный из которых, повышение стоимости традиционных видов топлива. До сих пор широкому распространению тепловых насосов препятствует слабая информированность потенциальных инвесторов о инвестиционной привлекательности данного типа отопительных систем и восприятие теплового насоса, как "электрического отопления" с высокими издержками на отопление. Большую роль в популяризации применения тепловых насосов играют государственные программы поддержки и стимулирования, позволяющие снизить затраты инвестора на монтаж и установку.

Рис. B.1–1 Динамика рынка тепловых насосов



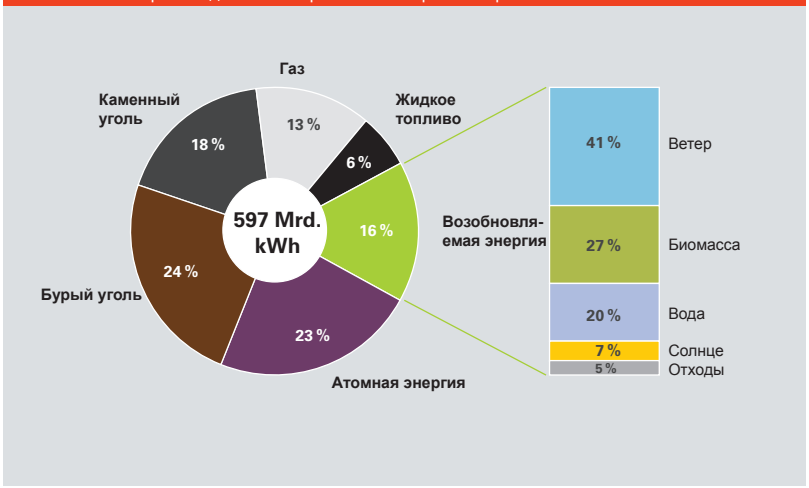
Динамика применения тепловых насосов. Пик в 1980 году обусловлен нефтяным кризисом. Дальнейшее повышение стоимости нефти с 2000 года привело к постоянному росту применения тепловых насосов.

B.1.1 Производство электрической энергии в Германии

Электрический ток в Германии, помимо импорта, вырабатывается в основном конденсационными электростанциями - работающими на угле или атомной энергии. Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии, таких как гидроэлектростанции, ветровые электростанции и солнечные батареи постоянно увеличивается и на сегодняшний день составляет более 18 процентов.

Эта цифра вызывает наибольшие споры у экспертов рынка теплоснабжения. Стоит ли вырабатывать электрическую энергию путем преобразования ее из тепловой энергии, например, сжиганием угля, чтобы затем обратно преобразовывать ее с низким коэффициентом полезного действия в тепло отопительных систем.

Рис. B.1.1–1 Производство электрической энергии в Германии в 2009



С все возрастающим участием в производстве электрической энергии возобновляемых источников – ее генерация становится все более экологичной.

B.1.2 Безопасность применения

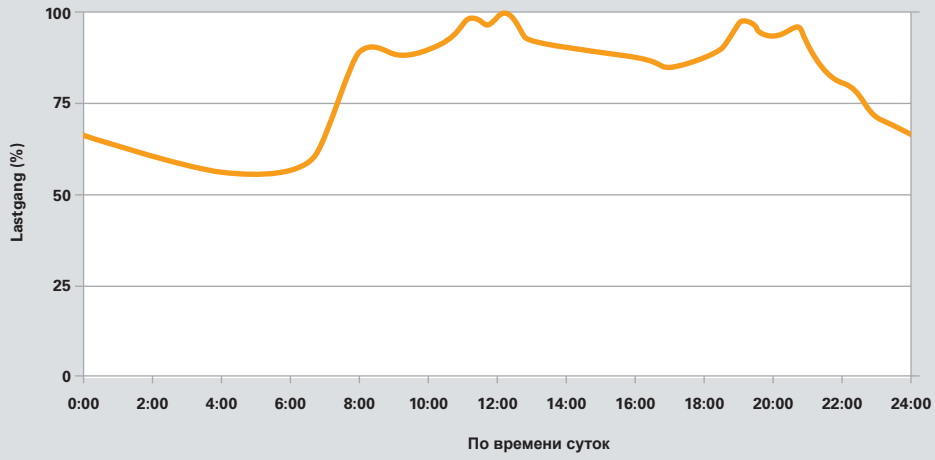
Электроснабжение в Германии по праву считается самым надежным в мире. Высокий уровень надежности и безопасности электроснабжения является важным фактором при выборе системы отопления здания с использованием теплового насоса. Надо учитывать, что при перебоях или отсутствии электроэнергии объект может остаться без тепла, так как электричество требуется тепловому насосу не только для работы компрессора, но и циркуляционных насосов, контроллера управления и т.д.

Поэтому, при решении об инвестировании в систему отопления здания с использованием теплового насоса, надо убедиться в надежности, бесперебойности и долговременности поставок электрической энергии на объект.

Необходимо также учитывать, что сам принцип работы теплового насоса требует максимального потребления электрической энергии в зимнее время года, в период максимальной тепловой нагрузки. Также учитывается суточное потребление тепла и электроэнергии (Рис. B.1.2–3).

Чтобы исключить усугубление нагрузок, характерных для определенного времени суток, для тепловых насосов выделены льготные периоды тарификации.

Рис. B.1.2–3 Типичная электрическая нагрузка в течении дня



B.1.3 Средства измерения

Увеличение доли электроэнергии вырабатываемой от возобновляемых источников и сочетание ее с традиционной выработкой предъявляет высокие требования к учету, распределению и требует более интеллектуальных средств измерения.

Сровременные средства распределения и учета электроэнергии в первую очередь определяют потребность в электрической энергии и дальнейшее ее распределение по потребителем. Раньше электроэнергия генерировалась в количествах, не учитывающем конечный объем ее потребления.

Современные тепловые насосы позволяют гибко интегрироваться в такую комплексную систему распределения и учета и играют в такой современной системе важную роль. К тому же учитывается тот факт, что многие виды современного оборудования могут без значительной потери функциональности выдержать кратковременное обесточивание. Например, современные морозильные камеры благодаря усовершенствованной теплоизоляции могут без значительных потерь удерживать холод при обесточивании установки до нескольких часов.

Без современного интеллектуального управления очень сложно добиться сглаживания пиковых нагрузок во время максимального потребления электрической энергии. Например, инновационные системы контроля за работой морозильных камер позволяют во время ночного избытка электроэнергии опускать температуру еще на несколько градусов, запасая энергию холода.

По такой же схеме могут работать в системе интеллектуального управления и тепловые насосы, позволяя модулировать тепловую нагрузку благодаря распределенной суточной и годовой нагрузке, а также возможности аккумулировать тепловую энергию в емкостных накопителях и аккумуляторах тепла.

Рис. B.1.4–1 Солнечные батареи

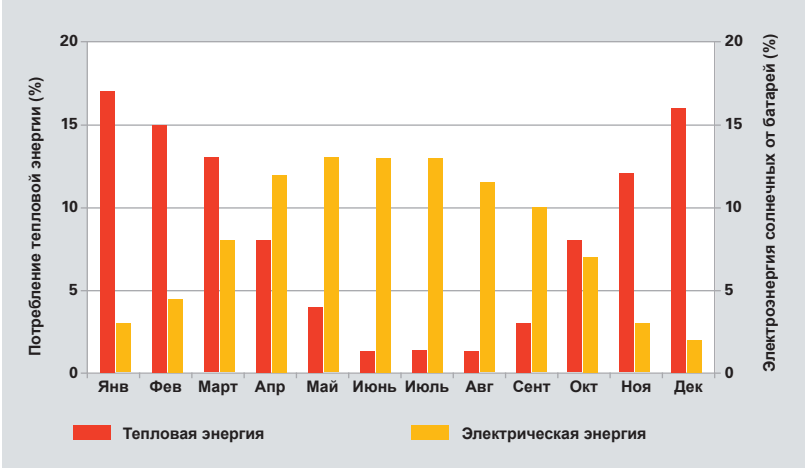
B.1.4 Тепловые насосы и солнечные батареи

Еще более эффективно устанавливать тепловой насос в сочетании с солнечной батареей, генерирующей электрическую энергию. Тогда отопление здания будет максимально экологичным, без вредных выбросов CO_2.

Несмотря на неравное соотношение выработанной фотоэлектрическими модулями электрической энергии (в летние месяцы)и затраченной тепловой (в зимние месяцы) представленными на рис. B.1.4–2 использование тепловых насосов и солнечных батарей является рациональным.

Как уже было описано в предыдущей главе современное управление сезонно изменяющейся нагрузкой в энергосети и равномерное ее распределение позволяют оптимально сбалансировать нагрузку энергосети, однако не менее важна будет необходимость соответсвия между выработанной и потребленной электроэнергией.

Рис. B.1.4–2 Годовое распределение электрической и тепловой нагрузки



Годовое распределение вырабатываемой тепловой (тепловые насосы) и потребляемой электрической (от солнечных батарей) нагрузки.

B.1.5 Конкуренция электрической энергии?

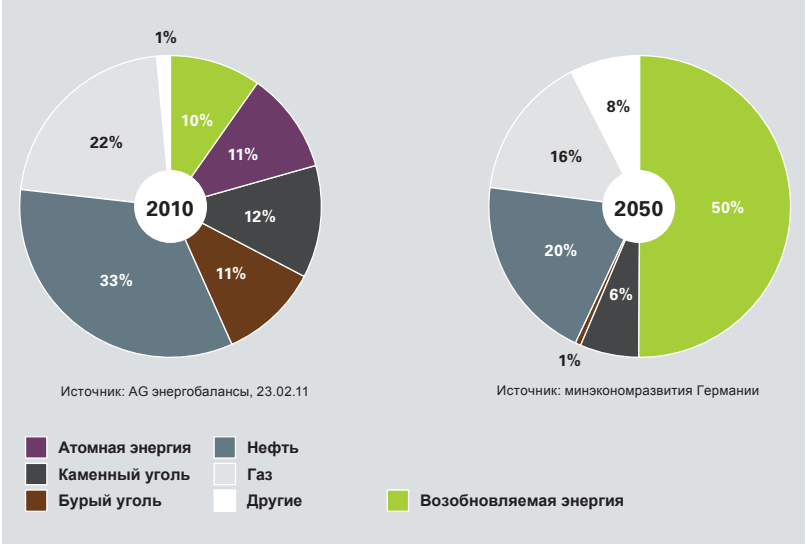
В связи с эффективностью использования электрической энергии в тепловых насосах для генерации тепла, встает вопрос аналогичного эффективного использования электрической энергии в других видах теплогенераторов для повышения автономности и мобильности теплоснабжения.

Однако сегодня такая дискуссия не будет являться продуктивной - стратегические планы развития отрасли предусматривают долгосрочную перспективу до 2050 года и даже далее, до конца столетия и, конечно, предусматривают развитие доли регенеративных источников энергии. Однако, доля каждого вида возобновляемого источника энергии будет увеличиваться не кардинально, а процентно, и определить преимущество одного вида энергии над другим для будущего пока не представляется возможным.

Во всех областях энергопотребления в каждом конкретном случае возникает вопрос наиболее экономичного ее использования и выбора наиболее оптимального и рационального вида ее производства. Уже сегодня необходимо прийти к пониманию, каков принцип преобразования энергии наиболее рационален, чтобы через 30-40 лет эти разработки не являлись тормозом технического прогресса: например, биомассу, как топливо, выгоднее напрямую сжигать, производя тепловую энергию или генерировать с ее помощью электричество? Будет ли накапливаться произведенное электричество у конечного потребителя в электроаккумуляторах или, преобразованное в тепло с помощью, например, тепловых насосов, храниться в теплоаккумуляторах или изначально генерироваться в центральную энергосистему?

Хотя хранение и преобразование энергии идут всегда с разной степенью эффективности, необходимо для каждого случая выбирать наиболее рациональное решение.

Рис. B.1.5–1 Производство электроэнергии в будущем



Потребление первичной энергии в Германии в 2010 году составило 14 000 Петаджоуль (ПДж) и, по прогнозам специалистов, в 2050 году составит 7 000 ПДж. Этот прогноз был выполнен по заказу министерства экономики и развития.

Где в каждом конкретном случае наиболее оптимально применять тот или иной вид энергии - зависит от местных климатических условий, доступности того или иного вида топлива или альтернативного источника энергии и условий реализации строительной и инженерной концепции. В этой концепции применение теплового насоса в современной системе отопления объекта будет решать важную роль.

Законодательное регулирование

EnEV, закон "О теплоснабжении" и об энергоэффективности: эффективность энергоснабжения и использование возобновляемых источников энергии поддерживаются все более широкой правовой и законодательной базой.

Энергопотребление зданий в Германии составляет в Германии около 40 % всего потребления энергии. Таким образом этот сектор энергоснабжения имеет достаточно высокий приоритет в энергетической политике правительства и местных законодательных органах. Немецкий рынок теплоснабжения, таким образом, регулируется все большим количеством правовых документов и законодательных баз.

B.2.1 Тепловые насосы в EnEV

В 2002 году различные законодательные правила и нормы по утеплению зданий и инженерным системам теплоснабжения были объединены в единый документ (EnEV). В этом документе (EnEV) определяется показатель количества первичной энергии, необходимой для обеспечения теплоснабжения здания в целом. До настоящего времени в современном строительстве это показатель постоянно снижается.

Эффективность современных систем отопления и применяемых строительных материалов позволяет с каждым годом снижать показатель требуемого количества энергии. Энергетический паспорт здания (рис. B.2.1–2) наглядно иллюстрирует это.

Укрупненно конечная потребность в энергии в кВтч/(м^2·год) определяется площадью поверхности здания и показателем тепловых потерь с вентиляцией.

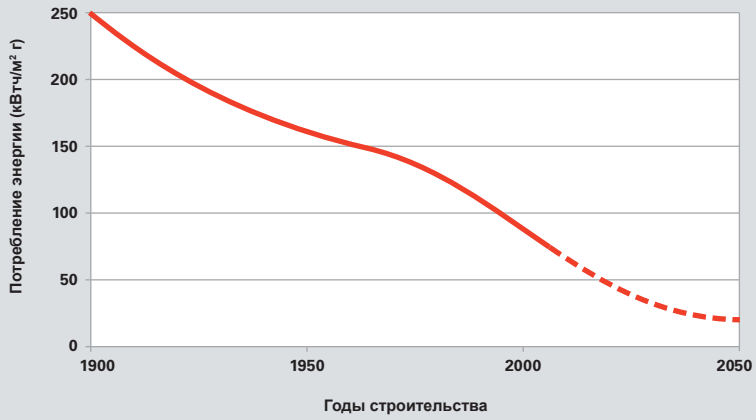
Спрос на количество первичной энергии для теплоснабжения здания в кВтч/(м^2·год) определяется в том числе видом энергоносителя, с помощью которого осуществляется генерация тепла (рис. B.2.1–3).

Рис. B.2.1–3 Фактор первичности энергии

Вид энергоносителя	Фактор по EnEV 2009
Жидкое топливо	1,1
Природный газ	1,1
Древесина	0,2
Электроэнергия	2,6
Возобновляемая энергия (гелиоустановки, ветряные станции, ...)	0,0

Показатель требуемого количества энергии для различных типов зданий.

Рис. B.2.1–1 Потребность в первичной энергии зданий до 2050 года



Развитие современных технологи в строительстве позволяет снижать потребность в тепле.

Рис. B.2.1–2 Энергетический паспорт

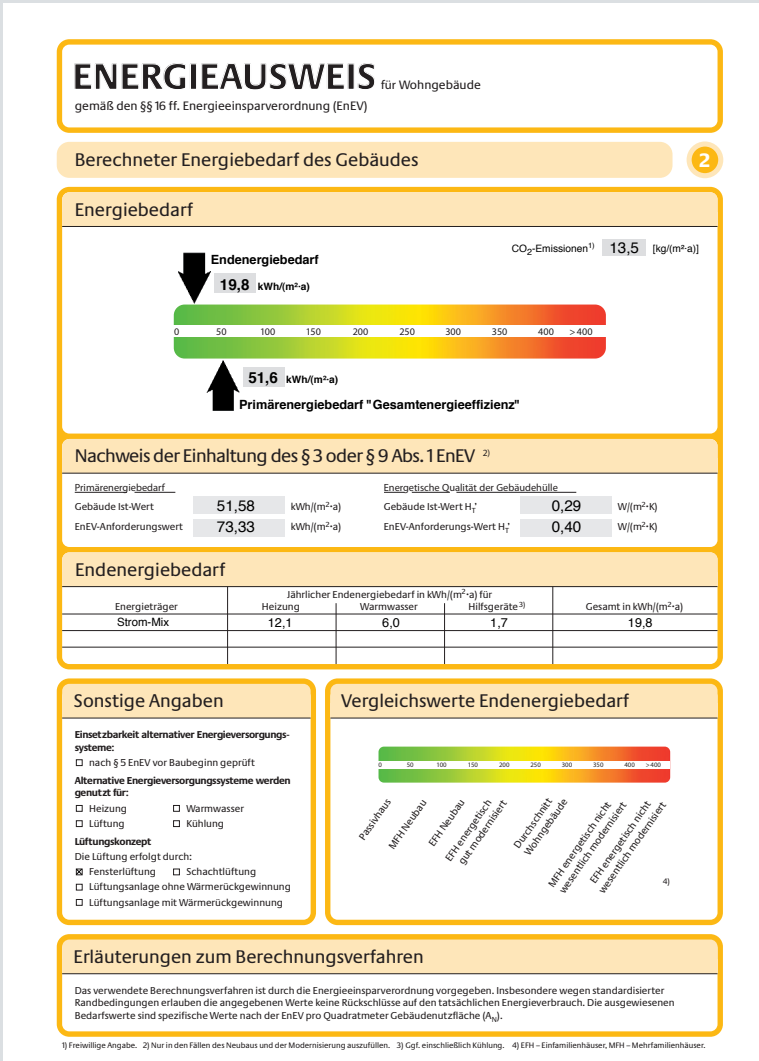
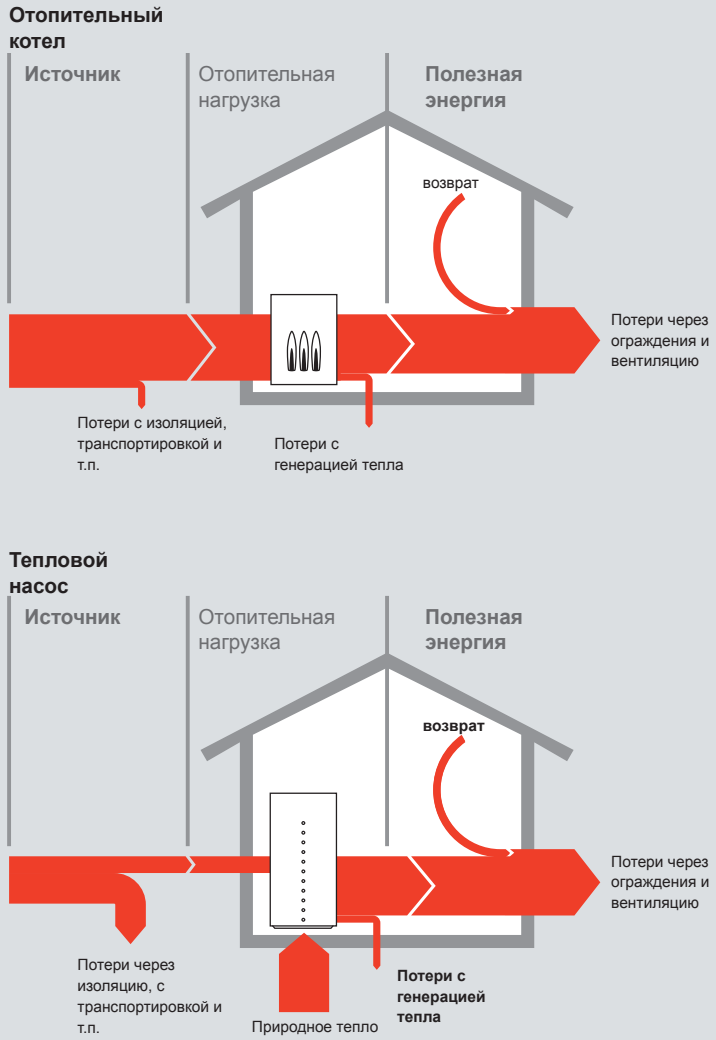


Рис. B.2.1–4 Показатель необходимой энергии по EnEV



Пример

EnEV-показатель в системах теплоснабжения с тепловыми насосами:

Primärenergie Q_P = (Heizwärmebedarf Q_h + Warmwasser Q_w) * Aufwandszahl e_P + Kühlenergie $Q_{P,C}$

Primärenergiebedarf	Heizwärmebedarf	Warmwasser	Aufwandszahl	Kühlenergie
10.811 kWh/a	11.398 kWh/a	4.043 kWh/a		- kWh/a
33,43 kWh/(m²a)	35,24 kWh/(m²a)	12,50 kWh/(m²a)	0,70	- kWh/(m²a)
10,70 kWh/(m³a)	11,28 kWh/(m³a)	4,00 kWh/(m³a)		- kWh/(m³a)

1. Prüfung: Maximaler Transmissionswärmeverlust

HT' = 0.26 W/(m²K) ≤ HT'max = 0.40 W/(m²K) ⇒ NACHWEIS ERBRACHT

Keine verschärfte HT'-Prüfung erforderlich

2. Prüfung: Maximaler Primärenergiebedarf

Qp = 33.43 kWh/(m²a) ≤ Qp,max = 70.63 kWh/(m²a) ⇒ NACHWEIS ERBRACHT

Keine verschärfte Qp-Prüfung erforderlich

Расчет потребности в первичной энергии для теплового насоса в здании

Для определения необходимого количества первичной энергии для здания с системой теплоснабжения на тепловом насосе акцент делается на электрической энергии, как основном источнике для функционирования теплового насоса. Совместно с другими специфическими факторами расчета определяется число [e_P] по EnEV.

Необходимое количество устройств для преобразования первичной энергии в конечную для системы отопления определяет эффективность работы теплового насоса в течении всего года (см. главу A.2.4): чем выше число годового использования, тем ниже издержки для каждого вида устройств. Ниже приведена методика подобного расчета:

$$e_{H,g} = \frac{1}{\beta_{WP\ WP}}$$

$e_{H,g}$ Aufwandszahl теплового насоса
β_{WP} Годовое число использования теплового насоса

Для расчета годового числа использования теплового насоса по DIN 4701-10 необходимо учитывать все энергопотребляющие устройства системы, например, циркуляционные насосы рассольного контура и проч.

B.2.2 Тепловые насосы в EEWärmeG

Закон о развитии систем отопления использующих альтернативные источники энергии (EEWärmeG) принятый в Германии от 1 января 2009 предписывает обязательные нормы использования этих источников при новом строительстве (а в некоторых землях и при реконструкции или модернизации систем теплоснабжения зданий). Положения этого закона должны учитываться при проектировании установок в дополнение к EnEV. Если здание проектируется с тепловым насосом - он должен обеспечивать не менее 50 % необходимой тепловой энергией.

Для данных устройств согласно EWärmeG минимальное число годовой наработки должно составлять: для воздушно-водяных тепловых насосов или воздушно-воздушных тепловых насосов минимум 3,5. Для все других типов этот показатель должен составлять не менее 4.

Если тепловой насос используется также для приготовления горячей воды в здании показатель числа годовой наработки может быть снижен на 0,2 пункта.

Системы отопления, в который интегрирован тепловой насос должны быть обязательно оснащены средствами учета электрической и тепловой энергии.

Практика последних лет показывает: тепловые насосы являются наиболее эффективным и рациональным решением согласно требованиям EWärmeG.

2.3 Европейские законодательные нормы

Как и во многих других технологических областях, теплоснабжение зданий регламентируется некоторыми европейскими директивами, которые находят отражение и в национальных законодательствах. Так, немецкий EnEV отражен в европейской EU-норме 2002/91/EG общей энергоэффективности зданий (EPBD = Energy Performance of Buildings Directive).

В будущем устройства систем отопления зданий будут соответствовать также европейской норме ErP (Energy related Products)/Ökodesign 2009/125/EG. Исходя из этой нормы все больше и больше продуктов будут оснащаться этикеткой об энергоэффективности продукта. Например, такая система уже внедрена и успешно осуществляется, например, для бытовых холодильников, стиральных машин и т.п.

На момент выпуска этого пособия для отопительных приборов еще не были окончательно определены во всех деталях необходимые нормы и правила. Но можно с уверенностью сказать, что тепловые насосы будут находиться в этом ряду в числе наиболее энергоэффективных.

Анализ рентабельности

К бесспорной экологической чистоте правильно спроектированная система с тепловым насосом еще и сокращает издержки отопелния.

Тепловые насосы требут, как правило больших первоначальных инвестиционных затрат, которые однако могут окупиться в достаточно короткий срок из-за значительного снижения издержек на отопление и невысокими эксплуатационными затратами.

Полезные советы по анализу рентабельности и инвестиционных решениях помогут потенциальным инвесторам в принятии правильных решений.

Для более полного и точного расчета рентабельности следует воспользоваться положениями VDI 2067. Это гарантирует, что все факторы, необходимые для правильного расчета будут учтены.

Тепловые насосы по сравненю с традиционными источниками тепловой энергии изначально требуют достаточно больших инвестиций, котрые требую проведения точного расчета предполагаемых капитальных затрат. Эксплуатационные расходы у тепловых насосов, как правило, невысоки и не требуют дополнительного учета ежегодного удорожания, как у традиционных котлов на природном газе и жидком топливе.

Эксплуатационные издержки у тепловых насосов, как показала многолетняя практика, почти в половину ниже, чем издержки использования традиционных газовых или жидкотопливных котлов.

Также корректное сравнение рентабельности применения систем отопления с тепловыми насосами по сравнению с традиционными котлами зависит от категории объекта (частный, муниципальный, производственный) и постоянного повышения стоимости ископаемого топлива на всем сроке окупаемости оборудования.

На амортизацию теплового насоса также влияют различные программы государственного софинансирования или специальные тарифы энергоснабжения и т.п. (см. главу B.1.2.).

