Введение

История существования гидравлических машин насчитывает несколько тысячелетий. Первый насос был поршневым, появился, по-видимому, за несколько веков до нашей эры в странах древней культуры. Изобретение этого насоса связано с созданием водоподъемных устройств. Поршневой насос был хорошо известен в Древней Греции и Риме.

Изобретение центробежного насоса приписывается итальянцу Д. Жордану, давшему первый рисунок такого насоса. Одной из первых удачных конструкций центробежного насоса является насос французского физика Д. Папена, предложенный им в 1689 г. Первой примененной в практике машиной для подачи жидкости действием центробежной силы был насос Ледемура (Франция, 1732 г.). В этой конструкции вода, находящаяся в наклонной трубе, вращающейся вокруг вертикальной оси, перемещалась с нижнего уровня на верхней действием центробежной силы самой воды. Таким образом, достигалась подача воды на некоторую высоту.

Классическая схема и конструкция одноколесного центробежного насоса, применяющегося в различных модификациях и поныне, была осуществлена Андревсом (США) в 1818 г. и существенно улучшена им в 1846 г. Исследования Андеревса привели к созданию многоступенчатого центробежного насоса, однако весьма несовершенной конструкции, запатентованной в 1851 г.

Знаменитый ученый Рейнольдс (Англия), исследуя конструкцию многоступенчатого насоса, ввел в нее прямой и обратный направляющие лопаточные аппараты и в 1875 г. запатентовал насос, в общих чертах аналогичный современным многоступенчатым насосам.

Широкое распространение центробежных насосов стало возможным только на основе применения электрической энергии и, в частности, при использовании электродвигателя трехфазного переменного тока, разработанного инженером В. О. Доливо-Добровольским (Россия, 1888 – 1889 гг.) К этому времени относится изобретение русским инженером В. А. Пушечниковым специального малогабаритного насоса для подъема подземных вод с больших глубин.

В России внедрение насосов в промышленность непосредственно связано с развитием горно-рудного дела. В 18 в. К. Д. Фролов и другие мастера горного дела применяли установки с поршневыми насосами для откачки воды из шахт.

В 18 в. был изобретен паровой двигатель. В 1738 г. Д. Бернулли вывел основополагающее уравнение жидкости, которое носит его имя. В 1750 г. Л. Эйлер впервые сделал математический анализ рабочего процесса, происходящего в центробежном насосе и реактивной турбине, и дал основное уравнение рабочего процесса турбомашин.

Примерно с начала 20-х годов 19-го века изменилось само назначение насосов. Если первоначально они предназначались только для подъема воды, то с этого времени они все шире применяются для перемещения жидкостей с различными вязкостью и концентрацией взвешенных частиц, а также химических жидкостей с различными степенью агрессивности и температурой.

Машины для перемещения воздуха и газов появились значительно позже насосов. Изобретателем воздушного поршневого нагнетателя – прототипа современных компрессоров с одной ступенью сжатия – считается немецкий физик О. Герике(1640г.).

В настоящее время отечественная промышленность выпускает насосы всех типов, необходимые для народного хозяйства страны, начиная от миниатюрных микронасосов для медицинской техники и кончая гигантскими осевыми насосами для ирригационных систем и энергетики.

Модернизация конструкции насосов направлена на снижение металлоемкости при одних и тех же параметрах насосов, обеспечение наибольшей унификации узлов и деталей насосов, что позволяет расширять номенклатуру насосов без существенных дополнительных затрат на их производство. Большое внимание уделяется повышению качества и надежности насосов, что позволяет экономить энергетические ресурсы и снижать трудоемкость их эксплуатации и ремонта.

1. Понятие тепловой насос – классификация и область применения

Тепловой насос – термодинамическая установка, в которой теплота от низкопотенциального источника передается потребителю при более высокой температуре. При этом затрачивается механическая энергия.

Большую перспективу представляет использование тепловых насосов в системах горячего водоснабжения (ГВС) зданий. Известно, что в годовом цикле на ГВС расходуется примерно столько же тепла, как и на отопление зданий. Примером здания, в котором тепловые насосы использованы для ГВС, является многоэтажный жилой дом, построенный в Москве в Никулино-2. В этом здании в качестве источника низкопотенциальной тепловой энергии используется тепло земли и тепло удаляемого вентиляционного воздуха. Подробно эта система будет рассмотрена ниже.

Источником низкопотенциальной тепловой энергии может быть тепло как естественного, так и искусственного происхождения. В качестве естественных источников низкопотенциального тепла могут быть использованы:

• тепло земли (тепло грунта);

• подземные воды (грунтовые, артезианские, термальные);

• наружный воздух.

В качестве искусственных источников низкопотенциального тепла могут выступать:

• удаляемый вентиляционный воздух;

• канализационные стоки (сточные воды);

• промышленные сбросы;

• тепло технологических процессов;

• бытовые тепловыделения.

Таким образом, существуют большие потенциальные возможности использования энергии вокруг нас, и тепловой насос представляется наиболее удачным путем реализации этого потенциала.

Ранее тепловой насос использовался в первую очередь для кондиционирования (охлаждения) воздуха. Система была способна также обеспечить определенную отопительную мощность, в большей или меньшей степени удовлетворяющую потребности в тепле в зимний период. Однако характеристики этого оборудования стремительно меняются: сейчас во многих странах Европы тепловые насосы используются в отоплении и ГВС. Такое положение связано с поиском экологичных решений: вместо традиционного сжигания ископаемого топлива – использование альтернативных источников энергии, например, солнечной. Для массового потребителя одним из наиболее предпочтительных вариантов использования нетрадиционных источников энергии является использование низкопотенциального тепла посредством тепловых насосов.

