

Овчаров П.В – бакалавр

E-mail: pashaov@list.ru

Садыков Р.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: Sadykov_R_A@mail.ru,

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Применение тепловых насосов в энергосберегающем комплексе

Аннотация

Исследуется схема и принцип работы тепловых насосов, способы использования тепла грунтов, грунтовых вод и водоёмов с помощью вертикальных зондов и горизонтальных коллекторов. Рассматривается возможность применения тёплых полов с использованием тепловых насосов.

Ключевые слова: теплопотери, зонд, скважина, тепловой насос, экономия энергоносителей, возобновляемый источник.

Введение

На современном этапе развития уровня технологий, а также хозяйственной деятельности человека с его постоянно растущими потребностями очень остро стоит вопрос об экономии существующих энергоносителей. Львиная доля природных энергоносителей расходуется на выработку совместно электроэнергии и теплоты для хозяйственно-бытовых, а также производственных нужд, что наряду с колоссальными теплопотерями, неэкономично, а в некоторых случаях расточительно. Немаловажен экономический фактор, суть которого основана на стабильном росте тарифов на энергоносители, что в свою очередь подкрепляется ограниченностью ресурсов. Наряду с этим, традиционная выработка природных ресурсов путем их сжигания довольно негативно сказывается на экологии. Актуальность данной тематики вполне очевидна. Эти проблемы в корне взаимосвязаны и требуют грамотного и комплексного подхода к их решению. Так, например, в ряде стран, таких как США, Швеция и Германия, уже более полувека наблюдается тенденция к переходу на более экономичные, возобновляемые и экологически чистые источники энергии, какими являются установки «тепловых насосов». Следует отметить значительную заинтересованность правительств этих стран в массовом переходе на экологически чистое отопление и, как следствие, вполне весомую помощь государства гражданам в данном процессе.

Основные положения

Тепловой насос – это компактный аппарат, использующий тепло земли, воды или воздуха, т.е. низкопотенциальных источников тепла, и обеспечивающий автономное отопление и горячее водоснабжение. Применение тепловых насосов в регионах с повышенными требованиями к экологической чистоте особенно целесообразно, так как система работает без сжигания топлива и не производит вредных выбросов в атмосферу.

Принцип работы теплового насоса является простым и понятным, благодаря обычному холодильнику или, говоря с технической точки зрения, – парокомпрессионной холодильной машине ПКХМ (рис. 1). ПКХМ работает по следующему принципу: имеется замкнутый контур, целиком заполненный фреоном (фреон – сверхлетучее газообразное вещество с очень низкой температурой кипения). Значения температур кипения фреонов также разнообразны, как и собственно, номенклатурный ряд фреонов. Наиболее популярно используемые в холодильной технике температуры кипения – $-20 \div -70$ °С. Например, фреон R22 – дифторхлорметан имеет температуру $t = -40$ °С [1]. Контур имеет четыре принципиальные составляющие: испаритель 1, конденсатор 2, компрессор 3 и дросселирующее устройство 4. Жидкий фреон с очень низкой температурой попадает в испаритель (теплообменник), в котором переходит из жидкого агрегатного состояния в парообразное за счет отбирания теплоты из окружающей среды (например, холодильная

камера) и устремляется в компрессор, в котором сжимается до необходимого значения, тем самым повышается тепловой потенциал хладагента. Далее, под высоким давлением парообразный фреон отдает тепло в окружающую среду (комнату), при этом конденсируется и переходит вновь в жидкое состояние, после чего охлажденный фреон устремляется в испаритель, проходя через дросселирующее устройство [2]. Благодаря этому схема контура разделяется на две зоны: высокого и низкого давления. Таким образом, мы перекачиваем не только сам теплоноситель, но и тепло от одной среды к другой и обратно.