Пример

Сравнение эксплуатационных расходов и рентабельности

Данные объекта

Новостройка, г. Бранденбург, мощность 6 кВт, отопление (теплые полы) и ГВС

Тепловой насос

Рассольно/водяной тепловой насос, моновалентный, скважина 100 м, годовое число 4,4

Альтернатива

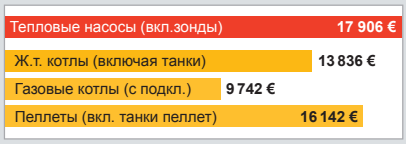
Жидкое топливо (КПД 85 %)

Газ (КПД 90 %)

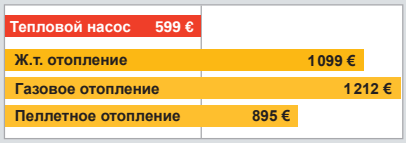
Пеллетное отопление (КПД 90 %)

Стоимость энергии

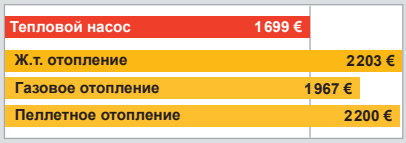
Инвестиционные затраты



Эксплуатационные затраты (в год)



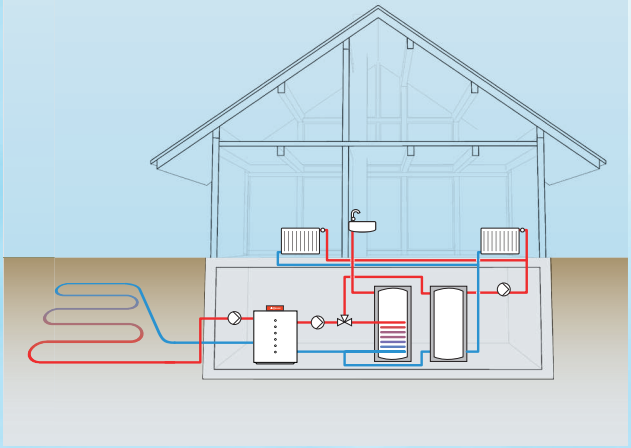
Общие затраты в год*



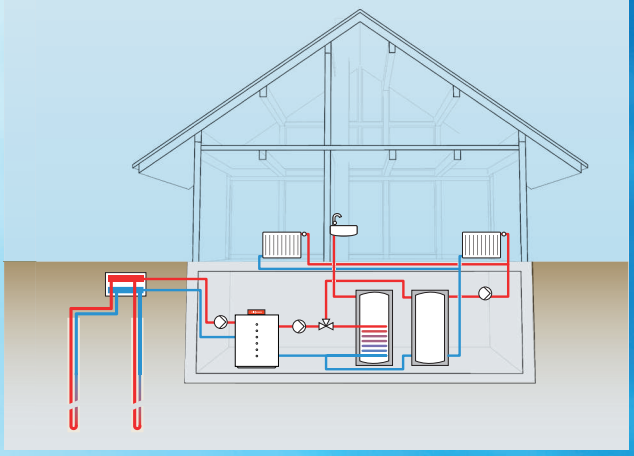
*Общие расходы: срок: 20 лет, процентная ставка: 6 %, и ежегодные расходы

Пример расчета представлен из программы расчета тепловых насосов Viessmann Vitodesk 200

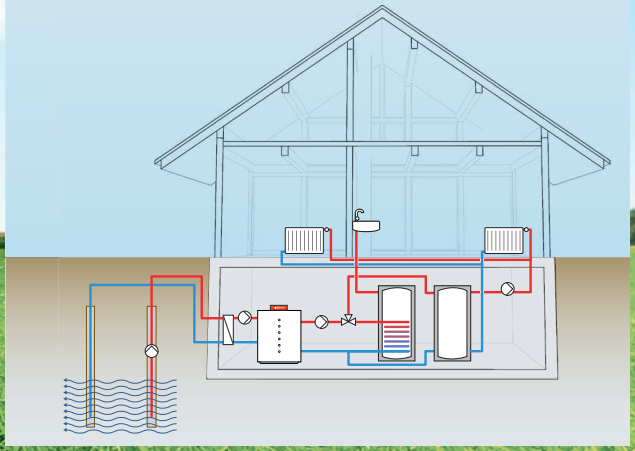
Тепло из грунтовых коллекторов



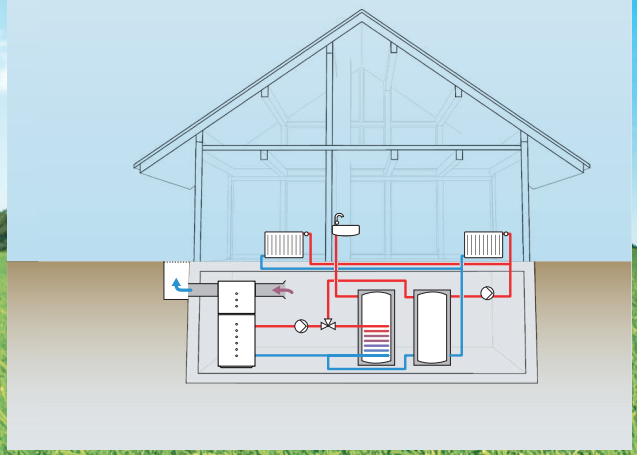
Тепло из грунтовых зондов



Тепло из грунтовых вод



Тепло из воздуха



C Проектирование и выбор источника энергии

В этой главе рассказывается о различных видах источников первичной энергии для тепловых насосов и их энергетическом потенциале. В главе показан правильный подход по выбору первичного источника тепла.

Различные типы тепловых насосов используют в своей работе различные виды первичной природной энергии. Это определяется, в первую очередь, доступностью и оптимальностью использования того или иного источника тепла.

Рассольно-водяной тепловой насос использует энергию солнечного излучения накопленную в грунте с помощью коллекторов или зондов. Грунтовые воды использует водо-водяной тепловой насос. А воздушный тепловой насос использует энергию наружнего воздуха или воздуха помещений.

В любом случае: правильный выбор первичного источника тепла является залогом успешного проектирования системы отопления с тепловым насосом.

64 C.1 Рассольно-водяной тепловой насос

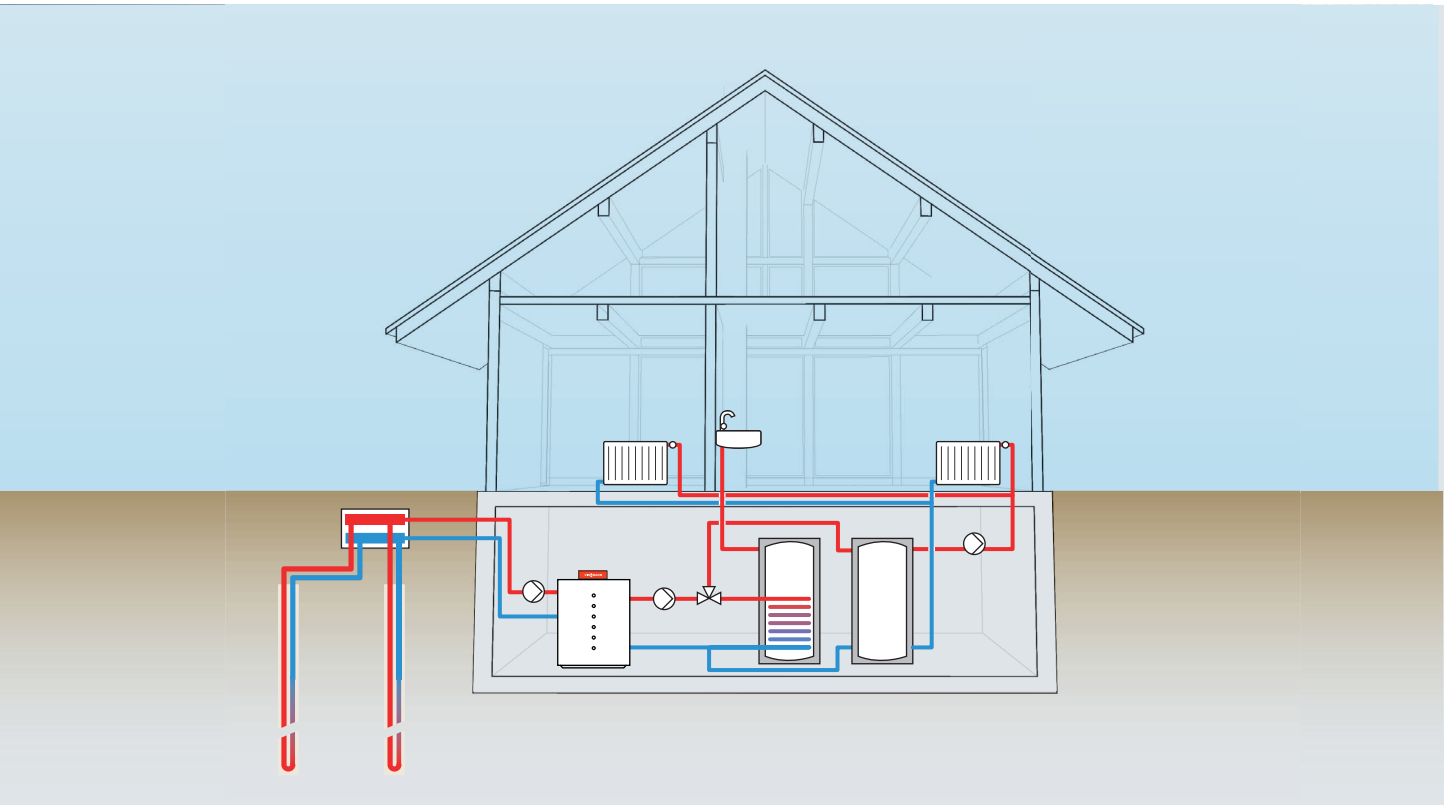
65 C.1.1 Определение источника тепла
69 C.1.2 Способ передачи тепловой энергии
70 C.1.3 Объемный расход и перепад давления рассольного контура

72 C.2 Водо-водяной тепловой насос

73 C.2.1 Грунтовые воды
75 C.2.2 Холодная вода

76 C.3 Воздушно-водяной тепловой насос

77 C.3.1 Воздушно-водяной тепловой насос с нерегулируемым компрессором
77 C.3.2 Конструктивные особенности
79 C.3.3 Проектирование защиты от шума
82 C.3.4 Воздушно-водяные тепловые насосы для внутренней установки



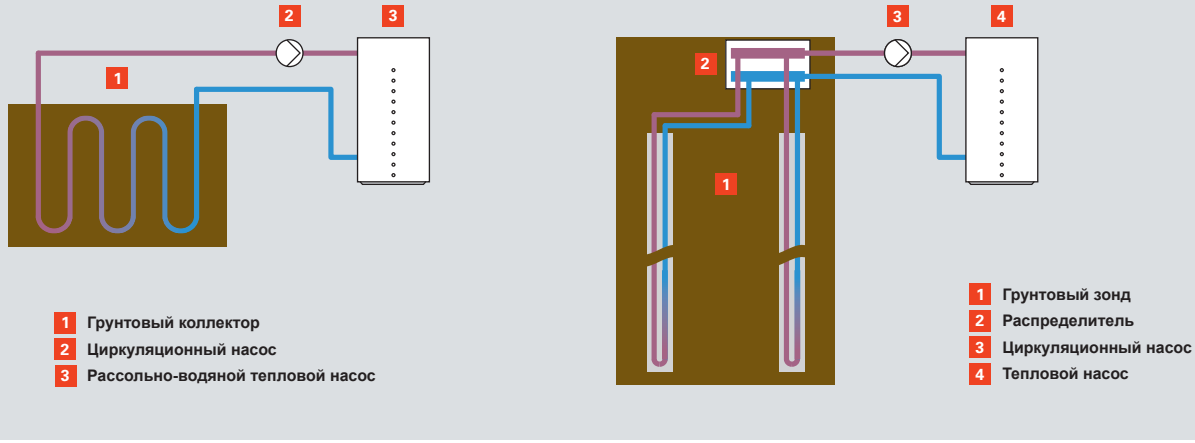
Рассольно-водяной тепловой насос

Для рассольно-водяного теплового насоса источником первичной энергии является грунт. Используются грунтовые коллекторы или грунтовые зонды.

Выбор данного источника тепла имеет некоторые особенности при проектировании и ограничен количеством энергии, способной к накоплению и регенерации. Он определяется не показателем тепловой мощности теплового насоса, а показателем его холодопроизводительности. Эти указания вы найдете в техническом паспорте или инструкции по проектированию тепловых насосов.

Расчет в итоге дает значение необходимой длины вертикальных зондов (в метрах) или необходимую площадь коллекторов ($м^2$). Дальнейший расчет ведется на фактическую длину соединительных магистралей до первичного теплообменника (рассол/хладагент) из которого определяется потребность в мощности циркуляционных насосов рассольного контура.

Рис. C.1.1–1 Грунтовый коллектор и грунтовый зонд



Рассольно-водяной тепловой насос в качестве перичного источника тепла использует энергию грунта (грунтовые коллекторы или грунтовые зонды).

C.1.1 Определение источника тепла

Для грунтовых геотермальных зондов и коллекторов используются пластиковые трубы (PE 80 или PE 100). Для правильного рсчета необходимо знать внешний диаметр пластиковой трубы зонда, в значительной степени влияющий на коэффициент теплопередачи.

Внутренний диаметр зонда в значительной степени определяет гидравлическое сопротивление и расчитывается по формуле:

$$DI = DA - 2 \cdot S$$

DI Внутренний диаметр в мм
DA Наружный диаметр в мм
S Толщина стенки в мм

Для толщины стенки пластиковой трубы, которая указывает на прочность используют показатель SDR (standard dimension ratio/ стандартное соотношение размерности). Он означает отношение наружнего диаметра трубы к толщине стенки.

$$SDR = \frac{DA}{S}$$

SDR Стандартное соотношение (показатель)
DA Наружный диаметр в мм
S Толщина стенки в мм

Чем меньше показатель SDR, тем более усточива к давлению труба. Указывается диаметр внутреннего проходного сечения DN, который является нормативным исходя из выбранной толщины стенки.

Рис. C.1.1–2 SDR показатель

		Толщина (мм)	
DN	DA	SDR 11	SDR 7,4
15	20	1,9	2,8
20	25	2,3	3,5
25	32	2,9	4,4
32	40	3,7	5,5
40	50	4,6	6,9
50	63	5,8	8,6

SDR-показатель гидравлической прочности пластиковой трубы зонда.

Указание

При проведении бурильных работ необходимо отдавать предпочтение лицензированным предприятиям, имеющим опыт установки грунтовых коллекторов или зондов. Для больших объектов во избежании ошибок при проектировании необходимо первоначально провести геодезическо-изыскательские работы и согласовать их объем в местных органах надзора.

C.1.1.1 Выбор грунтовых зондов

Эффективность производительности грунтовых зондов в значительной степени зависит от местных геологических условий и может изменяться в диапазоне до 100 %. В первом приближении для расчетов может приниматься величина 50 Вт/м. С помощью геологических карт местности эта величина может устанавливаться с большей степенью точности. Теплопроводность отдельных слоев пород различная и специфические показатели теплопроводности для каждых из них описаны в главе 4.

Подробный расчет всех параметров грунтового зонда и его монтаж должны выполняться компетентными специалистами специализированных организаций. Помимо определения производительности скважины, специалисты оценивают холопроизводительность и показатель годового использования теплового насоса. Таким образом, тепловой насос, работающий по бивалентной параллельной схеме теплоснабжения, имеет больший показатель годового использования и работает эффективней, чем тепловой насос той же производительности, работающий в моновалентном режиме.

Для правильного гидравлического расчета грунтовых зондов необходимо учесть следующийряд факторов:

- одинаковый расход по всем зондам
- при более чем трех зондах предусмотреть переключающий клапан для гидравлического выравнивания
- общая потеря давления в трубопроводах (для расчета электрической мощности циркуляционных насосов)
- материал зондов должен быть устойчив к применяемому теплоносителю

Если длина трубопроводов известна, то падение давления и мощность рассольного циркуляционного насоса можно расчитать (см. главу C.1.3).

C.1.1.2 Выбор грунтовых коллекторов

Горизонтальные коллекторы используют в качестве источника первичного тепла верхний слой почвы - поэтому они должны быть уложены на 20 см ниже гораницы промерзания для данной климатической местности. Целесообразно использовать их на глубине около 1,5 метров. На этой глубине генерируется оптимальное количество тепла от солнечного излучения и атмосферных осадков. Поверхность над грунтовыми коллекторами не должна застраиваться или сильно затеняться.

Для предотвращения значительных потерь давления целесообразно общую длину коллекторов выбирать в пределах до 100 метров.

Для определения необходимой площади грунтовых коллекторов существует два способа:

- в соответствии с VDI 4640
- в соответствии с BDH лист № 43

Определение площади коллекторов по VDI 4640

Правила VDI 4640 часть 2 предусматривают выбор коллекторов на основе трех различных типов почв (см. рис. C.1.1–4).

Определения необходимой длины трубы, а также оптимального расстояния между нитками должно проводиться во избежание возможности полного замораживания грунта. Возникающие вокруг труб временные локальные зоны размораживания не должны пересекаться друг с другом и воздействовать на соседние нитки.

Для PE-труб с наружным диаметром DA 20 (DN 15) это растояние принимают равным 30 см, что позволяет на 1 квадратный метр уложить до 3 метров трубы (= 3 м/м^2).

Для труб с DA 25 (DN 20) это расстояние равно 50 см, соответственно длина труб составляет около 2 м на квадратный метр (= 2 м/м^2).

Число кольцевых контуров исходя из максимальной длины одного контура равной 100 м, и необходимой общей площади грунтового коллектора.

$$N_{RK} = \frac{F_E \cdot L_{RL}}{100\ м}$$

N_{RK} число кольцевых контуров
F_E общая площадь коллектора
L_{RL} специфическая длина трубы на м^2

Эта формула служит для расчета необходимой площади коллектора:

$$F_E = \frac{Q_K}{q_E}$$

F_E необходимая общая площадь коллектора в м^2
Q_K холодопроизводительность теплового насоса в Вт
q_E максимальная специфическая производительность грунта в Вт/м^2

Определение площади грунтовых коллекторов по земельному информационному справочнику BDH 43

Информационный справочник BDH 43 содержит расчетные диаграммы для грунтовых коллекторв. По различным климатическим зонам согласно данным DIN 4710 расчет можно выполнить более точно, чем по VDI 4640 (рис. C.1.1–5).

Для каждого климатического региона, в зависимости от холодопроизводительности теплового насоса будем определять возможную теплоотдачу в зависимости от состава почв и растояния между трубами.

В качестве примера одной из 15 климатических зон Германии DIN 4710 здесь приведены данные климатического региона №7(Кассель).

Рис. C.1.1–3 Расстояние между коллекторами

DA	DN	Расстояние см	Кол-во труб м/м^2
20	15	30	3
25	20	50	2
32	25	70	1,5

Рис. C.1.1–4 Теплоотдача грунта для горизонтальных коллекоров

Тип грунта	Теплоотдача	
	при 1 800 ч	при 2 400 ч
Сухие почвы	10 Вт/м^2	8 Вт/м^2
Влажные почвы	20 – 30 Вт/м^2	16 – 24 Вт/м^2
Насыщенные водой песок/гравий	40 Вт/м^2	32 Вт/м^2

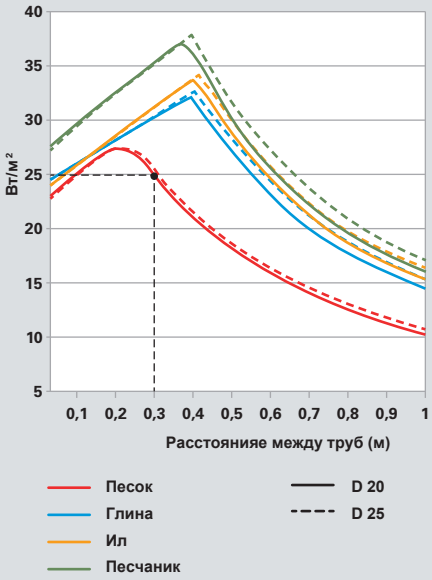
Рис. C.1.1–5 Климатическая карта по DIN 4710

Указание

В информационном справочнике BDH-43 также указаны данные по грунтовым коллекторам диаметром 32 мм, однако на практике зонды такого диаметра применяются не часто.

Пример

Для региона Касселя (климатическая зона 7 по DIN 4710) информационный справочник BDH-43 определяет показатели максимальной теплоотдачи (q_E) для различных типов почв и расстояний между трубами.



Пример

Данные теплового насоса
Vitocal 333-G BWT 108

Отопительная мощность: 7,8 кВт (при B 0 °C / W 35 °C)
Холодопроизводительность: 6,3 кВт (при B 0 °C / W 35 °C)
Объем рассола: 3,9 л
Моновалентный режим (1 800 ч)
Теплоотдача грунта: 25 Вт/м^2

Определяется общая площадь грунтовых коллекторов:

Q_K = 6 300 Вт
q_E = 25 Вт/м^2
F_E = 6 300 Вт / 25 Вт/м^2

Площадь грунтовых коллекторов составляет 250 м^2.

Была выбрана PE-труба 25 x 2,3 (DA 25).

В результате на максимальную длину 100 м и расстояние между трубами 0,5 m (2м/м^2) для DA 25 (DN 20) число петель будет равно:

$$N_{RK} = \frac{250\ м^2 \cdot 2\ м/м^2}{100\ м}$$

Число кольцевых петель будет равно 5.

C.1.2 Способ передачи тепла - выбор теплоносителем

Для того чтобы обеспечить надежную и бесперебойную работу тепловых наосов необходимо использовать в первичном контуре незамерзающий теплоноситель на гликолевой основе. Такой теплоноситель должен выдерживать температуру замерзания минимум до –15 °C и включать в себя необходимые защитные ингибиторы. Готовая смесь должна быть гомогенна и иметь одинаковую концентрацию.

Для заполнения первичного контура Viessmann рекомендует применять теплоноситель „Tyfocor“ на этиленгликоле (температура замерзания –15 °C, зеленый).

Расчет объема теплоносителя

Расчет необходимого объема теплоносителя необходимо вести по справочным данным завода-изготовителя с учетом всех необходимых дополнительных принадлежностей (клапанов, насосов и т.п.).

Водонаполнение стандартны пластиковых труб можно увидеть на рис. C.1.2–1. Если трубы имеют другие соотношения диаметров и толщин стенок - смотрите инструкции изготовителя.

$V_R = V_{VL} + V_{EK} + V_{WP}$

V_R необходимый объем теплоносителя, л
V_{VL} объем межсоединений
V_{EK} объем какждого контура зонда, л
V_{WP} объем теплового насоса, л

Указание

При выборе теплоносителя необходимо обращать внимание на сертификацию данного продукта и соответствие его всем все необходимым требованиям:

- допустимая рабочая температура замерзания
- отсутствие необходимых ингибирующих присадок может привести к разрушению первичного теплообменника

Рис. C.1.2–1 Водонаполнение труб

Внешний Ø трубы x толщину стенки в мм	DA	DN	Объем на каждый метр, л
20 x 2,0	20	15	0,201
25 x 2,3	25	20	0,327
32 x 3,0 (2,9)	32	25	0,531
40 x 2,3	40	32	0,984
40 x 3,7			0,835
50 x 2,9	50	40	1,595
50 x 4,6			1,308
63 x 3,6	63	50	2,445
63 x 5,8			2,070

Пример

Общая длина коллектора составляет 5 контуров по 100 м PE-трубы 25 x 2,3 (DA 25) плюс 10 м PE-трубы 32 × 3,0 (DA 32).

$V_{EK} = 5 \cdot 100$ м $\cdot 0{,}327$ л/м
$V_{VL} = 10$ m $\cdot 0{,}531$ л/м
$V_{WP} = 3{,}9$ л

$V_R = 5 \cdot 100$ м $\cdot 0{,}327$ л/м + 10 м $\cdot 0{,}531$ л/м + 3,9 л

Общее водонаполнение труб составляет 172,71 литров.

C.1.3 Объемный расход и перепад давления в рассольном контуре

Для обеспечения эффективности работы теплового насоса и поддержки необходимой температуры во вторичном контуре системы отопления важно знать его длину и гидравлическое сопротивление, чтобы обеспечить заданный объемный расход в первичном контуре.

Чем меньше разница температур в рассольном контуре, тем более высокопотенциальное тепло поступает в испаритель и тем более эффективнее работает тепловой насос. Для грунтовых зондов и коллекторов для расчета массового расхода мы рекомендуем принимать разницу температур 3 K, а максимально допустимую 5 K.

При разнице 3 K теплоноситель может иметь состав 85 % воды и 15 % гликоля с объемным расходом 184 л/ч на кВт.

Эта цифра подчеркивает важность минимизации потерь давления в первичном

Пример

Холодопроизводительность:
6,3 кВт (при B 0 °C / W 35 °C)

Объемный расход рассольного контура = 6,3 кВт · 184 л/(ч · кВт)

Общий объемный расход в рассольном контуре будет равен 1 160 л/ч.

контуре и влияет на общую эффективность всей установки ы целом.
Если общий объемный расход и количество зондоа (коллекторов) известно, можно определить потерю давления с помощью соответствующих диаграмм.

Общая потеря давления будет складываться из потери давления подводящих труб и потери давления в параллельных контурах (петлях).

