

Глава 7

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ СИСТЕМЫ

История воздушного отопления

История отопления жилищ насчитывает тысячелетия. Пропустим эру костров и пещер и перейдем сразу к тому этапу развития человечества, когда появились первые дома — рукотворные пещеры. Во время археологических раскопок стоянки Alvnaset на территории Лапландии поблизости шведского городка Воуллерим (IV тысячелетие до н. э.) и в степном Зауралье (Челябинская обл., Россия) при исследовании городища Аркаим (III—II тысячелетие до н. э.) были обнаружены первые инженерные системы отопления жилищ, которые включали в себя: яму, в которой разводился костер, воздуховод в земле для подачи свежего воздуха, дымоход для удаления большей части дымовых газов и системы воздуховодов для распределения тепла по жилищу (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Шалаш из Аркаима

Первое письменное описание системы отопления сделал в конце I века до н. э. римский архитектор и инженер Витрувий. Он подробно описал устройство *гипокауста* — системы искусственного обогрева римских терм и жилых помещений

при помощи горячих газов. Отопительное устройство состояло из печи, расположенной вне отапливаемого помещения, и системы труб и полостей, проводящих нагретый воздух.

Витрувий

Витрувий (Vitruvius) — римский архитектор и инженер второй половины I в. до н. э. Автор трактата «Десять книг об архитектуре», где рассмотрены градостроительные, инженерно-технические и художественные вопросы, обобщен опыт греческого и римского зодчества.

Процесс отопления разбивался на два этапа. На первом этапе в печи рядом с домом разводился огонь, и дымовые газы, проходя под полом и по каналам в стенах, нагревали строительные конструкции. После того как процесс горения прекращался, дымовые трубы закрывались и открывались специальные люки и задвижки в подпольных каналах. Наружный воздух, проходя через печь гипокауста, нагревался в этих каналах и поступал в отапливаемые помещения. Таким образом, гипокауст был одновременно системой приточной вентиляции с подогревом приточного воздуха и системой теплых полов.

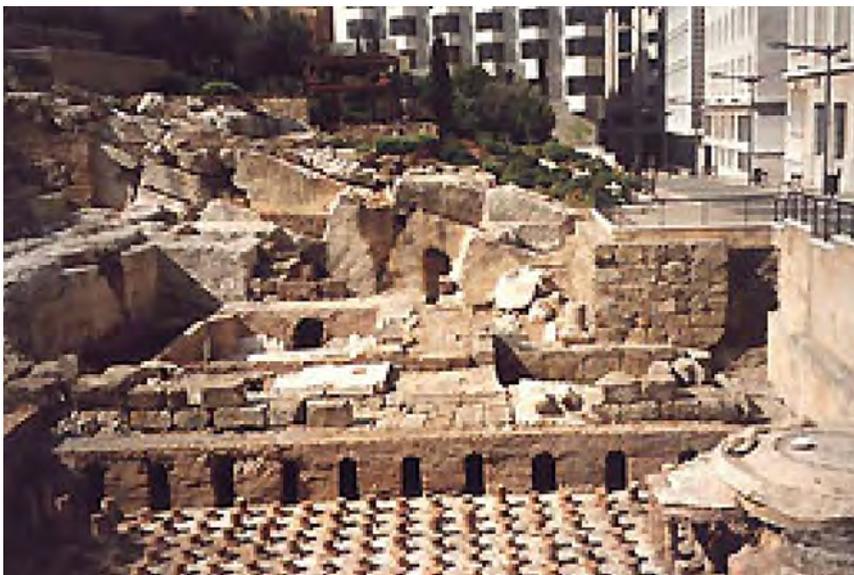


Рис. 7.2. Раскопки гипокауста в Бейруте

Следует отметить, что гипокаусты (рис. 7.2) использовались не только в Риме, но и в Древней Греции, Египте, а также в Китае и Корее (они там назывались «ондоль» — теплые полости). А вы думали, почему вся жизнь в Восточной Азии проходит на полу? Гипокаусты, как показывают раскопки (рис. 7.2), строили на протяжении многих веков в разных странах. В частности, отопление главного комплекса Соловецкого монастыря было реализовано с помощью гипокауста.

Строительство гипocaustа и его эксплуатация были очень дорогостоящими. Поэтому они создавались только в общественных зданиях и в домах знати.



Рис. 7.3. Русская печь

В XV веке была создана русская печь (рис. 7.3). В «русской системе» отопления впервые воздух нагревался через непосредственный контакт воздушной массы с раскаленной поверхностью печи, исключая возможность попадания продуктов сгорания в помещения. Продукты сгорания удалялись через дымовую трубу, а сама печь располагалась внутри отапливаемого помещения. Благодаря тому, что печь находилась внутри дома, тепло нагретой печи расходовалось очень экономно. А за счет оригинальной конструкции удалось добиться КПД печи более 60 % (как у современных печей). Да и стоимость русской печи не шла ни в какое сравнение с гипocaustом.

В отличие от гипocaustа, русскую печь нельзя назвать системой воздушного отопления, поскольку в чистом виде русская печь не предусматривает транспортировку тепла в несколько помещений. Но на ее базе создавались системы воздушного отопления. Пример тому — отопление Грановитой палаты в Московском Кремле.

С различными модификациями этот способ отопления дошел до наших дней в виде различного вида кирпичных (русская, шведка, голландка и т. д.) и металлических печей (различного вида буржуйки, печи «Булерьян» и «Профессор Бутаков» и т. п.), а также закрытых каминов. Вид современной металлической печи «Профессор Бутаков» показан на рис. 7.4.



Рис 7.4. Печь «Профессор Бутаков»

Техника огневоздушного отопления совершенствовалась. В конце XVIII века архитектор Н. А. Львов опубликовал правила конструирования и расчета системы огневоздушного отопления. В начале XIX века немецкий профессор Мейснер описал физические закономерности воздушного отопления, а русский инженер Н. А. Аммосов применил огневой калорифер с металлическими трубами для нагревания воздуха в здании, что по силе своего действия было эквивалентно трем десяткам обычных печей. Такая технология использовалась в общественных зданиях на протяжении нескольких десятков лет.

Кстати, батареи водяного и парового отопления были изобретены приблизительно в 1855 году российским инженером итальяно-немецкого происхождения Францом Карловичем Сан-Гали. Поначалу он назвал их по-немецки: «хайцкерпер» (горячая коробка), а потом придумал и русское название — батарея. По началу батарея была неказистая и представляла собой систему труб с вертикальными дисками. Современные батареи и кассеты водяных теплообменников имеют тот же принцип работы: максимум площади теплосяема при минимуме объема воды.

До конца XIX века движение воды в трубах водяного отопления и воздуха в системах воздушного отопления осуществлялось за счет естественных сил природы. Развитие техники привело к появлению водяных насосов и вентиляторов, что кардинально повлияло на системы отопления. Появились возможности создания тепловых узлов, которые обслуживали один или несколько домов от одного теплогенератора, уменьшения диаметра труб водяного и воздушного отопления, более точного дозирования количества тепла, которое надо подать в каждое из помещений. А это, в свою очередь, привело к сокращению затрат на отопление.

Современные системы воздушного отопления (СВО) используют принудительную циркуляцию воздуха за счет канального вентилятора. Обычно вентилятор устанавливается в одном блоке с теплообменником.

Первые системы воздушного отопления современного типа, предназначенные в основном для отопления индивидуальных домов, создали в начале прошлого века после того, как на одном из машиностроительных предприятий Германии стали выпускать простейшие модели газовых воздухонагревателей. Позднее более совершенные газовые воздухонагреватели стали делать в Северной Америке.

Настоящий бум внедрения СВО начался в США и Канаде в 40–60-х годах XX века, когда в технологии производства газовых воздухонагревателей произошел прорыв: коэффициент использования тепла при сгорании топлива достиг 80 %. В настоящее время подавляющее большинство индивидуальных домов США и Канады оснащены этими системами (рис. 7.5).



Рис 7.5. Устройство воздухонагревателя США

В простейшем случае система воздушного отопления выполняет функцию отопления, механической очистки (от пыли) и приточной вентиляции (как в автомобиле — ведь и там внедрена воздушная система отопления). А если добавить все опции, то получим тонкую очистку воздуха (электростатический и угольный фильтры), увлажнение воздуха, охлаждение (в жаркое время) и бактериологическую очистку воздуха (УФ-стерилизатор), температурное зонирование и программирование по времени суток и по дням недели параметров воздуха в зонах, удаленный мониторинг и управление климатом, — т. е. систему климат-контроля дома.

Заметим, что, вообще говоря, под термином «кондиционирование» подразумевается поддержание определенных параметров воздуха, а не его охлаждение, как думают многие.

В России системы воздушного отопления в индивидуальных домах начали устанавливать с середины 90-х годов прошлого века, используя импортные воздухонагреватели Goodman (рис. 7.6), Lennox и т. д.



Рис 7.6. Газовый воздушонагреватель Goodman, США

В настоящее время начато производство российских воздушонагревателей «АНТАРЕС Комфорт», которые по большей части параметров превосходят западные воздушонагреватели и учитывают российскую специфику: отсутствие стабильного электроснабжения, отсутствие газа еще во многих населенных пунктах, разрешительную систему, временное проживание в загородных домах, разрыв между временем отделки дома и временем, когда подведут газ, и т. п.

Медленно, но верно современные системы воздушного отопления пробивают себе дорогу на российских просторах. Этому способствуют и люди, волею судьбы прожившие в США и Канаде, и туристы, ездящие на горнолыжные курорты Альп и Финляндии, и народная молва: «Сосед поставил — интересно, батарей нет, а в доме тепло, воздух свежий, и сухости нет, и сквозняков, дети не болеют. А я о чем думал, когда ставил батареи?»

Альтернатива воздушному отоплению — теплонасосные системы

Толчком для развития теплонасосных систем в мире послужили энергетические кризисы 1973 и 1978 годов. В Америке, в начале своего развития, геотермальные системы устанавливались в домах высокой ценовой категории. Но сегодня, за счет применения современных технологий, геотермальные тепловые насосы стали доступны многим американцам. Они устанавливаются в новых зданиях или заменяют устаревшее оборудование с сохранением или незначительной модификацией прежней отопительной системы.

В 1980-м году в Америке уже работало около 3 млн тепловых насосов, в Японии — более 0,5 млн, в Европе — 0,15 млн. В 1993 году общее количество установленных тепловых насосов в странах Западной Европы составило свыше 12 млн. Сегодня в США ежегодно производится около 1 млн геотермальных тепловых насосов. А при строительстве новых общественных зданий используют исключительно геотермальные тепловые насосы. Эта норма была закреплена федеральным законодательством США. Геотермальный тепловой насос был установлен даже в широко известном небоскребе Нью-Йорка The Empire State Building.

Тепловые насосы обеспечивают 70 % потребности в тепловой энергии в Швеции. В Стокгольме 12 % всего отопления города обеспечивается геотермальными тепловыми насосами общей мощностью 320 МВт, использующими в качестве источника тепла Балтийское море.

В Германии предусмотрена дотация государства на установку тепловых насосов в размере 200 евро за каждый кВт установленной мощности. В Финляндии, Швеции и Норвегии процент использования геотермальных систем составляет около 30 %.

По прогнозам Мирового энергетического комитета, к 2020 году доля геотермальных тепловых насосов в теплоснабжении составит 75 %.

Активный процесс установки геотермальных систем начался в странах Балтии. Даже в России, имеющей большие запасы нефти и газа, за последние три года установлено около 1000 геотермальных установок.

Геотермальные системы безопасны и экологически чисты, они не наносят вред окружающей среде. Это утверждение подтверждает опыт более чем 30-летней эксплуатации геотермальных систем в странах, где вопрос экологии стоит далеко не на последнем месте.