Существуют разные варианты классификации тепловых насосов. Ограничимся делением систем по их оперативным функциям на две основных категории:

• тепловые насосы только для отопления и/или горячего водоснабжения, применяемые для обеспечения комфортной температуры в помещении и/или приготовления горячей санитарной воды;

• интегрированные системы на основе тепловых насосов, обеспечивающие отопление помещений, охлаждение, приготовление горячей санитарной воды и иногда утилизацию отводимого воздуха. Подогрев воды может осуществляться либо отбором тепла перегрева подаваемого газа с компрессора, либо комбинацией отбора тепла перегрева и использования регенерированного тепла конденсатора.

Тепловые насосы, предназначенные исключительно для приготовления горячей санитарной воды, зачастую в качестве источника тепла используют воздух среды, но равным образом могут использовать и отводимый воздух.

Следует отметить, что постепенно увеличивается предложение тепловых насосов класса реверсивные “воздух-вода”, чаще всего поставляемых в комплекте с расширительным баком и насосным агрегатом. По отдельному заказу поставляется накопительный резервуар. Такие тепловые насосы можно врезать непосредственно в существующие водопроводные системы.

В Германии и других странах Северной Европы распространены тепловые насосы, которые используют тепло, содержащееся в грунте. Диапазон тепловой мощности разработанных моделей самый широкий – от 5 до 70 кВт.

По данным на 1997 год из 90 млн. тепловых насосов, установленных в мире, только около 5 %, или 4,28 млн. аппаратов, смонтировано в Европе. Совсем немного по сравнению с 57 млн. систем, имеющихся в Японии, где такое оборудование является основным в обеспечении отопления жилого фонда. В Соединенных Штатах насчитывается 13,5 млн. установленных агрегатов, а еще только развивающийся китайский рынок достиг уровня 10 млн. систем. Подобное нерасположение Европы имеет свои причины, однако в последнее время отношение к тепловым насосам меняется. Примерная оценка числа тепловых насосов, установленных в главных странах Сообщества в жилом фонде, торгово-административных и промышленных сооружениях, приводится в табл. 1. Основную долю составляют страны Южной Европы: Испания, Италия и Греция.

Количество тепловых насосов установленных в Европе, по данным на 1996год

Страна Жилой фонд\* Торгово-административный фонд Промышленный фонд\*\*Всего на 1996год

Австрия 133100 4300 нет данных 137400

Дания 31300 2000 1000 34300

Франция 53000 61000 675 114675

Германия 363120 5300 300 368720

Греция 570840 266220 нет данных 837060

Италия\*\*\* 800000 20000 нет данных 820000

Голландия\*\*\*\* 2856 136 159 3151

Норвегия 13500 6400 726 20626

Испания 802000 411000 7390 1200390

Швеция 250000 нет данных нет данных 250150

Швейцария 39500 3400 нет данных 42900

Англия 13900 414060 600 428560

Всего 3073116 >1193816 >11000 >4277932

\* в том числе водяные отопители; \*\* в том числе районные системы; \*\*\* ориентировочно; \*\*\*\* только отопление

В жилом фонде имеется 3 млн. установленных тепловых насосов. Однако по степени охвата показатель небольшой – около 1 %. Хотя очевидно, что установленные в торгово-административном фонде 1,2 млн. агрегатов, составляя абсолютное наименьшее значение, будут иметь несколько больший охват.

Примерно 77 % установленных в Европе тепловых насосов используют наружный воздух в качестве источника тепла, хотя в Швеции, Швейцарии и Австрии преобладают тепловые насосы, забирающие тепло из грунта по заглубленному змеевиковому теплообменнику: данные по этим странам составляют соответственно 28, 40 и 82 %. В Северной Европе зачастую тепловые насосы применяются только для отопления и приготовления горячей санитарной воды.

2. Источники низкопотенциальной тепловой энергии

Тепловой насос предназначен для использования энергии, получаемой от источника тепла низкой температуры. Тепловые, энергетические и экономические характеристики тепловых насосов тесно взаимосвязаны с характеристиками источников, из которых насосы берут тепло. Идеальный источник тепла должен давать стабильную высокую температуру в течение отопительного сезона, не быть коррозийным и загрязняющим, иметь благоприятные теплофизические характеристики, не требовать существенных инвестиций и расходов по обслуживанию. В большинстве случаев имеющийся источник тепла является ключевым фактором, определяющим эксплуатационные характеристики теплового насоса.

В качестве источников тепла в небольших системах на базе тепловых насосов широко используются наружный и отводимый воздух, почва и подпочвенная вода, для систем большой мощности применяются морская, озерная и речная вода, геотермические источники и грунтовые воды.

2.1. Воздух

Наружный воздух, будучи совершенно бесплатным и общедоступным, является наиболее предпочитаемым источником тепла. Тем не менее тепловые насосы, применяющие именно воздух, имеют фактор сезонной нагрузки (SPF) в среднем ниже на 10-30 % по сравнению с водяными тепловыми насосами. Это объясняется следующими обстоятельствами:

• быстрым снижением мощности и производительности с падением наружной температуры;

• относительно большой разностью температур конденсации и испарения в период минимальных зимних температур, что в целом снижает эффективность процесса;

• энергозатратами на размораживание испарительной батареи и функционирование соответствующих вентиляторов.