$\Delta p = \Delta p_{Zподводящих} + \Delta p_{петель}$

Δp	Общая потеря давления в мбар
$\Delta p_{Zuleitung}$	Падение давления в подводящей линии в мбар
$\Delta p_{Rohrkreis}$	Падение давления в контуре трубопроводов в мбар

Пример

Общий расход в рассольном контуре составляет 1 160 л/ч. Общий расход в каждом циркуляционном контуре при 5 параллельных контурах по 100 м PE-трубы 25 x 2,3 (DA 25) составил 1 160/5 = 232 л/ч

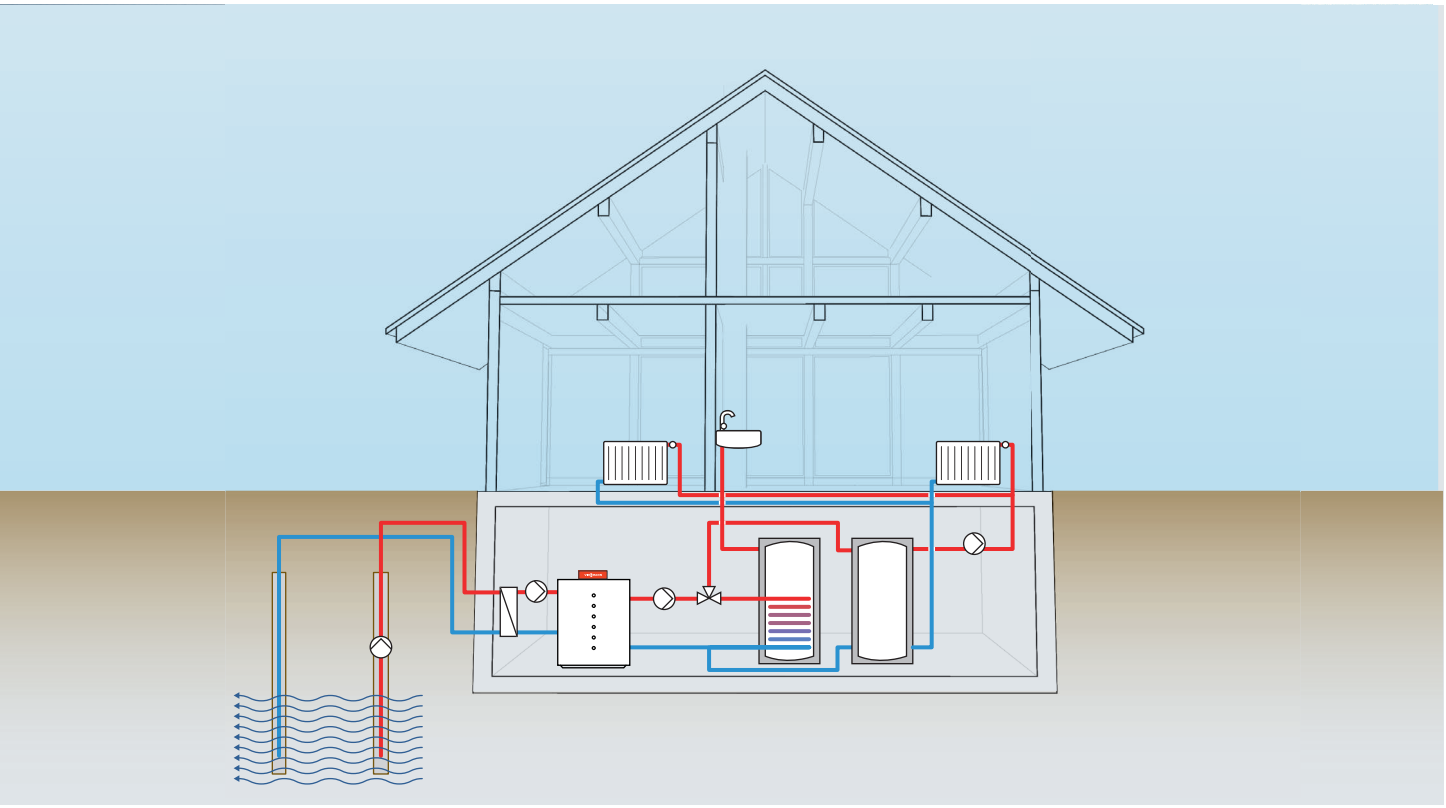
Падение давления в подводящих трубопроводах:
10 м PE-трубы 32 × 3,0 (DA 32) с расходом 1 160 л/ч
Гидравлическое сопротивление каждого метра:
3,0 мбар, общее 30,0 мбар

Падение давления контура циркуляции:
100 м PE-труба 25 x 2,3 (DA 25) с расходом 232 л/ч
Гидравл.сопрот. метра: 0,7 мбар, общее 70,0 мбар
Δp = 70,0 мбар + 30,0 мбар

Общее падение давления 100 мбар.

В тепловых насосах с насосами рассольного контура падение давления теплоносителя в первичном контуре указано в техническом паспорте.

У тепловых насосов без насоса рассольного контура падение давления и объемный расход должны быть расчитаны для насоса внешнего контура. Здесь также должны быть учтены падение давления на испарительном контуре теплового насоса. также эти данные Вы найдете в техническом паспорте.



Водо-водяной тепловой насос

Грунтовые воды могут также выступать как эффективным источником тепловой энергии, так и эффективным охладителем.
Дополнительным требованием для применения водо-водяного теплового насоса является организация дополнительного промежуточного гидравлического контура, для разделения воды и теплоносителя.

Глубинные грунтовые воды имеют почти постоянную температуру в течении года и составляющую от 7 °C до 12 °C. Грунтовая вода с помощью циркуляционного насоса поступает из скважины к тепловому насосу и, отдав тепло и охладившись, сбрасывается обратно в скважину.

При использовании поверхностных грунтовых вод необходимо обращать внимание на тот факт, что температура ее может варьироваться в зависимости от времени года. Как правило, и тот и другой способ использования грунтовых вод требует предварительного согласования с местными надзорными органами и влечет за собой плату за пользование этим ресурсом.

Поскольку качество воды может значительно меняться, для защиты пластинчатого теплообменника теплового насоса необходимо предусмотреть дополнительный теплообменник. Для этих целей оптимально подходят, как показала многолетняя практика, теплообменники из нержавеющей стали.

C.2.1 Грунтовые воды

Для прямого использования грунтовых вод в качестве первичного источника тепла требуется, как минимум, две скважины. Проектирование и непосредственно бурение должны выполняться специализированной организацией, имеющей необходимое разрешение. Бурение в таких случаях должно обязательно разрешаться соответствующими местными органами надзора.

При правильном проектировании и надлежайшем выполнении всех требований водо-водяной тепловой насос в связи с большими первичными температурами позволяет добиться высоких показателей годовой производительности. При проектировании необходимо учесть следующие факторы:

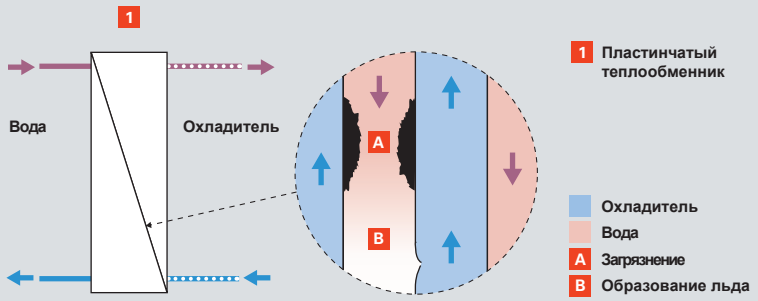
- Достаточное ли количество грунтовых вод доступно для использования? В среднем, необходимо около 250 литров/час на каждый киловат холодопроизводитлеьности теплового насоса. Вы должны быть уверены в дебете скважины на всем протяжении срока эксплуатации теплового насоса.
- Максимальный перепад температуры грунтовых вод составляет +/– 6 K.
- Химический состав грунтовых вод должен удовлетворять определенным требованиям (электропроводимость, содержание кислорода, содержание железа, примесей, солей жескости и т.п.). В зависимости от химического состава грунтовых вод в разной степени подвергаются преждевременному износу компоненты системы трубопроводов (трубы, арматура, теплообменники). Поэтому мы всегда рекомендуем провести предварительный химический анализ грунтовой воды.

Температурный перепад первичного контура что у рассольно-водяного насоса, что у водо-водяного насоса всегда играет значительную роль в эффективности работы теплового насоса. Мы рекомендуем допускать разницу в температур в пределах 3 K, максимум 6 K.

Это максимальное значение не стоит превышать ни при каких обстоятельствах. Зимой грунтовые воды имеют температуру 8 °C и большая температурная разница в контуре может привести к размораживанию теплообменника.

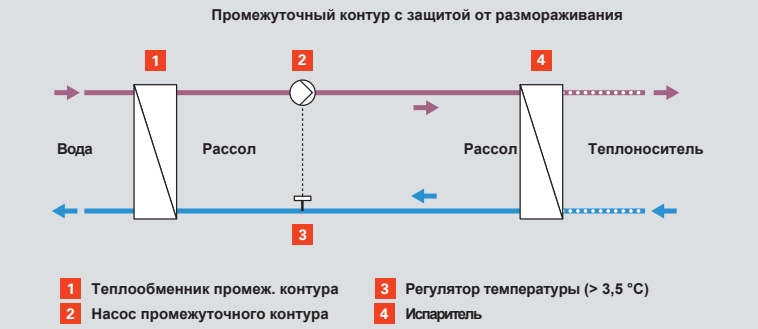
В современных конструкциях тепловых насосов применены очень производительные и эффективные паяные теплообменники, которые очень чувствительны к качеству теплоносителя и высоким температурным перепадам. Они подвергаются высоким нагрузкам и находятся в постоянном контакте со средой теплоносителя первичного контура. Для водо-водяного теплообменника очень важно соблюсти качество теплоносителя первичного контура во избежания отложения солей, локальных температурных напряжений (распайки) и возникновения коррозии.

Рис. C.2.1–1 Особенности применения пластинчатого теплообменника



Локальные загрязнения вызывают эффект "ледяной пробки", когда образовавшееся снижение скорости течения и частички грязи способствуют замораживанию воды и нарастания "ледяной шубы". Таким образом теплообменник теряет свою герметичность, что приводит к выходу из строя всей установки в целом.

Рис. C.2.1–2 Межконтурный теплообменник



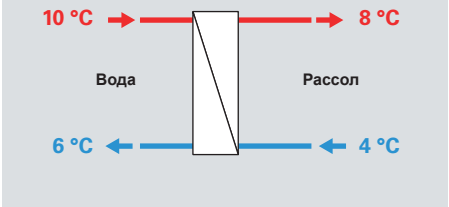
Возникающие нарушения в работе отопительной системы, возникающие из-за качества воды, показывают неоходимость применения промежуточного теплообменника.

Для расчета промежуточного контура теплообмена рекомендуем использовать следующие показатели температурных перепадов - 6 °C до 10 °C (вода) и от 4 °C до 8 °C (теплоноситель). Холодопроизводительность при этом берется из технического пасопрта.

Правильный подбор циркуляционного насоса (объемного расхода) необходимо производить исходя из показаний холодопроизводительности теплового насоса. Кроме этого должно учитываться суммарное падение давления в контуре промежуточного теплообменника, испарителе трубопроводов промежуточного контура.

Рекомендуемые диапазоны температур на схеме промежуточного теплообменника.

Рис. C.2.1–3 Температурные показатели

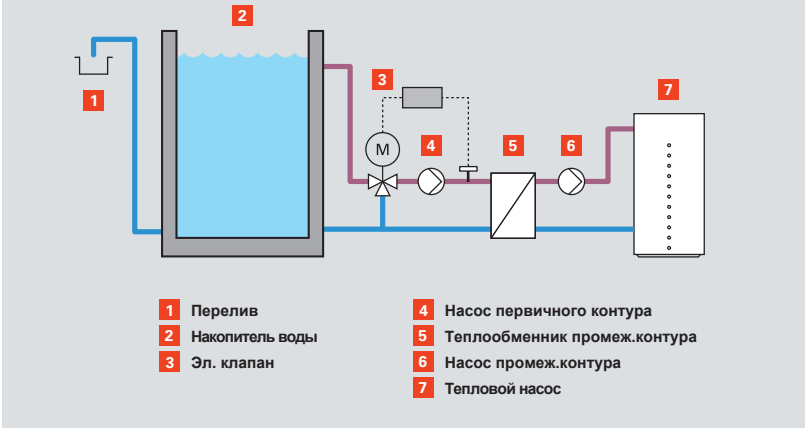


C.2.2 Охлаждающая вода

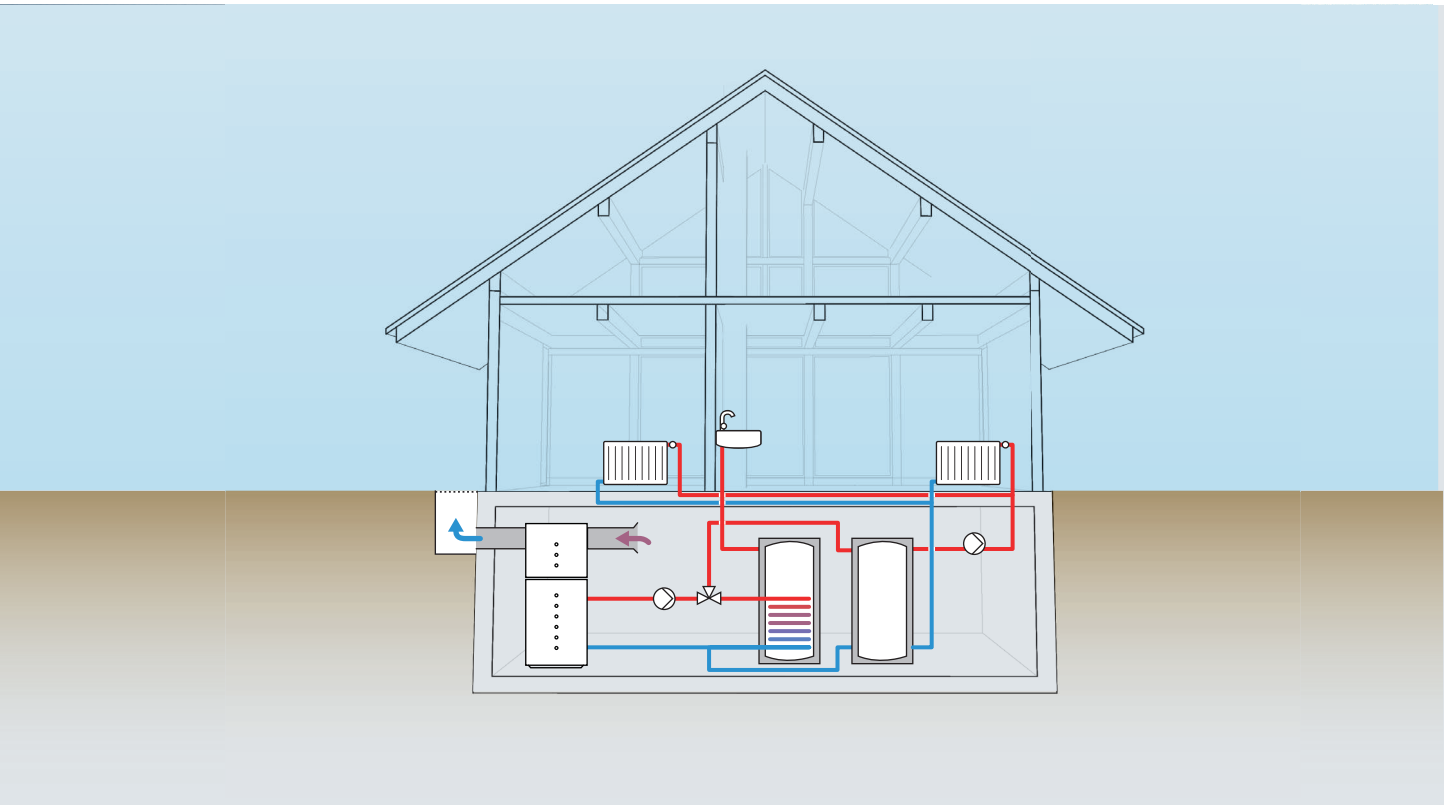
При использовании охлаждающей воды как первичного источника тепла (в том числе технологической охлаждающей воды) необходимо учитывать следующие требования:

- Имеющийся расход охлаждающей воды должен быть не менее указанного минимального расхода.
- Максимальная температура охлаждающей воды должна быть не более 25 °C. Этого можно добиться регулированием температурного диапазона.
- Для этого оптимально можно использовать создание промежуточного контура теплообмена.

Рис. C.2.2–1 Охлаждающая вода как источник тепла



Использование охлаждающей воды с организацией промежуточного контура.



Воздушно-водяной тепловой насос

Воздух, как источник тепла, требует наименьших технических затрат.
Воздух засасывается вентилятором, охлаждается в испарителе, отдавая тепло и выбрасывается обратно в окружающую среду.

Воздух, как источник первичного тепла обладает двумя важнейшими свойствами, которые необходимо учитывать при проектировании и которые будут рассмотрены в этой главе.

Во-первых, воздух летом значительно теплее, чем зимой, что существенно влияет на производительность теплового насоса. Во-вторых, вентиляторы создают сильный шум, который необходимо изолировать.

C.3.1. Воздушно-водяной тепловой насос с встроенным компрессором

В отрасли теплоснабжения используются тепловые насосы как с регулируемым компрессором, так и не регулируемым.

Учитывая определенные условия эксплуатации - тепловые насосы с нерегулируемым Fixspeed-компрессором (с постоянной скоростью вращения) достигают лучшего показателя годовой наработки. При относительно постоянной температуре первичного исо=точника тепла, например, летом и постоянной тепловой нагрузке (плавательный бассейн) - нет необходимости применять регулируемый компрессор. Однако, как правило, для обогрева помещений такие тепловые насосы должны обеспечиваться аккумулирующими накопительными емкостями. Пример рассмотрен в главе D.2.2.

C.3.2 Конструктивные ососбенности

C.3.2.1 Мощность теплового насоса

При использовании окружающего воздуха, как источника первичного тепла следует иметь в виду, что мощность воздушно-водяного теплового насоса увеличивается с повышением температуры окружющего воздуха и снижается с уменьшением. Для моновалентного режима эксплуатации это означает очень большие габариты установки, которые в большую часть годового периода будут не задействованы. Поэтому воздушно-водяные тепловые насосы применяют преимущественно в двухвалентных схемах. Расчетная бивалентная точка наружней температуры должна лежать между –3 °C и –10 °C, тогда годовой показатель использования будем максимальным (см. главу D).

В идеале, желательно подобрать мощность теплового насоса под необходимую тепловую нагрузку здания и среднегодовым показателям наружной температуры. Но, хотя мощностной диапазон тепловых насосов Viessmann весьма широк - подобрать насос с точностью до одного процента невозможно. Мощность будет варьироваться и быть или чуть выше или немного ниже требуемой.

Соответсвенно предварительным расчетам был выбран тепловой насос оптимально соответствующий тепловой нагрузке здания. При предварительном моделировании расчетов, согласно DIN EN 15450 дополнительная электрическая мощность на догрев или покрытие пиковой нагрузки не должна превышать 5 % годового показателя. Если этот показатель ниже, то такая схема с тепловым насосом может быть применена.

Пример

Отопительная нагрузка здания: 15 кВт
Нормальная наружняя температура –14 °C
Температура системы отопления 45/35 °C

Симулятор с 14-киловаттным тепловым насосом показал дополнительное использование "чистой" электроэнергии не более 2 %.

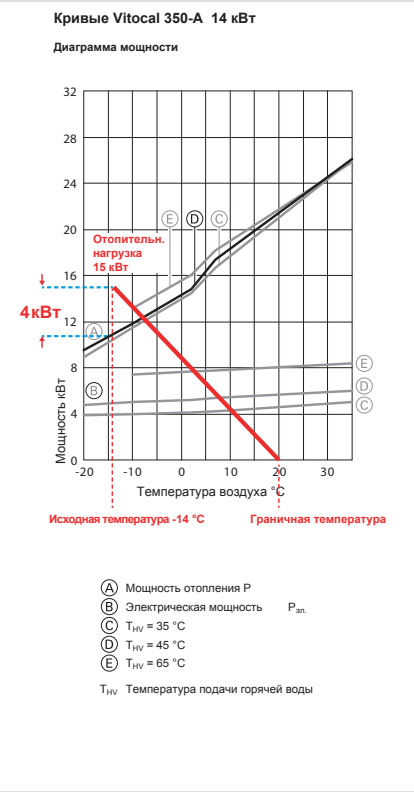
С помощью такой программы моделирования можно расчитать общую электрическую мощность, необходимую для работы системы.

Пример

На диаграмме показан график тепловой нагрузки отопления для 14-киловаттного теплового насоса (красная линия).

Отопительная нагрузка слева от точки пересечения показывает, что тепловой насос не сможет справиться с этой частью нагрузки.

На этом примере это около 4 кВт, которые должны покрываться дополнительным источником теплп.



C.3.2.2 Определение размеров соединительных труб

Производительность тепловых насосов типа воздух-вода в значительной степени зависит от температуры наружного воздуха, поэтому соединительные трубопроводы отопительной системы должны подбираться с особой тщательностью. Это значит: гидравлический и гидродинамический расчет трубопроводов должен быть произведен для температуры и мощности режима максимальной производительности теплового насоса. Таким образом, должно быть гарантировано, что все количествл произведенной тепловой энергии попадет в отопительную систему.

Если тепловой насос используется только для приготовления горячей воды в теплое время года, то максимальной производительности он достигнет при температуре наружного воздуха 35 °C. Температурный перепад в данном случае равен 10 K.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta t$$

$\dot{Q}$ мощность теплового насоса в Вт
$\dot{m}$ объемный расход л/ч
c теплоемкость (воды) в Втч/(кг·K)
Δt температурный перепад в K

Формула для расчета максимального объемного расхода будет представлена таким образом:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t}$$

Пример

Максимальная тепловая нагрузка 14-ти киловаттного теплового насоса (при A 35 °C / W 65 °C) 26 kW.

Для соединительных труб выбираем:
Мощность теплового насоса: 26 кВт
Температурный перепад: 10 K

$\dot{Q}$ = 26 000 Вт
c = 1,16 Втч/(кг·K)
Δt = 10 K

$$\dot{m} = \frac{26\,000 \text{ Вт}}{1{,}16 \text{ Втч/(кг·K)} \cdot 10 \text{ K}} = 2\,241 \text{ л/ч}$$

Максимальный объемный расход 2 200 л/ч.

Bei der Planung von Luft/Wasser-Wärmepumpen ist es außerdem wichtig, zwischen innen und außen aufgestellten Wärmepumpen zu unterscheiden. Bei außen aufgestellten Wärmepumpen muss vor allem die Schallausbreitung in die Umgebung geplant werden, bei innen aufgestellten Wärmepumpen zusätzlich das Luftkanalsystem.

C.3.3 Проектирование защиты от шума

Все более актуальной для жилищного строительства становится проблема защиты от шума, производимого теплогенераторами. Дополнительно необходимо звукоизолировать гидравлические шумы, возникающие в трубопроводах и минимизировать вибрации, передающиеся через элементы конструкции зданий. Тепловые насосы, как теплогенераторы, также нуждаются в подобных мерах.

При использовании наружнего воздуха, как первичного источника тепла, возникает необходимость в использовании вентилятора для подачи баольшого количества воздуха на теплообменник, поэтому при проектировании большое внимание уделяется звуковому давлению, издаваемому этим устройством.

Уровень звуковой мощности L_W означает эмиссию шума от источника, распространяемую во всех направлениях, независимо от условий состояния среды (отражения). Уровень звукового давления измеряется лабораторно и является своим для каждого типа теплового насоса в прямом сравнении.

Уровень звукового давления L_P является мерой, используемой для определения уровня шума в конкретном месте с характерными ему свойствами отражения и поглощения звука. Он является величиной, воспринимаемой человеческим ухом и зависит от растояния от источника звука и условий распространения звуковых волн. Звуковое давление определяется на месте и служит показателем оптимальности расположения теплового насоса.

Воздушные тепловые насосы, устанавливаемы снаружи не так требовательны к пространственному расположению, как устанавливаемые внутри, однако, необходимо обращать внимание на уровень звуковой мощности теплового насоса, указываемого в его техническом паспорте.

Для тепловых насосов установленных снаружи уровень звукового давления устанавлиивается в расчете точки измерения, находящейся на расстоянии 0,5 м от открытого окна.

Рис. C.3.3–1 Звуковое давление и мощность звука

Мощность звука зависит от источника, а ухо улавливает звуковое давление.

Рис. C.3.3–2 Значения звукового давления вне помещений

	Дневные	Ночные
Индустриальная зона	70 дБ(A)	70 дБ(A)
Смешанная городская жилая зона	65 дБ(A)	50 дБ(A)
В деревенских, сельских областях	60 дБ(A)	45 дБ(A)
В небольших жилых районах и населенных пунктах	55 дБ(A)	40 дБ(A)
В спальных жилых районах	50 дБ(A)	35 дБ(A)
В курортных областях, санаториях, больницах	45 дБ(A)	35 дБ(A)

Показатели звукового давления

Помещения, нуждающиеся в дополнительнй защите от шума согласно DIN 4109:

- Жилые комнаты и спальни
- Детские комнаты
- Офисные помещения/бюро
- Классные комнаты/лекционные помещения

Указание

Если значения звукового давления превышают нормативные показатели для данного типа помещения не более, чем на 3 дБ(А), необходимо провести детальные акустические измерения на этом объекте.

Для определения звукового давления от теплового насоса для заданного помещения необходимо воспользоваться расчетом.

По этой формуле можно определить значение звукового давления от прибора и необходимое расстояние до него от наблюдателя, для проведения возможных мероприятий по звукоизоляции или увеличения необходимого расстояния:

$$L_P = L_W + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2}\right)$$

L_P уровень звукового давления в точке наблюдения (приемнике ТА)
L_W уровень звуковой мощности установки (указан в техническом паспорте)
Q Фактор восприятия (направленности)
r расстояние между приемником и источником звука

Фактор восприятия (направленности) Q определяет распространение звуковых волн в пространстве от источника звука. если источник звука находится в абсолютно пустом помещении по центру, и не имеет преград, то звук считается равномерно (сферически) распространяемым во всех направлениях и фактор Q = 1.

Если источник звука находится на поверхности Земли, то звуковоые волны могут распространяться вокруг него только по полусфере. Фактор направленности Q (как на рисунке 3.3-3) будет распределяться равномерно и будет равен 2. Чем более узок угол распространения звука (много поверхностей отражения), тем более высоким будет значение этого фактора.