Тепло Земли с точки зрения теплофизики

Внутренняя температура приповерхностного слоя Земли составляет около 10 °С и не зависит от сезона: зимой она выше, а летом — ниже температуры воздуха. Безусловно, эта температура слишком мала, чтобы ее использовать для нужд

человека. Однако еще в прошлом веке успехи теплофизики и технологии рефрижераторных установок позволили разработать способы преобразования этой «низкокачественной» тепловой энергии в «высококачественную» (пригодную для использования в тепловых системах).

С точки зрения теплофизики, грунт является неиссякаемым источником тепловой энергии. «Отобрать» геотермальное тепло (тепло грунта) можно с помощью *тепловых насосов*. Тепловой насос — это устройство, которое позволяет принимать тепло от низкотемпературного источника, преобразовывать в высокотемпературное и передавать его в теплоноситель различных систем отопления или нагрева.

Технически простая система геотермального отопления может преобразовать и направить в здание 3,5–4,5 кВт (или около 80 Мкал/сут) тепловой энергии, затрачивая при этом на работу установки всего 1 кВт электрической мощности. В летнее время эта же система позволит охлаждать помещения. Геотермальные системы сохраняют работоспособность и эффективность даже при экстремальных температурах окружающей среды.

При «отборе» тепла Земли используют ее верхний слой, находящийся на глубине до 100 м от поверхности. С точки зрения теплообмена этот слой грунта находится под воздействием лучистой энергии Солнца, радиогенного тепла из глубинных слоев Земли, конвективного теплообмена с атмосферным воздухом и теплопереноса за счет различных массообменных процессов (дождь, таяние снега, грунтовая вода и т. д.).

В зарубежной литературе существует несколько различных классификаций грунтов. Нас в большей степени интересует классификация грунтов по их теплопроводности. В приведенной здесь табл. 7.1 используются данные известного американского справочника ASHRAE [77].

Таблица 7.1

Классификация грунта. Вариант ASHRAE

Класс грунта	λ , Вт/(м·°С)	Тип грунта
Очень низкая теплопроводность	<1	Легкая глина (15%-ная влажность)
Низкая теплопроводность	<1,5	Тяжелая глина (5%-ная влажность)
Нормальная теплопроводность	<2	Тяжелая глина (15%-ная влажность)

В российских источниках нами обнаружена таблица 3 СНиП 2.02.04–88, на основе которой можно составить таблицу по определению теплопроводности талого грунта (табл. 7.2).

Из сравнения табл. 7.1 и 7.2 видно, что данные американских и российских справочников довольно адекватны. Для точного определения теплопроводности

грунтов необходимо проводить экспериментальные исследования теплопроводности в месте предполагаемой установки оборудования.

Таблица 7.2

Классификация грунта. СНиП 2.02.04–88

Класс грунта	λ , Вт/(м* °С)	Тип грунта
Очень низкая теплопроводность	<1	Заторфенные грунты и торф
Низкая теплопроводность	<1,5	Суглики и глины, супесь пылеватая, легкая супесь пылеватая
Нормальная теплопроводность	<2	Тяжелая супесь пылеватая, легкий песок
Высокая теплопроводность	<2,5	Тяжелый песок (5%-ная влажность)
Очень высокая теплопроводность	>2,5	Тяжелый песок (15%-ная влажность)
Нормальная теплопроводность	<2	Тяжелая глина (15%-ная влажность)

Отметим, что теплопроводность грунта не является величиной, постоянной в течение года. Она зависит от влажности, агрегатного состояния влаги в грунте и температуры. Причем особенно сильно влажность меняется при замерзании грунта. По разным источникам известно, что теплопроводность мерзлых грунтов составляет

$$\lambda_f = 1,05 \dots \lambda_{гр} \quad (7.1)$$

О температуре грунта на различной глубине у автора есть лишь данные из зарубежных источников. Из этих данных можно сделать вывод, что на глубине более 8 м температура практически постоянна в течение года (изменения составляют только $1/_{20}$ изменений на поверхности). В странах, где тепловые насосы нашли широкое применение, существует такое понятие, как *температура грунта*. Справочник ASHRAE предлагает определять температуру грунта по температуре грунтовых вод в данной местности. Если исходить из температуры грунтовых вод, то она колеблется в пределах 8–10 °С для условий, например, Беларуси (рис. 7.7). С незначительными отклонениями эти данные можно принять и для условий России и Украины.

Значение количества радиогенного тепла составляет (для зоны Центральной Европы) 0,05–0,12 Вт/м². Если оно неизвестно, то обычно принимается 0,1 Вт/м². Существуют два основных способа отбора геотермального тепла: с помощью открытых и закрытых контуров. Под *открытым контуром* понимают использование теплоты грунтовых вод, предусматривающих доставку этих вод на поверхность, использования их теплоты и возврат в пласт. Под *закрытым контуром* понимают использование теплоты грунта с помощью промежуточных теплообменников и теплоносителей.

В свою очередь, системы с закрытыми контурами различают по типу теплообменников: горизонтальные (рис. 7.8, а) и вертикальные (рис. 7.8, б). Устройство закрытых контуров с вертикальными теплообменниками дороже, чем с горизонтальными. В то же время контуры с горизонтальными теплообменниками занимают большие площади, что может оказать в некоторых случаях весьма критичным условием (рис. 7.8, в).

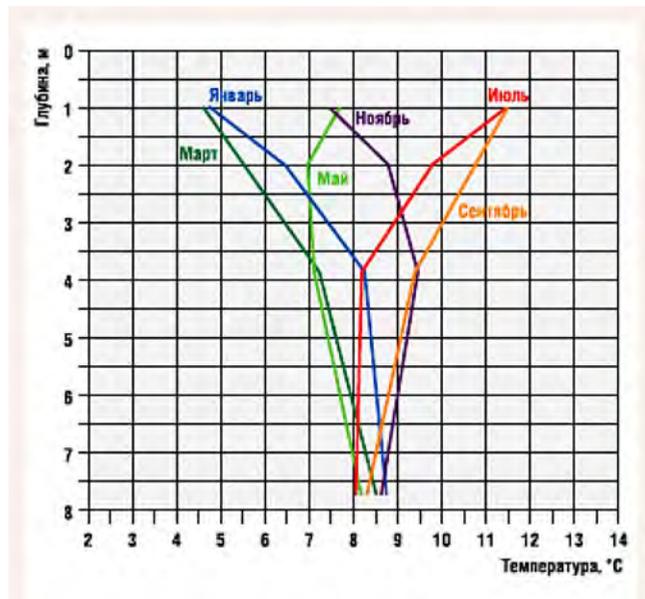


Рис 7.7. Распределение температуры грунта по глубине

Размещение труб в траншее обычно выполняется двумя основными способами: прямыми и свитыми в спираль трубами. В жизни существуют и другие, иногда довольно экзотические, способы: например, трубопроводы прикрывают сверху медными пластинками (copper fins) — видимо, для улучшения теплообмена.

Решение по выбору системы отопления принимается на этапе проектирования и связано с реализацией конкретного проекта. Теплообмен в грунтах — довольно сложный процесс, поэтому производители тепловых насосов подходят к этому вопросу по-разному.

Одни рекомендуют при расчетах усредненные значения теплообмена, другие приводят вполне конкретные значения для производимых ими теплообменников, полученные в результате изучения грунтов и исследований.

Выбор мощности теплового насоса при проектировании

В ряду тепловых насосов, для работы которых в качестве источника тепла используется тепло поверхностного слоя Земли, выделяются тепловые насосы

EarthLinked® с подземным медным теплообменником DIRECT AXXESS® американской компании ECR Technologies Inc.

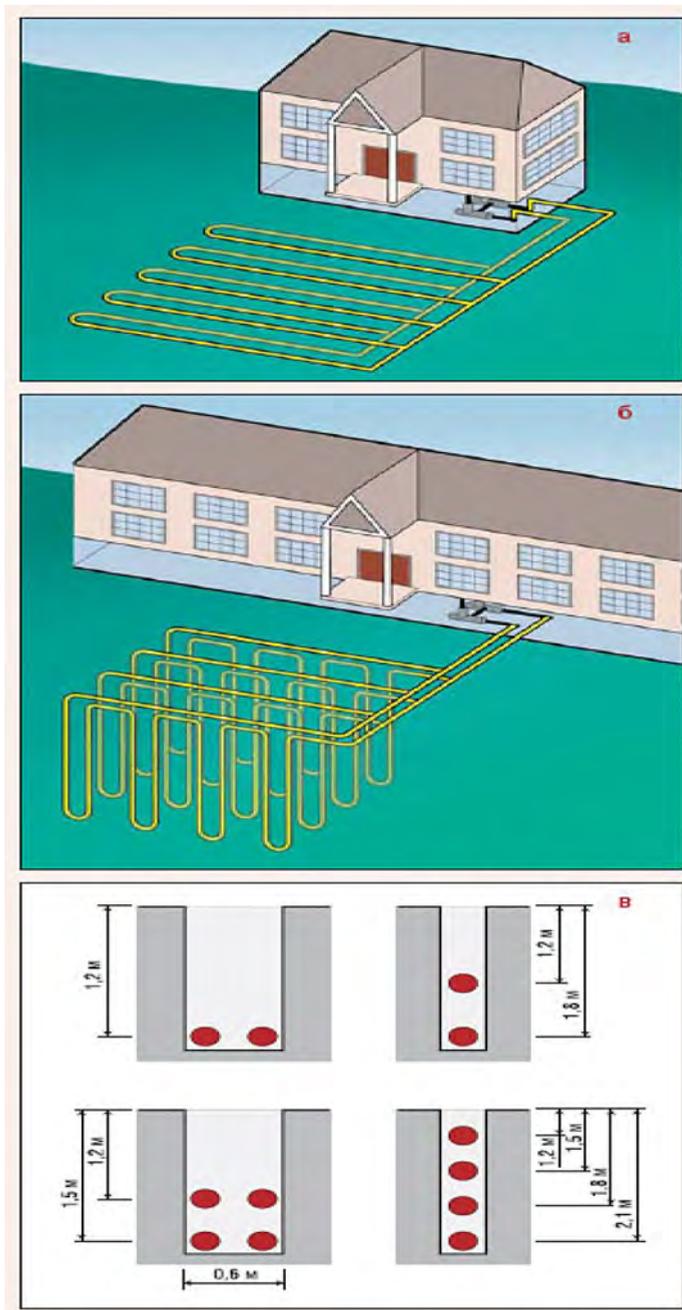


Рис. 7.8. Разводка труб горизонтального (а) и вертикального (б) грунтовых теплообменников и варианты укладки горизонтального теплообменника в траншею (в)

Отличительная особенность этих насосов состоит в том, что для доступа к стабильной земной температуре используется U-образный трубопровод-испаритель с хладагентом. Хладагент непосредственно подается к источнику земного тепла, и это инженерное решение обеспечивает высокую эффективность геотермальной отопительной системы. Испаритель устанавливается в грунт горизонтально ниже глубины промерзания или вертикально, в предварительно пробуренные скважины. Скважины бурят диаметром 40–60 мм вертикально или диагонально до глубины 15 или 30 м.

На примере тепловых насосов этой компании рассмотрим, как происходит выбор мощности теплового насоса.

В первую очередь определяются теплопотери здания по методике, разработанной ECR Technologies Inc., с использованием программного продукта этой же компании.

Отдельно нужно сказать, что опыт инсталляции тепловых насосов в США, да и в Европе, говорит о том, что установку теплового насоса нужно рассматривать как комплексное решение задачи по энергосбережению.