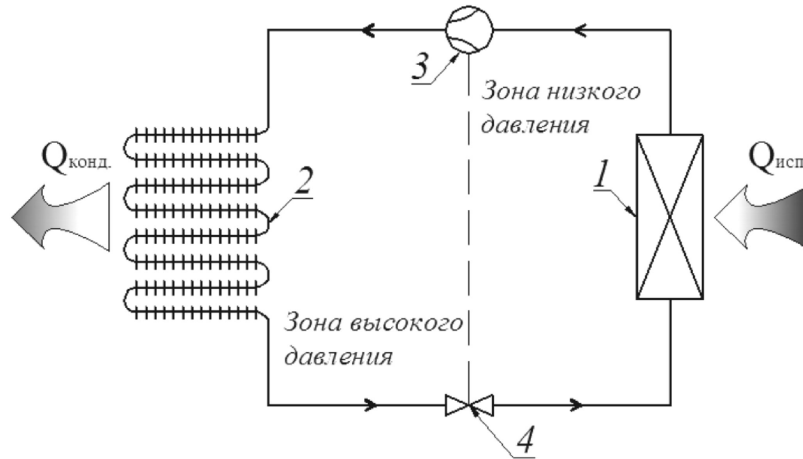


Рис. 1. Принципиальная схема работы ПКХМ: 1 – испаритель; 2 – конденсатор; 3 – компрессор; 4 – дросселирующее устройство

Процесс «перекачивания тепла» от низкопотенциальных его источников происходит приблизительно так: солнце нагревает поверхность земли (или воздух, или воду), из недр земли к поверхности также поступает тепло. Тепловой насос отбирает это тепло и передает в контур отопления и приготовления горячей воды. Для получения 100 % энергии, идущей на отопление, затрачивается около 25 % электрической энергии привода. Это особенно наглядно при рассмотрении цикла ПКХМ на диаграмме $\lg P-I$ (рис. 2). Например, в контуре съема тепла из окружающей среды температура составляет $-5 +20$ °С. Тепло через теплообменник передается на хладагент теплового насоса. При сжатии хладагента компрессором температура повышается, благодаря чему в контур отопления через теплообменник теплового насоса подается теплоноситель с температурой до $+62$ °С (для тепловых насосов фирмы Vaillant [3]).

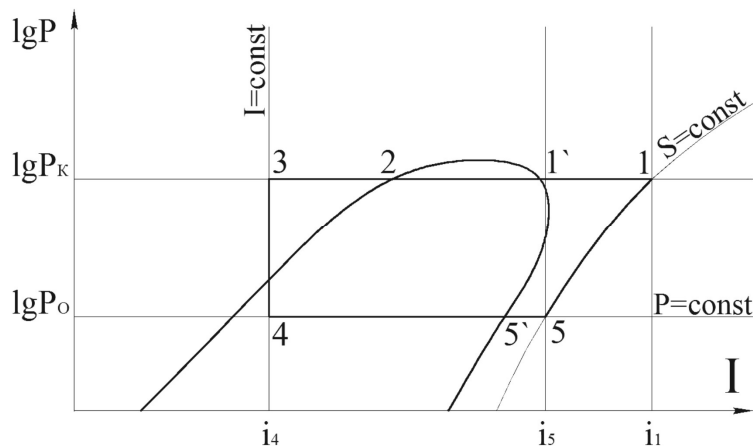


Рис. 2. $\lg P-I$ диаграмма. Цикл ПКХМ: P – давление Па; P_0 – давление испарения Па; P_k – давление конденсации Па; S – кДж/кг К; I – энтальпия кДж/кг

Цикл ПКХМ:

- 1-1 – охлаждение газа до начала конденсации;
- 1-2 – конденсация;
- 2-3 – переохлаждение;
- 3-4 – дросселирование;
- 4-5 – переход из парожидкостного состояния в газообразное;
- 5-5 – перегрев;
- 5-1 – сжатие газа в компрессоре.

Тепловой насос и холодильная машина характеризуются следующими показателями:

1. Холодильным коэффициентом (для ПКХМ);
2. Коэффициентом теплового насоса;
3. Коэффициентом энергетической эффективности;
4. Коэффициентом полезного действия;
5. Коэффициентом использования энергии.

Рассмотрим и сравним холодильный коэффициент и коэффициент теплового насоса. Так, холодильный коэффициент представляет собой отношение количества тепла, отобранного из охлаждаемой окружающей среды, к значению затраченной работы на валу электродвигателя компрессора. Холодильный коэффициент можно представить в виде [4]:

$$\varepsilon_x = \frac{q_0}{l} = \frac{i_2 - i_4}{i_1 - i_3} \approx 2,5. \quad (1.1)$$

Коэффициент теплового насоса представляет собой отношение количества тепла, отданного в «теплую» окружающую среду, к значению затраченной работы на валу электродвигателя компрессора:

$$\varepsilon_{\text{т.н.}} = \frac{q_k}{l} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_3}, \quad (1.2)$$

где $i_3 = i_4$, (кДж/кг).