Системы управления Viessmann предоставляют возможность снижения уровня шума приборов в ночной период.

Рис. C.3.3–3 Фактор восприятия (направленности)

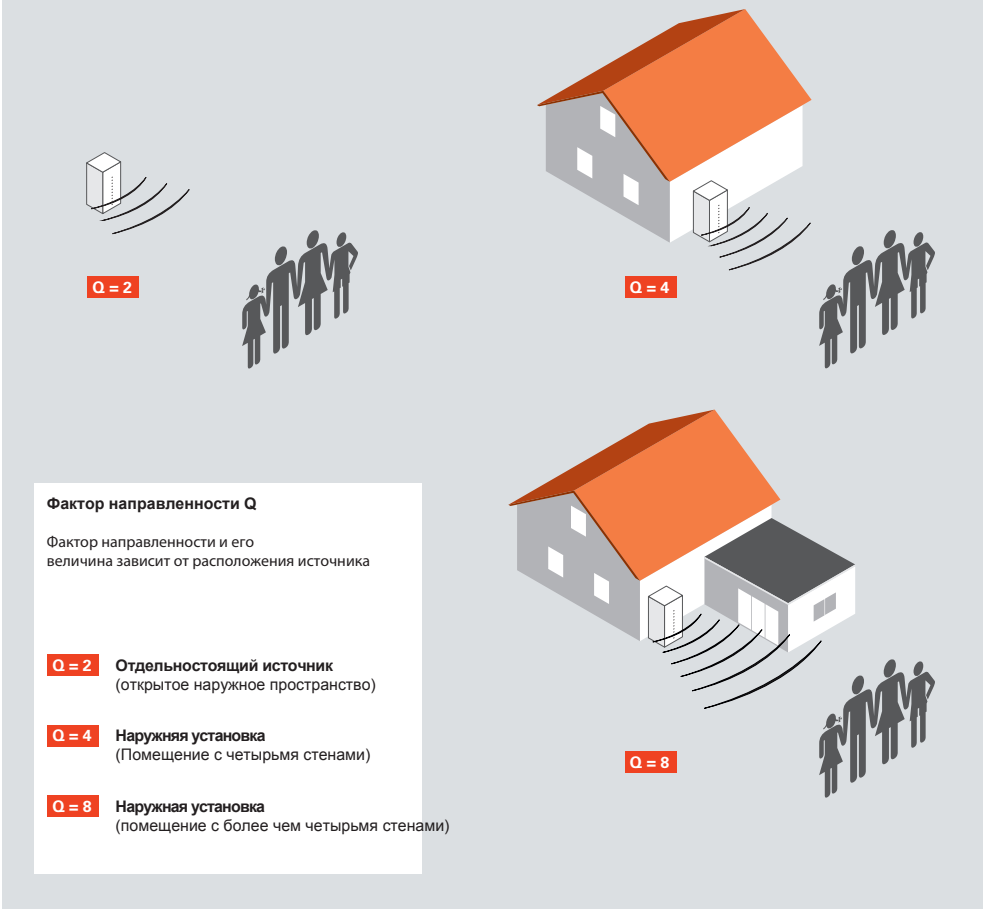


Рис. C.3.3–4 Уровень звукового давления

Фактор направленности Q	Расстояние до источника звука в метрах								
	1	2	4	5	6	8	10	12	15
	Уровень звукового давления L_P на основе уровня звуковой мощности L_W в дБ(A)								
2	-8	-14	-20	-22	-23,5	-26	-28	-29,5	-31,5
4	-5	-11	-17	-19	-20,5	-23	-25	-26,5	-28,5
8	-2	-8	-14	-16	-17,5	-20	-22	-23,5	-25,5

Определение уровня звукового давления на основе звуковой мощности.

Пример

Выбран тепловой насос 14 кВт

Тепловой насос установлен у наружной стены дома с фактором направленности Q 4. Дом стоит в жилом секторе с ограничением по уровню шума днем 55 дБ(A) и ночью 40 дБ(A).

Звуковая мощность по техническому паспорту теплового насоса:

Vitocal 350-A **тип**	**14 кВт**
Звуковая мощность L_W	
– Ступень вентилятора 1	56 дБ(A)
– Ступень вентилятора 2	57 дБ(A)
– Ступень вентилятора 1	59 дБ(A)

Для определения требуемого минимального расстояния до жилого помещения установим 3 скорость вращения вентилятра (59 db(A)) при факторе Q 4.

Уменьшение уровня звукового давления см. по рис. C.3.3–4

Дневной показатель
Уменьшение уровня звукового давления на рсстоянии в 1 метр составляет 5 дБ(A)

59 дБ(A) – 5 дБ(A) < 55 db(A)

Этот тепловой насос может быть размещен на расстоянии 1 метра от помещения.

Ночной показатель
Уменьшение уровня звукового давления на расстоянии 5 м составляет 19 дБ(A)

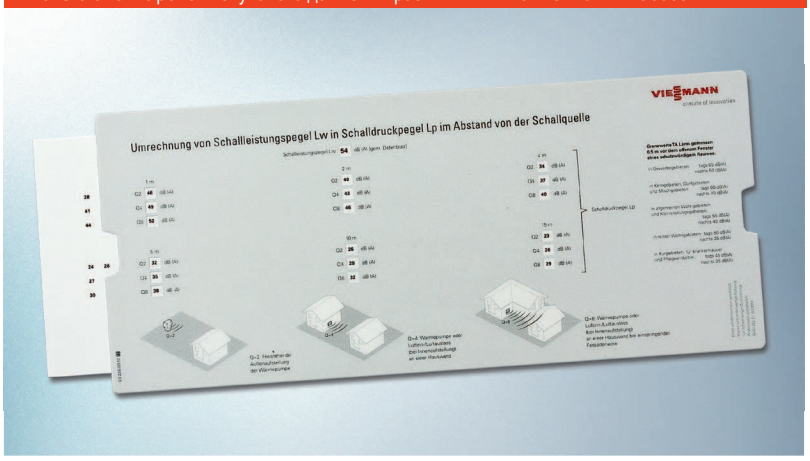
59 дБ(A) – 19 дБ(A) = 40 дБ(A)

Этот тепловой насос может быть постоянно установлен на расстоянии 5 м от помещения.

Для удобства определения уровня звукового давления и необходимых минимальных расстояний могут быть использованы критерии рис. C.3.3–4 или расчетных показателей Viessmann (см. рис. C.3.3–5).

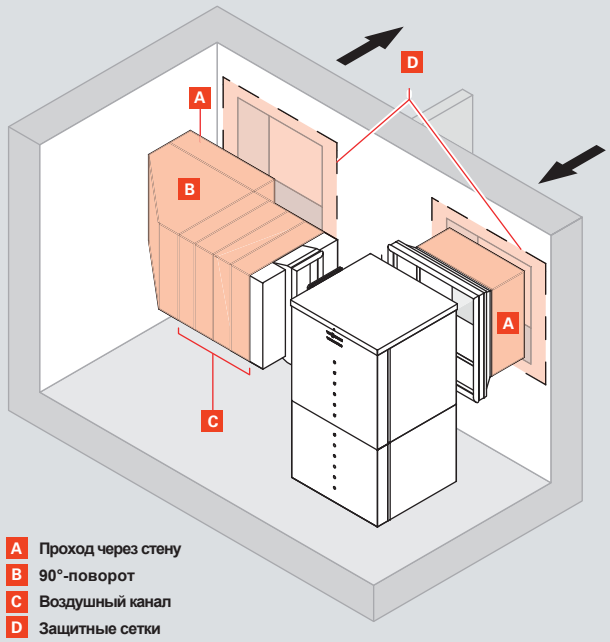
Подробную инфориацию о системах звукового контроля Viessmann Вы найдете в главе D.

Рис. C.3.3–5 Уровень звукового давления различных типов тепловых насосов



Этот пластиковый слайдер используется как расчетная линейка.

Рис. C.3.4–1 Забор воздуха для внутренней установки



C.3.4 Внутренняя установка воздушно-водяных тепловых насосов

Для тепловых насосв установленных внутри помещения необходимо организовать систему подводящих воздуховодов наружного воздуха. Поэтому необходимо провести расчет потери давления в них.

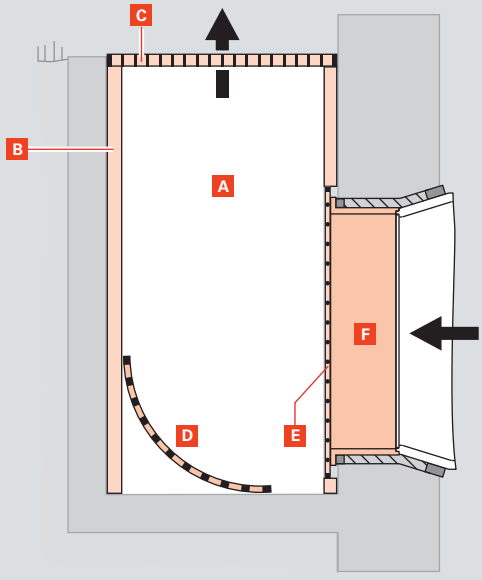
В техническом паспорте теплового насоса указана величина падения давления воздуха, которое может преодолеть вентилятор. Согласно этой величины необходимо проверить пропускную способность приточных воздуховодов.

Падение давления воздуха в каналах зависит от их пропускной способности и конструктивных элементов и указывается в техническом паспорте теплового насоса.

$\Delta p < \Delta p_{доп}$

Δp Общее падение давления в Па
$\Delta p_{доп}$ Допустимое падение давления в Па

Рис. C.3.4–2 Поток воздуха в канале



$\Delta p = \sum \Delta p1 + \sum \Delta p2 + \sum \Delta p3$

$\sum \Delta p1$ Сумма сопротивлений элементов прохода через стену
$\sum \Delta p2$ Сумма аэродинамических сопротивлений колен 90°
$\sum \Delta p3$ Сумма сопротивления защитных погодных сеток

Для соединения элементов воздшных каналов необходимо обращать внимание на недопустимость уменьшения проходного сечения каналов "в свету", чтобы избежать возникновения аэродинамических шумов. Поэтому обращайте внимание на наши рекомендации по организации движения воздуха внутри каналов, представленных на рис. C.3.4–2.

Пример

Тепловой насос 14 кВт, установлен внутри.

Максимально допустимый перепад давления указанный в техпаспорте равен 45 Па.

Для организации подачи воздуха необходим канал длиной 3,5 м,

Воздушный канал состоит из:

- 10 прямых элементов по 0,35 м = 3,5 м
- 1 колено 90°
- двух защитных сеток

Vitocal 350-A **тип**	**14 кВт**
Звуковая мощность L_w	
– Ступень вентилятора 1	56 дБ(А)
– Ступень вентилятора 2	57 дБ(А)
– Ступень вентилятора 1	59 дБ(А)

Тепловой насос 350-A, мощность 14 кВт
Расход воздуха 4 000 м^3/ч
Допустимый перепад давления $\Delta p_{доп}$ 45 Па

Сопротивление прохода через стену: 0,07 Па
Сопротивление колена 90°: 2,0 Па
Сопротивление защитных сеток: 20 Па

Общее падение давления

$\Delta p = 3{,}5 \cdot 0{,}07$ Па + 2,0 Па + $2 \cdot 20$ Па = 42,245 Па

$\Delta p < \Delta p_{доп}$

Выбранная система воздуховодов допустима к работе с указанным тепловым насосом.

VIESMANN
VITOCAL 300

D Проектирование установок

После рассмотрения различных видов источников первичной энергии для тепловых насосов, в этой главе основное внимание уделяется различным системным компонентам. Только правильным проектированием определяется эффектвность работы всей системы в целом.

Эффективность работы всей системы в целом достигается оптимальным взаимодействием всех системных компонентов. проектирование и монтаж системы отопления должен отвечать трем важнейшим аспектам: комфорту для потребителя, безопасности эксплуатации и минимальным затратам первичной и вспомогательной энергии.

В этой главе представлена информация по проектированию и монтажу системы отопления с тепловыми насосами, которая важна для правильного подбора основного оборудования и необходимых системных компонентов. В конце главы представлены основные вопросы и помощь при проектировании.

86 D.1 Режимы работы

87 D.1.1 Моновалентный режим работы
87 D.1.2 Бивалентный режим работы
89 D.1.3 Каскадная установка
90 D.1.4 Комбинирование с возобновляемыми источниками

92 D.2 Вторичный контур

93 D.2.1 Горячее водоснабжение (TWE)
106 D.2.2 Отопление
111 D.2.3 Охлаждение

116 D.3 Выбор мощности и помощь в проектировании

117 D.3.1 Определение мощности теплового насоса
118 D.3.2 Помощь в выборе типа теплового насоса

Режимы работы

В зависимости от характера отопления и необходимости различных температур для отопления, существует выбор типа теплового насоса или его комбинации с другим теплогенератором.

Эффективность работы теплового насоса в значительной степени зависит от типа применяемой отопительной системы и необходимого графика температуры подачи. При новом строительстве наиболее эффективно использовать низкотемпературные системы отопления, такие, как панельные излучатели, системы теплого пола и др. При модернизации также выявляют оптимальные конструкторские схемы возможности примения теплового насоса как в моновалентном режиме эксплуатации, так и в бивалентном при необходимости более высоких температур. Тепловой насос в системе отопления является очень эффективным решением при правильном подборе типа теплового насоса, компетентном проектировании установки и ее инсталяции.

Как было отмечено выше, тепловые насосы могут работать как в моновалентном режиме, так и в бивалентном. Причем в бивалентном режиме возможна эксплуатация со вторым теплогенератором как в полном параллельном режиме, так и частичном.

D.1.1 Моновалентный режим работы

В этом режиме эксплуатации тепловой насос является единственным источником тепла для помещения, включая отопление и горячее водоснабжение. Требуемая максимальная температура подачи в отопительную систему в данном случае должна быть немного ниже максимально возможной температуры подачи теплового насоса.

D.1.2 Бивалентный режим работы

При необходимости в более высоких температурных графиках системы отопления используют второй источник тепла. В этом случае тепловой насос выступает как основной теплогенератор, а более высокую температуру системы отопления обеспечивает дополнительный пиковый котел.Если в этом случае используется электронагревательный котел (или электронагревательная вставка) - говорят о моноэнергетическом режиме работы системы.

D.1.2.1 Параллельный режим работы

Тепловой насос может быть единственным теплогенератором на объекте только до определенной температуры наружного воздуха (точка бивалентности). Ниже этой температуры должен включаться второй теплогенератор.

При определении тепловой нагрузки и выбора режима эксплуатации теплового насоса учитывают: моновалентный режим работы теплового насоса влечет за собой полную нагрузку в течении всего года, а параллельный позволяет выровнять нагрузку, используя для зимних максимумов пиковый котел. Выбор режима работы влияет также на количество зондов, их протяженность или площадь поверхности зондов.

Доля работы теплового насоса во всей системе определяется по рис. D.1.2–4.

Рис. D.1.1–1 Моновалентный режим

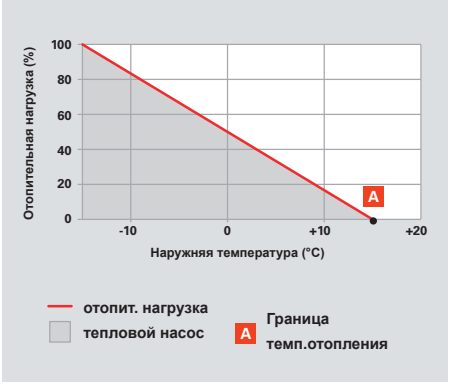
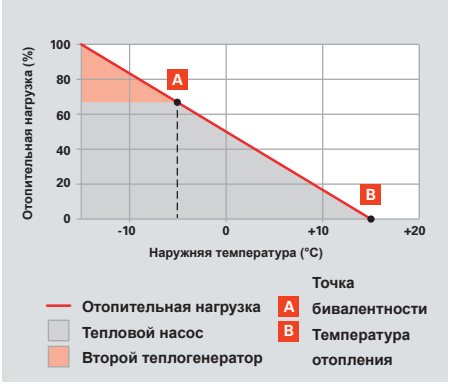


Рис. D.1.2–1 Параллельный режим



Тепловой насос является либо единственным источником тепла (рис. D.1.1–1) либо обеспечен поддержкой второго теплогенератора (рис. D.1.2–1).

Решающим фактором при проектирования является решение: либо тепловой насос при достижении точки бивалентности выключается полностью (рис. D.1.2–2), либо продолжает работать с включаемым параллельно вторым теплогенератором (рис. D.1.2–3).

Рис. D.1.2–2 Альтернативный режим

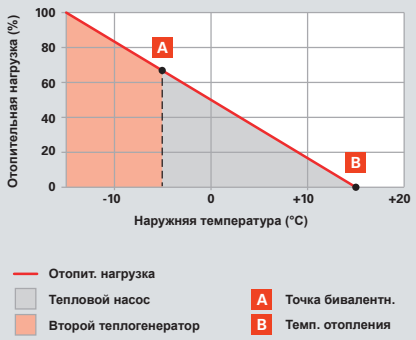
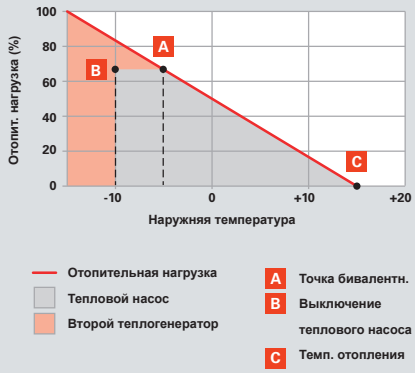


Рис. D.1.2–3 Параллельный режим



D.1.2.2 Альтернативный режим

Тепловой насос в этом режиме несет полную тепловую нагрузка объекта пока не достигнет точки бивалентности. После этого он отключается, а всю нагрузку воспринимает второй теплогенератор, который обеспечивает необходимый температурный график. Первичный источник тепла расчитывается на максимальную тепловую нагрузку данного объекта с необходимым расчетом глубины скважин или площади поверхности грунтовых коллекторов.

D.1.2.3 Параллельный режим

В этом режиме тепловой насос несет только тепловую нагрузку до точки бивалентности. Затем функцию догрева воспринимает на себя второй теплогенератор, который нагревает теплоноситель до необходимой температуры графика отопления. Тепловой насос продолжает работать вместе со вторым теплогенератором в параллельном режиме.

Как и в первом случае (альтернативный режим), при необходимости включения второго теплогенератора, он берет на себя максимальную нагрузку для поддержания оптимального КПД установки.

Доля теплового насоса наглядно представлена в немецком промышленном стандарте DIN 4701-10 и может быть также расчитана по VDI 4650 (см. рис. D.1.2–4).

Участие теплового насоса в бивалентном режиме эксплуатации определяется точкой бивалентности и выбранным режимом работы.

Рис. D.1.2–4 Участие теплового насоса в параллельном режиме по DIN 4701 часть 10

Bivalenzpunkt ϑ_{Biv} [°C]	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3
Leistungsanteil μ [-]	0,77	0,73	0,69	0,65	0,62	0,58	0,54	0,50
Deckungsanteil $\alpha_{H,g}$ [-] bei biv.-paral. Betrieb	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96
Deckungsanteil $\alpha_{H,g}$ [-] bei biv.-altern. Betrieb	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,91	0,87	0,83

Bivalenzpunkt ϑ_{Biv} [°C]	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Leistungsanteil μ [-]	0,46	0,42	0,38	0,35	0,31	0,27	0,23	0,19
Deckungsanteil $\alpha_{H,g}$ [-] bei biv.-paral. Betrieb	0,95	0,93	0,90	0,87	0,83	0,77	0,70	0,61
Deckungsanteil $\alpha_{H,g}$ [-] bei biv.-altern. Betrieb	0,78	0,71	0,64	0,55	0,46	0,37	0,28	0,19

D.1.3 Каскадная установка

Тепловые насосы в настоящее время главным образом применяются в системах теплоснабжения частных домов или коттеджей. Проектируемая мощность таких объектов может быть полностью покрыта уже имеющимися серийно производящимися тепловыми насосами. Кроме этого, растет применение тепловых насосов для объектов большей мощности, таких как муниципальные многоквартирные дома, коммунальные объекты и объекты индустриального сектора. Здесь тепловые насосы обеспечивают не только отопление и горячее водоснабжение, но и естественное охлаждение помещений.

Для этих целей доступны как серийно изготавливаемые насосы, так и выполняемые под заказ. Например, для обеспечения высокой эффективности для объектов большой мощности тепловые насосы объединяются в каскажную установку.

Каскадная установка состоит из нескольких модулей и обеспечивает следующие преимущества: отдельные модули могут быть легко подключены к действующей установке на любом этапе развития объекта и способствуют гибкому проектированию системы отопления в целом. Таким образом, можно объединить в единую сеть модули различной мощности с различными температурами подачи.

D.1.3.1 Каскадная установка с постоянным уровнем температуры

Каскадная система может быть организована таким образом, что при переменной тепловой нагрузке будет последовательно включаться то количество модулей, которое необходимо для оптимальной работы системы теплоснабжения в целом. Тепловая нагрузка объекта отслеживается контроллером каскадного управления тепловыми насосами с соответствующим управлением отдельными модулями в каскаде. В качестве общего знаменателя используются показания температуры "обратки".

D.1.3.2 Каскадная установка с различными уровнями температуры

Системы теплоснабжения с различными уровнями температуры подачи могут быть также успешно реализованы с тепловыми насосами работающими в каскаде. Например, многоквартирные дома с разделенными контурами отопления и горячего теплоснабжения, первые из которых обеспечиваются тепловыми насосами с температурой подачи 70 °C, а вторые - температурой до 60°C. Это невозможно было бы осуществить, имея только один модуль теплового насоса.

Рис. D.1.3–1 Каскадная установка

Для обеспечения большей мощности отопления отдельные модули тепловых насосов объединяются в каскад.

D.1.4 Комбинация с альтернативными источниками энергии

Тепловые насосы могут быть как единственными генераторами тепла, так и работать в комбинации с другими альтернативными источниками энергии. Весьма эффективным является сочетание тепловых насосов с солнечными коллекторами или котлами, работающих на древесном топливе.

D.1.4.1 Тепловые насосы и солнечные коллекторы

Сочетание тепловых насосов и солнечных коллекторов дает возможность соединить использование двух возобновляемых альтернативных видов первичной энергии в эффективную систему отопления. Как и в паре с любым другим источником тепла тепловой насос совместно с солнечными коллекторами может обеспечить горячее водоснабжение, отопление и подогрев плавательного бассейна. Соответствующие примеры проектирования указаны в настоящем руководстве в главе C.3.

Рис. D.1.4–1 Тепловой насос компакт

Рассольно-водяной тепловой насос Vitocal 343-G с поддержкой солнечных коллекторов.

Солнечные коллекторы позволяют повысить эффективность отопительной ситемы с тепловым насосом, воспринимая нагрузку горячего водоснабжения в течении почти полугодового периода. В комплексной программе поставки доступны компактные тепловые насосы с уже интегрированной насосной группой и системными подключениями солнечных коллекторов (см. рис. D.1.4–2).

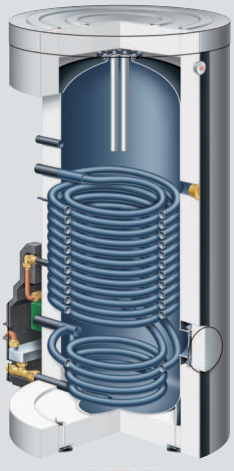
Воздушно-водяные тепловые насосы с повышением наружной температуры увеличивают свою производительность, когда тепловая нагрузка минимальна, поэтому на помощь приходят солнечные коллекторы.

В связи с низкой температурой подачи в систему теплоснабжения тепловых насосов,

поддержка солнечными коллекторами с высокой температурой подачи весьма эффективна и позволяет накапливать тепло в комбинированных или отдельных емкостных накопителях для оптимального распределения его в системе теплоснабжения в течении суток.

Комбинация применения тепловых насосов с солнечными коллекторами очень эффективна и при подогреве плавательных бассейнов. Тепловой насос в таком случае будет работать только в пиковых режимах.

Рис. D.1.4–2 Емкостный водонагреватель



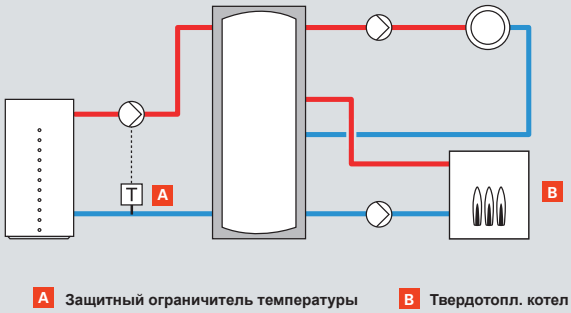
Емкостный водонагреватель Vitocell 100-CVW с системными подключениями солнечных коллекторов.

D.1.4.2 Тепловой насос и твердотопливный котел

Еще одна возможность применения альтернативных источников энергии в системе отопления с тепловым насосом - использование твердотопливного котла. Это может быть как пеллетный, так и котел для работы на поленьях, щепе, как с ручной загрузкой, так и с автоматической подачей.

Гидравическую связь устройств необходимо организовывать через накопительную емкость. Устройство управления тепловым насосом контролирует температуру подачи в систему отопления и при необходимости подключается для покрытия пиковой нагрузки. При комбинации теплового насоса и твердотопливного котла необходимо предусмотреть защиту теплового насоса от высокой температуры подачи накопительной емкости. Для этого служит устройство - ограничитель температуры.

Рис. D.1.4–3 Тепловой насос и твердотопливный котел



Применение твердотопливного котла в системе с тепловым насосом.

Вторичный контур

В дополнение к правильно выбранному первичному источнику тепла и оптимально подобранной модели оборудования большую роль в эффективности работы отопительной системы играет грамотное проектирование и профессиональный монтаж тепловых насосов.