С одной стороны, это установка в здании энергосберегающей системы, с другой — снижение теплопотери здания до уровня, при котором для отопления здания достаточно 50 Вт/м^2 . Только при таких условиях проект в целом считается энергосберегающим и обеспечивается поддержкой государственного финансирования, стимулирования установщиков оборудования в странах, где сегодня разработаны соответствующие программы и активно проводится установка тепловых насосов.

При проектировании выбор теплового насоса для конкретного здания сводится к условиям, которые наглядно отображены на приведенном на рис. 7.9 графике дименционирования (измерения) мощности.

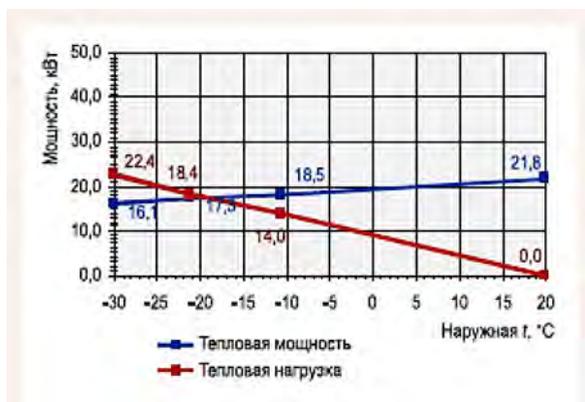


Рис. 7.9. График дименционирования мощности

Из рис. 7.9 видно, что точка баланса системы (пресечение прямой теплопроизводительности системы отопления и прямой нагрузки ограждающих конструкций здания) должна соответствовать проектной температуре для региона, где устанавливается система отопления.

Зона графика, лежащая от точки баланса системы справа, определяет рабочую зону системы отопления.

Зона графика, лежащая от точки баланса системы слева, определяет зону, в которой система не справляется с покрытием тепловых потерь ограждающих конструкций. Для таких случаев в системе предусмотрен так называемый «пиковый догреватель», который при необходимости автоматически включается, увеличивая тепловую мощность системы.

Мощность «пиковых догревателей» выбрана таким образом, что при его включении система отопления была в состоянии обеспечить заданную температуру в здании при наружных температурах воздуха до $-30...-34$ °С.

В табл. 7.3 приведены значения необходимой дополнительной мощности, которая потребуется для поддержания стабильной, заданной температуры в условном здании при проектировании. Среднестатистические расчеты показывают, что использование «пикового догревателя» составляет 2–3 % в год, что не может существенно отразиться в затратах на отопление. Тем не менее существует возможность установить систему с изначально заложенной избыточной мощностью, однако это существенно скажется на капитальных затратах, т. е. затратах, связанных со стоимостью системы и ее установкой.

Таблица 7.3

Расчетное дополнительное отопление

°F	BTU	кВт	°C
-6	3938	1,2	-21
-22	76 576	6,3	-30

Нужно отметить, что температура бытовой воды либо теплоносителя для системы отопления на выходе теплового насоса не может превышать 50–55 °С. Именно по этой причине тепловой насос рекомендуется использовать с системой отопления «водяной лучистый пол». В такой системе температура теплоносителя, как правило, составляет 30 °С и не превышает 35 °С. Для бытовой воды 50 °С — достаточная температура, даже избыточная.

Использование тепловых насосов в системах радиаторного отопления влечет за собой увеличение площади радиаторов почти в два раза. На практике не всегда существует такая возможность, поэтому решение по выбору системы отопления принимается на этапе проектирования и связано с реализацией конкретного проекта.

Итогом расчета является представление КПД (COP) системы при различных температурных нагрузках на здание (табл. 7.4).

Постоянный рост цен на энергоресурсы дает отличный повод задуматься над более современными и экономичными средствами получения тепла и горячей воды. На сегодняшний день уже существуют десятки инновационных способов обустроить эффективные схемы отопления, сделав его абсолютно бесплатным.

Таблица 7.4

КПД (COP) системы

°F	COP	°C
68	4,52	20
47	4,30	8
41	4,24	5
32	4,15	0
17	3,99	-8
12	3,94	-11
5	3,86	-15
0	3,81	-18
-5	3,76	-21
-10	3,58	-23

Краткий обзор существующих воздухонагревателей

Вспомним определение системы воздушного отопления (ВО).

ВО включает: воздухоподогреватели, в которых воздух может нагреваться горячей водой, паром (в калориферах), теплом, выделяющимся от сгорания различных видов топлива (в огне, воздухоподогревателях), а также электричеством (в электровоздухоподогревателях)...

В соответствии с этим определением и рассмотрим агрегаты воздушного отопления, представленные на российском рынке.

- *Воздухонагреватели, в которых воздух нагревается горячей водой.* Их обычно называют *фэнкойлами* (fancoil). На российском рынке представлено оборудование европейских, азиатских и американских производителей. Практически все они предназначены для общественных зданий. Для жилых домов выбор существенно меньше. На российском рынке есть только канадские агрегаты марки Hi-Velocity (рис. 7.10) и российские «АНТАРЕС Комфорт».
- *Воздухонагреватели, в которых воздух нагревается теплом, выделяющимся от сгорания различных видов топлива.* В качестве топлива обычно используется газ. На российском рынке представлены газовые воздухонагреватели производства США компаний Lennox, Goodman, Nordyne, TempStar и др. Но есть и агрегаты, в которых в качестве топлива используется солярка. (К примеру, это агрегаты компании Lennox.) В США производятся так-

же воздухонагреватели, которые работают на твердом топливе, но в Россию они не поставляются.

- *Воздухонагреватели, в которых воздух нагревается электричеством.* Обычно кассеты электронагрева устанавливаются в *аэрхэндлеры* — внутренние блоки канального кондиционера с вентилятором. Чаще всего аэрхэндлер монтируется в паре с тепловым насосом «воздух — воздух» или «вода — воздух». Кассета электронагрева используется как вспомогательная опция при низких температурах, когда мощности теплового насоса не хватает. На российском рынке представлены подобные агрегаты компаний Lennox, Goodman, Carrier и др. Но есть агрегаты, в которых кассета электронагрева может являться основным источником тепла: это упоминавшиеся ранее канадские агрегаты марки Hi-Velocity и российские «АНТАРЕС Комфорт». Однако, в отличие от канадских агрегатов Hi-Velocity, в которых может быть установлен либо водяной нагреватель, либо кассета электронагрева, в российском аппарате «АНТАРЕС Комфорт» могут быть установлены одновременно оба нагревателя. Это повышает «живучесть» системы.



Рис 7.10. Воздухонагреватель Hi-Velocity

Бытует мнение, что воздухонагреватели, в которых сгорает топливо, самые экономичные. Это мнение основано на предположении, что единственной статьей расхода является плата за топливо. Однако это заблуждение. Агрегаты, в которых сгорает топливо, требуют квалифицированного обслуживания. В случае, если в качестве топлива используется магистральный газ, то плата за обслуживание газового воздухонагревателя окажется выше, чем стоимость использованного газа. Но зато можно себя утешать тем, что в мировом масштабе вы совершаете богоугодное дело — экономите топливо и даете работу сервисной компании.

Тепловые насосы и устройства геотермального кондиционирования

Почти четверть энергии, вырабатываемой в мире сегодня, является экологически чистой, а одну восьмую часть получают без сжигания биологических масс. Наиболее эффективным и практически неисчерпаемым источником энергии можно по праву считать ресурс, скрытый в недрах нашей планеты, — геотермальную теплоту. Примечательно, что направление передачи энергии можно обратить: в жаркое время года почва способна эффективно поглощать теплоту. Этот двухсторонний процесс принято называть *геотермальным кондиционированием*.

Для сбора и преобразования тепловой энергии применяются специальные установки — так называемые *тепловые насосы* (рис. 7.11). Благодаря высокому КПД и незначительным энергозатратам при работе они приобретают все бóльшую популярность.



Рис. 7.11. Блок патрубков теплового насоса (иллюстрация с сайта <http://www.rmnt.ru/>)

Сама идея работы таких установок далеко не нова. В 50-х годах XIX века уже был сконструирован и запатентован первый прототип, ориентированный на массовое производство. Идея лорда Кельвина в то время не получила практического применения из-за того, что понятие энергетического кризиса было еще неизвестно, но спустя почти одно столетие Роберт Вебер (Robert C. Webber) начал успешно применять такие системы в быту и промышленности. Поразительно, что еще в далеком 1931 году в знаменитом небоскребе Эмпайр-Стейт-Билдинг уже была применена технология геотермального отопления, основанная на работе тепловых насо-

сов. В России и на постсоветском пространстве геотермальные источники энергии используются еще со времен СССР, а производственные комплексы позволяют выпускать необходимое оборудование без привлечения иностранных партнеров.

Тепловая энергия низкого потенциала: принцип действия

Второе правило термодинамики гласит, что передача тепловой энергии возможна только от более нагретого тела к менее нагретому. Но если между двумя средами с небольшой разницей температур поместить вещество с изменяемыми физическими свойствами, оно может послужить посредником, способным обратить естественный процесс передачи теплоты. Цепь таких преобразований и осуществляется в процессе работы теплового насоса. При сильном сжатии газов выделяется большое количество теплоты, а сам газ охлаждается и переходит в жидкое состояние. Это называется *компрессией*, и конечным результатом такого процесса является тепло в доме. Чтобы цикл компрессии можно было повторять бесконечно долго, в качестве газа используют хладагент с очень низкой температурой кипения. Его можно вернуть в газообразное состояние в процессе испарения при температуре до $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тепловая энергия с низким потенциалом, как правило, добывается из грунта ниже глубины промерзания (рис. 7.12), но может быть получена и любым другим способом. В целом принцип работы теплового насоса прямо противоположен действию холодильной установки, хотя и основывается на идентичных процессах.



Рис 7.12. Тепловая энергия с низким потенциалом добывается из грунта ниже глубины промерзания (иллюстрация с сайта <http://www.rmnt.ru/>)

Современные тепловые насосы

Подобные системы, применяемые в современном мире, более продвинуты, чем их предшественники. В качестве хладагента применяются сложные соединения газов; все элементы конструкции и исполнительные механизмы выполняются с большим запасом износостойкости и надежности. Развитие точного машиностроения дало возможность воссоздать геотермальные установки в миниатюре. Портативные тепловые насосы ничем не отличаются от своих промышленных родственников, а низкая цена и возрастающая конкуренция делают установки доступными широкому кругу потребителей.

Особенность тепловых насосов, отличающая их от традиционных отопительных приборов, — возможность работы в четко заданном диапазоне уличных температур, который определяется физическими свойствами вещества-хладагента и типом системы. Воздушные тепловые насосы могут извлекать тепловую энергию из воздуха положительной температуры, но плохо работают при отрицательной. Геотермальные насосы способны обогреть дом даже в сильный мороз, но их применение в осенне-зимний период не всегда оправданно. Для каждой климатической зоны выбор оборудования осуществляется индивидуально. В домашнем хозяйстве наилучшим образом себя рекомендует комбинация разных типов устройств.