В свою очередь:

$$q_k = q_0 + l. \quad (1.3)$$

Таким образом, получаем:

$$\varepsilon_{\text{т.н.}} = \frac{q_k}{l} = \frac{q_0 + l}{l} = \varepsilon_x + 1 \approx 3,5. \quad (1.4)$$

В результате получается, что эффективность работы теплового насоса выше эффективности ПКХМ на величину работы компрессора, что теоретически оправдывает эффективность использования теплового насоса в целях теплоснабжения. Таким образом, необходимо отметить, что по теории используется 100 % тепловой энергии, причем 25 % энергии затрачивается на работу компрессора, а остальные 75 % забираются у низкопотенциальных источников тепла (земли, воды, солнца).

Геотермальный тепловой насос. Зонды. Среди теплонасосных установок на современном этапе широко распространены геотермальные тепловые насосы, в принцип работы которых заложен съём тепла с поверхностных и глубинных массивов грунтов, а также использование тепла подземных вод. Все эти низкопотенциальные источники тепла отличаются друг от друга различными теплофизическими и химико-физическими свойствами. Уже давно известно, что на глубине промерзания грунта температура его приблизительно равна нулю, а уже на глубине 20 м температура грунта может достигать $+10 \div +12 \text{ }^\circ\text{C}$ [4]. В сочетании с грунтовыми водами и при наличии водонасыщенных пластов потенциал использования тепла грунта в качестве теплоснабжения значительно возрастает. Но в этом случае необходимо также решить проблему агрессивного

воздействия грунтовых вод на оборудование, что также является немаловажным, так как может привести к значительным проблемам с качеством эксплуатации.

Принцип работы геотермального теплового насоса следующий: все оборудование делится на два контура, соединенных между собой теплообменником. Первый контур называется внешним и представляет собой зонды, соединенные в коллекторы, весь этот контур целиком заполнен раствором этилен- или пропилен-гликоля (антифризы). Зонды в самом простом и распространенном виде представляют собой скважины, выполненные бурением, в которые помещаются трубы с условным диаметром прохода 32 мм. Две из этих труб соединены между собой с конца на глубине, а третья необходима для подачи на глубину скважины специального бетонного раствора, имеющие высокие показатели теплопроводности. В одну из труб, которую называют подающей, подают холодный отработанный раствор, и после прохождения всей длины трубы из второй трубы выходит уже нагретый раствор, который направляется на теплообменник первого контура. Далее происходит процесс, описанный выше и основанный на принципе действия ПКХМ.

Поскольку температура антифриза может изменяться (от -5 до $+20$ °С), в первичном контуре установки необходим расширительный бак. Рекомендуется также установить на возвратной линии накопительный бак, так как компрессор теплового насоса работает в режиме «включено-выключено», а слишком частые пуски-остановы могут привести к ускоренному износу его деталей, кроме того, бак полезен и как аккумулятор энергии – на случай отключения электроэнергии. Его минимальный объем принимается из расчета 10-20 л на 1 кВт мощности теплового насоса [5].

Рассмотрим несколько вариантов устройства грунтовых зондов и коллекторов.

Вертикальный грунтовый зонд. Для устройства вертикального грунтового зонда производится бурение скважины, как правило, на глубину около сотни метров, в нее опускается специальная конструкция из пластиковых труб. В этих трубах циркулирует незамерзающая жидкость. Эта жидкость передает тепло земли через теплообменник в тепловой насос. Скважина заливается раствором, образующим монолит. После проведения данной операции имеющаяся конструкция представляет собой вертикальный грунтовый зонд. В случае, если требуемая протяженность зонда чрезмерно велика, то один зонд возможно заменить на несколько небольших, суммарная длина которых должна быть более или равной требуемой.