В условиях теплого и влажного климата на поверхности испарителя в диапазоне от 0 до 6 °С образуется изморось, что ведет к снижению мощности и производительности теплового насоса. Иней уменьшает площадь свободной поверхности и препятствует прохождению воздуха. Как следствие, снижается температура испарения, что, в свою очередь, способствует нарастанию инея и дальнейшему неуклонному снижению производительности вплоть до возможной полной остановки агрегата вследствие срабатывания контрольного датчика низкого давления, если прежде не будет устранено обледенение.

Размораживание батареи осуществляется путем инверсии охлаждающего цикла или иными, хотя и менее эффективными способами.

Энергопотребление имеет тенденцию к росту. Общий коэффициент производительности СОР сокращается с увеличением частоты размораживания. Применение специальной системы контроля, обеспечивающей размораживание по требованию (т. е. когда оно фактически необходимо), а не периодическое, может существенно повысить общую эффективность.

Еще один источник тепла в жилых и торгово-административных сооружениях – отводимый вентиляционный воздух. Тепловой насос регенерирует тепло из отводимого воздуха и обеспечивает приготовление горячей воды или теплого воздуха для отопления помещений. В этом случае, однако, требуется постоянное вентилирование в течение всего отопительного сезона или даже целого года, если предусмотрено кондиционирование помещений в летний период. Существуют аппараты, в которых конструктивно изначально заложена возможность использования и отводимого вентиляционного, и наружного воздуха. В некоторых случаях тепловые насосы, применяющие отводимый воздух, используются в комбинации с рекуператорами “воздух-воздух”.

Воздух как универсальный теплоноситель используется в больших установках круглогодичного кондиционирования. Он обладает низкими значениями коэффициентов теплоотдачи, поэтому для уменьшения поверхности испарителя приходится снижать температуру кипения рабочего тела, вследствие этого уменьшается степень совершенства теплонаносной установки. Данные испытания таких установок, использующих воздух в качестве источника тепла, свидетельствуют о том, что средний коэффициент m за отопительный сезон не превышает 2 – 2,5. В периоды пик, т. е. При эпизодически низких температурах наружного воздуха, включают запасные электронагреватели. Наилучшим методом борьбы с инеем является его автоматическое оттаивание, проводимое периодически.

2.2. Вода

Наиболее целесообразно применение отходов теплой воды промышленных предприятий, в том числе циркуляционной воды тепловых электростанций и др. Кроме того, используют также естественные горячие источники в курортных местностях.

Ввиду больших расходов употребление городской воды неэкономично. Однако водные источники из сравнительно глубоких слоев почвы, имеющие температуру близкую к среднегодовой, обеспечивают более высокий коэффициент преобразования m по сравнению с воздухом.

Подпочвенные воды есть во многих местах, они имеют достаточно стабильную температуру в диапазоне от 4 до 10 °С. Для использования воды как источника тепла применяются, главным образом, открытые системы: подпочвенная вода откачивается и подается на теплообменник системного агрегата, где у воды отбирается часть содержащегося в ней тепла. Вода, охлажденная таким образом, отводится в сливной колодец или в поверхностные воды. Открытые системы требуют самого тщательного проектирования в целях предотвращения проблем с замерзанием, коррозией и накоплением отложений.

Большим недостатком тепловых насосов, работающих на подпочвенных водах, является высокая стоимость работ по монтажу водозабора. Кроме того, следует учитывать требования, порой весьма жесткие, местных администраций в вопросах организации сточных вод.

Речная и озерная вода с теоретической точки зрения представляется весьма привлекательным источником тепла, но имеет один существенный недостаток – чрезвычайно низкую температуру в зимний период (она может приближаться к 0 °С). Если используются вода рек, озер и морей, то в зимний период она может замерзать на стенках испарителя. По этой причине требуется особое внимание при проектировании системы в целях предотвращения замораживания испарителя.

Морская вода представляется в некоторых случаях отличным источником тепла и используется в основном в средних и крупных системах. На глубине от 25 до 50 м морская вода имеет постоянную температуру в диапазоне от 5 до 8 °С. И, как правило, проблем с образованием льда не возникает, поскольку точка замерзания здесь от -2 до -10 °С. Есть возможность использовать как системы прямого расширения, так и системы с рассолом. Важно лишь использовать теплообменники и насосные агрегаты, стойкие к воздействию коррозии, и предотвращать накопление отложений органического характера в водозаборном трубопроводе, теплообменниках, испарителях и пр.

Грунтовым водам свойственна относительно высокая и стабильная в течение года температура. Основные ограничения здесь могут составлять расстояние транспортировки и фактические ресурсы, объем которых может меняться. Примерами возможных источников тепла в данной категории носителей можно считать грунтовые воды на канализационных участках (очистные и прочие водостоки), промышленные водостоки, водостоки участков охлаждения промышленных конденсаторов или производства электроэнергии.

Водоём

Ближайший водоём – идеальный источник тепла для теплового насоса. При использовании в качестве источника тепла воды озера или реки контур укладывается на дно. Этот вариант является идеальным с любой точки зрения – «высокая» температура окружающей среды (температура воды в водоеме зимой всегда положительная), короткий внешний контур, высокий коэффициент преобразования энергии тепловым насосом.

На 1 метр трубопровода приходится ориентировочно 30 Вт тепловой мощности.Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длинной 300 метров.

Для того, чтобы трубопровод не всплывал, необходимо установить около 5 кг груза на 1 погонный метр трубопровода.

2.3. Грунт

Грунт применяют в качестве естественного источника тепла для зимнего отопления и летнего кондиционирования. Змеевики испарителя закладывают в грунт, причем выгодно используют его зонную аккумулирующую способность. По практическим данным, коэффициент m составляет от 2,2 до 3,2 в зависимости от внешних условий. Величины теплопередачи в грунте главным образом зависят от его влажности.