Максимальная температура подачи системы отопления, организация схемы подмеса, необходимый объемный расход горячей воды, гидравлическая схема вторичного контура - все это влияет на величину первичных энергозатрат и, в итоге, на величину издержек на теплоснабжение. Это касается любой современной энергоэффективной отопительной техники. В системе отопления с применением тепловых насосов ошибки при проектировании и неграмотном выполнении монтажа могут привести к значительной потери эффективности работы системы. Больше, чем, например, в системе с конденсационными котлами.

Необходимо помнить, что тепловые насосы работают с максимальной эффективностью при перепаде температур во вторичном контуре между 5 и 10 K. Благодаря этому обеспечивается высокая эффективность процесса конденсации, позволяющего увеличичить общую эффективность работы системы отопления и горячего водоснабжения.

Режимы отопления и горячего водоснабжения в отдельности будут рассмотрены в этой главе ниже.

D.2.1 Горячее водоснабжение (ГВС)

Приготовление горячей воды с помощью тепловых насосов может осуществляться следующими ыидами схем:

- Центральное горячее водоснабжение тепловыми насосами
- Центральное ГВС с накопительными емкостями
- Центральное ГВС с накопительными емкостями и отопление
- Децентрализованное ГВС поквартирных автономных систем
- Децентрализованное ГВС электрическими вспомогательными устройствами

D.2.1.1 Температура и гигиена

При проектировании внутренних систем горячего водоснабжения должны быть соблюдены два основных требования: из гигиенических соображений, емкости запаса горячей воды должны быть как можно меньше для данной системы горячего водоснабжения объекта, чтобы обеспечивался постоянный полный расход горячей воды. Чем меньше объем накопительных емкостей, тем более производительными должны быть теплогнераторы. Современные отопительные устройства с большим модуляционным диапазоном мощности позволяют соблюсти эти условия и подобрать оптимальные устройства без больших инвестиционных затрат.

При ограниченой мощности теплового насоса пиковые нагрузки будут покрываться теплом из емкостных накопителей, поэтому необходимо соблюсти эти необходимые условия эксплуатации при проектировании.

Рабочий документ DVGW W 551 определяет различные гигиенические аспекты установок малой и большой мощности. К установкам малой мощности относят установки для индивидуальных домов и коттеджей с объемом накопительной емкости около 400 л и объемом теплоносителя в системе внутренних соединительных магистралей между емкостным накопителем и источником тепла не более 3 литров.

Многоквартирные дома, офисные помещения и муниципальные объекты относятся к установкам большой мощности, с объемом накопительных емкостей более 400 литров и водосодержанием в каждой соединительной магистрале между накопительной емкостью и теплогенераторм более 3 литров.

Предписания DVGW-W551 требуют соблюдения для установок большой мощности уровня температуры не менее 60 °C в накопителе ГВС. Температура обратки в циркуляционном контуре должна быть не менее 55 °C.

Для режима горячего водоснабжения подразумевается обязательный нагрев воды не менее одного раза в день минимум до 60 °C или выше. Для установок малой мощности подразумевается поддержание температуры на выходе 60 °C.

Тепловые насосы стандартного исполнения работающие на обычном хладогенте достигают максимальной температуры подачи между 55 °C и 65 °C. При максимальной температуре подачи равной 55 °C - температура ГВС составляет 48 °C, а при температуре подачи 65 °C составляет максимум 58 °C. Для достижения таких температур работают тепловые насосы с очень низким коэффициентом производительности (COP 2,5–3,3 для темпаратуры первичного источника).

Для удовлетворения гигиенических требований температура горячего водоснабжения многоквартирных домов должна быть на выходе из накопителя не менее 60 °C. Это можно осуществить с помощью бивалентной схемы (второго источника тепла) или специальными тепловыми насосами с температурой подачи 75 °C или прямым электрическим нагревом.

D.2.1.2 Оценка потребности

Для оценки потребности на практике существует несколько подходов:

для жилого сектора расчет ведется согласно немецкого строительного стандарта DIN 4708 часть 2. Учитывая санитарно-бытовое оснащение квартир в многоквартирном доме или количество индивидуальных коттеджей, а также количество проживающих и возможность одновременного открытия точек водоразбора определяется потребительский индекс/число N. Этот показатель, наряду с производительностью котла и NL-числа накопителя определяет основу проектирования горячего водоснабжения объекта.

Однако, надо учитывать, что, к примеру, NL-число горячего водоснабжения с помощью тепловых насосов отличается от аналогичного показателя традиционных отопительных котлов.

Поэтому, в первую очередь, необходимо обращать внимание на такие важные факторы, как: суточный расход воды, максимальный (пиковый) расход, возможные потери и тепловая производительность выбранного теплового насоса для режимов отопления и горячего водоснабжения.

Мощность приготовления горячей воды TWW должна обеспечивать режим приоритета приготовления горячей воды перед режимом отопления.

Для определения полной нагрузки теплоснабжения необходимо в первую очередь расчитать отопительную нагрузку и нагрузку отопления. После этого определяют реальную нагрузку в период максимального водоразбора с учетом одновременного открытия точек водоразбора. Для европейского потребителя эти нормы представлены в EN 15450 главы E на примере семьи из трех человек.

Из величины максимальной нагрузки горячего водоснабжения определяют пиковую производительность теплогенератора и максимальный объем накопительной емкости.

Указание

Приблизительно устанавливается показатель ежегодной потребности в горячем водоснабжении на 1 человека равного 1,45 кВтч. При расчете температуры подачи 60 °C это соответствует 25 литрам на человека ежедневно.

Согласно руководящим нормам EN 15450 определяется расход горячего водоснабжения и потребления энергии для различных категорий потребителей.

Рис. D.2.1–1 EN 15450: расходы ГВС и их соотношение

Zapfart	Energie kWh	Volumen l	Gewünschter Wert für Δϑ K	Zapfungsdauer bei angegebenen Massenstrom min			
				bei 3,5 l/min	bei 5,5 l/min	bei 7,5 l/min	bei 9 l/min
Wenig	0,105	3	30	0,9	0,5	0,4	0,3
Fußboden	0,105	3	30	0,9	0,5	0,4	0,3
Reinigen	0,105	2	45	0,6	0,4	0,3	0,2
Geschirrspülen wenig	0,315	6	45	1,7	1,1	0,8	0,7
Geschirrspülen mittel	0,420	8	45	2,3	1,5	1,1	0,9
Geschirrspülen mehr	0,735	14	45	4,0	2,5	1,9	1,6
„Viel“	0,525	15	30	4,3	2,7	2,0	1,7
Duschen	1,400	40	30	11,4	7,3	5,3	4,4
Baden	3,605	103	30	29,4	18,7	13,7	11,4

В дополнение к EN 15450 здесь указан средний расход на некоторые целевые группы.

Рис. D.2.1–2 EN 15450: Средний расход на 1 персону (36 литров при 60 °C)

Nr.	Tageszeit hh:mm	Energie Zapf-vorgang kWh	Bezugsperiode für Teilspeichersysteme		Zapfart	Gewünschter Wert für $\Delta\theta$ (während der Entnahme zu erreichen) K	Mindestwert von θ für den Start des Zählens der Energie-nutzung °C
1	07:00	0,105			wenig		25
2	07:30	0,105			wenig		25
3	08:30	0,105			wenig		25
4	09:30	0,105			wenig		25
5	11:30	0,105			wenig		25
6	11:45	0,105			wenig		25
7	12:45	0,315			Geschirrspülen	50	0
8	18:00	0,105			wenig		25
9	18:15	0,105			Reinigen		45
10	20:30	0,420			Geschirrspülen	50	0
11	21:30	0,525			viel		45
	Q_{DP} [kWh]	**2,1**	**1,78**	**0,945**			
	t_{DP} [hh:mm]	**14:30**	**9:00**	**1:00**			
					36 Liter bei 60 °C		

Рис. D.2.1–3 EN 15450: Средний расход на 1 семью (без ванны, 100 литров при 60 °C)

Nr.	Tageszeit hh:mm	Energie Zapf-vorgang kWh	Bezugsperiode für Teilspeichersysteme		Zapfart	Gewünschter Wert für $\Delta\theta$ (während der Entnahme zu erreichen) K	Mindestwert von θ für den Start des Zählens der Energie-nutzung °C
1	07:00	0,105			wenig		25
2	07:15	1,400			Duschen		40
3	07:30	0,105			wenig		25
4	08:01	0,105			wenig		25
5	08:15	0,105			wenig		25
6	08:30	0,105			wenig		25
7	08:45	0,105			wenig		25
8	09:00	0,105			wenig		25
9	09:30	0,105			wenig		25
10	10:30	0,105			Fußboden	30	10
11	11:30	0,105			wenig		25
12	11:45	0,105			wenig		25
13	12:45	0,315			Geschirrspülen	45	10
14	14:30	0,105			wenig		25
15	15:30	0,105			wenig		25
16	16:30	0,105			wenig		25
17	18:00	0,105			wenig		25
18	18:15	0,105			Reinigen		40
19	18:30	0,105			Reinigen		40
20	19:00	0,105			wenig		25
21	20:30	0,735			Geschirrspülen	45	10
22	21:15	0,105			wenig		25
23	21:30	1,400			Duschen		40
	Q_{DP} [kWh]	**5,845**	**5,740**	**2,24**			
	t_{DP} [hh:mm]	**14:30**	**14:15**	**1:00**			
					100,2 Liter bei 60 °C		

Рис. D.2.1–4 EN 15450: Средний расход на 1 семью (с ванной, 200 литров при 60 °C)

Nr.	Tageszeit hh:mm	Energie Zapf-vorgang kWh	Bezugsperiode für Teilspeichersysteme		Zapfart	Gewünschter Wert für $\Delta\theta$ (während der Entnahme zu erreichen) K	Mindestwert von θ für den Start des Zählens der Energie-nutzung °C
1	07:00	0,105			wenig		25
2	07:05	1,400			Dusche		40
3	07:30	0,105			wenig		25
4	07:45	0,105			wenig		25
5	08:05	3,605			Bad	30	10
6	08:25	0,105			wenig		25
7	08:30	0,105			wenig		25
8	08:45	0,105			wenig		25
9	09:00	0,105			wenig		25
10	09:30	0,105			wenig		25
11	10:30	0,105			Fußboden	30	10
12	11:30	0,105			wenig		25
13	11:45	0,105			wenig		25
14	12:45	0,315			Geschirrspülen	45	10
15	14:30	0,105			wenig		25
16	15:30	0,105			wenig		25
17	16:30	0,105			wenig		25
18	18:00	0,105			wenig		25
19	18:15	0,105			sauber		40
20	18:30	0,105			sauber		40
21	19:00	0,105			wenig		25
22	20:30	0,735			Geschirrspülen	45	10
23	21:00	3,605			Bad	30	10
24	21:30	0,105			wenig		25
	Q_{DP} [kWh]	**11,655**	**11,445**	**4,445**			
	t_{DP} [hh:mm]	**14:30**	**13:55**	**1:00**			
					199,8 Liter bei 60 °C		

Пример

Семейный дом
6 точек водоразбора для 3 человек

Для определения максимального расхода ГВС воспользуемся таблицей на рис. D.2.1–4.

19:00	0,105			wenig
20:30	0,735			Geschirrspülen
21:00	3,605			Bad
21:30	0,105			wenig
Q_{DP} [kWh]	11,655	11,445	4,445	
t_{DP} [hh:mm]	14:30	13:55	1:00	
				199,8 Liter

Определение максимального расхода

Период максимального расхода энергии приходится с 20:30 до 21:30 часов – в это время каждая квартира потребляет 4,445 кВтч энергии для горячего водоснабжения.

Эти данные должны быть обязательно учтены при проектировании.

Общая потребность в необходимой энергии за используемый период определяется так:

$Q_{DPB} = N_{NE} \cdot Q_{DPB\ NNE}$

Q_{DPB} потребность в энергии за используемый период в кВтч
$Q_{DPB\ NNE}$ потребность в единице энергии за выбранный период в кВтч
N_{NE} количество пользователей с одинаковым профилем

Исходя из общей потребности в энергии расчитывется количество энергии

Пример

Пример расчета для выбранной установки:

$Q_{DPB\ NNE}$ = 4,445 кВтч
N_{NE} = 6

Q_{DPB}= 6 · 4,445 кВтч

Потребность в первичной энергии для выбранного периода составляет 26,67 кВтч.

непосредственно джля нагрева питьевой воды (энергии для ГВС).

$$V_{DP} = \frac{Q_{DPB}}{c_w \cdot (t_{soll} - t_{cw})}$$

V_{DP} необходимое количество питьевой воды (ГВС) для используемого периода в литрах
Q_{DPB} потребность в энергии для выбранного периода в КВтч
c_w специфический для теплоносителя показатель (= 1,163 Втч/кг · K воды)
t_{soll} уставка температуры накопителя
t_{cw} температура холодной воды

Пример

Пример расчета для выбранной установки

Q_{DPB} = 26,67 кВтч
c_w = 0,001163 кВтч/кг·K
t_{soll} = 60 °C
t_{cw} = 10 °C

$$V_{DP} = \frac{26{,}67\ \text{кВтч}}{0{,}001163\ \text{кВтч/кг·K} \cdot (60\text{-}10)\text{K}}$$

Потребность в количестве питьевой воды для ГВС для выбранного периода составляет 459 л.

При расчете потребления энергии необходимо также учитывать следующие тепловые потери:

- потери тепла через теплоизоляцию
- потери от подмешивания холодной воды

Потери рассеиванием через теплоизоляцию указаны в технической документации накопительной емкости.

Как правило, величину потерь при подмешивании холодной воды и снижения полезного объема накопительной емкости принимают в пределах 15–20 % от номинального объема емкости.

$V_{Sp\text{-}мин} = V_{DP} \cdot 1{,}15$

$V_{Sp\text{-}мин}$ минимальный объем накопительной емкости в литрах
V_{DP} необходимое количество питьевой воды для используемого периода
1,15 15 % потери при перемешивании с холодной водой

Пример

Для выбранной установки:

V_{DP} = 459 л
15 % потери при подмесе

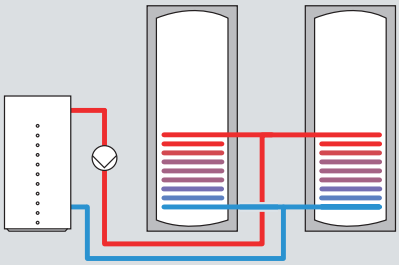
$V_{Sp\text{-мин}}$ = 459 л · 1,15

Требуемый минимальный объем накопительной емкости составляет 528 л.

Мы предлагаем 2 варианта согласно проведенным расчетам:

Вариант 1:
Накопитель с внутренним теплообменником

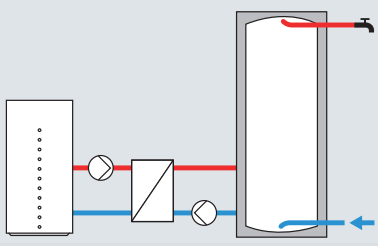
В данном случае используются 2 накопительные емкости, по 390 литров каждая. Согласно техническому паспорту потери через теплоизоляцию составляют 2,78 кВт/24ч. Эти накопительные емкости предполагают возможность получения требуемых 60 °C на выходе с помощью электронагревательной вставки в верхней части накопительной емкости.



2 паралельно включенных емкости

Вариант 2:
С внешним теплообменником

Здесь используется 750-литровая накопительная емкость. Согласно технического паспорта тепловые потери составляют 3,2 кВт/24 ч. Температура на выходе из накопительной емкости такого объема должна быть не менее 60 °C по гигиеническим требованиям. Поэтому необходим догрев вторым теплогенератором или ТЭНом.



Накопительная емкость с внешним теплообменником

Пример

Для примера будем выбирать между двумя периодами водоразбора:

08:45	0,105			wenig
09:00	0,105			wenig
09:30	0,105			wenig
10:30	0,105			Fußboden
11:30	0,105			wenig
11:45	0,105			wenig
12:45	0,315			Geschirrspülen
14:30	0,105			wenig
15:30	0,105			wenig
16:30	0,105			wenig
18:00	0,105			wenig
18:15	0,105			sauber
18:30	0,105			sauber
19:00	0,105			wenig
20:30	0,735			Geschirrspülen
21:00	3,605			Bad
21:30	0,105			wenig
Q_{DP} [kWh]	**11,655**	**11,445**	**4,445**	
t_{DP} [hh:mm]	**14:30**	**13:55**	**1:00**	

11,5 часов между двумя периодами водоразбора

Расчет:

V_{Sp} = 2 · 390 л
c_w = 0,001163 кВтч/кг·K
t_{soll} = 60 °C
t_{cw} = 10 °C
T_{aufh} = 11,5 ч

$$Q_{WP} = \frac{2 \cdot 390 \text{ кг} \cdot 0{,}001163 \text{ кВтч/кг·K} \cdot (60–10)\text{K}}{11{,}5 \text{ ч}}$$

Необходимая тепловая мощность для подготовки ГВС составляет 3,94 кВт.

Следующим шагом является расчет необходимой мощности теплового насоса для горячего водоснабжения. Этот расчет является необходимым для определения нагрузки ГВС за выбранный период водоразбора.

$$Q_{WP} = \frac{V_{Sp} \cdot c_w \cdot (t_{soll} - t_{cw})}{T_{aufh}}$$

Q_{WP} мощность теплового насоса для ГВС в кВт
V_{Sp} объем накопительной емкости (л)
c_w коэффициент пересчета (= 1,163 Втч/кг · K воды)
t_{soll} уставка температуры накопителя
t_{cw} температура холодной воды
T_{aufh} время между периодами водоразбора

Если период между двумя максимумами водоразбора очень короток, необходимо, исходя из максимальной производительности теплового насоса, определить: либо увеличивать объем накопительной емкости либо использовать дополнительный теплогенератор. Второй вариант является более предпочтительным, особенно для многоквартирных домов с большими пиками водоразборов, чем увеличение первичной мощности теплового насоса, влекущей за собой повышение инвестиционных издержек.

Пример

Для выбранной установки определим:

11:30	0,105			wenig
11:45	0,105			wenig
12:45	0,315			Geschirrspülen
14:30	0,105			wenig
15:30	0,105			wenig
16:30	0,105			wenig
18:00	0,105			wenig
18:15	0,105			sauber
18:30	0,105			sauber
19:00	0,105			wenig
20:30	0,735			Geschirrspülen
21:00	3,605			Bad
21:30	0,105			wenig
Q_{DP} [kWh]	11,655	11,445	4,445	
t_{DP} [hh:mm]	14:30	13:55	1:00	
				199,8 Liter

Постоянное потребление горячей воды в течении дня

Q_{WP} = 3,94 кВт
N_{NE} = 6
Q_{DPT} = 11,445 кВтч / 24 ч

$$3{,}94 \text{ кВт} > 6 \cdot \frac{11{,}445 \text{ кВтч}}{24 \text{ ч}}$$

3,94 кВт > 2,86 кВт

При определении максимальных периодов водоразбора производится расчет мощности теплового насоса, исходя не только из номинальной нагрузки в течении дня, но и с учетом пикового поправочного числа.

$$Q_{WP} > Q_{DPT} \cdot N_{NE}$$

Q_{WP} необходимая мощность теплового насоса для ГВС в кВт
N_{NE} поправочное число периода максимального водоразбора
Q_{DPT} потребляемая мощность дня дневного потребления в кВт

Резюмирование этапов оценки:

1. Установка профиля нагрузки
2. Установка потребности в энергии для самого длительного периода
3. Расчет теоретического объема накопительной емкости для самого длительного периода
4. Определение реального объема с учетом теплопотерь через изоляцию и с подмеса
5. Определение необходимой мощности теплового насоса на отопление
6. Проверка соответствия мощности насоса периоду максимального водоразбора

Упрощенный подход

Для коттеджей со стандартным санитарным оборудованием расчет мощности теплового насоса можно провести по упрощенной схеме:
На 1 человека ежедневно принимается 25 л (60 °C) (см. D.2.1.2). Для определения необходимого минимального объема емкости (для 10 человек эта величина удваивается. Согласно мин. объему расчитывается температура подачи.

$$V_{Sp} = V_{tsoll}$$
$$V_{tsoll} = V_{DP60} \cdot \frac{(60 - t_{cw})}{(t_{soll} - t_{cw})}$$

V_{Sp} объем накопителя (общий) в литрах
V_{tsoll} Требуемый объем ГВС при t_{soll} в литрах
V_{DP60} Требуемый объем ГВС при 60 °C в литрах
t_{soll} Температура уставки накопителя
t_{cw} Температура холодной воды

Пример

Коттедж на 4 человека:
4 человека · 25 л · 2 = 200 l (60 °C)

V_{DP60} = 200 л
t_{soll} = 50 °C
t_{cw} = 10 °C

$$V_{tsoll} = 200 \text{ л} \cdot \frac{(60 - 10)K}{(50 - 10)K}$$

При 50 °C объем накопительной емкости равен 250 л.

Рис. D.2.1–5 Моновалентный режим нагрева воды

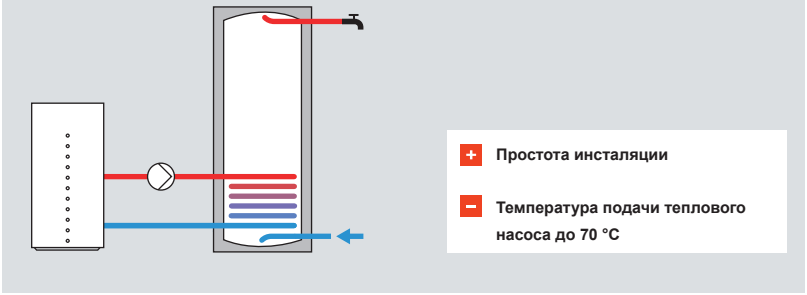


Рис. D.2.1–6 Моноэнергетический режим нагрева воды

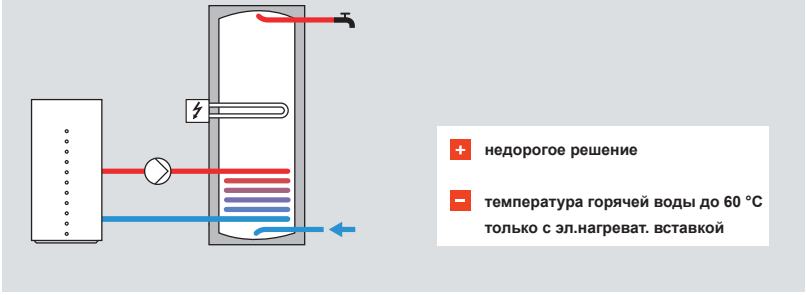
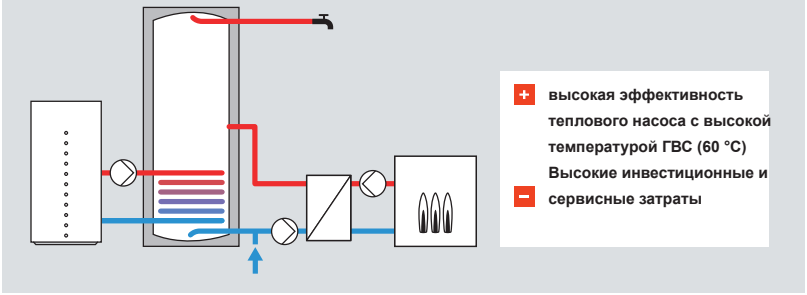


Рис. D.2.1–7 Бивалентный режим



D.2.1.3 Выбор системы ГВС с одним тепловым насосом

Все описаные в гл. D.1 способы применими и для приготовления горячей воды. При этом необходимо обращать внимание на правильное соотношение площади теплообменника к производительности теплового насоса (см. указание на стр.103).

Моновалентный режим

Тепловой насос, как единственный теплогенератор, покрывает всю нагрузку горячего водоснабжения. Чтобы иметь возможность получить температуру ГВС в емкостном накопителе равной 60 °C, тепловой насос должен иметь температуру подачи 70 °C.

Моноэнергетический режим

Тепловой насос также является единственным источником тепла для нагрева ГВС до номинальных 60 °C, но максимальную температуру подачи обеспечивает электронагревательная вставка в емкостном накопителе. Это наиболее эффективный и малозатратный способ горячего водоснабжения. Здесь же и учитываются расходы электроэнергии на циркуляцию ГВС.

Бивалентный режим

Тепловой насос в данном случае несет основную нагрузку теплоснабжения, а второй теплогенератор покрывает только пиковые нагрузки. Эта схема очень эффективна при неравномерной нагрузке ГВС и требовании температуры подачи не менее 60 °C. Однако, здесь высоки капиталовложения и издержки на обслуживание дополнительного теплогенератора.

Центральное горячее водоснабжение с помощью тепловых насосов

Тепловые насосы для обемспечения ГВС особенно эффективны при переменной нагрузке горячего водоснабжения и просты в монтаже и обслуживании. Благадоря этому они широко используются при модернизации систем теплоснабжения.

Современные воздушно-водяные тепловые насосы эффективно используют тепло воздуха помещений для нагрева воды. Для передачи тепловой энергии испарителю теплового насоса с хладагентом используется вентилятор. Нагрев воды в данном случае обеспечивается на высоком температурном уровне, благодаря оптимизированному хладагенту и компрессору.

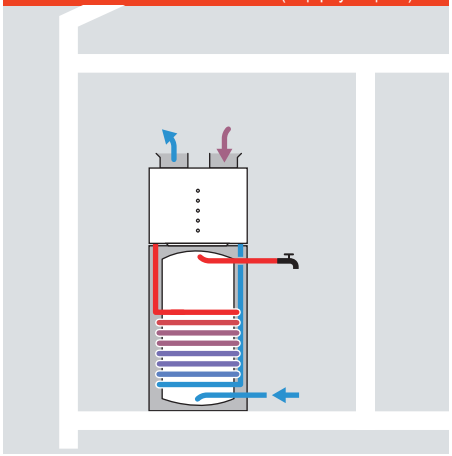
Воздушно-водяные тепловые насосы могут использовать как рециркуляцию воздуха, так и воздух, постоянно обмениваемый в помещении (см. рис. D.1.2–9 und D.1.2–10)

В режиме рециркуляции тепловой насос отбирает тепло от окружающего воздуха и передает его нагреваемой воде. Для эксплуатации в таком режиме должны быть соблюдены необходимые требования по объему помещения. Рекомендуется использовать минимум 15 м^3 объема помещения на каждый киловатт мощности теплового насоса. При этом дополнительным полезным свойством является одновременная подсушка воздуха, что благоприятно, например, для подвальных помещений.