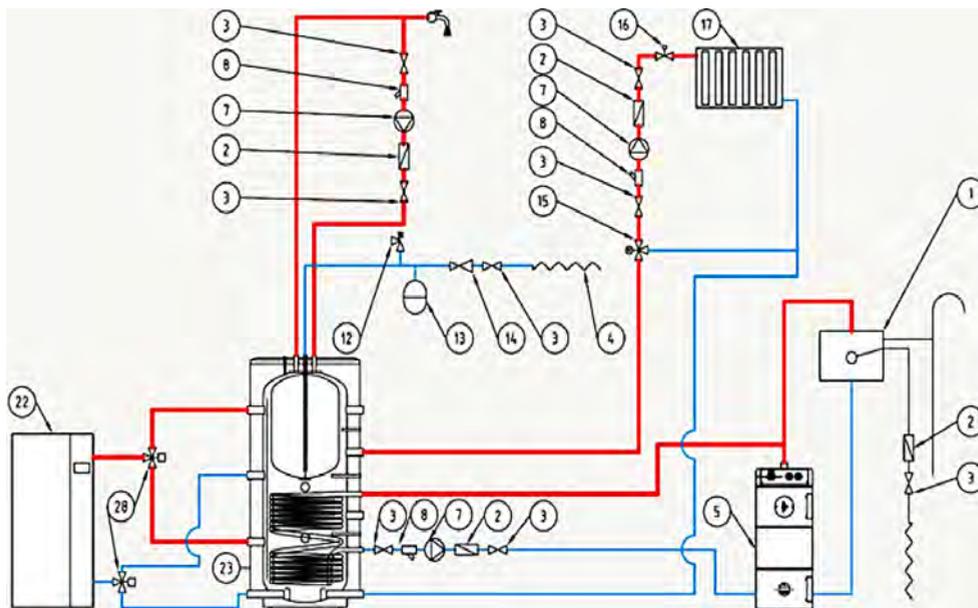


Рис. 7.13. Типовая схема отопления и горячего водоснабжения с использованием теплового насоса:

- 1 — открытый расширительный бак с поплавком; 2 — обратный клапан; 3 — запорный вентиль;
- 4 — подключение воды; 5 — твердотопливный котел (или солнечный коллектор); 7 — насос;
- 8 — фильтр; 12 — предохранительный клапан; 13 — мембранный расширительный бак;
- 14 — редуктор давления; 15 — смесительный клапан (трех- или четырехходовой); 16 — термостатический клапан; 17 — нагреватель (радиаторы или теплый пол); 22 — тепловой насос; 23 — теплоаккумулятор (теплоаккумулятор со встроенным баком для ГВС); 28 — трехходовой переключатель

Типовая схема отопления и горячего водоснабжения с использованием теплового насоса приведена на рис. 7.13, а технические характеристики некоторых моделей тепловых насосов — в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Технические характеристики некоторых моделей тепловых насосов

Параметры/ название	IS-34	IS-48	IS-61	IS-81	IS-120
Испаритель					
Количество штырьков	8	12	12	12–14	3×12
Вес, кг	80	97	97/107	2×97	3×97
Габаритные размеры, мм	820×750× ×2220	820×750× ×2220	820×750× ×2220	2×(820×750×2220)	3×(820×750×2220)
Хладагент					
Название	R-290 или R407C				
Количество, кг	0,7	1	1	2	3
Температура кипения/ конденсации	–33/+64	–33/+64	–33/+64	–33/+64	–33/+64
Компрессор (Copeland/Danfös)					
Тип	Scroll (спиральный)				
Потребляемая мощность, кВт	2,7	3	3,7	5	7
Эфф. мощн. 30 °С, кВт	1,5	1,9	2,4	3,2	4,8
Эфф. мощн. 55 °С, кВт	2,6	3,4	4,2	5,6	8,4
Напряжение, В	220/380	220/380	220/380	380	380
Напряжение управл., В	220	220	220	220	220
Уровень шума, дБ	<45	<45	<45	<45	<45
Мощность на выходе, м ³ /ч	8,1	11,4	14,4	19,2	28,8
Давление мин/макс, бар	0,5/22	0,5/22	0,5/22	0,5/22	0,5/22
Электрический нагреватель (ТЭН)					
Производительная мощность, кВт	3	6	6...9	9...12	9...12
Напряжение, В	220/380	380	380	380	380

Параметры/ название	IS-34	IS-48	IS-61	IS-81	IS-120
Выходные характеристики					
Тепловая мощность, кВт	3–5	4–7	6–10	8–13	12–20
Производительность нагрева, (кВт·ч)/год	до 20 000	20 000... 35 000	25 000... 50 000	35 000...70 000	65 000...90 000
COP 5/35 (коэффициент преобразования)	3,5	3,4	3,5	3,7	3,5
Максимальная Температура, °C	55	55	55	55	55
Внутренний модуль					
Габариты	605×580× ×820	605×580× ×820	605×580× ×820	605×580×820	605×580×820
Масса, кг	80	92	92	115	125
Предохранитель, А (плавкий)	10	16	20	25	36

Шесть главных вопросов о тепловых насосах

Хотя тепловые насосы и получили широкую известность, многим свойственно сомневаться в их экономической выгоде. Тем не менее существует всего шесть вопросов, ответы на которые дадут полное представление о преимуществах тепловых насосов.

Что представляет собой геотермальная система в частном доме?

В загородном доме система занимает столько же места, сколько заняла бы обычная газовая котельная. Можно разделить установку на две части: видимую и скрытую. На виду у владельца будут функциональные элементы: тепловой и циркуляционные насосы, обвязка, краны, фильтры, измерительные приборы и автоматика (рис. 7.14). Скрытым от человеческих глаз останется первичный теплообменник, спрятанный глубоко под землей. Система полностью бесшумна и может быть размещена даже на улице. Сборка и наладка могут быть произведены самостоятельно, но при желании можно обратиться в специализированную монтажную компанию (полный спектр услуг будет стоить от \$1000).



Рис. 7.14. Геотермальная система на виду у владельца (иллюстрация с сайта <http://www.rmnt.ru/>)

Насколько эффективна работа насоса?

Для обеспечения комфортного климата в жилых помещениях достаточно температуры воды в контуре отопления 40–45 °С. Если газовые котлы нагревают воду с избытком, а их автоматика рассчитана на значительно больший диапазон температур при срабатывании, то тепловые насосы поддерживают постоянную температуру, работая непрерывно. Если помещения закрытые и только периодически проветриваются, можно быть уверенным, что температура внутри них будет достигать 30 °С. С использованием более мощных установок становятся возможным как наличие проточной горячей воды для бытовых нужд, так и подогрев бассейнов.

Варианты размещения теплообменников

Многих людей, столкнувшихся с ГТО-системами, интересует вопрос о размещении первичного теплообменника. Он может быть расположен на глубине до 3 м под землей и иметь горизонтальную ориентацию. При этом на прилегающем к дому участке роется глубокий котлован, в котором размещается кольцевой змеевик теплообменника (рис. 7.15).

Современные системы способны работать и с вертикальным размещением первичного контура. Этот вариант более предпочтителен с точки зрения сохранности ландшафта приусадебного участка, хотя и требует наличия дополнительного оборудования — циркуляционных насосов высокого давления. При вертикальном расположении первичного контура на участке бурят от трех скважин, глубина которых может достигать в отдельных случаях 100 м. В скважину помещается петля трубопровода (зонд), которая соединяется с общим коллектором. Бурение скважин

нельзя произвести без специального оборудования, поэтому следует прибегнуть к помощи профессионалов. Стоимость такой услуги зависит от условий проведения работ и глубины бурения, но менее чем на \$450 за устройство одной скважины рассчитывать не стоит.



Рис. 7.15. Кольцевой змеевик теплообменника (иллюстрация с сайта <http://www.rmnt.ru/>)

Обслуживание оборудования

Принцип действия и устройство систем автоматики в тепловых насосах сильно отличаются от их аналогов, применяемых в тандеме с газовым оборудованием. Высокой технической сложностью характеризуется и ряд функциональных агрегатов: испарителей, компрессоров и систем промежуточного теплообмена. Несмотря на очевидную сложность, тепловые насосы не требуют обслуживания в процессе эксплуатации. Единственный подверженный сильному износу элемент — компрессор, который имеет срок эксплуатации более 30 лет и легко заменяется. Сам же насос фабричной сборки может служить до ста лет без плановых ремонтов. Система автоматики также не требует специального обслуживания и легко управляется через единый цифровой контроллер.

Сколько стоит производство энергии таким методом?

Системы отопления, основанные на тепловых насосах, отличаются крайне низким потреблением электроэнергии. При наибольшей разнице температур в первичном и вторичном теплообменниках система выдает тепловую мощность втрое большую, чем потребляемая электрическая. При минимальной разнице температур воздуха и источника тепла (до 12–14 °С) потребление энергии будет в семь раз меньше, чем производимое количество теплоты. При желании потребителя пой-

ти дальше, обеспечив полную автономность системы и избежав материальных затрат на электричество, можно прибегнуть к помощи солнечной энергии: установка на 3 кВт будет компактной и не потребует больших денежных вложений.

С какими станциями нужно согласовывать установку подобных приборов?

На установку теплового насоса не требуется каких-либо специальных разрешений или проектной документации. Единственным исключением могут стать коммерческие объекты и муниципальные заведения, оснащение которых таким отоплением должно сопровождаться актами экологического соответствия и сертификатами на используемое оборудование. К счастью, тепловые насосы любого типа являются экологически безопасными и соответствуют всем нормам производственной и бытовой санитарии.

Производители тепловых насосов

Мировой и отечественный рынки тепловых насосов активно развиваются, что создает высокую конкуренцию и ощутимый демпинг цен. Нельзя сказать, что некоторые производители обладают абсолютным превосходством над другими: каждый имеет свои преимущества и недостатки. Однако можно разбить рынок оборудования на три сегмента.

Тепловые насосы европейского производства

Одним из основных поставщиков геотермального оборудования является Европа, где такие установки применяются очень давно, а технология их изготовления тщательно отработана. Особых отличий между европейскими брендами нет, разве что некоторые компании стремятся сделать установки более компактными и бесшумными. Отлично сочетаются технические характеристики тепловых насосов у швейцарского концерна NIBE.

К достоинствам этого производителя можно отнести огромный опыт в массовом производстве теплового оборудования. Компания специализируется именно на создании и совершенствовании установок, работающих на экологически безопасных источниках энергии. Начиная с 1949 года NIBE купила более 20 крупнейших производителей высокоточного оборудования в Европе, Азии и Северной Америке. Это позволило предприятию обеспечить своим агрегатам наибольший срок службы за счет использования компонентов от самых известных мировых производителей. Но и цена за такое приобретение будет соответствующей: от €7000 для насоса тепловой мощностью в 5 кВт.

Российские производители тепловых насосов

Российский рынок также не стоит на месте. Всего за пару десятков лет в России появились и получили развитие несколько крупных компаний, специализирующихся на производстве тепловых насосов.

Наиболее крупные и активно совершенствующие свою продукцию компании – ПЭА, ALTAI и Henk. Главная особенность отечественного производителя — наилучшее соотношение цены и качества. При обеспечении срока эксплуатации оборудования до 50 лет и предоставлении гарантийного и сервисного обслуживания насосы малой мощности будут иметь цену в диапазоне 2,6–3,7 тыс. долларов.

Большинство российских компаний производят оборудование по заграничным патентам и франшизе, а это дает гарантию того, что оборудование является качественным и пригодным для использования в отечественных условиях.

Тепловые насосы, произведенные в Китае

Самой низкой стоимостью обладают тепловые насосы китайского производства. Компаний-производителей, как таковых, в Китае не наблюдается: каждый насос имеет узкий модельный ряд, который назван короткой аббревиатурой.

Отличительная черта китайских производителей — очень низкая цена и сомнительное качество. Так, тепловой насос с полезной мощностью в 12 кВт обойдется в 1100–1300 долларов без учета таможенной пошлины и затрат на перевозку. Относительно качества продукции нельзя дать однозначного заключения: некоторые агрегаты работают по году и выходят из строя, но есть и такие, которые уже 5 или 7 лет продолжают исправно вырабатывать тепло. К счастью, китайские насосы имеют блочное устройство, и все комплектующие могут быть легко заменены.

* * *

По заявлениям многих энергетических компаний, в течение следующего десятилетия 95 % используемого в индивидуальных хозяйствах отопительного оборудования будут составлять тепловые насосы. Этому способствуют их безопасность и неприхотливость, а также возрастающее стремление человечества сохранить природные ресурсы. Но все же главным аргументом остается постоянно растущая цена на газ и электричество, что заставляет потребителей искать альтернативные, менее дорогостоящие варианты отопления.