Вертикальный грунтовый зонд особенно хорошо подходит для земельных участков небольшой площади, на которых нет достаточного пространства для укладки грунтового коллектора. Для хорошо теплоизолированного многоквартирного дома жилой площадью 150 м² и потребностью в тепле 7,5 кВт требуется грунтовый зонд длиной около 110 м [3]. Принципиальная схема устройства вертикального зонда представлена на рис. 3.

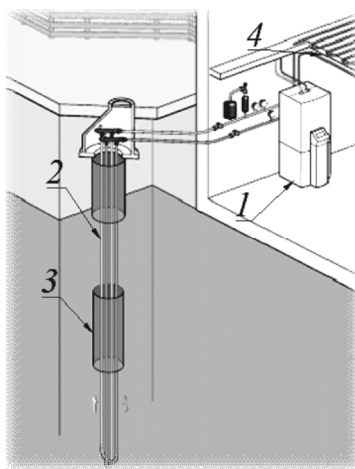


Рис. 3. Схема вертикального грунтового зонда: 1 – установка теплового насоса; 2 – грунтовый теплообменник; 3 – бетонное заполнение зонда; 4 – система отопления

Горизонтальный грунтовый коллектор. Грунт аккумулирует солнечную энергию. Эта энергия воспринимается грунтом либо непосредственно в форме солнечной радиации, либо косвенно, в форме тепла, получаемого от дождя или из воздуха. Горизонтальный грунтовый коллектор состоит из системы труб, уложенной на широкой площади ниже границы промерзания. На такой глубине круглый год сохраняется сравнительно постоянная температура $+5 \div +10 \text{ }^\circ\text{C}$. Коллектор особенно пригоден для домов, расположенных на сравнительно больших земельных участках. Теплоотдача зависит от свойств почвы. Чем большей влажностью обладает почва, тем выше теплоотдача. Для хорошо теплоизолированного многоквартирного дома жилой площадью 150 м^2 и потребностью в тепле $7,5 \text{ кВт}$ для укладки горизонтального грунтового коллектора требуется земельный участок площадью около 250 м^2 [3]. На рис. 4 показана система с двумя контурами. Если при наличии всего одного контура оказывается превышенной максимальная длина трубы для раствора антифриза, то необходимо использовать многоконтурную схему.

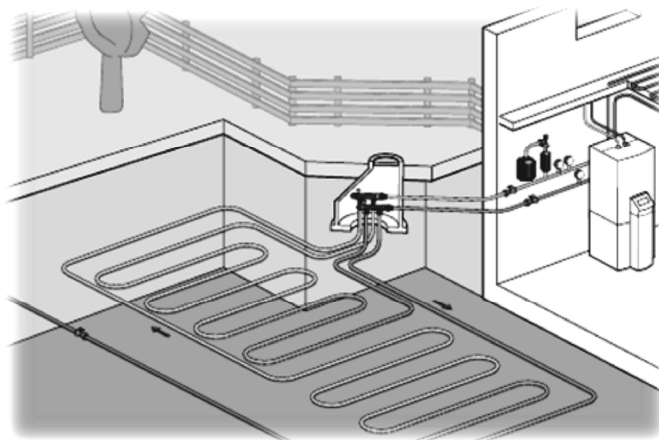


Рис. 4. Схема устройства горизонтального грунтового коллектора

Компактный горизонтальный грунтовый коллектор. Компактный коллектор состоит из нескольких коллекторных матов, состоящих из множества тонких пластиковых трубок. Отдельные коллекторные маты соединяются параллельно с помощью комбинации распределителя-сборника. Система располагается приблизительно на 20 см ниже границы промерзания грунта. Следует учитывать, что поверхность земли над полем укладки горизонтальных коллекторов должна хорошо освещаться солнцем для того, чтобы земля имела возможность восполнить то количество тепла, которое было отобрано тепловым насосом.