Воздушно-водяной тепловой насос может также эффективно работать для нагрева воды и в режиме простой механической системы вентиляции. Уходящий воздух, например, из туалета, ванной или кухни насыщен теплом, которое можно использовать для нагрева воды. Охлажденный воздух затем выводится через традиционную систему вентиляции наружу.

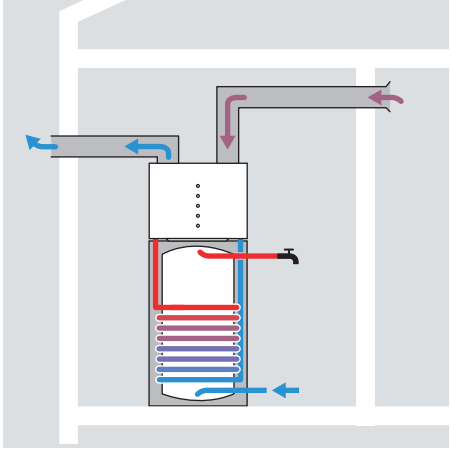
D.2.1–8 Тепловой насос Vitocal 160-A.

Рис. D.2.1–9 Тепловой насос (с циркуляцией)



Воздушно-водяные тепловые насосы с циркуляцией воздуха используют тепло, содержащееся в воздухе помещения, дополнительно осушая его.

Рис. D.2.1–10 Тепловой насос (поточный)



Тепловой насос может также выступать в режиме простой механической вентиляции для нагрева воды.

Емкостные водонагреватели

Емкостный водонагреватель должен соответствовать определенным требованиям, чтобы соответствовать схеме системы отопления с тепловым насосом: во-первых, поверхность теплообмена должна быть расчитана таким образом, чтобы вся тепловая мощность теплового насоса могла быть использована. Так как тепловые наосы работают с более низкой температурой подачи, чем традиционные котлы, то и теплопередача из-за небольшой разницы температур тоже не высока.

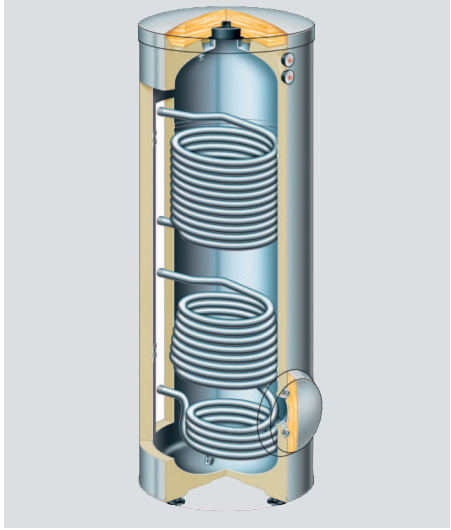
Установленно, что: для передачи одного киловатта мощности поверхность теплообменика должна быть равна 0,25 м^2. В нерегулируемых воздушно-водяных тепловых насосах максимальная тепловая мощность генерируется летом. Кроме того, должна быть обеспечена возможность передачи большого количества тепла в период максимального водоразбора (см. D.2.1.2.).

Спиральный теплообменник не располагается до верхней части накопительной емкости, потому что низкая температура подачи теплового насоса способна несколько охладить верхнюю часть объема с максимальной температурой, которую обеспечивает второй теплогенератор или электронагревательная вставка.

Также, чтобы увеличить теплоотдачу, используют дополнительные поверхности теплообмена, в частности, от солнечных коллекторов. Однако, объем резервирования в данном случае меньше, чем у накопителей только с теплообменником для теплового насоса.

В компактных тепловых насосах поверхность теплообменника и объем накопительной емкости уже оптимально подобраны, чтобы упростить процесс проектирования.

Рис. D.2.1–12 Бивалентная емкость



Емкостный водонагреватель Vitocell 300-B

Рис. D.2.1–11 Емкостный водонагреватель

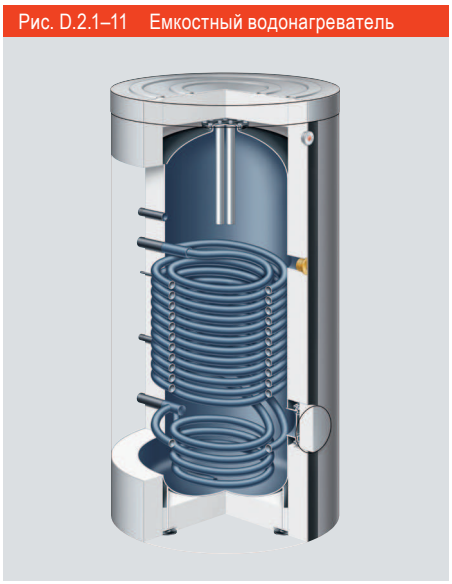


Рис. D.2.1–11
Емкостный водонагреватель Vitocell 100-V тип CVW

Рис. D.2.1–13 Компактный тепловой насос

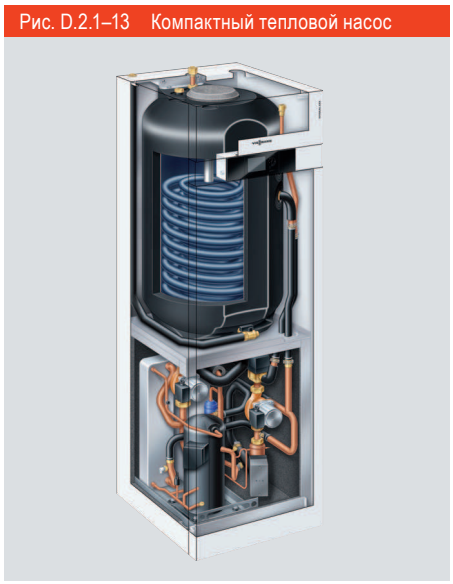


Рис. D.2.1–13
Рассольно-водяной тепловой насос компактного исполнеия Vitocal 222-G

Система загрузки

Если есть необходимость в больших расходах горячего водоснабжения или применяются тепловые насосы большой мощности - целесообразно использовать емкостные накопители с внешними теплообменниками. Внешние теплообменники имеют такое неоспоримое преимущество, как возможность выбора любой поверхности теплообмена с широким диапазоном производительности.

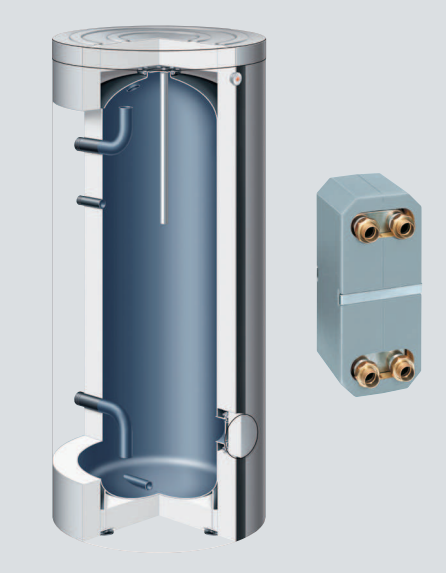
Для эксплуатации емкостного накопителя совместно с тепловыми насосами разработаны так называемые загрузочные трубки. При ее использовании скорость подачи горячей воды в объем накопительной емкости замедляется, что позволяет осуществлять послойную загрузку ламинарным потоком. Это необходимо, так как испаритель теплового насоса работает с малым перепадом температур.

Выбор теплообменника

В качестве теплообменников для емкостных накопителей чаще всего применяются пластинчатые теплообменники. Они имеют такое неоспоримое преимущество, как большая площадь теплообмена при маленьких габаритах.

Размер пластинчатого теплообменника имеют большое значение для максимально достижимого значения температуры нагрева. Желательно иметь минимальную разницу температур между температурой подачи и обратки. На рис D.2.1–16 указан оптимальный температурный перепад для теплообменника с системой послойной загрузки. Необходимо отметить, что в виду потенциально небольшой температуры первичного теплоносителя, регулирование температуры происходит в узком диапазоне. Размер пластинчатого теплообменника расчитывается заранее с помощью соответствующих программ.

Рис. D.2.1–14 Система загрузки



Vitocell 100-L с системой загрузки

Загрузочная трубка снижает скорость потока и позволяет осуществлять послойную загрузку.

Рис. D.2.1–15 Функциональный принцип

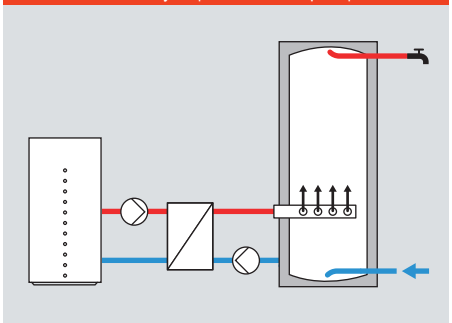


Рис. D.2.1–16 Выбор теплообменника

Внешние теплообменники пластинчатого типа особенно хороши при больших расходах ГВС.

Выбор насоса для системы послойной загрузки

На основании данных максимального расхода и гидравлического сопротивления теплообменника и системы трубопроводов определим требуемую мощность циркуляционного насоса.

Über eine intelligente Drehzahlsteuerung der Beladepumpe auf der Sekundärseite kann die Effektivität des Speicherladesystems wesentlich erhöht werden. Bei Speicherladeanforderung wird die Beladepumpe zunächst mit einer sehr kleinen Drehzahl betrieben – dadurch ergeben sich kleine Volumenströme mit hohen Einschichttemperaturen. Zum Ende der Beladung wird die Pumpe mit maximaler Drehzahl betrieben. Dadurch kann die Leistung der Wärmepumpe bei sehr hohem Temperaturniveau übertragen werden – so gerät die Wärmepumpe nicht in den Taktbetrieb.

Указание

Для комбинированных емкостных водонагревателей и накопительных емкостей (буферных емкостей) согласно требованиям немецкого стандарта DIN 1988 (приложение W 551) минимальная температура на выходе в целях соблюдения гигиенических требований должна быть не менее 60 °C.

Комбинированные емкости

Часто необходимо использовать бивалентную схему отопления и горячего водоснабжения, применяя дополнительно к тепловым насосам солнечные коллекторы или твердотопливные котлы. Преимущество такого накопителя в том, что он занимает небольшую площадь.

Комбинированные накопители разделяются на два основных типа:

- **Накопитель в накопителе**
- **С интегрированным распределителем**

Для совместного применения комбинированных емкостей в системах отопления с тепловыми насосами необходимо соблюдать следующие требования:

Кобинированные емкостные водонагреватели с интегрированной внутренней накопительной емкостью применяются, как правило, в случаях с небольшой потребностью в водоразборе горячей воды, потому как этому соответствует небольшая поверхность внутренней емкости как теплообменника.

Специально для систем теплоснабжения с тепловыми насосами были также разработаны комбинированные накопительные емкости с интегрированным коаксиальным бустерным теплообменником. Его применение осуществляется с помощью дополнительного циркуляционного насоса и позволяет дополнительно осуществить быстрый теплосъем при большом моментном водоразборе.

Рис. D.2.1–17 Накопитель в накопителе

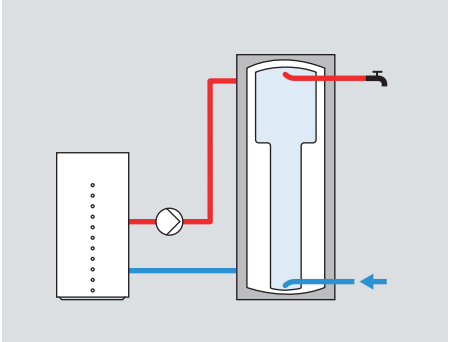
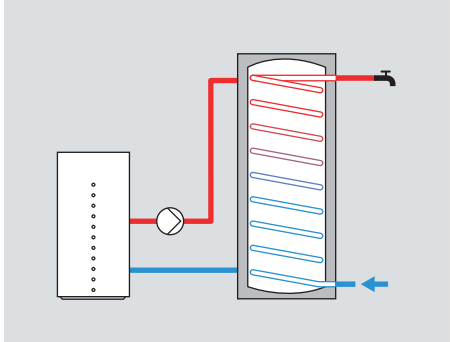
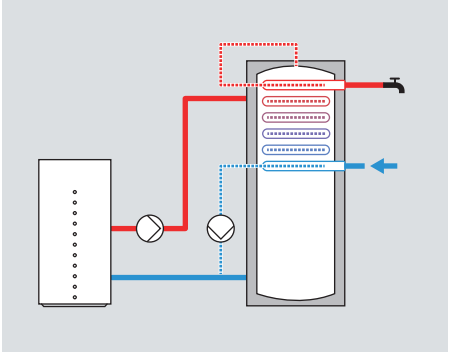


Рис. D.2–18 Змеевиковый теплообменник



Комбинированные емкости могут служить как накопителями, так и водонагревателями.

Рис. D.2.1–19 Коаксиальный теплообменник

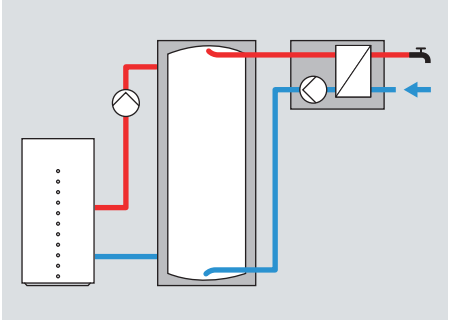


При больших расходах горячей воды или небольшом перепаде температуры производительность увеличивается с дополнительным циркуляционным насосом

С модулем свежей воды

Так называемые модули свежей воды также предполагают возможность подготовки горячей воды. Они состоят из непосредственно накопительной емкости и одного или нескольких модулей свежей воды. В таких системах основной нагрев воды происходит в теплогенераторе, которая потом поступает в накопительную емкость, а при заборе из нее смешивается в пластинчатом теплообменнике.

Рис. D.2.1–20 С модулем свежей воды



Как правило модули свежей воды представляют собой комплекс насосов, клапанов, арматуры, пластинчатого теплообменника и устройств управления. С первичным циркуляционным насосом возможно осуществлять быстрое и точное регулирование массового расхода и температуры горячей воды. Контроль расхода воды регулируется с помощью электронных ихмерителей расхода во вторичном контуре.

При больших расходах горячей воды несколько модулей могут объединяться параллельно в каскад.

Преимущества такой системы с модулями свежей воды в обеспечении большего расхода горячей воды при больших расходах, но постоянном объеме накопительной емкости. Следует учесть, что температура в накопительной емкости должна быть всегда выше расчетной температуры горячей воды на выходе из под крана.

D.2.2 Режим отопления

D.2.2.1 Требования к гидравлическим условиям

Чтобы компрессор теплового насоса мог работать долго и безотказно, ему необходимо обеспечить ровную нагрузку без существенных пиковых скачков теплоснабжения. Это важно в первую очередь, для правильной работы системы смазки улиточного компрессора. Минимальное время работы компрессора указано в технической документации на тепловой насос. Это важно для своевременной передачи генерируемого тепла дальше в систему отопления. В противном случае возможно неконтролируемое повышение давления и возможны поломки.

Из минимального времени работы определяются минимальные объемный и массовый расходы. Они всегда указываются в сопроводительной документации завода-изготовителя теплового насоса.

Минимально-необходимый объемный расход определяется максимальной производительностью теплового насоса. Тепловые насосы компании Viessmann имеют минимально необходимый расход равным 3 л на 1 кВт отопительной мощности. У воздушно-водяных тепловых насосов максимальная производительность берется равной максимальной производительности в летний период.

Когда объем воды в отопительном контуре не является достаточным для обеспечения условия минимального расхода воды - используется накопительная емкость.

В системах с большим содержанием теплоносителя, например, системах теплого пола или панельного потолочного/стенного отопления возможна эксплуатация и без накопительной емкости. В этом случае для обеспечения минимально-необходимого расхода воды применяется гидравлическая стрелка. в обоих случаях необходимо обращать внимание на длину соединительных трубопроводов и гидравлических потерь в них. При использовании гидравлической стрелки необходимо помнить, что расход вторичного контура со стороны теплового насоса должен быть больше суммы расходов отопительных контуров.

Указание

Минимальный расход воды должен быть достаточно высок, чтобы обеспечить требуемую безопасность эксплуатации. Компания Viessmann рекомендует применять расчетный параметр минимум 3 литра/ на киловатт отопительной мощности.

D.2.2.2 Накопительная емкость

Накопительные емкости в системах отопления с тепловыми насосами могут выполнять две функции:

- Как буферные устройства гидравлической защиты и оптимизации режимов работы системы с тепловыми насосами.
- Возможность автономного теплоснабжения на время отключения электричества.

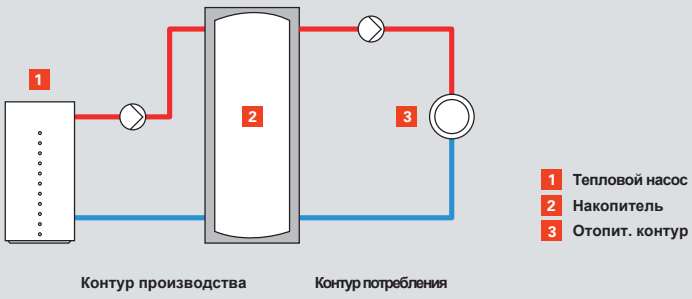
Накопительные емкости могут устанавливаться как параллельно, так и последовательно.

Параллельное подключение

Параллельно-подключенные накопительные емкости разделяют контуры теплового насоса и отопительный контур и могут также работать как гидравлический разделитель (гидравлическая стрелка).

Гидравлическое разделение требуется всегда при использовании нескольких отопительных контуров. Этот метод - самый проверенный, чтобы избежать возможных ошибок подключения. Благодаря параллельному подключению обеспечивается минимальный расход для теплового насоса независимо от расхода в отопительном контуре.

Рис. D.2.2–1 Параллельное включение накопительной емкости



Пареллельно включенная накопительная емкость может служить гидравлической стрелкой.

Для определения длины соединительных трубопроводов а также производительности циркуляционного насоса устанавливаем максимальную производительность теплового насоса при разнице температур 5 – 7 K (расчет см. главу D.3). Объемный расход в конутре теплового насоса должен быть больше расходов во всех отопительных контурах. Регулирование температуры подачи накопительной емкости должно определяться по максимальной температуре одного из отопительных контуров.

Преимущества:
- устойчивая гидравлическая система
- гидравлическое разделение контуров отопления и контура теплового насоса
- возможность параллельного подключения нескольких отопительных контуров

Недостатки:
- Для первичного контура теплогенератора дополнительно требуется циркуляционный насос (дополнительная затрата электроэнергии).
- Температурный уровень в емкостном накопителе необходимо поддерживать на более высоком уровне, чем максимальная температура отопительного контура. Это означает более высокие энергозатраты по сравнению с традиционным прямым подключением (см. D 2.2.2.).

Подключение в ряд

Для оптимизации работы отопительной системы с энергетической точки зрения такое подключение более эффективно, однако требует более сложной гидравлической развязки. Они служат увеличению объема отопительной системы. При рядной установке накопительных емкостей возникает необходимость в применении клапана ограничителя, обеспечивающего минимальный расход при отключении всех контуров отопления.

При подключении емкостных накопителей в обратный трубопровод потери тепла будут еще более низкими, однако сама емкость не будет подогреваться. Подключения накопителей в обратку оправдано увеличением объема системы и продлением срока службы компрессора.

Рис. D.2.2–2 Подключенные в ряд накопительные емкости (подающая)

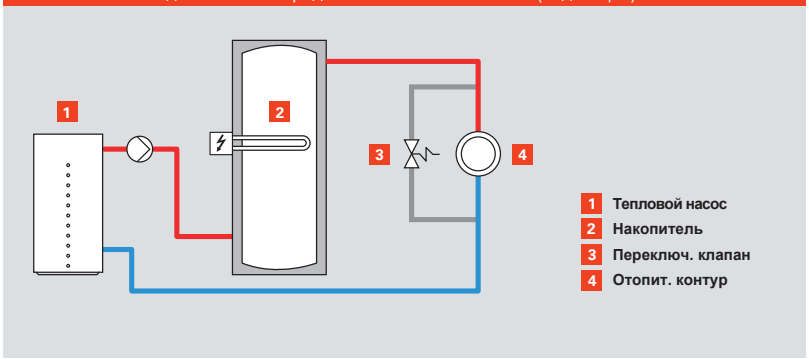


Рис. D.2.2–3 Подключенные в ряд накопительные емкости (обратная)

В рядном расположении емкостных накопителей необходимо предусмотреть клапан для обеспечения минимального расхода.

Выбор накопительной емкости

Выбор накопительной емкости определяется выбором основной функции, возложенного на нее или ее необходимого объема для определенного расхода потребителями или минимального расхода.

Если объем накопительной емкости определяется большим количеством потребителей, то все остальные функции гарантированы.

Накопительная емкость для создания минимального объема

Минимальный расход при применении с тепловыми насосами определяется исходя из расчета 3 л/кВт.
Этот объем должен содержаться в отопительных контурах с статическими поверхностями нагрева с закрытыми термостатическими клапанами. При панельном отоплении объем соединительных трубопроводов между производителем тепла и системмой отопления имеет важнейшее значение.

Накопительная емкость для оптимизации времени работы

Работу тепловых насосов возможно оптимизировать путем удлиненения как времени их непрерывной работы, так и увеличением пауз между включениями, что благоприятно сказывется на продлении срока службы компрессора.
Если минимально необходимый объем обеспечивается объемом отопительных контуров, то для панельного отопления нет необходимости в использовании накопительных емкостей. В противном случае мы рекомендуем определять объем накопителя равным 20 л/кВт мощности отопления.

$V_{HP} = Q_{WP} \cdot V_{HP\ min.}$

V_{HP} объем накопительной емкости в литрах
Q_{WP} номинальная теплопроизводительность теплового насоса в кВт
$V_{HP\ min.}$ рекомендованый минимальный объем на 1 кВт отопительной мощности в кВт для статичных поверхностей нагрева в литрах

Пример

Расчет необходимого объема накопительной емкости для теплового насоса мощностью 15 кВт и статичными поверхностями нагрева:

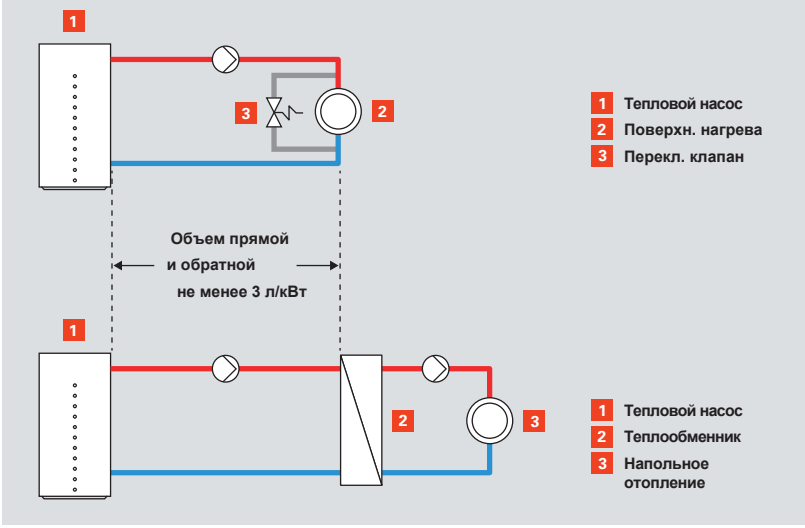
Q_{WP} = 15 кВт
$V_{HP\ min.}$ = 20 л

V_{HP} = 15 кВт · 20 л/кВт

Накопительная емкость согласно расчета должна иметь объем не менее 300 литров.

Чтобы учесть минимальный объем, необходимо учитывать его в соединительных трубопроводах

Рис. D.2.2–4 Минимальный объем в отопительном контуре



Накопительная емкость может также с успехом использоваться как резерв на время отключения электричества (см. гл. B). Как правило, не более двух часов. Для систем "теплого пола" благодаря большому водонаполнению такой период не критичен. При применении других теплопередающих устройств систем отопления, например, таких, как панельное стенное или потолочное отопление с меньшим объемом теплоносителя необходимо предусмотреть дополнительный объем накопительной емкости. В жилых домах необходимо вести расчет из условия необходимости 60 литров необходимого объема на каждый киловатт отопительной мощности.

$V_{HP} = Q_{WP} \cdot V_{HP\ Sperr}$

V_{HP} объем накопительной емкости в литрах
Q_{WP} номинальная производительность теплового насоса в кВт
$V_{HP\ Sperr}$ рекомендованный минимальный расход в литрах на каждый киловатт отопительной мощности при макс. перерыве в теплоснабжении 2 часа

Пример

Расчет необходимого объема накопительной емкости для теплового насоса 15 кВт при перерыве в энергоснабжении 2 часа.

Q_{WP} = 15 кВт
$V_{HP\ Sperr}$ = 60 литров

V_{HP} = 15 kW · 60 л/кВт

Согласно расчета объем накопительной емкости равен 900 л.

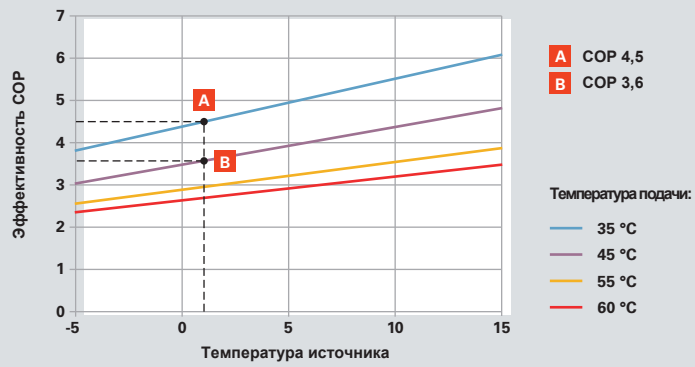
D.2.2.3 Потребление тепла

При проектировании системы отопления необходимо учитывать основной принцип: системная температура должна быть как можно ниже. Понижение температуры подачи всего на 1 K позволяет повысить COP до 2,5 %. Поэтому правильный тепловой расчет и выбор отопительных приборов и их теплопередающей поверхности очень важны при проектировании системы отопления.