Воздушная климатическая система (воздушное отопление) «АНТАРЕС Комфорт»

Вначале скажем еще несколько слов о традиционной для России водяной системе отопления — для лучшего понимания отличий и преимуществ воздушной климатической системы (воздушного отопления). Основное преимущество «водянки» — ее распространенность и широкий выбор комплектующих, материалов и оборудования. К сожалению, это всё. Кажущаяся простота системы обманчива. Чтобы обеспечить правильное функционирование, водяная система отопления

требует от проектировщиков и монтажников высокого уровня подготовки и опыта. В противном случае не удастся добиться равномерности прогрева всех помещений здания. Это подтверждается проблемами с отоплением «водяной» частных домов, у которых температура на верхних этажах, как правило, существенно выше температуры на нижнем этаже.

В своем классическом виде «водянка» — это только отопление (что для нашей холодной страны, безусловно, очень важно, но уже явно недостаточно для соответствия современным требованиям, предъявляемых к комфортности жилья). Даже в сочетании с приточно-вытяжной вентиляцией, кондиционированием воздуха «сплитами» или «мультисплитами», «водянка» уже не состоянии поддерживать тот уровень экологичности, энергосбережения и надежности функционирования, который обеспечивают современные системы климата. Ко всему прочему, капитальные затраты только на водяную систему отопления для домов площадью 350–400 м² превышают затраты на всю комплексную воздушную климатическую систему для таких домов.

На рис. 7.16 приведена схема функционирования «водянки» с «форточной» вентиляцией.

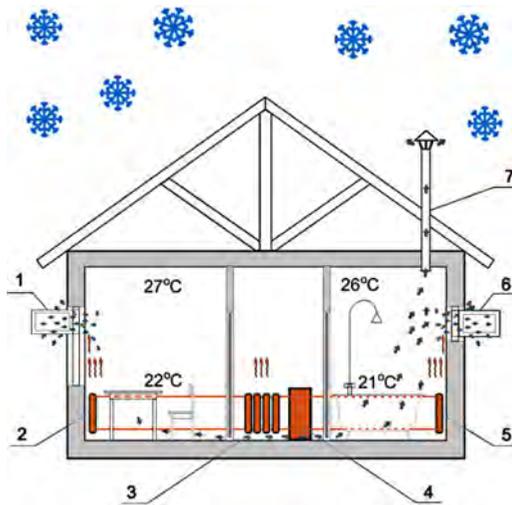


Рис. 7.16. Схема функционирования «водянки» с «форточной» вентиляцией:

- 1 — форточка; 2 — радиатор; 3 — радиатор; 4 — отопительный котел; 5 — радиатор;
6 — форточка; 7 — вытяжная труба вентиляции

Каждый, кто жил или живет в доме с таким отоплением, ощущал на практике необходимость периодически открывать форточку, чтобы насладиться глотком свежего, хоть и морозного воздуха... Каждый чувствовал сквозняк по ногам и догадывался о повышенной температуре под потолком. Но самое главное — это то, что подобная вентиляция позволяет бесконтрольно растрчивать тепло, выпуская его в открытые форточки... («деньги на ветер» — а еще говорят, что мы «бедная

страна»). Абсурдность такой ситуации особенно очевидна в случае новомодных домов-термосов, на пассивную теплоизоляцию которых часто тратятся немалые деньги (т. е. получается, что сначала создается «термос», а потом в нем «сверлятся» дырки...). Проблему вентиляции в таких домах решить все-таки можно, установив дополнительное оборудование (приточные установки) и протянув подающие воздуховоды в каждое помещение дома, где могут быть люди (рис. 7.17).

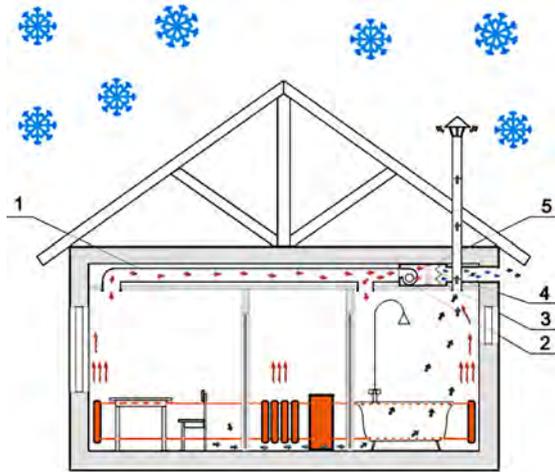


Рис. 7.17. Схема функционирования «водянки» с приточной вентиляцией:
 1 — подающий воздуховод; 2 — вентилятор; 3 — электрический воздушонагреватель;
 4 — фильтр; 5 — корпус приточной установки

Разумеется, в этом случае необходимо дополнительно потратиться на само оборудование, материалы, оплатить монтаж, а также свыкнуться с мыслью, что при эксплуатации приточки надо чистить и ощутимо догревать приточный воздух, а также под напором посылать его в воздуховоды, что тоже, как можно догадаться, стоит денег. Причем воздуха нужно много. (Есть ли в помещениях люди, или их нет в данный момент времени, а воздух надо подать, выдерживая предписываемую СНиПом кратность воздухообмена во всех комнатах и закоулках?) Если пользоваться не форточками, а приточно-вытяжными установками, то по действующим сейчас нормативам нужно подать свежего воздуха на одного человека минимум по $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ и распределить его по дому. Дышаться теперь будет точно хорошо (даже вольготно), но начинает беспокоить мысль о том, что весь воздух, который почистили, догрели и закачали в дом в большом количестве, через вытяжку опять «выбрасывается на ветер», унося с собой все произведенные затраты. Можно, конечно, еще хорошо заплатить и поставить на приточку-вытяжку специальный теплообменник — рекуператор, который позволит отбирать тепло от вытяжного воздуха и использовать его для нагрева холодного приточного воздуха. Так и поступает богатая Европа. Конечно же, она богата потому, что там привыкли считать деньги. Все очень просто: при их ценах на

энергоносители упомянутое ранее оборудование быстро окупается, а население давно уже привыкло к комфорту и готово, в большинстве своем, к значительным первоначальным затратам на достойный климат в жилище. У нас же ситуация несколько иная. Пока еще относительно низкие цены на природный газ и другие энергоносители в России ставят под вопрос окупаемость подобного оборудования. «Приточка» в доме, даже без рекуперации, воспринимается сейчас как что-то элитарное на фоне низких доходов и соответствующей неприязнительности в быту основной массы населения.

Тем не менее интеграция в мировую экономику открывает для России возможность воспользоваться всеми достижениями цивилизации. Очевидно, что для этого надо взять лучший зарубежный опыт, отечественный творческий потенциал и создать собственное инновационное оборудование, максимально адаптированное в первую очередь для России. Таким оборудованием и является воздушная климатическая система «АНТАРЕС Комфорт». В основу работы системы положен североамериканский опыт по воздушному отоплению, как наиболее рациональный и в итоге менее дорогой по затратам, чем известные европейские решения. Суть его заключается в организации в доме постоянной циркуляции воздуха и использовании его в качестве теплоносителя. При этом для поддержания комфортного состава воздуха необходим значительно меньший приток свежего воздуха, поскольку для дыхания используется весь объем воздуха здания. А чем меньше приток, тем меньше нагретого и использованного воздуха выбрасывается через вытяжку. Итог — значительная экономия на нагреве приточного воздуха. При этом, благодаря канальной системе движения воздуха, появляется возможность увлажнения и постоянной очистки воздуха от загрязнений (пыль, запахи, бактерии...) «в одной точке», что весьма затруднительно в реализации при классической «водянке». А установка одного канального испарителя и внешнего компрессорно-конденсаторного блока позволяет легко решить проблему охлаждения всего воздуха в здании летом. Таким образом, в одной воздушной климатической системе рационально объединяются три классических функции — отопление, вентиляция и кондиционирование (охлаждение) — с дополнительными функциями по глубокой очистке и увлажнению воздуха внутри дома. Свидетельством совершенства подобных климатических систем выступает тот факт, что они как-то незаметно прижились в современных офисах, театрах, крупных магазинах, спортивных сооружениях, а так же в автомобилях, самолетах и даже космических станциях. И еще, более 300 млн жителей США и Канады живут сейчас в домах с такими системами.

Теперь остановимся подробнее на первой отечественной воздушной климатической системе «АНТАРЕС Комфорт» (в дальнейшем — ВКС). Она традиционно состоит из двух основных частей: генераторной части (выработка тепла или холода) и «транспортной» системы, доставляющей тепло или холод в помещения через использование воздуха в качестве теплоносителя. При этом немаловажным (как это было уже обозначено выше) является то, что при работе системы воздух в доме

постоянно циркулирует, подвергаясь очистке, нагреву или охлаждению с подмесом с улицы в необходимом количестве свежего воздуха и удалением использованного из санузлов, через кухонную вытяжку и из технических помещений. На рис. 7.18 схематично показано устройство и функционирование ВКС в режиме отопления.



Рис. 7.18. Устройство и функционирование ВКС в режиме отопления:

- 1 — тепловой контур здания; 2 — регулирующий дроссель для балансировки системы;
 3 — подающий воздуховод; 4 — подающий узел (отвод-переход с круглого сечения на прямоугольное для установки прямоугольных подающих решеток); 5 — жилое помещение;
 6 — отводящий воздуховод

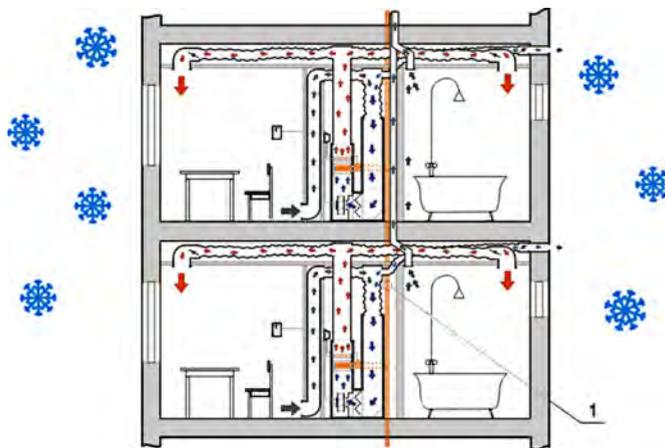


Рис. 7.19. Схема подключения воздухонагревателей водяных квартирных ВКС в случае многоквартирного дома с центральным теплоснабжением:

- 1 — «стояк» системы центрального отопления

При наличии теплоцентрали водяной нагреватель может быть подключен к ней с применением соответствующего циркуляционного насоса, который будет

включаться и выключаться блоком автоматики ВКС. На рис. 7.19 приведена схема подключения воздухонагревателей водяных квартирных ВКС в случае многоквартирного дома с центральным теплоснабжением.

На рис. 7.20 схематично показано устройство и функционирование ВКС в режиме охлаждения помещений в летнее время (в России принято при этом говорить о *кондиционировании*, хотя этот термин имеет более общее значение).