Тепловые насосы, использующие грунт в качестве источника тепла, применяются для обслуживания жилых и торгово-административных сооружений. Грунт, как и подпочвенные воды, имеет одно преимущество – относительно стабильную в течение года температуру. Тепло отбирается по трубам, уложенным в землю горизонтально или вертикально (спиралеобразно). Могут использоваться:

системы прямого расширения с охлаждающей жидкостью, испаряющейся по мере циркуляции в контуре трубопровода, заглубленного в грунт;

системы с рассольной жидкостью, прокачиваемой по трубопроводу, заглубленному в грунт.

В целом тепловые насосы рассольного типа имеют более низкую производительность по сравнению с агрегатами первого типа в силу происходящего в них “двойного” теплообмена (грунт – рассол, рассол – хладагент) и энергозатрат на обеспечения работы циркуляции рассола, хотя обслуживать такие системы существенно проще.

Тепловая емкость грунта варьируется в зависимости от его влажности и общих климатических условий конкретной местности. В силу производимого отбора тепла во время отопительного сезона его температура понижается.

В условиях холодного климата большая часть энергии извлекается в форме латентного тепла, когда грунт промерзает. В летний период под действием солнца температура грунта вновь поднимается, и появляется возможность вернуться к первоначальным условиям. Действующие по такому принципу тепловые насосы обычно называют геотермическими, что по сути своей неверно, поскольку здесь не задействовано радиогенное тепло земли, содержащееся в глубинных скальных породах.

Геотермическими (скальными) источниками можно пользоваться в регионах, где подпочвенных вод мало или нет совсем. Тогда нужно пробурить колодцы глубиной от 100 до 200 м. В случае если требуется обеспечить высокую тепловую мощность, колодцы бурятся под определенным наклоном таким образом, чтобы добраться и упереться в большой скальный массив. Для таких тепловых насосов также применяется рассольная жидкость и пластмассовый сварной трубопровод, извлекающий тепло из скалы. В некоторых системах скальная порода используется для аккумулирования тепла или охлаждающей энергии. В силу высокой стоимости буровых работ скальные породы для обслуживания жилого сектора применяются довольно редко.

Скважина

При использовании в качестве источника тепла скалистой породы трубопровод опускается в скважину. Можно пробурить несколько не глубоких скважин – это, возможно, обойдётся дешевле, чем одна глубокая. Главное – получить общую расчетную глубину.

Для предварительных расчетов используется следующее соотношение – 50-60 Вт тепловой энергии на 1 метр скважины. То есть, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной 170 метров.

Земляной контур

При укладке контура в землю желательно использовать участок с влажным грунтом, лучше всего с близкими грунтовыми водами. Использование сухого грунта тоже возможно, но это приводит к увеличению длины контура. Трубопровод должен быть зарыт на глубину примерно 1 м, расстояние между соседними трубопроводами – примерно 0.8-1.0 м.

Удельная тепловая мощность трубопровода, уложенного в землю трубопровода – 20-30 Вт/м. Т. е. для установки теплового насоса производительностью 10 кВт достаточно 350-450 м теплового контура, для чего хватит участка 20х20 кв.м.

Специальной подготовки почвы не требуется, влияния на растения трубопровод при правильном расчёте не оказывает.

5. Пример использования теплонаносной системы для горячего водоснабжения жилого дома

В Москве, в микрорайоне Никулино-2 фактически впервые была построена теплонаносная система горячего водоснабжения многоэтажного жилого дома. Этот проект был реализован в 1998-2002 годах Министерством обороны РФ совместно с Правительством Москвы, Минпромнауки России, Ассоциацией “НП АВОК” и ОАО “ИНСОЛАР-ИНВЕСТ” в рамках “Долгосрочной программы энергосбережения в г. Москве”. Проект выполнен под научным руководством доктора технических наук, член-корреспондента РААСН Ю. А. Табунщикова.

В качестве низкопотенциального источника тепловой энергии для испарителей тепловых насосов используется тепло грунта поверхностных слоев Земли, а также тепло удаляемого вентиляционного воздуха. Такая система также допускает использование в качестве низкопотенциального источника тепловой энергии тепло сточных вод. Установка для подготовки горячего водоснабжения расположена в подвале здания. Она включает в себя следующие основные элементы:

- парокомпрессионные теплонаносные установки (ТНУ);

- баки-аккумуляторы горячей воды;

- системы сбора низкопотенциальной тепловой энергии грунта и низкопотенциального тепла удаляемого вентиляционного воздуха;

- циркуляционные насосы, контрольно-измерительную аппаратуру.

Основным теплообменным элементом системы сбора низкопотенциального тепла грунта являются вертикальные грунтовые теплообменники коаксиального типа, расположенные снаружи по периметру здания. Эти теплообменники представляют собой 8 скважин глубиной от 32 до 35 м каждая, устроенных вблизи дома.

Система сбора низкопотенциального тепла удаляемого вентиляционного воздуха предусматривает устройство в вытяжных вентиляционных камерах теплообменников-утилизаторов, гидравлически связанных с испарителями теплонаносных установок. В этом случае обеспечивается более глубокое охлаждение вытяжного воздуха и использование его тепла в тепловых насосах для получения горячей воды.

Система решена следующим образом. Из вентиляционных шахт удаляемый воздух собирается в коллектор и из него вытяжным вентилятором прогоняется через теплообменник-утилизатор, охлаждается и выбрасывается в атмосферу. Теплообменник-утилизатор связан с испарителем теплового насоса промежуточным контуром при помощи циркуляционного насоса. От конденсатора теплового насоса полезное тепло отводится в систему горячего водоснабжения.