При низкотемпературном отоплении применяют также поддержку вентиляторных отопительных приборов. Разница температур при панельных поверхностях нагрева должна составлять 7 K, радиаторов 10 K и конвекторов между 5 и 10 K. В новостройках такие значения как правило удается достичь без проблем, еще на стадии проектирования.

При модернизации также необходимо предусматривать возможность использования как можно более низких температур системы отопления (см. гл.1). Хотя тепловые насосы могут выдавать температуру подачи до 70 °C, оптимальнее их использовать для приготовления ГВС. Рекомендуется при моновалентной эксплуатации теплового насоса не поднимать температуру подачи выше 55 °C. При модернизации системы отопления, в отличие от нового строительства, не всегда есть возможность использовать правильно подобранные под тепловые насосы отопительные приборы. Поэтому рекомендуется использовать дополнительные элементы отопительных приборов, чтобы увеличить площадь их поверхности, увеличив теплоотдачу без необоснованного повышения температуры подачи теплового насоса в указанных выше пределах при моновалентном режиме эксплуатации.

Рис. D.2.2–5 Температура подачи отопительного контура и эффективность



При той же температуре первичного источника повышение температуры подачие снижает COP.

Системы теплого пола

Системы теплого пола и панельного отопления оптимально подходят для использования с низкими температурами подачи тепловых насосов. Кроме этого, возможно использование низкотемпературного тепла непосредственно в конструктивных строительных элементах помещения или здания в целом. Для модернизации уже существующих систем отопления разработаны системы теплого пола с минимальной строительной высотой.

Вентиляторные конвекторы

Обычные поверхности нагрева (радиаторы) отдают тепло помещению за счет естественной циркуляции и конвекции. При использовании вентиляторных конвекторов интенсивность теплоотдачи повышается, за счет чего можно использовать более низкие температуры подачи. Принудительная конвекция достигается за счет вентиляторов с электроприводом. Вентиляторные конвекторы могут также использоваться и для охлаждения помещения при переключении теплового насоса в режим естественного кондиционирования.

Рис. D.2.2–6 Система теплого пола

Отопление системой "теплого пола" позволяет эффективно использовать низкотемпературное тепло от теплового насоса.

Рис. D.2.2–7 Вентиляторные конвекторы

Также конвекторно-вентиляторные поверхности нагрева позволяют эффективно использовать низкую температуру подачи.

D.2.3 Охлаждение

Комнатные устройства кондиционирования могут обладать широким спектром воздействия на температуру и влажность воздуха в помещении. Согласно этим двум основным показателям и определяется климатический комфорт в помещении.

При обеспечении климатического комфорта в помещении необходимо обращать внимание на зависимость температуры внутри помещения от наружней температуры. Разница между охлаждаемым помещением и температурой снаруже не должна превышать более градусов 5 K. Более высокая разница приводит к проблемам при акклиматизации. На климатический комфорт в помещении влияют такие факторы как: температура воздуха, влажность воздуха, скорость движения воздуха, температура окружающих поверхностей, вид деятельности человека, его одежда и чистота воздуха.

Рис. D.2.3–1 Кондиционирование комнат

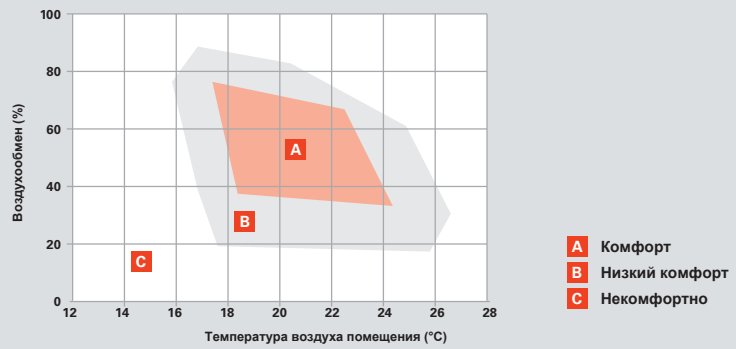


Рис. D.2.3–2 Нагрузка охлаждения

Erfahrungswerte für überschlägige Ermittlung der Kühllast für Mitteleuropa

Тип комнаты	Нагрузка охлаждения применительно к объему
Wohnräume	30 – 40 Вт/м^3
Büroräume	50 Вт/м^3
Verkaufsräume	50 – 60 W/m^3
Glasanbauten	bis 200 W/m^3

D.2.3.1 Базовые принципы

Чтобы обеспечить комфорт в летний период воздух внутри помещения должен быть охлажден и слегка осушен. При проектировании систем кондиционирования необходимо учесть нагрузку охлаждения и температуру точки росы (см. ниже).

Для укрупненного расчета используются расчетные программы для отдельных видов помещений (см. главу D.3.2).
Здесь нагрузка охлаждения определяется по геометрическим размерам комнат, площади окон, физических свойств применяемых строительных материалов.

Нагрузка охлаждения

Под нагрузкой охлаждения понимается то количество тепла, которое необходимо отвести от охлаждаемого помещения, чтобы поддерживать требуемую температуру.
На нагрузку охлаждения влияют следующие факторы:

- внешние факторы, такие как солнечное излучение и осадки
- внутренние факторы, количество человек, электрические приборы
- материал и коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций и вентиляция

Расчетный норматив для нагрузки охлаждения содержится в EN ISO 13790, а более упрощенный вариант в VDI 2067.

Точка росы

Под температурой точки росы понимается такая температура, при которой начинается конденсация содержащегося в воздухе водяного пара. В точке росы относительная влажность составляет 100 %. Если температура окружающих поверхностей ниже точки росы окружающего воздуха, водяной пар конденсируется.

D.2.3.2 Типы установок

При выборе типа установок важным фактором является возможность использовать для кондиционирования помещений функцию активного охлаждения или пассивного охлаждения.

Пассивное охлаждение

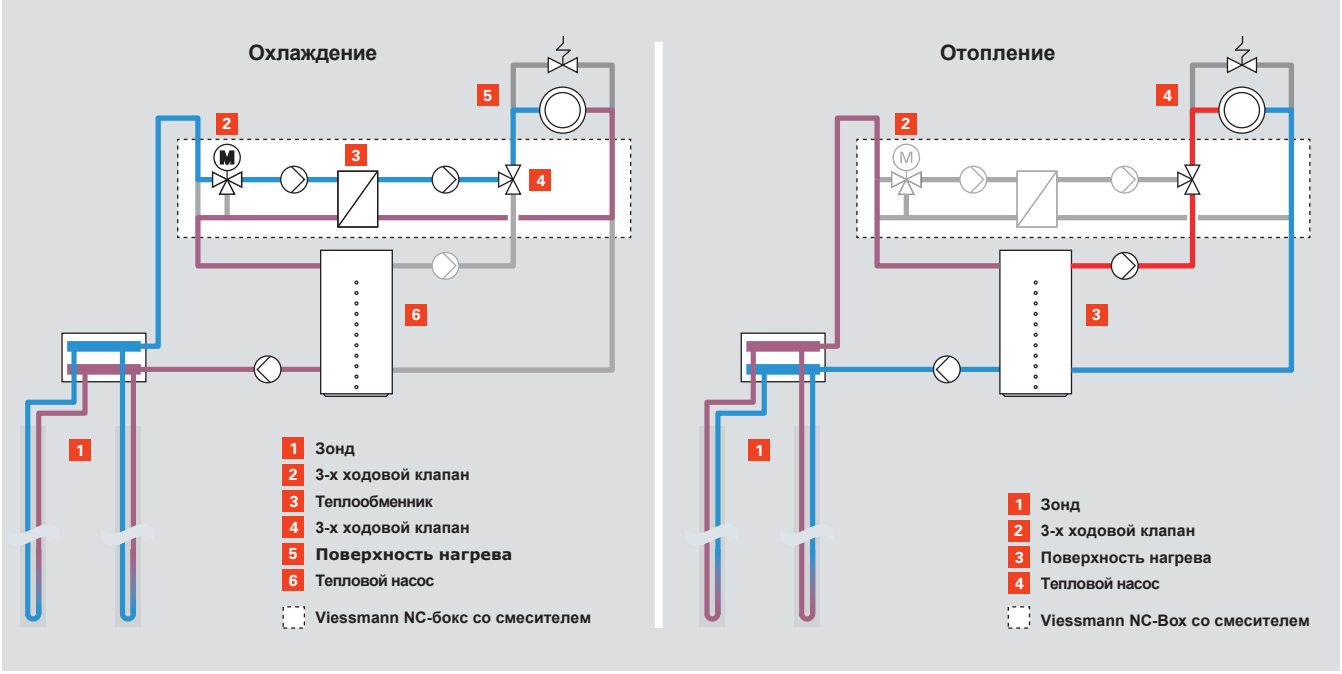
Пассивное охлаждение, которое часто называют естественным, подразумевает отбор тепла из помещения и подачу его в скважины для охлаждения. При этом компрессор теплового насоса не эксплуатируется.
Естественное охлаждение рассольно-водяными насосами очень эффективно, т.к. в процессе задействованы только два циркуляционных насоса. Сам тепловой насос включится только при нагреве горячей воды.
Перечень системных принадлежностей Viessmann для тепловых насосов уже включает в себя полный спектр необходимых компонентов для работы в режиме естественного охлаждения.

Естественное охлаждение можно эффективно применять в следующих отопительных системах:

- Система теплого пола
- Вентиляторные конвекторы
- Охлаждаемые потолки
- Панельное стенное отопление

Осушение воздуха в помещении возможно только с вентиляторными конвекторами, которые высушивают осаждаемый конденсат. С другими поверхностями нагрева этот вариант невозможен.

Рис. D.2.3–3 Пассивное охлаждение



Активное охлаждение

При активном охлаждении (Active Cooling) в процессе работы теплового насоса задействован компрессор. При этом функции испарителя и конденсатора взаимно меняются с помощью переключающего клапана. Тепловой насос может охлаждать помещение, при этом величина возможной мощности охлаждения определяется холопроизводительностью насоса.

Переключение между режимом отопления и режимом охлаждения може происходить как вне теплового насоса, так и с помощью интегрированного 4-х ходового клапана в контуре охлаждения.

Рассольно-водяные устройства

У тепловых насосв рассольно-водяного типа переключение режима эксплуатации происходит, как правило, через устройства гидравлической периферии.
При включении режима охлаждения холодильный контур продолжает работать, но уже не в режиме отопления, а наоборот. Отводимое тепло от помещения поступает обратно в скважинные зонды. Управление может быть настроено таким образом, что отдаваемое тепло может быть дополнительно использовано в других контурах отопления, такм где это необходимо - в других помещениях или для подогрева горячей воды или воды в плавательных бассейнах.

Воздушно-водяные устройства

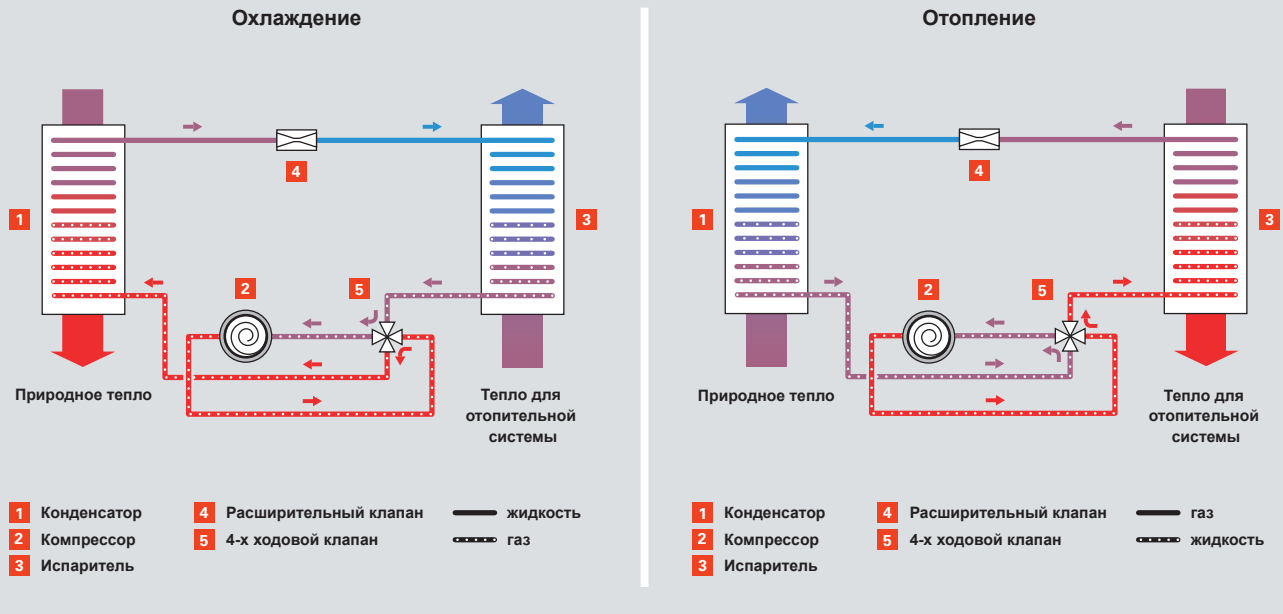
У тепловых насосв воздушно-водяного типа переключение режима эксплуатации происходит, как правило, через устройства гидравлической периферии. Компрессор всегда в работе, а переключающий клапан меняет направление движения теплоносителя.

В режиме отоплния теплообменник холодного наружного воздуха играет роль испарителя, а теплообменник холодной воды - конденсатора. В режиме охлаждения задействан 4-х ходовой клапан, который служит для переключения режимов работы контурных теплообменников в качестве испарителя или в качестве конденсатора.

Указание

Для охлаждения помещения отбираемое тепло закачивается обратно в зонды (скважину) или коллекторы. До сих пор обсуждается возможность вторичного использования этого тепла для повышения эффективности работы работы теплового насоса и увеличения COP. Это, возможно, позволит сократить и длину коллекторов и зондов при расчетах проектирования. Эти изыскания актуальны только для установок относительно большой мощности с большой грунтовой площадью.

Рис. D.2.3–4 Активное охлаждение



D.2.3.3 Холодопередача

Холод может передаваться в помещение с помощью различных систем. При проектировании и выборе таких систем предпочтение отдают системам теплого пола, внутристенным панельным и потолочным системам и т.п., которые спомобны не только охлаждать помещение, но и влиять, например, на влагосодержание воздуха.

Панельное охлаждение

Помещения, как правило, имеют большие поверхности неиспользуемой полезной площади (стены, пол или потолок). Они могут помочь при охлаждении помещения. При правильной организации интегрированных в них систем охлаждения необходимо соблюдать условие отсутствия образования конденсата на них. Осушение воздуха в помещениях при организации такого вида охлаждения, как правило, невозможно и для этого используются другие виды устройств кондиционирования.

Если воздух внутри помещения не будет дополнительно осущаться, а при понижении температуры воздуха внутри помещения относительная влажность повышается, то это может привести к снижению комфорта.

Такой вид охлаждения помещения получил название „бесшумное охлаждение“ т.к. при ее организации не используются вентиляторы или воздуходувки. Однако, такие устройства могут использоваться, если есть необходимость в большей холопроизводительности.

В помещениях небольшой площади для естественного охлаждения чаще всего используются системы теплого пола. Холодная вода прокачивается по трубам теплого пола, тем самым, охлаждая воздух самого помещения. Примерная расчетная величина нагрузки охлаждения - 25 Вт/м².

Охлаждение с помощью конвекторов

Чтобы достигать большего комфорта при охлаждении помещений - используют конвекторные системы (с вентиляторами или воздуходувками), которые способны, к тому же, осущать воздух. В конвектор поступает холодная вода с температурой ниже точки росы и прокачивается по оребренным трубам. Между оребренными трубами циркулирует воздух помещения, как в теплообменном аппарате. Воздух помещения отдает свое тепло циркулирующей воде. На поверхности теплообмена возникает конденсат, который должен отовдится конденсатоотводчиками. Важно: присоединительные трубопроводы к конвектору должны быть паронепроницаемы, чтобы на них не возникал конденсат.

Конвекторы могут быть в 2-литровом или 4-литровом исполнении. В двухлитровом варианте в трубопроводе для холодной воды протекает холодная вода, в отопительный трубопровод вода поступает через теплообменник. В четырехлитровом варианте конвектор имеет два отдельных теплообменника – каждый для холодной воды и для горячей воды.

При определении геометрических размеров конвектора большую роль играет значение комнатной температуры и температура холодной воды на входе в конвектор. Чем больше перепад между этими двумя температурами тем с большей производительностью работает конвектор. Поэтому, в некоторых случаях, при большом перепаде между температурой входящей холодной воды и температурой воздуха в помещении возможно применять более маленькие приборы.

Охлаждение воздухом

Охлаждение с помощью вентиляционных установок также возможно. Разумеется, в данном случае достижима только определенная температура охлаждения. Температура в помещении не должна быть в конечном итоге ниже 14 °C, чтобы избежать неприятных сквозняков. В среднем, требуется около 5 Ватт холодопроизводительности на каждый 1 м³/ч воздушного протока.

В нашем случае змеевик теплообменника охладителя находится в самом устройстве вентиляционной системы, который и охлаждает воздух, проходящий через него. Циркулирующий воздух желательно осушать, потому что температура поверхности теплообменника-охладителя лежит ниже точки росы и вода, содержащаяся в воздухе, конденсируется на поверхности теплообменника.
В данном рассматриваемом случае дополнительно требуется каплеуловитель и нагревательный элемент, расположенный в центральном канале устройства вентиляции.

Кроме того, присутствуют дополнительные требования по гигиенической чистке элементов данного оборудования.

Помощь при проектировании

Необходимая теплопроизводительность теплового насоса определяется таким же образом, как и для любого другого генератора тепла. В условиях эксплуатации теплового насоса в моновалентном или моноэнергетическом режиме его отопительная мощность определяется по DIN EN 12831.

Одна из основных особенностей применения тепловых насосов заключается в возможных перерывах энергоснабжения и связанных с ними перерывах в работе самого теплового насоса.

К предлагаемой производственной комплексной программе тепловых насосов Viessmann предлагается широкий спектр различных емкостных водонагревателей.

В качестве дополнительной помощи при выборе теплового насоса или при проектировании установки Viessmann предлагает обширную техническую документацию и руководства по проектированию.

D.3.1 Определение производительности тепловых насосов

Как определяется мощность теплового насоса на горячее водоснабжение и отопление мы уже рассматривали в главе D.2.

Для того, чтобы установить полную тепловую производительность теплового насоса нам необходимо учесть мощность горячего водоснабжения и возможный перерыв в энергоснабжении равный 2 ч.

Мощность теплового насоса в моновалентном режиме эксплуатации определяется с помощью двух шагов:

1 шаг: определение ежедневной суммарной тепловой нагрузки здания

2 шаг: величину дневного потребления тепла соотносят с временем работы теплового насоса в течении суток
Горячее водоснабжение с помощью тепловых насосов мы рассматривали в главе D.2.1, как отдельным расчетом при превышении мощности ГВС над общей тепловой нагрузкой на отопление более чем на 20 %.

Пример

Отопительная нагрузка дома 12 кВт.
Перерыв в энергоснабжении - 2 часа.

Возможное время отопления:
24 ч – 6 ч перерыва = 18 ч

Ежедневная отопительная нагрузка дома:
12 кВт · 24 ч = 288 кВтч

Отопительная нагрузка теплового насоса:
288 кВтч / 18 ч = 16 кВт

Пример

Отопительная нагрузка дома 12 кВт. Мощность на горячее водоснабжение - 2 кВт.

20 % отопит.нагрузки от 12 кВт · 0,2 = 2,4 кВт

2 кВт < 2,4 кВт

Этой мощности недостаточно для покрытия 2,4 кВт нагрузки ГВС.

Указания

Например, в климатических условиях Германии перерыв в энергоснабжении не более 2 часов не влечет за собой необходимость включения новых автономных теплогенераторов и покрывается аккумулирующей способностью дома. Конечно, теоретически возможно понижение температуры в некоторых служебных помещениях ниже установленной нормы, но это не распространяется на жилые помещения.

Рис. D.3.2–1 Viessmann программа подбора тепловых насосов

Рис. D.3.2–2 Пример программы выбора теплового насоса

D.3.2 Помощь при выборе теплового насоса

Программа выбора теплового насоса

С нашей программой подбора теплового насоса вы можете подобрать в режиме симуляции оптимальный вариант теплового насоса. Определение необходимой производительноси тепловых насосов укрупненно определяется по расчетным данным тепловой нагрузки здания. Это оптимально при условии нового здания с расчетной проектной документацией. Программа тогда быстро выдает требуемый тип теплового наососа и подходящий емкостный водонагреватель.

Полученный результат Вы всегда сможете проверить на сравнительном анализе инвестиционных затрат и отопительных издержек с системами других видов теплогенераторов. Здесь же Вы можете провести расчет экономичности.

Наряду с определением расчетного значения числа годовой наработки теплового насоса согласно VDI 4650, можно определить возможную долю участия в покрытии этой нагрузки альтернативных источников энергии.

Некоторые результаты обоснования применения тепловых насосов и сравнение их с другими отопительными системами отображаются в программе графически и могут быть выведены на печать, что очень удобно при консультировании клиентов.

Программа подбора тепловых насосов

Программа подбора теплового насоса также поможет определить необходимый диаметр трубопроводов, оптимальный размер накопительной емкости и необходимый уровень звукового давления с помощью подбора шумопоглощающих устройств.

Определение необходимого диаметра трубопроводов происходит на основании допустимого перепада температур от 5 K до (максимум) 10 K во вторичном контуре (см. главу D.2). Ожидаемое падение давления также может быть расчитано. Быстрый расчет и вывод показателей значительно облегчает работу специалистам по проектированию.

Данная программа подбора позволяет определить уровень звукового давления, производимого тепловым насосом в зависимости от места его установки (см. главу C.3.3). На все типы производимых тепловых насосов приведены паспортные показатели уровня звукового давления, а также необходимые устройства и принадлежности шумоплоглощения.

Программа расчета доступна как в online-режиме, так и у наших представителей.

Рис. D.3.2–3 Программа подбора тепловых насосов Viessmann

Рис. D.3.2–4 Пример программы расчета тепловых насосов

Рис. D.3.2–5 Браузер Viessmann Vitodesk

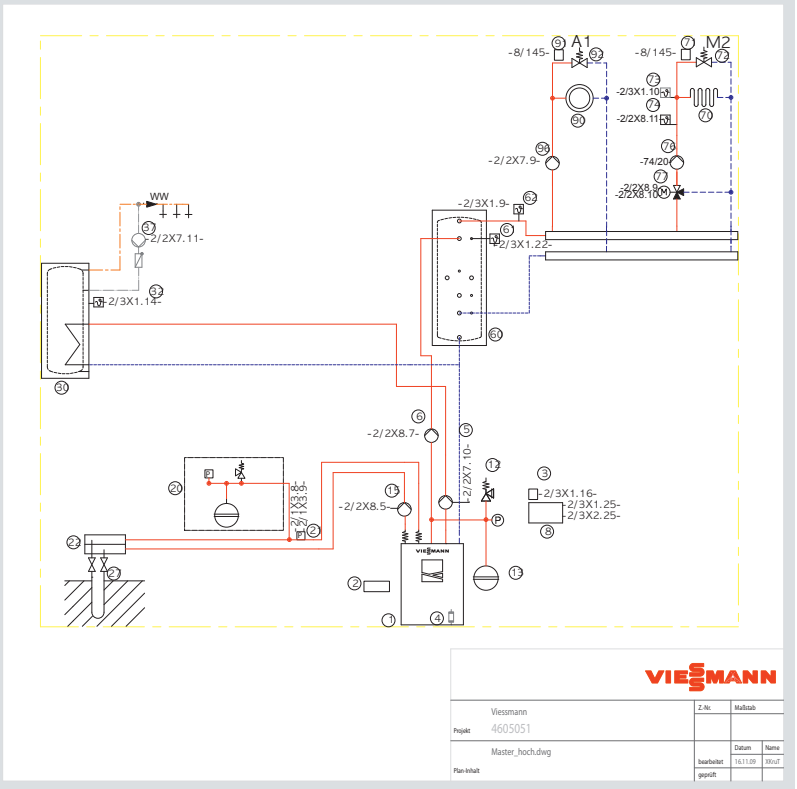
Браузер Vitodesk

Браузер принципиальных схем всех возможных комбинаций систем отопления с отопительным оборудованием всех ведущих мировых производителей представляет компания Viessmann. В него входят примеры различных гидравлических схем и их функционирование с традиционным теплогенерирующим оборудованием и с регенеративными источниками энергии. Простое руководство пользователя и удобная навигация позволяют быстро найти необходимую схему. Сами схемы предоставлены в удобном формате pdf или dwg.

Гидравлические схемы указаны со всеми необходимыми гидравлическими компонентами отопительных систем. Схемы являются принципиальными, т.е не учитывающими мощность применяемых типов теплогенераторов и позволяют правильно и выполнить необходимую гидравлическую обвязку отопительной системы.

Поэтому при окончательном расчете необходимо согласовать мощность теплогенератора и, например, мощность теплообменника емкостного водонагревателя.

Рис. D.3.2–6 Пример схем браузера



Все элементы и датчикиu гидравлической схемы обозначены в соответствии с нумерацией присоединительных клемм.

Примечания

В дополнение к документации по проектированию и техническим паспортам тепловых насосов мы предлагаем несколько кважных практических советов и решений.

Дополнительно к данному руководству по проектированию мы предлагаем несколько коротких важных и необходимых указаний. Они составлены на основе многолетней практики применения тепловых насосов и имеют прикладное значение.