Использование тепла грунтовых вод. Грунтовые воды являются наиболее продуктивным источником тепла. Сравнительно постоянная в течение всего года температура $+8 \div +10 \text{ }^\circ\text{C}$ позволяет обеспечить самую высокую среди всех систем теплоотдачу. Через всасывающий колодец грунтовые воды подаются к тепловому насосу при помощи погружного насоса, а затем через глубокий колодец вновь выводятся в почву. Если в грунтовых водах содержатся вещества, вызывающие коррозию/заиливание испарителя теплового насоса, то между колодезной установкой для грунтовых вод и тепловым насосом необходимо установить разборный теплообменник. При установке теплового насоса для грунтовых вод необходимо предусмотреть следующее:

- убедиться в наличии достаточных запасов грунтовых вод на глубине не более 15 м ;
- максимальное отбираемое количество и качество грунтовых вод также имеют решающее значение;
- всасывающий колодец для отбора воды должен быть расположен в направлении течения грунтовых вод перед глубинным колодцем;
- на использование грунтовых вод должно быть получено разрешение соответствующего ведомства (обычно службы Госводнадзора). Для потребления тепла из воды применяется исполнение теплового насоса типа «вода-вода».

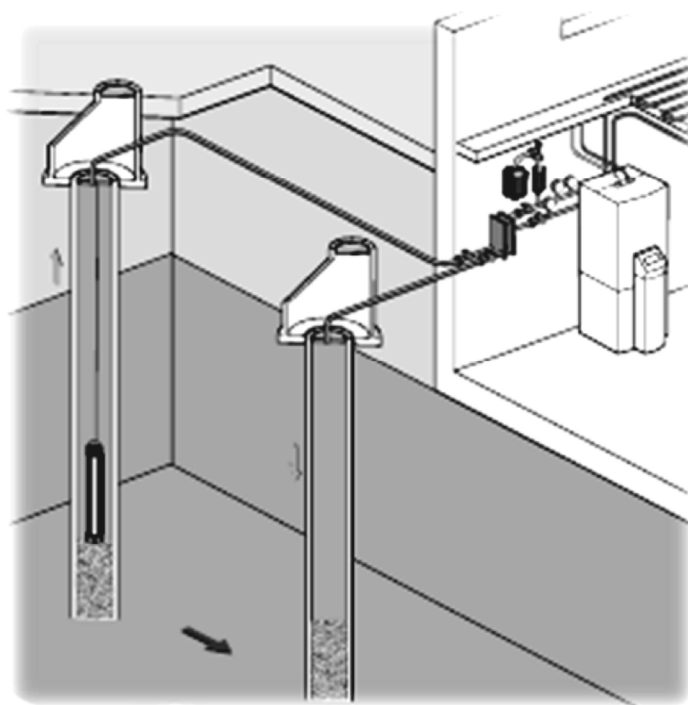


Рис. 5. Схема забора грунтовой воды для теплового насоса с помощью погружного насоса и глубокой скважины

Использование тепла водоемов. При наличии близлежащего водоема возможно осуществлять отбор его тепла, путем прокладки по поверхности дна водоема коллекторов теплового насоса. Это в значительной степени упрощает процесс монтажа теплового насоса, т.к. земляные работы сведены к минимуму. Такой тепловой насос, работающий по схеме «вода-вода», является очень эффективным, т.к. улучшаются процессы теплообмена между средами, благодаря высоким теплофизическим свойствам воды. Так, известно, что на глубине 20-25 м температура воды в водоеме сохраняется постоянной круглый год и составляет $+5 \div +8 \text{ } ^\circ\text{C}$. Главное условие: водоем должен быть проточным и достаточным по размерам. Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 м трубопровода, 30 Вт. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длиной 333 м. Для того чтобы трубопровод не всплывал, на 1 погонный метр трубопровода устанавливается около 5 кг груза. После выбора наиболее приемлемой схемы отбора тепла у грунтового массива необходимо решить ряд следующих задач, таких как:

- определение сезонной глубины промерзания грунта в данном регионе;
- определение вида геологического разреза, а также получение данных о мощностях грунтов в месте перспективного бурения скважины посредством проведения инженерно-геологических изысканий;
- определения наличия грунтовых вод, их химический состав;
- определение необходимой глубины бурения скважин или глубины заложения горизонтальных коллекторов на основе годового мониторинга распределения температуры в грунте путем установки термопреобразователей сопротивления (рис. 5.);
- количественная оценка тепловой энергии, которую можно получать в климатических и гидрогеологических условиях исследуемого региона;
- оценка изменения теплофизических параметров грунтов после начала отбора теплоты зондами. Определение параметров общей и активной зоны влияния.