Поскольку режим работы тепловых насосов, использующих тепло земли и тепло удаляемого воздуха, постоянный, а потребление горячей воды переменное, система горячего водоснабжения оборудована баками-аккумуляторами.

6. Компрессор – элемент теплового насоса

Компрессором называют воздуходувную машину, предназначенную для сжатия и подачи воздуха или какого-либо газа под давлением не ниже 0,2 МПа.

Компрессоры паровых холодильных машин входят в состав герметически закрытой системы и предназначены для отсасывания холодного агента из испарителя в целях поддержания в последнем давления Ро, сжатия пара и выталкивания его в конденсатор при давлении Рк, необходимом для сжатия.

Производительность компрессора характеризуется холодопроизводительностью машины и зависит от конструкции, режима работы холодильной машины и холодильного агента, на котором она работает.

7. Классификация компрессоров

Гидравлической машиной называют устройство, преобразующее механическую работу в энергию потока жидкости и наоборот.

Турбиной или гидродвигателем называется гидравлическая машина, в которой в результате обмена энергией происходит преобразование механической энергии жидкости в механическую работу (вращение вала, возвратно-поступательное движение поршня и т.д.).

Нагнетатель – гидравлическая машина, в которой происходит преобразование механической работы в механическую энергию жидкости. Основное назначение нагнетателя – повышение полного давления перемещаемой среды.

Насос – устройство, служащее для напорного перемещения (всасывания, нагнетания) главным образом капельной жидкости в результате сообщения ей энергии. Насосы в основном классифицируют по принципу действия и конструкции. В этом смысле их подразделяют на объемные и динамические.

Компрессором называют воздуходувную машину, предназначенную для сжатия и подачи воздуха или какого-либо газа под давлением не ниже 0,2 МПа.

Объемные компрессоры работают по принципу вытеснения, когда давление перемещаемой среды повышается в результате сжатия. В таких компрессорах среда перемещается путем периодического изменения объема камеры, попеременно сообщающейся со входом и выходом компрессора. К ним относятся возвратно-поступательные (поршневые) и роторные (аксиально и радиально-поршневые, шиберные (пластинчатые), винтовые и т.п.) компрессоры.

К преимуществам объемных компрессоров относятся:

- возможность развивать напор независимо от подачи;

- высокий КПД;

- способность перекачивать жидкости различных вязкости и температуры;

- возможность перекачивать жидкости, содержащие твердые взвеси;

- хорошая всасывающая способность;

- отсутствие пенообразования.

К недостаткам объемных компрессоров относятся:

- сложность конструкции;

- сложная система регулирования подачи;

- пульсирующая подача перекачиваемой жидкости.

Динамические компрессоры работают по принципу силового действия на перемещаемую среду. В таких компрессорах среда под воздействием гидродинамических сил перемещается в камере (незамкнутом объеме), постоянно сообщающейся с входом и выходом компрессора. К ним относятся лопастные (радиальные, центробежные, осевые) нагнетатели и нагнетатели трения (вихревые, дисковые, струйные и т.п.).

Лопастными называют компрессоры, в которых среда перемещается за счет энергии, передаваемой ей при обтекании лопастей рабочего колеса. Лопастные компрессоры объединяют две большие группы компрессоров: центробежные и осевые. В центробежных компрессорах среда перемещается через рабочее колесо от центра к периферии, а в осевых – через рабочее колесо в направлении его оси.

В компрессорах трения и инерции среда перемещается под действием сил трения и сил инерции. В эту группу входят вихревые, лабиринтные, червячные и другие насосы. Среди них выделяют группу насосов-аппаратов, то есть насосов без движущихся частей (не считая клапанов). К этой группе относятся струйные насосы, эрлифты, вытеснители.

Часто насосы поставляют в виде насосного агрегата, то есть насоса и двигателя соединенных между собой. Кроме того, существует понятие насосная установка, то есть насосный агрегат с комплектом оборудования, смонтированного по определенной схеме, обеспечивающей работу насоса в заданных условиях.

8. Требования к компрессорам

При проектировании и изготовлении современных компрессоров предусматривают максимальную унификацию и стандартизацию конструкций, то есть создание одинаковых узлов и деталей для компрессоров с неодинаковой холодопроизводительностью и работающих на разных холодильных агентах. Унификация и стандартизация конструкций значительно облегчают организацию серийного производства, снижают себестоимость производства и ремонта.

Компрессоры, используемые в системах теплогазоснабжения и вентиляции, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- соответствие фактическим параметрам работы (давление, расход и мощность) заданным расчетным условиям;

- возможность регулирования подачи и давления в определенных пределах;

- устойчивость и надежность в работе;

- простота монтажа;

- бесшумность при работе.

9. Область применения различных насосов, нагнетателей и компрессоров

Нагнетатели различных типов находят широкое применение в системах вентиляции и кондиционирования воздуха гражданских, общественных и промышленных зданий, в системах тепло-, газо и водоснабжения, в различных теплоэнергетических установках, в химической, добывающей, машиностроительной и других отраслях народного хозяйства.

Наибольшее применение получили радиальные (центробежные) нагнетатели со спиральным кожухом общего и специального назначения. Используемые в качестве насосов, они создают напор 3500 м и более и имеют подачу 100 000 м3/ч в одном агрегате; при использовании в качестве вентиляторов их подача достигает 1 000 000 м3/ч в одном агрегате.