Чтобы обеспечить надежную и бесперебойную эксплуатацию тепловых насосов необходимо выполнять все требования инструкции завода-изготовителя, а также проводить регулярную проверку работы теплового насоса и мероприятия по сервисному обслуживанию.

В предметном указателе представлены все необходимые темы, которые рассматриваются в данном руководстве и которые окажут Вам поддержку и помощь в практическом применении тепловых насосов.

124 Путь к применению эффективных тепловых насосов

130 Указания для проверки и оптимизации

132 Предметный указатель

Путь к применению эффективных тепловых насосов

Компетентные ответы на все экономические вопросы, связанные с применением альтернативных источников энергии не менее важны, чем технические аспекты их применения.

1. Компетентное консультирование

Выбор отопительной системы с применением тепловых насосов требует компетентной и исчерпывающей консультации – это особенно актуально при модернизации существующей системы отопления. Инвестиционные затраты при использовании теплового насоса в системе теплоснабжения, как правило, более высоки, чем при применении обычных традиционных теплогенераторов. В связи с этим обоснованы высокие ожидания инвесторов, связанных с высокими экологическими и экономическими потенциалом. Поэтому, компетентное консультирование, как правило, занимает достаточно моного времени, так как приходится оговаривать многие аспекты, связанные не только с технологическими, но и экономическими и экологическими нюансами. Тепловые насосы, в отличие от традиционных теплогенераторов, в значительной степени зависят от правильности исполнения систем отопления и прокладки грунтовых зондов.

Чем раньше и точнее инвестор будет обладать полной информацией о всех аспектах такого предприятия, тем меньше у него будет разачарований в проекте.

Для полноценной компетентной консультации нашему специалисту будут небходимы проектные данные объекта, если это новостройка, или данные проведенного комплексного энергетического обследования здания с модернизируемой системой отопления. В частности, интересуют типы и геометрические размеры отопительных приборов, температура подачи, величина теплопотерь здания, а также диаметр труб отопительной системы. Используя программу расчета подбора теплового насоса и величину часов годовой наработки Вы получите оптимальный вариант системы отопления с тепловым насосом, позволяющий максимально учесть Ваши индивидуальные требования и сократить издержки отопления.

2. Расчет отопительной нагрузки

Проектирование и выбор отопительной установки в первую очередь начинается с определения необходимой отопительной нагрузки, как при новом строительстве здания, так и при модернизации существующей системы отопления.

Основным документом, определяющим расчет отопительной нагрузки является немецкий промышленный стандарт DIN EN 12831, который определяет максимальную отопительную нагрузку здания и требуемую мощность теплогенератора.

Определение отопительной нагрузки здания в разных странах определяется по разному согласно местным нормативным документам и предписаниям. В России также существует отдельный документ, определяющий отопительную нагрузку зданий и помещений.

В конечном результате энергетического обследования здания выпускается документ, который называется энергетическим паспортом объекта. Согласно его данным подбирается мощность теплогенератора, в данном случае, мощность теплового насоса.

В новом строительстве энергетический паспорт объекта с указанием тепловой нагрузки особенно важен, так как при модернизации системы отопления величина тепловых потерь, как правило, уже известна, а при новом строительстве такой статистики за прошлые годы нет.

На основании этих данных и определяется мощность теплового насоса с учетом нагрузки отопления и горячего водоснабжения.

3. Выбор температуры подачи в отопительном контуре

Чем ниже температура в отопительном контуре, тем эффективнее функционирование теплового насоса. Повышение температуры подачи на каждые 1 K приводит к понижению COP теплового насоса на 2,5 %.

Если тепловой насос планируется к установке в новостройке, то эффективнее всего использовать низкотемпературные элементы системы отопления, например, такого, как "панельное отопление" или "теплого пола", тем самым достигается более высокая эффективность работы отопительной установки.

Существующие нагревательные элементы систем отопления, такие как, например, радиаторы имеют менее высокий показатель коэффициента теплопередачи и меньшую поверхность, тем самым требуя более высокую температуру подачи и ухудшение показателя эффективности COP теплового насоса. Чтобы достигнуть показателей комфортного отопления с не высокой температурой подачи равной примерно 55 °C требуется:

- Пересчет площади поверхности нагревательных элементов.
- Температура подачи отдельных элементов поверхностей нагрева должна быть адаптирована.
- Отдельные высокотемпературные поверхности нагрева должны быть заменены.

Очень важно соблюсти оптимальную гидравлическую балансировку всей системы отопления.

4. Выбор первичного источника тепла

Для определения типа первичного источника тепла желательно провести расчет на месте конкретного объекта.

Воздух
Возможность использования воздушно-водяного теплового насоса зависит в первую очередь от климатической зоны, местоположения объекта и требованиям по допустимому уровню звукового давления.

При внутренней установке теплового насоса необходимо обеспечить заданный в технической документации необходимый объем воздуха для его оптимальной работы.

Рассол
Основа проектирования систем отопления с тепловыми насосами это показатель их тепловой и холодопроизводительности. Здесь Вам помогут наша обширная техническая документация и руководство по проектированию, а также компетентные советы специалистов фирмы Vessmann. Затем необходимо определить оптимальный вид первичного источника энергии.

В рассольно-водяном исполнении необходимо обращать вниманеи не только на глубину скважин, но и расстояние от скважины до теплового насоса. В случае большой удаленности потребуется бОльшая мощность циркуляционных насосов рассольного контура.

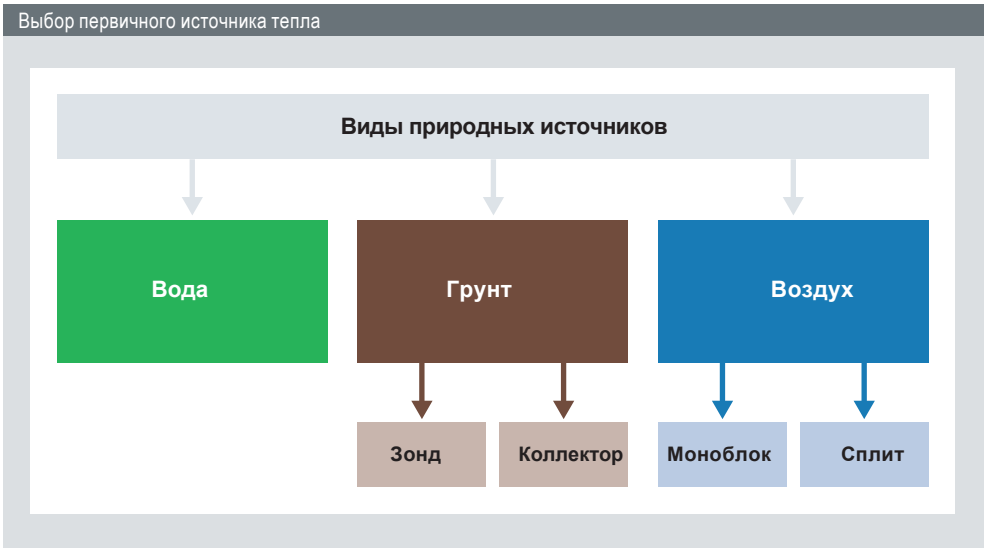
При бу на глубину более 100 метров, как правило, требуется получение разрешения у органов местного надзора.

Так бурильные работы проводятся в большинстве случаев с применением крупногабаритной и тяжелой строительной техники, требуется заранее оценить возможность ее доступа на место проектируемого бурения скважин.

Вода
Для использования в качестве теплоносителя грунтовых вод необходимо в первую очередь убедиться в достаточной дебетовой мощности источника и качестве используемой воды. Для небольших индивидуальных домов, коттеджей, глубина скважины для использования грунтовых вод должна быть не более 15 метров, чтобы обеспечить необходимый расход электроэнергии погружного насоса в условиях лимита мощности электрического подключения дома к центральной электросети.

Детальную информацию по выбору первичного источника для теплового насоса смотрите в главе C.

Выбор первичного источника тепла



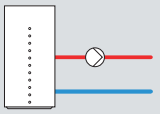
5. Установки для горячего водоснабжения

Теплопроизводительность теплового насоса необходимо очень точно согласовывать с величиной показателя горячего водоснабжения. Необходим точный расчет потребления горячей воды, как моментный, пиковый, т.е. с учетом числа одновременно открытых точек водоразбора, так и общий, за сутки. Наиболее распространенные ошибки применения тепловых насосов можно избежать, если правильно расчитать необходимую величину теплообмена между потреблением горячей воды и производительностью теплового насоса.

При проектировании системы отопления офисного здания необходимо обращать пристальное внимание на расчет горячего водоснабжения, чтобы максимально отказаться от накопительных устройств и обеспечить расход ГВС электронагревательными элементами. Использование накопительных емкостей значительно снижает COP теплового насоса, что может отрицательно сказаться на экономической составляющей всей системы отопления.

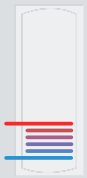
6. Проектирование системы

Важнейшие моменты проектирования системы отопления



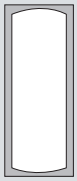
Объем прямой и обратной линии бех накопительной емкости

мин. 3 л /кВт



Поверхность нагрева накопительной емкости

мин. 0,25 м ^{2}/ кВт



Объем накопительной емкости

20 л/кВт (оптимизация потока)

60 л/кВт (с перерывом эл.снабжен)

После определения необходимой отопительной нагрузки и выбора первичного источника тепла важным этапом является выбор между моновалентной и бивалентной схемой теплоснабжения. Бивалентная схема предусматривает использование электронагревательных элементов для пиковых режимов отопления или подготовки горячей воды необходимого уровня температуры.

Точка бивалентности для соблюдения оптимального энергетического баланса должна лежать в пределах от –3 °C до –7 °C. Использование бивалентной схемы как правило повышает отопительные издержки, однако, в граничных условиях, или для обеспечения жестких гигиенических требований для защиты от легионелл, использование электронагревательной вставки оправдывает свое применение и снижает общие инвестиционные затраты.

Проектирование трубопроводных систем

Как правило проектирование самой системы трубопроводов отопительной системы с использованием тепловых насосов описано в правилах и нормах и отличается от традиционных систем незначительно.

7. Монтаж и ввод в эксплуатацию

Если никаких дополнительных требованияй по оргнаизации системы холодоснабжения от теплового насоса не требуется, то монтаж самого теплового насоса (не скважинных устройств) ничем не отличается от монтажа традиционных теплогенераторов.

Однако для грамотной и безошибочной установки тепловых насосов, особенно сплит-систем, требуется компетентный и профессиональный совет, который мы можем дать, как с помощью наших специалистов, так и очно, при проведении соответсвующего обучения.

Эффективная и надежная эксплуатация системы отопления с тепловыми насосами требует соблюдения некоторых обязательный условий:

- Обеспечения гидравлической балансировки как первичного, так и вторичного контуров
- Проверки требуемой температуры горячей воды
- Установка отопительных кривых согласно требуемой системной температуре
- Настройка требуемых гидравлических параметров всей системы отопления
- Проверка дополнительных параметров, например, таких, как необходимой концентрации рассола у рассольно-водяного теплового насоса

8. Указания

Современные тепловые насосы безопасны и просты в эксплуатации и не требуют сложных технических решений для сервисного и технического обслуживания. В этом они сравнимы с обычными традиционными источниками теплоснабжения.

Однако специфика низкотемпературной генерации тепла требует тщательного соблюдения всех предписаний, установленных в документации по проектированию и технических паспортах тепловых насосов. Изменения эксплуатационных параметров могут иметь решающее значение для общей эффективности системы – это должны хорошо понимать конечные пользователи отопительной установкой. Поэтому имеет смысл заранее оговорить все возможные отопительные режимы с компетентным сотрудником до начала проектирования системы теплоснабжения с тепловым насосом.

Для максимальной эффективности необходимо соблюдать следующие требования

- общее регулирование системы отопления в бивалентной схеме происходит в системе управления теплового насоса,
- необходимы комнатные регуляторы температуры и термостаты
- и их работа максимально согласовывается с режимом подготовки ГВС в режиме приоритета.

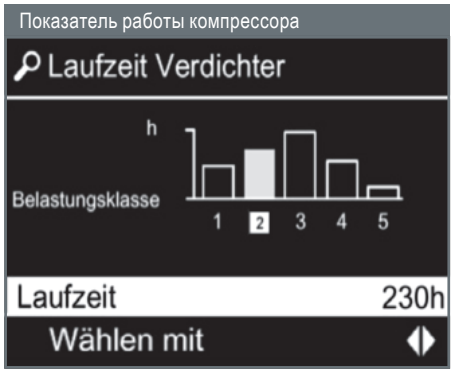
Указания для контроля и оптимизации работы

Для обеспечения максимальной эффективности работы отопительная установка с тепловым насосом подлежит не только регулярному сервисному обслуживанию, но и проверке отдельных эксплуатационных параметров.

Необходимые технические требования по сервисному обслуживанию тепловых насосов почти однотипны с обслуживанием традиционных теплогенераторов если количество хладагента в них не превышает 3 кг.

После каждого отопительного сезона установка с тепловым насосом должна быть, по возможности, проинспектирована специалистом сервисной службы и намечены пути повышения оптимизации работы. В новостройках такая оптимизация всегда обязательна, так как за прошедший отопительный сезон несколько меняются физические свойства используемого строительного материала.

Во время периода усушки необходимо тщательно контролировать производительность теплового насоса. Превышение проектной производитлельности может привести к повышенной нагрузке на скважинные зонды, что может негативно сказаться на их физическом состоянии и возможному размораживанию скважины. Если потребность в отопительной нагрузке очень высока, рекомендуется использовать временный дополнительный теплогенератор.



Какк вспомогательное средство к контролю за техническими параметрами и сервисными показателями компания Viessmann предлагает эксплуатационный дневник отопительной установки.

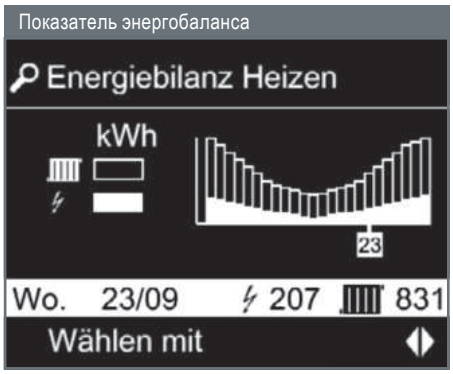
Анализ позволит определить оптимальное отношение требуемого класса отпительной нагрузки к числу часов работы теплового насоса при требуемых температурах подачи и возможные пути оптимизации отопительного процесса. Количество часов работы теплового насоса пожет соотноситься с каждым классом нагрузки.

Классы показывают разницу температур между испарением и конденсацией (ΔT V/K).

Класс нагрузки	Число часов работы при $\Delta T_{V/K}$
1	$\Delta T_{V/K} < 25$ K
2	25 K < $\Delta T_{V/K} < 32$ K
3	32 K < $\Delta T_{V/K} < 41$ K
4	41 K < $\Delta T_{V/K} < 50$ K
5	$\Delta T_{V/K} > 50$ K

Показатели суточных режимов эксплуатации

Показатель энергобаланса



Показатели затраченой электрической энергии к произведенной тепловой показывает эффективность работы теплового насоса.

Чем более продолжительное время при низкой разнице температур работает тепловой насос, тем выше эффективность работы теплового насоса.

Возможность анализа эффективности работы теплового насоса предоставляет Вам эксплуатационный дневник. Здесь отображается вся информация за определенный период времени. Для каждой календарной недели (CW = calender week) в эксплуатационном дневнике доступны показатели следующих необходимых для оптимизации работы параметров:

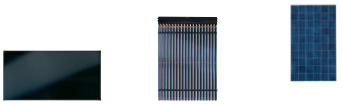
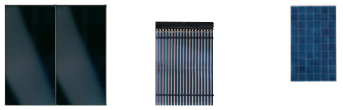
	Средняя температура
T.(в)	Вход в тепловой насос
T.(из)	Выход из теплового насоса
	Время эксплуатации
HP1	Тепловой насос 1. ступень
HP2	Тепловой насос 2. ступень
AC	Режим охлаждения „active cooling“
NC	Режим охлаждения "natural cooling“

У тепловых насосв с электронным расширительным клапаном для каждой календарной недели доступен показатель „Энергетического баланса отопления“. Этот показатель показывает соотношение затраченной электрической энергии к произведенной тепловой, в результате чего формируется показатель энергетческой эффективности работы теплового насоса. У воздушно-водяных тепловых насосв этот показатель может формироваться из соотношения произведенной тепловой энергии к меняющемуся показателю наружной тмпературы воздуха.

Жидкотопливные котлы до 116 МВт и до 120 т/ч пара

Газовые котлы до 116МВт и до 120 т/ч пара

Солнечные коллекторы

Коттеджи			
Многоквартирные			
Индустрия			
Тепловые сети			

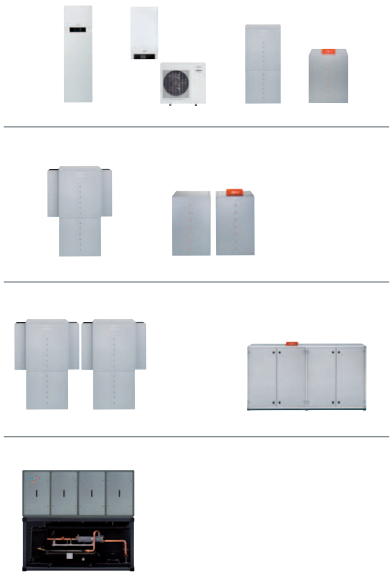
Индивидуальные решения с эффективными системами

Комплексная программа Viessmann
Комплексная программа Viessmann
Viessmann является технологическим лидером в области отопительного оборудования.
Комплексная программа Viessmann предлагает
индивидуальные решения с применением энергоэффективных систем для всех видов энергоносителей любых мощностей.
Являясь пионером в вопросах экологической безопасности, компания Viessmann вот уже на протяжении десятилетий поставляет энергоэффективные и экологичные отопительные системы, работающие на газе и жидком топливе, с использованием солнечной энергии, возобновляемых источников энергии и тепловых насосов.

Комплексная программа Viessmann предлагает передовые технологии и задает тон в области отопительного оборудования.
Благодаря высокому уровню энергоэффективности системы Vierssmann помогают сэкономить расходы на отопление и являются правильным выбором.
Все продукты Viessmann соответствуют действующим на территории Европы законам о снижении уровня эмиссий в окружающую среду.
Viessmann считает себя обязанным обеспечить максимально возможную защиту окружающей среды и экономию ресурсов

Твердотопливные системы и когенерационные установки мощнсостью до 50 Мвт

Тепловые насосы мощностью до 2 МВт



Климатическая техника

Системные компоненты

Комплексная программа Viessmann: индивидуальные решения с эффективными системами для всех источников энергии и сфер применения

- **Для каждого случая Viessmann предлагает эффективное решение**
- Котлы для природного газа и жидкого топлива до 116 МВт и 120 т/ч пара
- Солнечные коллекторы
- Солнечные батареи
- Тепловые насосы до 2 МВт
- Твердотоаливные котлы до 50 МВт
- Когенерационные установки до 30 $МВт_{эл}$
- Установки на биогазе от 18 кВтэл до 20 МВтгаз
- Установки производства биогаза до 3000 $м^3/ч$
- Климатическая техника
- Компоненты отопительной системы
- Сервис

Фирма Viessmann разрабатывает и производит инновационное отопительное оборудование, которое отличается высоким качеством, энергоэффективностью и долгим сроком службы. Многие из этих продуктов стали вехами в сфере развития отопительной техники.

Viessmann Group

VIESMANN

KWT

KOB

MAWERA

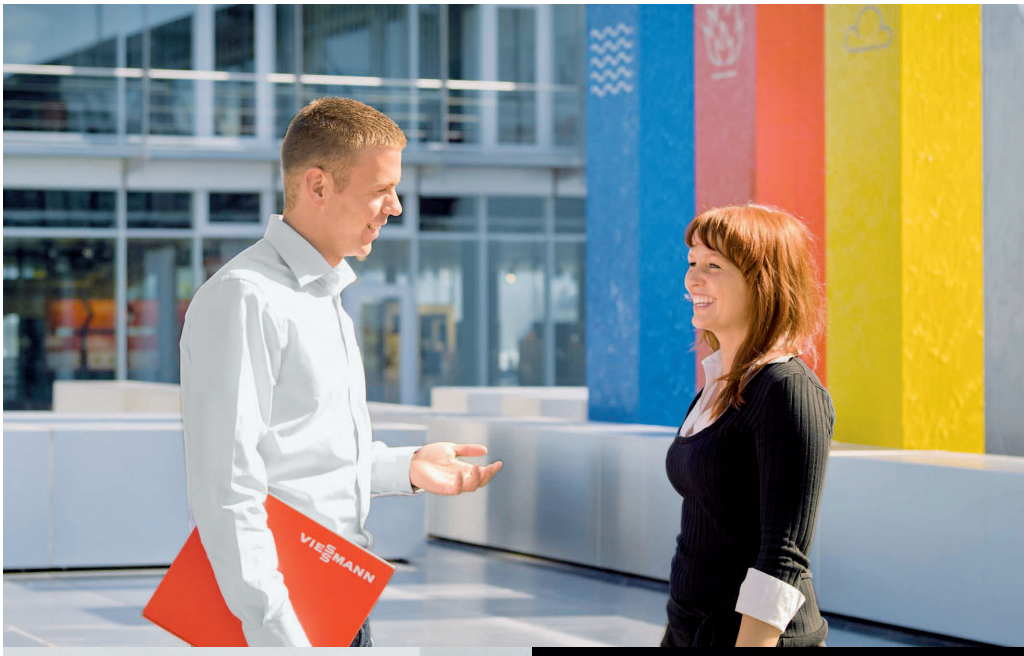
ESS

HKB

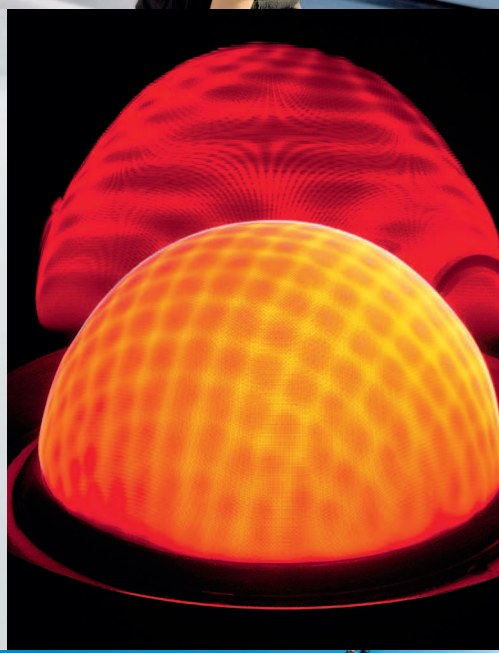
BIOFERM

Schmack

Carbotech


VIESMANN

VIESMANN
VITOLADENS 300



VIESMANN
VIESMANN

Audi
VIESMANN
VIESMANN

Viessmann – климат инноваций

Viessmann – это семейное предприятие, которое до сих пор росло и развивалось за счет только собственных сил. Между тем, партнерство также способствует росту компании.
Сегодня к группе компаний Viessmann относятся специалисты в области твердотопливных котлов Köb и Mawera, производители тепловых насосов KWT, компания ESS, занимающаяся производством когенерационных установок, а также BIOFerm и Schmack, являющимися лидерами в области производства биогазовых установок. Комплексная программа для всех видов энергии.

Комплексное предложение
Viessmann является международной компанией с широким спектром производимого оборудования для тепло - и электроснабжения, использующим различные источники энергии. На протяжении уже многих лет мы поставляем нашим заказчикам наиболее энергоэффективное и экологичное теплоэнергетическое оборудование

Проект "Эффективность Плюс"
С стартовавшем в 2005 году нашем проекте "Эффективность плюс" мы показываем на собственном примере, как политическо-экономические цели, которые планируются реалиовать до 2050 года уже сегодня могут быть достигнуты благодаря нашему инновационному энергетическому оборудованию.

Deutscher Nachhaltigkeitspreis

Deutschlands nachhaltigste Produktion 2009

Deutscher Nachhaltigkeitspreis

Deutschlands nachhaltigste Marke 2011

Фирма Viessmann в 2009 году была награждена высшей немецкой наградой в области энергоэффективности и защиты окружающей среды.

Собственное производство компании Viessmann в Аллендорфе в Германии оценено как наиболее энергоэффективное в 2010 году с присуждением премии Energy Efficiency Award 2010

Viessmann Group

- О фирме
- Год основания: 1917
- Сотрудников: 9600
- Оборотт: 1,86 Миллиардов Евро
- Экспорт: 55 процентов
- 24 производственных объекта в 11 странах
- Предствавительства в 74 странах
- 120 офисов продаж по всему миру

Комплексная программа Viessmann

- Газовые и жидкотопливные котлы
- Солнечные коллекторы
- Солнечные батареи
- Тепловые насосы
- Твердотопливные котлы
- Когенерационные установки
- Производство биогаза
- Климатическая техника
- Системные компоненты
- Сервис

Руководство по проектированию тепловых насосов

Viessmann Werke, Allendorf (Eder)

Redaktion & Gestaltung
solarcontact, Hannover

© 2011 Viessmann Werke

Все права защищены. По вопросам копировния и использования информации в коммерческих целях просьба обращаться в

ООО "Виссманн"
Россия, Москва, Ярославское шоссе, 42
Тел 8-(495) 663-2111
Факс 8-(495) 663-2112
WWW. VIESSMANN.RU

VIESMANN

climate of innovation

ООО «Виссманн»
г. Киев тел.: (044) 461 98 41
г. Львов тел.: (032) 241 93 52
г. Донецк тел.: (062) 385 79 93
г. Одесса тел.: (0482) 32 90 52
г. Харьков тел.: (057) 704 31 20
www.viessmann.ua

ООО «Виссманн»
Россия
Москва Ярославское ш. 42
Тел 8(495) 663-2111
Факс 8(495) 663-2112
www.viessmann.ru

9443 898 D 04/2012

Содержание этого проспекта защищено авторскими правами
Использование в коммерческих целях после согласования с ООО Виссманн.