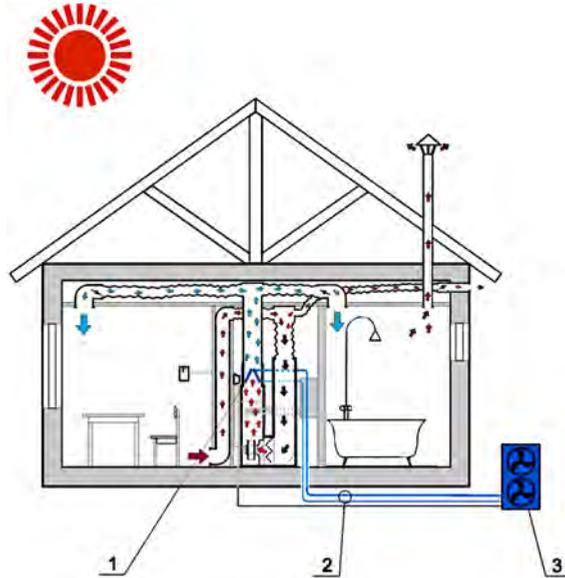


Рис. 7.20. Функционирование ВКС в режиме охлаждения помещений в летнее время:

1 — канальный испаритель; 2 — газовая и жидкостная линии хладагента;

3 — внешний компрессорно-конденсаторный блок

Кондиционирование воздуха

Кондиционирование воздуха — автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей.

Для осуществления функции охлаждения система в общем случае дополнительно оснащается канальным испарителем 1 и внешним компрессорно-конденсаторным блоком 2, соединенными между собой трубами для циркуляции хладагента 3. Управление работой этой «холодильной машины» осуществляется с помощью термостата системы; при этом команды для дополнительного оборудования формируются ее же блоком автоматики.

Если нет источника дешевого тепла, а внешний компрессорно-конденсаторный блок имеет функцию теплового насоса (по классификации — это тепловой

насос «воздух — воздух»), то таким оборудованием можно отапливать помещения в межсезонье со значительной экономией электроэнергии. Работа системы в этом случае показана на рис. 7.21.

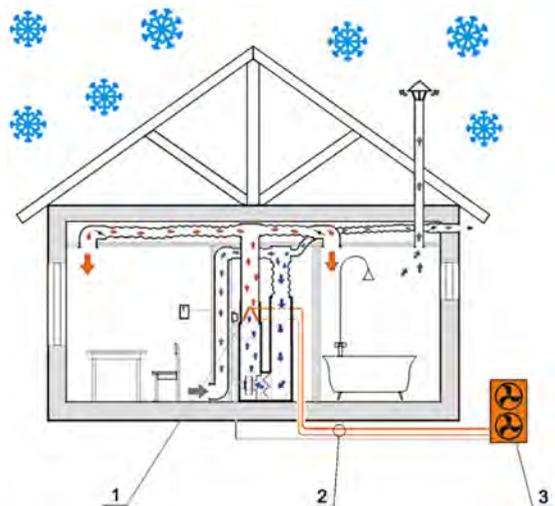


Рис. 7.21. Работа системы в режиме отапливания помещения в межсезонье:
 1 — канальный конденсатор; 2 — газовая и жидкостная линии хладагента;
 3 — внешний компрессорно-испарительный блок

В режиме теплового насоса направление движения хладагента в магистралях 2 меняется на противоположное, и канальный испаритель 1 становится конденсатором, а теплообменник компрессорно-конденсаторного блока 3 — испарителем. Низкопотенциальное тепло зимней атмосферы при этом закачивается в дом и используется для его отопления. Для работы в условиях российской зимы такой тепловой насос должен быть обязательно оснащен специальным «зимним» комплектом, но в любом случае со снижением температуры ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ его эффективность обычно значительно падает, так что необходимо предусматривать резервные источники тепла (например, электрическую кассету, печь-камин и т. д.) на случай экстремально низких температур.

Менее зависимы от атмосферной температуры тепловые насосы типа «грунт — воздух», схема работы которых показана на рис. 7.22. В этом случае для отопления дома используется тепло земли, извлекаемое из «недр» посредством теплообменников в виде труб с теплоносителем, опущенных в скважины 4 рядом с домом или под ним.

Это же оборудование можно использовать и для охлаждения помещений летом, наоборот, перекачивая излишнее тепло из помещений в грунт. Работа системы в этом режиме показана на рис. 7.23.

В принципе, тепловые насосы можно использовать и для подогрева воды в системе горячего водоснабжения дома в промежутках между их работой на воздушную климатическую систему по поддержанию требуемых температур в помещении, что еще более поднимет экономическую эффективность применения и снизит сроки окупаемости такого оборудования.

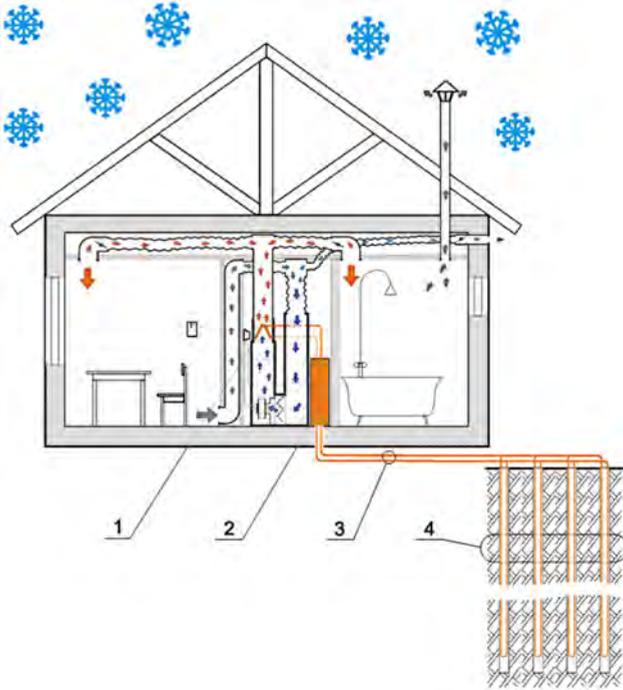


Рис. 7.22. Схема работы теплового насоса типа «грунт — воздух»:

- 1 — канальный конденсатор; 2 — компрессорно-испарительный блок с теплообменником;
3 — трубы для циркуляции теплоносителя; 4 — система скважин

Еще один альтернативный источник «чистого» тепла — это солнечные коллекторы. Как известно, солнечные коллекторы широко применяются для получения горячей воды, особенно в южных регионах. Воздушная климатическая система «АНТАРЕС Комфорт» может эффективно использовать эту воду для отопления дома в ночное время — например, в межсезонье, когда возрастает разница между дневной и ночной температурами. На рис. 7.24 приведена возможная схема работы системы с использованием солнечного коллектора 1, аккумулятора водяного тепла 5 и канального водяного воздушонагревателя 4. На случай пасмурных дней и значительных ночных похолоданий в системе целесообразно предусмотреть установку резервного электрического воздушонагревателя 3.

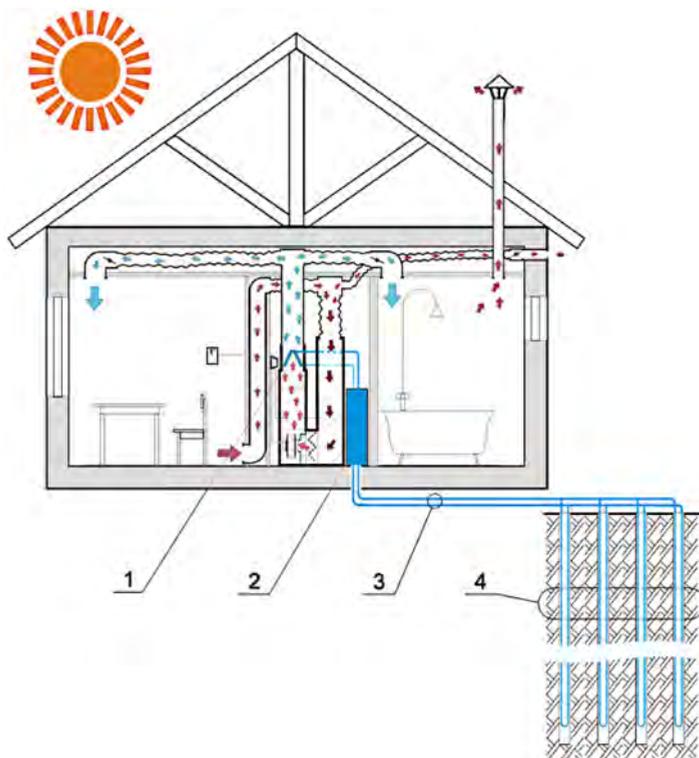


Рис. 7.23. Работа системы в режиме охлаждения помещений летом:
1 — каналный испаритель; 2 — компрессорно-испарительный блок с теплообменником;
3 — трубы для циркуляции теплоносителя; 4 — система скважин

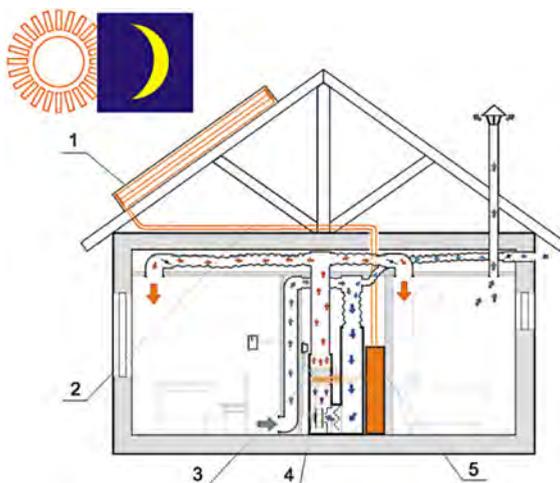


Рис. 7.24. Схема использования солнечного коллектора:
1 —солнечный коллектор; 2 — трубы для циркуляции теплоносителя; 3 — воздухонагреватель электрический; 4 — воздухонагреватель водяной; 5 — аккумулятор тепла водяной

На всех приведенных схемах использованный воздух (нагретый зимой или охлажденный летом) удаляется из дома через вытяжку — вентиляционную трубу, и это тепло или холод теряются безвозвратно. При этом система, естественно, должна потратить столько же тепла или холода для нагрева или охлаждения свежего приточного воздуха, поступающего на замену выброшенного для сохранения температуры в помещениях дома. ВКС «АНТАРЕС Комфорт» полностью совместима с современными системами рекуперации, позволяющими оставить в доме тепло или холод и даже влагу вытяжного воздуха и избежать затрат энергии на «подготовку» приточного воздуха. На рис. 7.25 приведена схема работы системы с использованием рекуператора в режиме отопления. Зимой обычно наблюдается эффект «высушивания» воздуха в помещениях дома, поскольку влага, удаляемая из дома вместе с вытяжным воздухом, не восполняется «сухим» холодным приточным воздухом. В этом случае целесообразно применить наряду с канальным увлажнителем ВКС еще и рекуператор с переносом влажности. У таких рекуператоров пластинчатый теплообменник 5 выполнен в виде специальной мембраны, не только передающей тепло, но и пропускающей молекулы воды из вытяжного потока к приточному.

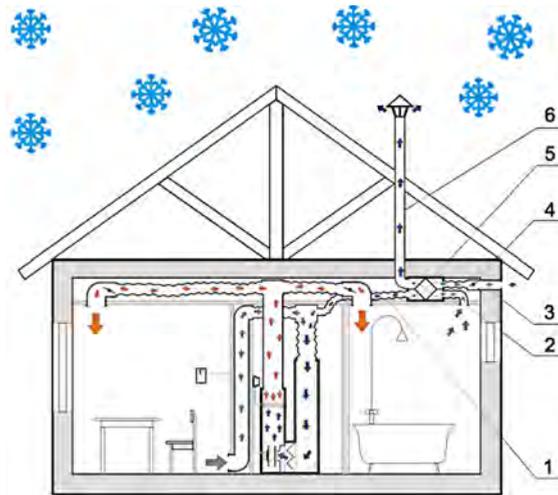


Рис. 7.25. Схема работы системы с использованием рекуператора в режиме отопления:

- 1 — приточный воздуховод ВКС; 2 — вытяжка санузла; 3 — приточный воздуховод рекуператора; 4 — регулирующий дроссель для приточного воздуха; 5 — рекуператор с переносом влажности; 6 — вытяжная труба вентиляции

Работа системы с рекуперацией холода показана на рис. 7.26.