Центробежные насосы в системах теплоснабжения применяют для подачи сетевой воды. В теплоэнергетических установках центробежные насосы применяют для питания котлоагрегатов, а также для подачи конденсата в системе регенеративного подогрева питательной воды и циркуляционной воды в конденсаторы турбин. Их используют также в системах гидрозолоудаления. Центробежные насосы применяют для подачи различных растворов и реагентов в технологических системах производств; в строительной и угольной промышленности – при гидромеханизации разработки грунтов и при гидравлическом способе добычи угля; в торфяной промышленности – для разработки залежей торфа и подачи смеси торфа с водой.

Осевые нагнетатели широко применяются как в качестве вентиляторов, так и в качестве насосов. В последние годы в связи с увеличением мощностей паровых турбин циркуляционная вода в конденсаторы турбин подается быстроходными осевыми насосами.

Вихревые насосы обычно применяют при необходимости создания большого напора или малой подачи. Поэтому их широко применяют в химической промышленности для подачи кислот, щелочей и других химически агрессивных реагентов, где при малых подачах (мала скорость протекания химических реакций) необходимы высокие напоры (велики гидравлические сопротивления реакторов и давления, при которых протекают реакции). Вихревые машины используют в качестве вакуум-насосов и компрессоров низкого давления. В последние годы они находят применение в системах перекачки сжиженного газа.

Поршневые насосы применяют для питания паровых котлоагрегатов малой паропроизводительности и в качестве дозаторов реагентов для поддерживания требуемого качества питательной и котловой воды крупных котлоагрегатов. На тепловых электростанциях поршневые компрессоры служат для обдува поверхностей нагрева котельных агрегатов с целью их очистки от летучих золы и сажи, а также для снабжения воздухом пневматического инструмента и прессов.

Роторные нагнетатели применяют на электростанциях в системах смазки и регулирования турбин (шестеренные насосы), часто используют в качестве компрессоров.

Струйные нагнетатели получили широкое применение во многих отраслях народного хозяйства: в промышленной теплоэнергетике; в теплофикационных установках – в качестве элеваторов на вводах теплосети в здание; в системах вентиляции цехов химических предприятий, взрыво, пожароопасных помещений – в качестве эжекторов в вытяжных установках; в холодильных установках и для питания паровых котлов в передвижных паросиловых установках – в качестве инжекторов; в установках пневмо и гидротранспорта, водоснабжения и др. Струйные насосы используют для удаления воздуха из конденсаторов паровых турбин и в абонентских теплофикационных вводах в качестве смесителей прямой и обратной воды.

Центробежные компрессоры являются основным видом компрессорных машин в химическом и металлургическом производствах. Эти машины получают распространение в системах магистрального газоснабжения.

Компрессоры используются практически во всех отраслях народного хозяйства. Сжатый воздух как энергоноситель применяется в различных пневматических устройствах на машиностроительных и металлообрабатывающих заводах, в горно-добывающей и нефтяной промышленности, при производстве строительных и ремонтных работ. Компрессоры необходимы в газовой промышленности при добыче, транспортировке и использовании природных и искусственных газов.

В химической промышленности газовые многоступенчатые компрессоры используются в циклах синтеза химических продуктов при высоком давлении. В последнее время сжатый воздух, получаемый от поршневых компрессоров, находит применение в текстильной промышленности как энергоноситель для проведения ткацкого процесса.

В установках умеренного и глубокого холода, а также в газотурбинных установках компрессоры являются органической частью, в значительной степени, определяющей экономичность агрегатов.

10. Кондиционирование. Пассивное и активное. Принцип

Принцип холодоснабжения очень прост. В зимнее время тепловой насос «трансформирует» тепло из окружающей среды для использования в системе отопления. Летом, наоборот, «холод» из скважины (7-9 градусов) используется, чтобы создать необходимый климат в помещениях дома. Фанкойлы подключаются к внешнему коллектору, а принцип работы системы холодоснабжения такой же, как и системы отопления, за исключением того, что вместо радиаторов используются фанкойлы.

Пассивное охлаждение

При пассивном охлаждении компрессор теплового насоса не работает, и теплоноситель просто циркулирует между скважиной и фанкойлами. Таким образом, холод из скважины напрямую поступает в систему кондиционирования.

Активное охлаждение

Если пассивного охлаждения не достаточно, в системе кондиционирования используется холод, производимый тепловым насосом. При этом автоматически включается компрессор теплового насоса, и теплоноситель из скважины дополнительно охлаждается тепловым насосом.

12. Оценка технического потенциала возможного использования НПТ СЦТ

(Низко Потенциальной Теплоты в Системах Центрального Теплоснабжения)

Самым важным в техническом отношении является то, что имеются связи между тепломагистралями ТЭЦ и РК, которые используются сейчас только в чрезвычайных случаях. Это обстоятельство можно весьма выгодно использовать для утилизации бросового НПТ ТЭЦ с помощью применения ТНУ.

Существенным здесь является возможность трансформации НПТ ТЭЦ с высоким коэффициентом преобразования (КОП) на уровне 6-8 и возможно это благодаря наличию перемычек между тепломагистралями ТЭЦ и РК. Учитывая, что температурные графики сетевой воды в городских теплосетях ТЭЦ и РК совпадают (а если и различаются, то незначительно), то преобразование НПТ ТЭЦ с помощью теплонаносных станций (ТНС) термодинамически становится выгодным.