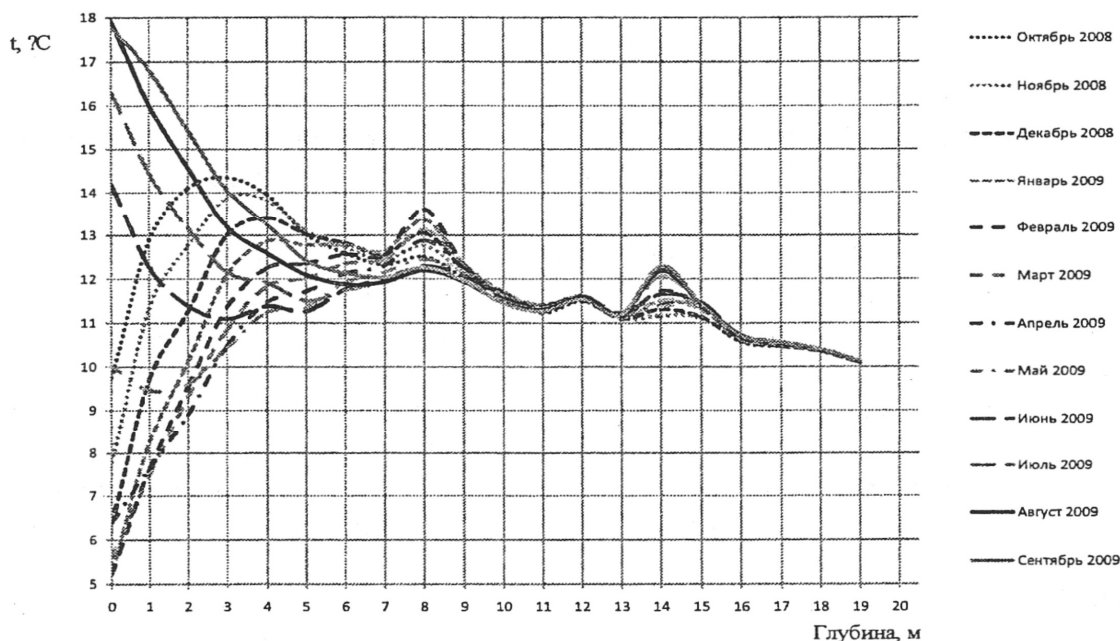


Рис. 6. Диаграмма распределения температуры в грунтовом массиве по глубине

На рис. 6 представлена диаграмма, построенная по результатам мониторинга распределения температуры в грунтовом массиве за полный календарный год на экспериментальной площадке, сложенной четвертичными аллювиально-делювиальными глинистыми грунтами, в подошве с галькой общей глубиной 11,6 м, перекрытыми толщей насыпных грунтов толщиной 6 м, а также коренными породами сложенных аргиллитами, вскрытыми на глубине 17,6 м [6].

Для определения параметров зон влияния необходимо решить осесимметрическую задачу математического моделирования. В качестве модели принимается так называемая энергетическая свая, благодаря которой и осуществляется отбор тепловой энергии. Энергетическая свая принята в виде буронабивной сваи глубиной 20 м и диаметром 0,5 м. В качестве начальных условий задана температура в каждом узле модели в начальный период времени. В качестве граничных условий принята постоянная температура энергетической сваи $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, определяются зоны общего и активного влияний. Активная зона выделена условно, изменение температуры в активной зоне от работы энергетической сваи превышает $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рис. 7. Пример определения зон влияния энергетической буронабивной сваи глубиной 20 м и диаметром 0,5 м

Применение тепловых насосов в системе отопления. Водяные теплые полы. В современных теплотехнологиях поддержания микроклимата помещения использование низкопотенциальных источников теплоты нашло своё применение в развитии систем «теплых» полов. Так как мы имеем температуру горячей воды на выходе из теплового насоса всего порядка $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, то применение классических радиаторов делало бы такой подход к отоплению помещения абсурдным с точки зрения его архитектурной и интерьерной начинки, потому что количество радиаторов возрастает почти в два раза, что на сегодняшний день противоречит одной из задач конструирования и проектирования системы отопления. Современные специалисты находят много путей решения сэкономить «жизненное» пространство помещения, не потеряв ничего в вопросе о тепловом режиме помещения, одним из которых является система водяного теплого пола. Вместе с этим известно, что важнейшим фактором теплового комфорта наряду температурой воздуха в помещении служит ее распределение по площади и высоте. Характер изменения температуры зависит от типа выбранной системы отопления, что наглядно демонстрируется на графике (рис. 8).