Во всех случаях применения рекуперации это оборудование окупается при использовании относительно дорогих источников тепла, таких как электричество. Но не надо забывать, что рекуператор — это приточно-вытяжная установка, позволяющая увеличивать воздухообмен в доме за счет встроенных в рекуператор

вентиляторов (на приток и вытяжку) в случае необходимости дополнительного проветривания (например, при большом количестве гостей).

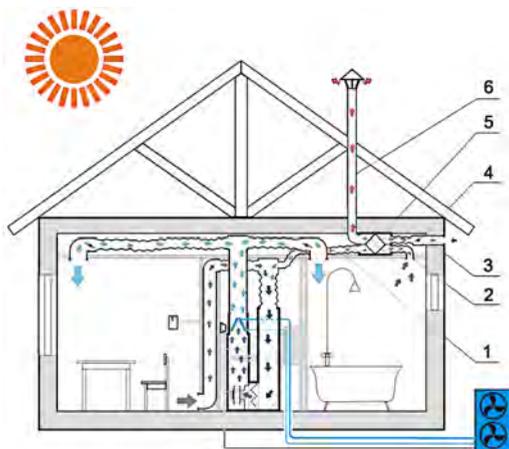


Рис. 7.26. Работа системы с рекуперацией холода:

1 — приточный воздуховод ВКС; 2 — вытяжка санузла; 3 — приточный воздуховод рекуператора; 4 — регулирующий дроссель для приточного воздуха; 5 — рекуператор; 6 — вытяжная труба вентиляции

Воздушное отопление

Попробуйте как-нибудь задать вашим знакомым вопрос, какие виды отопления они знают. Ответов будет масса:

- водяное (обыватель);
- электрическое (дачник);
- инфракрасное (продвинутый дачник);
- газовое, на мазуте, на солярке, дровяное и т. п. (что в голову пришло, а потом, подумав немного, поправит себя и скажет: печное);
- воздушное (много раз бывал в Северной Америке);
- геотермальное (Камчатка и Исландия — любимые курорты);
- на тепловом насосе (продвинутый собеседник);
- на солнечных коллекторах (эколог);
- костер (турист);
- и т. д.

А что такое вообще *отопление*? Обратимся к БСЭ:

Отопление – искусственный обогрев помещений в холодный период года с целью возмещения в них теплопотерь и поддержания на заданном уровне температуры, отвечающей условиям теплового комфорта, а иногда и требованиям технологического процесса.

В этом определении не сказано, о температуре *чего* идет речь. Зато медицинская энциклопедия это конкретизирует:

Отопление – техническая система, обеспечивающая нагревание воздуха и внутренних поверхностей помещений с целью поддержания заданной температуры воздуха.

Так вот где собака зарыта: воздух надо нагреть! Конечно, если бы мы были русалками и русалами, то вопрос нагрева воды нас бы интересовал существенно больше, чем нагрев воздуха. А так...

Но давайте разберемся, что такое воздушное отопление и чем оно отличается от водяного, электрического и т. д.

Обратимся опять к БСЭ:

Водяное отопление — наиболее распространенная отопительная система, применяемая в современных жилых, общественных и промышленных зданиях; тепло в отапливаемые помещения передается горячей водой через находящиеся в них отопительные приборы.

А что говорится о воздушной системе?

Воздушное отопление — система отопления помещений горячим воздухом. Оно включает: воздухоподогреватели, в которых воздух может нагреваться горячей водой, паром (в калориферах), теплом, выделяющимся от сгорания различных видов топлива (в огневоздухоподогревателях), а также электричеством (в электровоздухоподогревателях); воздуховоды, подводящие воздух в отапливаемые помещения; воздухоподающие и воздухозаборные решетки, через которые воздух подается в отапливаемые помещения и забирается для подачи к воздухоподогревателю; запорно-регулирующие клапаны в воздуховодах. При расположении воздухоподогревателя непосредственно в отапливаемом помещении воздуховоды, решетки и клапаны могут не устраиваться.

Как говорил Штирлиц: «Запоминается последняя фраза». Но тогда получается, что если в воздухоподогреватель подается вода, то воздушное отопление эквивалентно водяному. Если пар — то паровому. Если электричество — то электрическому. Если в нем сгорает топливо (дрова, уголь мазут и т. д.), то воздушное отопление эквивалентно печному. Следовательно, нет другого отопления, кроме воздушного.

Да, но у воздушной системы могут еще присутствовать воздуховоды – как подающие, так и возвратные. И этого нет в других системах отопления. Таким образом, правильнее воздушную систему отопления называть системой транспортировки воздуха от воздухоподогревателя до потребителя и обратно по системе воздуховодов. Конечно, в систему входят также воздухоподогреватель, запорно-регулирующие клапаны, подающие и возвратные решетки. Но суть воздушной системы отопления — это транспортировка воздуха по воздуховодам.

Вот теперь все встает на свои места. Водяная система отопления — это система транспортировки нагретой воды от теплогенератора до воздухоподогревателя. Электрическая система — это система транспортировки электроэнергии от электрогенератора до электрического воздухоподогревателя. И далее в том же духе.

Но не надо думать, что в доме может быть только одна система отопления. Их может быть и несколько. К примеру, водяная — в гараже, воздушная — в доме, водяные теплые полы — в санузлах. А отопительный котел (теплогенератор) — один.

Общая схема отопления приведена на рис. 7.27. В конкретной реализации схемы какие-либо элементы могут отсутствовать либо объединяться в единый блок. Пример тому — классическое водяное отопление на АОГВ (автоматический отопительный газовый водонагреватель). Топливо (газ) подается на теплогенератор АОГВ. Соответственно, отсутствуют электрогенератор и транспортировка электроэнергии. Воздухонагреватель находится там же, где и потребитель. Соответственно, отсутствует транспортировка воздуха.

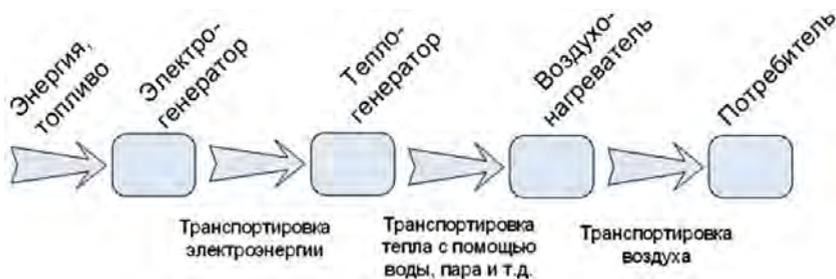


Рис 7.27. Общая схема отопления

Теперь давайте попытаемся разобраться, какими качествами обладает воздушная система отопления, отличающая ее от других видов отопления.

Температура воздуха в доме — это только необходимое условие комфорта. Кроме того, воздух должен быть чистым, свежим и оптимальной влажности. Как этого добиться? Да очень просто. Нужно удалить из дома «грязный» воздух, добавить к внутреннему воздуху свежий воздух извне, очистить его от загрязнителей (пыли, дыма, бактерий и т. п.), увлажнить или осушить. И все! Конечно, можно в каждом помещении поставить один или несколько агрегатов, которые прогоняли бы через себя воздух и обрабатывали его. Но это решение мало того, что дорогое, — агрегаты-то не бесшумные. Очистить воздух от загрязнителей можно только в установке, в которой есть вентилятор. Кстати, в приточно-вытяжной установке аж два вентилятора. Шум для офиса, может, и ничего, а для спальни — катастрофа (конечно, если вы не оглохли до того).

Правильнее создать центр комплексной обработки воздуха (рис. 7.28), в котором к внутреннему воздуху помещений подмешивается свежий воздух извне, после этого подогревается (или охлаждается), увлажняется (или осушается), очищается от различных загрязнителей (пыль, пыльца, дым, бактерии и т. д.) и раз-

дается системой воздуховодов по дому. Таким образом, мы получаем оптимальные параметры воздуха в доме, с одной стороны, а с другой — убираем шумные вентиляторы в технические помещения.

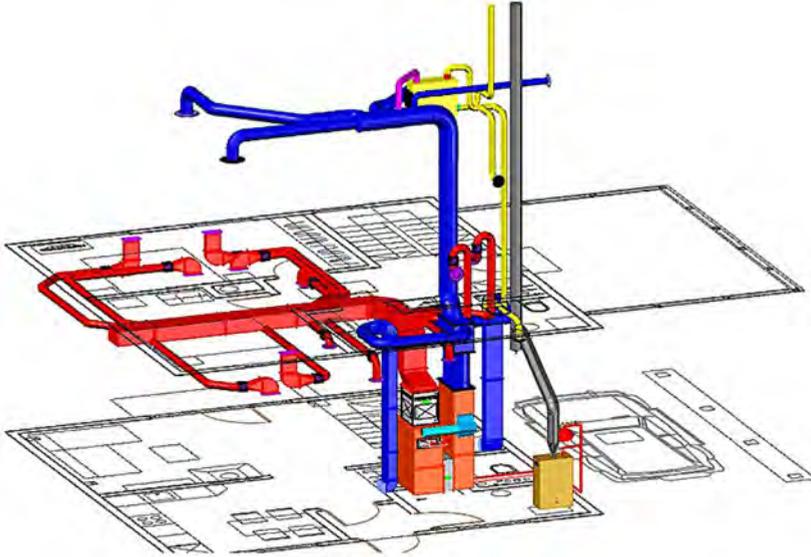


Рис 7.28. Схема центра комплексной обработки воздуха

Надеюсь, что у вас не возникает сомнения, что обработать таким образом воздух не сможет ни водяная система отопления — ни инфракрасная, ни электрическая, ни печная. Обработка воздуха — прерогатива воздушной системы.

Более того, только с помощью воздушной системы отопления можно добиться выравнивания температуры по всему объему дома, включая каждое помещение. А это снижает энергозатраты на поддержание заданных параметров воздуха в доме. В частности, при наличии гостиной со вторым светом или открытого лестничного проема нет проблемы перегрева верхнего этажа, свойственного водяному отоплению. Как показывает пятидесятилетний опыт эксплуатации воздушных климатических систем в США и Канаде, по сравнению с водяным отоплением энергозатраты сокращаются примерно в 1,5 раза. Воздух нельзя заморозить, воздуховоды не протекают, отсутствуют сквозняки, а застоя воздуха нет; воздух свежий, а форточки закрыты. Кроме того, первоначальные затраты на воздушную климатическую систему ниже, чем на совокупность локальных агрегатов и систем, которые по совокупности обеспечат аналогичный комфорт.

Не зря же североамериканцы уже 50 лет в подавляющем числе своих домов устанавливают воздушные климатические системы, а не радиаторы водяного отопления. Для России это пока экзотика. Но не далек тот день, когда и в России современный энергосберегающий дом будет немислим без воздушной климатической системы.

Отличительные особенности системы воздушного отопления «АНТАРЕС Комфорт»

Как следует из определения, воздушное отопление — это система, включающая в себя воздухонагреватель, систему подающих и возвратных воздуховодов, воздухоподающие и воздухозаборные решетки, запорно-регулирующие клапаны в воздуховодах.

Ядро системы — воздухонагреватель. Именно он накладывает ограничения на все остальные элементы системы. А основной частью воздухонагревателя является вентилятор.

В воздухонагревателе «АНТАРЕС Комфорт» впервые в мировой практике был применен вентилятор с вентильным двигателем (ЕС-мотор) и колесом с загнутыми назад лопатками (рис. 7.29). Это решение позволило существенно упростить систему управления двигателем, поскольку, в отличие от асинхронных двигателей, которые применялись в оборудовании американских производителей, вентильный двигатель имеет встроенный плавный пуск, плавную регулировку оборотов вращения, может работать при пониженных напряжениях и имеет ряд преимуществ.