Технологический процесс полезного вовлечения НПТ ТЭЦ осуществляется за счет ее передачи на более высоком температурном уровне обратной сетевой воды теплосети РК и происходит это следующим образом:

Поток обратной сетевой воды (ОСВ), возвращаемый на ТЭЦ, проходит через испарители ТНУ и захолаживается до температуры 30 °С (в каждом конкретном случае температура захоложенной ОСВ обосновывается с учетом региональных особенностей СЦТ) и, в конечном итоге, подается в конденсатор паровой турбины (в основной или во встроенный т/о пучок), где и происходит нагрев захоложенной ОСВ, т.е. конденсатор выполняет функции дополнительного подогревателя ОСВ и, таким образом, в нем происходит утилизация НПТ ТЭЦ. В настоящее время НПТ на ТЭЦ полностью выбрасывается в окружающую среду с помощью системы охлаждения технической воды (СОТВ);

В свою очередь, поток ОСВ, возвращаемый на РК, на той же ТНС проходит через конденсаторы ТНУ и нагревается на 15-25 °С (при необходимости можно и больше), что, в конечном итоге, приводит к существенному сокращению расхода топлива на РК.

Чтобы реализовать такую схему утилизации, с одной стороны, должны быть задействованы перемычки между тепломагистралями ТЭЦ и РК, в этой части нет проблем, с другой, должны быть решены вопросы взаиморасчетов между ТЭЦ и РК, исходя из принадлежности ТНС и долевого участия инвесторов в сооружении ТНС.

Что касается вопросов технической реализации использования захолаженной ОСВ на ТЭЦ, то они были достаточно углубленно проработаны применительно к теплофикационным турбинам типа Т-250/300-240 специалистами ОАО «Уральский ТМЗ». В результате были установлены техническая осуществимость, возможностью целесообразность подачи в конденсатор захоложенной ОСВ для ее нагрева теплотой отработавшего пара.

Оценки масштабов экономии энергоресурсов за счет применения тепловых насосов в СЦТ показывают, что на энергообъектах РАО «ЕЭС России» можно повторно вовлечь в систему теплоснабжения крупных городов не менее 45-50 % НПТ с КОП на уровне 6-8 и до 60-70 % НПТ с КОП на уровне 4-5. В первом случае потребление электроэнергии на привод компрессоров будет минимальным (для ТНУ компрессионного типа). При этом необходимо отметить, что около 40% сброса НПТ ТЭЦ приходится на отопительный период и около 60% НПТ – на неотопительный период. Ниже все оценки эффективности применения ТНУ проводятся с ориентацией на вовлечение бросовой теплоты ТЭЦ РАО «ЕЭС России» для уровня 45-50% НПТ, что не должно вызвать непреодолимых технических трудностей, благодаря уже сложившимся связям между тепловыми сетями ТЭЦ и РК.

При проведении оценок объемов полезного вовлечения НПТ с помощью ТНУ принималось во внимание, что в неотопительный период возможно вовлечь в хозяйственный оборот города около 20-25% тепловых выбросов на ТЭС, т.е. где-то 12-15% от всего годового объема НПТ (этот уровень может быть существенно увеличен, если будут найдены экономичные решения складирования теплоты на летний период, например, в подземных или наземных хранилищах, а также замкнутых линзах на приемлемых глубинах, как это осуществляется в Швеции и других странах). В отопительный период эта доля может достигать 80% от объема тепловых выбросов на ТЭС, т.е. около 32% от всего объема НПТ тепловых выбросов. Однако реальные объемы полезного использования НПТ подлежат уточнению и особенно по регионам РФ.

Здесь сделаем оговорку, что источники НПТ ТЭЦ не единственные в системе городского хозяйства и, пожалуй, самые огромные источники НПТ сосредоточены на станциях аэрации. Нами этот источник НПТ не рассмотрен.

При наличии таких больших источников НПТ на ТЭЦ возникает вопрос – насколько возможно добиться высокой эффективности от их применения в СЦТ? Во-первых, высокая эффективность достижима лишь в тех случаях, когда ТНУ производит теплоту с таким температурным потенциалом, при котором обеспечивается высокий КОП и при этом достигается наибольший вклад в замещение первичных энергоресурсов. Например, высокие значения КОП могут быть достигнуты при использовании ТНУ для частичного подогрева теплоносителя с последующим догревом его в традиционных устройствах СЦТ. При таком подходе технологический цикл трансформации НПТ осуществляется в выгодном интервале температур, с точки зрения технической и термодинамической целесообразности. Действительно, именно близостью значений параметров теплоносителей в теплосетях ТЭЦ и РК и может быть достигнута высокая термодинамическая эффективность применения ТНУ.

Во-вторых, важной является техническая сторона реализации теплонаносной технологии в СЦТ, в частности, осуществимость сооружения ТНС с наименьшими затратами и простота обслуживания их в эксплуатационных условиях. Только сочетание вышеупомянутых условий предопределяет экономическую целесообразность и эффективность использования ТНУ в СЦТ. Принимая во внимание особенности функционирования СЦТ и наличие технических средств, обеспечивающих живучесть и надежность организации теплоснабжения в крупных городах, можно признать, что для ТНУ существуют все предпосылки, при которых их применение обеспечит значительный энергосберегающий эффект в СЦТ.

Важным обстоятельством на пути внедрения теплонаносной технологии в СЦТ является наличие производственной базы для изготовления оборудования для широкого диапазона единичных мощностей ТНУ (от нескольких единиц до сотен МВт (тепл.)) и при относительно доступных ценах на оборудование для ТНС.