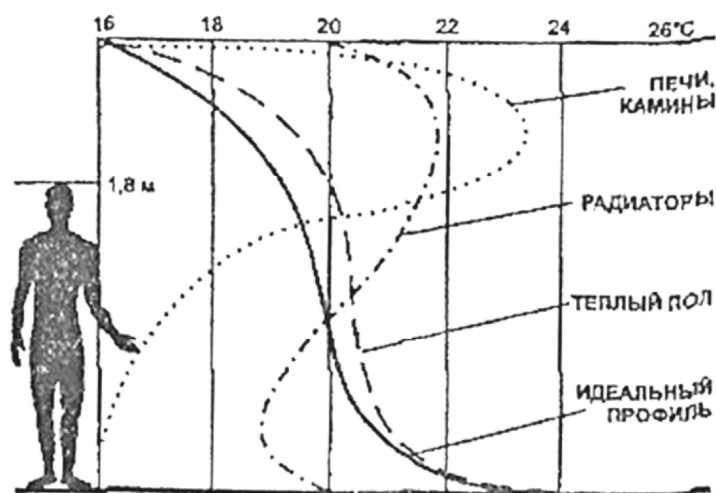


Рис. 8. Профиль распределения температуры в помещении по его высоте

Так называемый «идеальный профиль» обеспечит приятное тепло ногам и слегка прохладный воздух на уровне головы. Как видно из рисунка, наиболее близкой к идеальному профилю является кривая, соответствующая теплomu полу. Равномерный прогрев поверхности пола исключает образование прохладных и перегретых зон по площади помещения.

Так называемый «идеальный профиль» обеспечит приятное тепло ногам и слегка прохладный воздух на уровне головы. Как видно из рисунка, наиболее близкой к идеальному профилю является кривая, соответствующая теплomu полу. Равномерный прогрев поверхности пола исключает образование прохладных и перегретых зон по площади помещения.

Учитывая, что температура теплого пола жилых помещений в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями не должна превышать $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ [7], система ТП обладает рядом других технических и эксплуатационных преимуществ по сравнению с традиционными системами отопления. В первую очередь это связано с использованием низкопотенциального теплоносителя ($+35\div+55\text{ }^{\circ}\text{C}$), что позволяет в ряде случаев подключать ее к обратной магистрали системы отопления (а в нашем случае мы подключаем тепловой насос), и таким образом более полно используется температурный потенциал в системе теплоснабжения.

«Теплый пол» представляет собой высокотехнологическую систему, состоящую из небольшого количества комплектующих. Она обеспечивает поступление комфортного тепла в любое помещение.

Система ТП обладает повышенным эффектом саморегулирования, который тем действеннее, чем меньше разница между температурой теплоотдающей поверхности (в нашем случае – поверхность пола) и температурой внутреннего воздуха. Если по какой-либо причине в рассматриваемом помещении появляются дополнительные теплопоступления, то внутренняя температура повышается, в то время как температура поверхности пола остается неизменной. Из-за уменьшения разницы температур снижается теплоотдача греющего пола. Система водяного теплого пола имеет ряд очень важных преимуществ:

- соответствие с санитарно-гигиеническими требованиями;
- благоприятный профиль распределения температур по высоте помещения;
- равномерное распределение температуры по площади пола помещения, что препятствует возникновению локальных перегревов и переохлаждений в нем;
- возможность использования низкопотенциальных теплоносителей;
- возможность использования в качестве дежурного отопления;
- снижение отопительной нагрузки на здание в силу снижения тепловых потерь до 15 % и, как следствие, пропорциональное уменьшение в дальнейшем этой части эксплуатационных расходов;
- повышение надежности теплоснабжения зданий вследствие большой инерционности системы, что при длительных, до 1,5-2 суток, нарушениях теплоснабжения практически не сказывается на температурном режиме помещения.