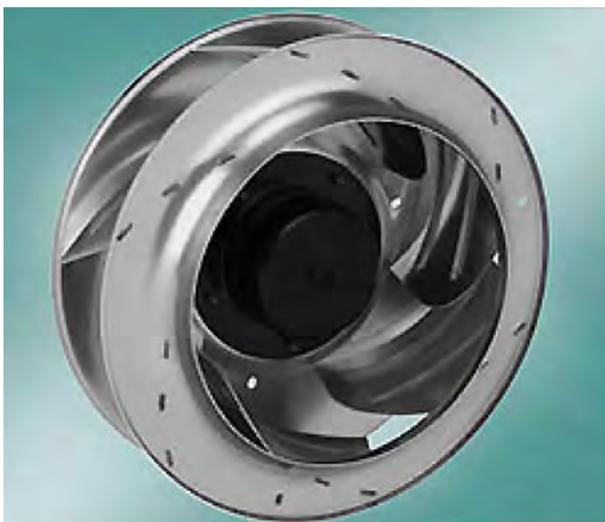


Рис 7.29. Вентилятор ЕС

После запуска в производство агрегатов «АНТАРЕС Комфорт» в Россию начали поступать газовые воздухонагреватели американской компании Nordyne, на вентиляторах которых были установлены вентильные моторы, но с колесом с загнутыми вперед лопатками и со стандартной «улиткой» (рис. 7.30). На этих аппаратах допускается плавная регулировка скорости вращения вентилятора, но в документации оговаривается нормируемый расход воздуха, проходящего через воздухонагреватель. У нас они подсмотрели или сами додумались — история умалчивает.



Рис. 7.30. Вентилятор-улитка

У колеса с загнутыми назад лопатками есть свои преимущества: значительно лучшие напорные характеристики и уменьшенный уровень шума. Американские производители на свои агрегаты эти вентиляторы не ставят: переход на такие вентиляторы требует внесения серьезных изменений в конструкцию воздухонагревателя.

В воздухонагреватели «АНТАРЕС Комфорт» устанавливаются вентиляторы немецкой компании EBM-Papst — признанного мирового лидера вентиляторостроения. Именно благодаря высоким напорным характеристикам вентилятора с вентильным двигателем и колесом с назад загнутыми лопатками, в системе «АНТАРЕС Комфорт» допускается в большом количестве использовать гибкие утепленные воздуховоды с шумоподавлением типа СОНО (Sono). Эти воздуховоды имеют сопротивление в 10 раз большее, чем гладкие воздуховоды из оцинкованной стали, которые используются в американских системах.

Вопрос шума в воздушных системах стоит вторым после отопления, поскольку по своей природе шум — это колебание воздуха. Если вентилятор не издает никаких звуков, значит, он стоит. Два метра гибкого воздуховода с шумоподавлением диаметром 127 мм позволяют погасить шум примерно на 40 дБА, т. е. до значений ниже порога слышимости человеческого уха. Применение жестких шумоглушителей в жилых домах, как правило, неэффективно. Для их правильной установки просто нет места.

Вообще говоря, в системах воздушного отопления есть несколько источников шума. Это, конечно же, вентилятор, запорно-регулирующие клапаны в воздуховодах и вентиляционные решетки. Как спроектировать систему бесшумной, подробно изложено в «Методических рекомендациях по проектированию и монтажу системы воздушного отопления “АНТАРЕС Комфорт”», с которой можно ознакомиться на сайте компании ЗАО «АНТАРЕС Комфорт» (www.antarcom.ru)¹.

В газовых воздухонагревателях еще одним источником шума является шум от работы газовых горелок. Он перекрывает все. Поэтому спроектировать бесшумную систему на базе газового воздухонагревателя существенно сложнее, чем на

¹ См. www.antarcom.ru

базе агрегата «АНТАРЕС Комфорт», который, как отмечалось ранее, имеет водяную и электрическую кассеты для нагрева воздуха.

Впервые в мировой практике в воздухонагревателе «АНТАРЕС Комфорт» появился специальный режим работы системы — «вентиляция». Обычно в этом режиме вентилятор работает на пониженных оборотах. Но, вообще говоря, в любом режиме работы воздухонагревателя «АНТАРЕС Комфорт» скорость вращения вентилятора может быть плавно отрегулирована в диапазоне от 0 до 100 % мощности вентилятора. В агрегатах американского производства режим вентиляции может быть включен принудительно (Fan-On). Справедливости ради нужно отметить, что сейчас производятся термостаты, в которых можно запрограммировать периодичность включения вентилятора в режиме вентиляции (без изменения температуры воздуха). Но в любом случае скорость вращения вентилятора (и, соответственно, энергопотребление) будет такой же, как и в рабочем режиме. Может возникнуть вопрос, а нужен ли режим вентиляции. Нужен. Если нет движения воздуха, то возникает ощущение духоты и появляется желание открыть окна, хотя кислорода в доме достаточно. Через открытые окна из дома уходит большое количество тепла, а вместе с теплом — и деньги.

Спецификой России является частое использование домов в режиме загородной дачи, т. е. в целях периодического проживания. Специально для этого в воздухонагревателе «АНТАРЕС Комфорт» предусмотрен режим «ускоренного прогрева» дома. Этот режим введен впервые в мировой практике.

Рассмотрим теперь, какие преимущества у воздухонагревателя «АНТАРЕС Комфорт» с водяным теплообменником (далее — водяным воздухонагревателем) перед газовыми воздухонагревателями.

- Водяной воздухонагреватель «АНТАРЕС Комфорт» может работать с любым отопительным котлом (газовым, жидкостным или твердотопливным), который имеет систему управления режимом горения и поддержания температуры теплоносителя (включая отечественные котлы, которые адаптированы под особенности «местного» топлива, условия эксплуатации и разрешительную систему), или от теплоцентрали, в то время как для газового воздухонагревателя необходим газ.
- В современном доме, кроме отопления, необходимо как минимум горячее водоснабжение. Поэтому при использовании водяного воздухонагревателя нужен один отопительный котел, а при использовании газового воздухонагревателя — дополнительный газовый водонагреватель. Каждый из газовых приборов требует не только заключения договора на его обслуживание, но и получения разрешения на его установку. Это делает установку газовых воздухонагревателей весьма затратным. Если площадь дома более 500 м², то нужно устанавливать два воздухонагревателя. А что если нужны еще теплые полы, водяное отопление гаража, нагрев бассейна и т. д.? При использовании водяного воздухонагревателя можно обойтись одним отопительным котлом и, соответственно, одной точкой подключения. Кстати,

от одного отопительного котла можно запитать несколько домов на участке. С газовыми воздухонагревателями этого не получится.

- Водяные воздухонагреватели, в отличие от газовых, не требуют согласования их установки с разрешительными органами. Согласовать водяной отопительный котел с нашими газовщиками существенно проще, чем газовый воздухонагреватель. К размещению газового оборудования предъявляются жесткие требования, а водяные воздухонагреватели могут устанавливаться в любых местах.
- На водяном воздухонагревателе легко реализовать увеличение мощности нагрева (относительно номинальной). Для этого достаточно увеличить объем прокачиваемого через воздухонагреватель воздуха — как в печке автомобиля. Именно на этом принципе в воздухонагревателе «АНТАРЕС Комфорт» реализован режим «ускоренного прогрева». Мало того, при подаче более холодного воздуха (по сравнению с паспортным значением +18 °С) на водяной теплообменник температура воздуха после теплообменника изменится незначительно. Другими словами, мощность воздухонагревателя увеличится. Поскольку мощность водяного отопительного котла рассчитывается исходя из потребностей не только отопления, но и горячего водоснабжения, то, если в период ускоренного прогрева дома не пользоваться активно горячей водой (принимать ванну или душ), вся мощность отопительного котла будет направлена только на отопление. Поэтому скорость нагрева дома водяным воздухонагревателем выше, чем газовым, при одинаковой номинальной мощности. В импортных воздухонагревателях режима ускоренного прогрева нет. В газовом воздухонагревателе мощность нагрева на 100 % зависит от объема сжигаемого газа и не зависит от температуры воздуха в доме и скорости обдува теплообменника. При пуско-наладке воздухонагревателя газовые горелки регулируются на оптимальный режим работы; в дальнейшем, при проведении сервисных работ, осуществляются только их чистка и небольшая подстройка. Изменить мощность нагрева можно только в сторону уменьшения через отключение части горелок. Увеличить мощность относительно номинальной нельзя.
- Воздухонагреватель «АНТАРЕС Комфорт» имеет блочную структуру с весом каждого блока не более 30 кг, что позволяет перевозить и монтировать воздухонагреватель в одиночку.
- Блок автоматики воздухонагревателя «АНТАРЕС Комфорт» является внешним и устанавливается в электрическом шкафу. Внутри воздухонагревателя располагаются только датчики, обеспечивающие безопасность и некоторые параметры работы оборудования. Блок автоматики, по сути, является исполнительным устройством, обеспечивающим интерфейс между агрегатом «АНТАРЕС Комфорт» и управляющим устройством. В качестве управляющего устройства могут использоваться обычный или программируемый термостат, контроллер многозональной климатической систе-

мы или контролер системы «Умный дом». Стандартный блок автоматики позволяет управлять вентилятором во всех режимах, циркуляционным насосом, увлажнителем, насосом-охладителем мощностью до 500 Вт, а при подключении дополнительного трансформатора — кондиционером и тепловым насосом.

- Как отмечалось ранее, в воздухонагревателе «АНТАРЕС Комфорт» установлен вентилятор с вентильным двигателем и реализована возможность плавной регулировки частоты вращения вентилятора в режимах «Вентиляция», «Рабочий нагрев», «Ускоренный нагрев», «Рабочее охлаждение». Эта регулировка производится при пуско-наладке системы.
- В агрегате «АНТАРЕС Комфорт» допускается одновременная установка двух нагревательных теплообменников: водяного и электрического. Причем электрический теплообменник выполнен как три группы нагревательных элементов; как следствие, каждая группа может быть подключена к своей фазе (при наличии трехфазного электрообеспечения дома). Это особенно актуально, если отсутствует магистральный газ и есть двухтарифный электрический счетчик. В дневное время используется, к примеру, твердое топливо (дрова, уголь), а в ночное — электричество. Вообще говоря, обычно электрический нагреватель играет роль резервного, поскольку при наличии в качестве энергоносителя только электричества целесообразно установить электрический водяной отопительный котел и использовать его для отопления и горячего водоснабжения по схеме, аналогичной применению газового отопительного котла.
- Основной вариант компоновки воздухонагревателя «АНТАРЕС Комфорт» — вертикальная компоновка. Наличие регулируемых ножек позволяет установить воздухонагреватель на не очень ровных поверхностях.
- Воздухонагреватель «АНТАРЕС Комфорт» рассчитан на использование воздуховодов, которые широко представлены на российском рынке и производятся в России.
- Поверхности газового теплообменника имеют высокую температуру, как и у спиральных электронагревателей. Те частицы пыли, которые все-таки проскочили через фильтр, высыхают на теплообменнике и распространяются по дому. Попадая на слизистые оболочки горла и носа, эта пыль вызывает ощущение сухости. Часто такое ощущение называют сжиганием кислорода.
- Воздухонагреватель «АНТАРЕС Комфорт» имеет более привлекательный дизайн по сравнению с импортным оборудованием. Его не стыдно показать гостям.

Совокупность новшеств позволила получить на систему воздушного отопления «АНТАРЕС Комфорт» патент на изобретение РФ № 2439439. В связи со вступлением России в ВТО российские патенты приравнены к международным.