Исходя из вышеизложенного, проведена оценка уровня эффективности и масштабов применения теплонаносной технологии в СЦТ в городах РФ. По предварительным расчетам технически реализуемый потенциал НПТ ТЭЦ в СЦТ за счет применения ТНУ может быть оценен в размере не менее 70-80 млн Гкал в год (с КОП в диапазоне 5-8 в зависимости от конкретных условий утилизации НПТ в СЦТ). Это равносильно годовой экономии 12-14 млн т у.т. органического топлива. Потребляемая мощность на привод компрессоров ТНУ составит на уровне 2,3-2,5 тыс. МВт(э) при общей тепловой мощности ТНУ около 14 тыс. Гкал/ч.

По предварительным расчетам расход электроэнергии на привод компрессоров ТНУ составит около 14 тыс. ГВт-ч/год, а выработка теплоты с помощью ТНУ – примерно 70 млн Гкал/год. При сложившихся на текущий период усредненных тарифах на тепло- (140 руб./Гкал) и электроэнергию (300 руб./МВт-ч) в РАО «ЕЭС России» (более корректно следует считать по тарифам для каждого региона) экономическая выгода составит не менее 5,6 млрд руб. или около 185 млн долл. в год. При общих капиталовложениях в ТНС в размере 18 млрд руб. (600 млн долл.) срок окупаемости составит на уровне 3-3,5 лет.

Важно отметить, что в реальности эффективность применения ТНУ может оказаться в ряде случаев заметно выше, например, предварительные проработки применения ТНУ мощностью 40 Гкал/ч на одной из ТЭЦ г. Москвы показывают, что срок окупаемости составит немногим более 2-х лет. Этот пример приведен только для того, чтобы обратить внимание на наличие в отдельных случаях на существование весьма благоприятных условий использования ТНУ в СЦТ.

При температурных графиках работы теплосетей ТЭЦ и РК КОП составляет на уровне 6-8. Это является одной из важнейших особенностей использования НПТ ТЭЦ при передаче ее с помощью ТНУ к обратной сетевой воде, возвращаемой на РК.

Другим важным направлением утилизации НПТ с помощью ТНУ следует связывать с существующими потерями сетевой воды в теплосетях (это происходит по разным причинам: негерметичность трубопроводов теплосетей, открытый водоразбор в квартальных теплосетях и т. д.). В этой связи на ТЭЦ и РК организовано восполнение этих потерь, на что затрачивается теплота. Возможно использование ТНУ для утилизации НПТ СОТВ на ТЭЦ для подогрева сырой и химочищенной воды, поступающей на восполнение потерь сетевой воды. Подогрев сырой воды в 1-й ступени осуществляется до 30 °С, а во 2-йступени до 50 °С и выше. В качестве источника НПТ используется циркуляционная вода, поступающая на градирни. Применение ТНУ на 1-й стадии подогрева сырой воды обеспечивает КОП на уровне 7-9 (диапазон значений КОП напрямую зависит от сезона года), а на 2-й стадии КОП составляет на уровне 5-6.

Важным фактором, повышающим эффективность использования ТНУ для утилизации НПТ ТЭЦ, может стать также организация подогрева восполняемых потерь сетевой воды для теплосетей РК. Здесь речь идет о том, что потери сетевой воды в теплосетях РК восполняются по перемычкам из теплосетей ТЭЦ. В этом случае на ТЭЦ возрастает расход теплоэнергии на восполнение потерь сетевой воды и тем самым увеличиваются объемы утилизации НПТ ТЭЦ с помощью ТНУ, размещаемых непосредственно на самих ТЭЦ. При таком подходе ТНУ будут обеспечивать утилизацию НПТ с высокими значениями КОП (на уровне 6-8), но здесь предстоит решить вопрос о тарифах на сетевую воду, продаваемую РК. Тариф на сетевую воду должен быть взаимовыгодным, стимулирующим, с одной стороны, ТЭЦ на сооружение ТНУ для утилизации НПТ, с другой, тариф на сетевую воду должен быть таким, чтобы РК были заинтересованы в восполнении потерь сетевой воды из теплосетей ТЭЦ. Вообще это классическая задача межведомственных взаиморасчетов за энергоресурсы. При едином централизованном подходе к решению вопроса восполнения потерь сетевой воды в тепломагистралях города такого вопроса не существует, совершенно очевидно, что в этом случае использование ТНУ для утилизации НПТ ТЭЦ при восполнении потерь сетевой воды выгодно и целесообразно во всех отношениях.

Разнообразие условий организации теплоснабжения и источников НПТ, которые можно полезно задействовать с помощью ТНУ в системе централизованного теплоснабжения, указывает на необходимость более углубленного подхода к изучению реальных возможностей применения ТНУ, благодаря которым можно неоднократно вовлекать отработавшую теплоту в технологический цикл СЦТ.

Особо следует отметить большие возможности применения теплонаносной технологии в системе ЦТС городов, где теплоснабжение осуществляется от ГРЭС-ТЭЦ. Как правило, в таких городах наиболее заинтересованными являются объекты социального назначения и ЖКХ.

Список использованной литературы

1. Лобачев П. В. Насосы и насосные станции: Учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат., 1983. – 191 с.

2. Поляков В. В., Скворцов Л. С. Насосы и вентиляторы: Учебник для вузов. – М.: Стройиз-дат., 1990. – 336 с.

3. Скворцов Л. С. и др. Компрессорные и насосные установки: Учебник для средних профессиональнотехнических училищ / Л. С. Скворцов, В. А. Рачицкий, В. Б. Ровенский. – М.: Машиностроение, 1988. – 264 с.

4. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.

5. www.hvac.ru – библиотека научных статей (журнал “АВОК”).

6. www.domsovet.ru – библиотека научных статей (журнал “Энергосбережение”, журнал “Сантехника”).