К недостаткам можно отнести:

- большая инерционность, не позволяющая изменить температуру помещения в течение короткого времени, что легко компенсируется взаимосогласованным управлением системами отопления и вентиляции одновременно и повышает надежность теплоснабжения при авариях на тепловых сетях;
- небольшое повышение капитальных затрат на устройство, по сравнению с затратами на устройство радиаторной системы;
- большее гидравлическое сопротивление;
- более высокие требования к качеству теплоносителя, в силу невозможности вскрытия трубопроводов из бетонной стяжки и, как следствие, невозможность ремонта и прочистки трубопроводов.

Заключение

Таким образом, тепловые насосы являются экономичным и экологичным способом снабжения теплом среды обитания человека. Не требуется подвода дорогостоящих теплотрасс. Тёплые полы вносят комфорт и дополнительно экономят тепло. В результате, имея всего лишь электроснабжение, водоснабжение и газоснабжение, для приготовления пищи, с помощью тепловых насосов можно целиком обеспечить автономность создания и поддержания микроклимата на отдельно стоящем объекте.

Список литературы

1. Алтунин В.В., Геллер В.З., Петров Е.К. Теплофизические свойства фреонов. Том 1. Фреоны метанового ряда. / Под ред. Ривкина С.А. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 232 с.
2. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. / Под ред. Богословского В.Н. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с.
3. Рабочая документация фирмы Vaillant, 2008.
4. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. / Перевод на русский язык. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
5. Рекламная документация фирмы «Супертэк», 2009.
6. Захаров А.В. Численное моделирование процесса отбора геотермальной низкопотенциальной энергии грунта. Выступление на конференции. – Пермь: ПГТУ.
7. Замалеев З.Х., Осипова Л.Э., Валиуллин М.А., Сафиуллин Р.Г. Примеры расчетов по отоплению и вентиляции жилого дома. – Казань, 2007. – 176 с.

Ovcharov P.V. – bachelor

E-mail: pashaov@list.ru

Sadykov R.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: Sadykov_R_A@mail.ru,

Kazan State University of Architectur and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Application of thermal pumps in a power saving up complex

Resume

In spite of the fact that the system of power savings based on decrease of expenses of a heat supply of buildings, causes many disputes among modern experts it the increasing application finds. The heat supply system based on application of thermal pumps has a number of very important advantages:

- Obvious economy of means, despite considerable capital expenses;
- Absence of emissions in atmosphere;
- The maximum and most rational use of inexhaustible and renewed sources of heat in exchange a natural mineral;
- Reliability of work of the basic devices and mechanisms;
- Considerable automation of processes that in a combination to system of air heating and application of heat-insulated floors, and also system of the central air-conditioning and hot water supply does system of maintenance of a microclimate in a building hi-tech and developed, and to a certain extent and precision (high-precision).
- Possibility complete independent heat – and provision of cold individual object, for example a mountain-skiing hotel complex.

So having only an electrical supply and water supply, and also as a reserve food – gas supply it is possible to provide entirely autonomy of creation and microclimate maintenance on separate object. In the long term as use of basic or reserve power supplies realization of development of the electric power on separate objects with the help rotary-paddle internal combustion engines of Gridina is possible.

Keywords: loss of the heat, a probe, a chink, the thermal pump, energy economy carriers, a renewed source.

References

1. Altunin V.V., Geller V.Z., Petrov E.K. Teplofizichesky of property freon. Volume 1. Freon a methane number. Under the editorship of Rivkina C.A. – M.: Standards Publishing House, 1980. – 232 p.
2. Bogoslovsky V.N. Kokorin O.J., Petrov L.V. Air conditioning and provision of cold. Under the editorship of Bogoslovsky V.N. – M.: Stroyizdat, 1985. – 367 p.
3. The working documentation of firm Vaillant, 2008.
4. Rey D., Makmajkl D. Thermal pumps. Translation into Russian. – M.: Edition of energy, 1982. – 224 p.
5. The advertizing documentation of firm Supertek, 2009.
6. Zaharov A.V. Numerical modeling of process of selection geothermal lowpotential energy of a ground. PGTY. Perm. Performance at conference.
7. Zamaleev Z.H., Osipova L.E., Valiullin M.A., Safiullin R.G. Primery of calculations.