

Лагутин Александр Юрьевич

инженер

ООО НПП «Донские технологии»

г. Новочеркасск, Ростовская область

Папин Владимир Владимирович

начальник отдела

ООО НПП «Донские технологии»

г. Новочеркасск, Ростовская область

Юрченко Иван Сергеевич

студент

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный

политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова»

г. Новочеркасск, Ростовская область

АККУМУЛЯТОР ТЕПЛОТЫ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА НА БАЗЕ КАСКАДНОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

***Аннотация:** в данной статье рассмотрены основные характеристики аккумулятора теплоты, предназначенного для комплектации в составе тепловых пунктов на базе каскадных теплонасосных установок. Приведено определение мощностей и емкостей типоразмеров аккумулятора.*

***Ключевые слова:** аккумулятор, тепловой насос, коэффициент преобразования, энергетическая эффективность, отопительные приборы.*

Использование тепловых насосов для энергоснабжения индивидуальных децентрализованных потребителей выгодно в сравнении с отоплением на твердом, жидком топливе и электричестве. При сравнении затрат на тепловой насос и газовое отопление, энергетическая эффективность оправдана, начиная с коэффициента преобразования теплового насоса $COP=3$ и выше. Однако установленные тарифы на газ и электроэнергию делают этот коэффициент экономически оправданным только при $COP=5$ и более. Современные геотермальные тепловые

насосы имеют $COP=3-4$. Таким образом, существующие теплонасосные системы не могут конкурировать по эксплуатационным затратам с природным газом [1–4]. Попытки модернизации цикла парокомпрессионных тепловых насосов в мировой практике сводились к принятию следующих мер: перевод отопительных приборов на низкотемпературный режим, внутренняя рекуперация парокомпрессионного цикла, включение компрессоров в каскадные схемы. Такие мероприятия позволяют поднять коэффициент преобразования до $COP=4.2$, при температуре низкопотенциального источника (например, грунт) $10-12^{\circ}C$, однако этого не достаточно для конкуренции с природным газом.

Концепция предлагаемого многофункционального теплового пункта на базе каскадного теплового насоса заключается в принципиально ином подходе к разработке тепловой схемы многофункционального теплового пункта, которая обеспечивает перетоки тепловой энергии от источников к приемникам внутри и вне потребителя за счет ступенчатой структуры парокомпрессионных теплонасосных установок. Такая схема позволяет обеспечить одновременное производство необходимого количества тепловой энергии с различной требуемой температурой и мощностью теплоносителя для покрытия нужд, как отопления, так и горячего водоснабжения (ГВС), а также получения холода для функционирования систем вентиляции и кондиционирования вплоть до работы морозильных камер. При этом происходит переток энергии внутри потребителя (здания).

При кондиционировании помещений, отводимая из них теплота направляется на горячее водоснабжение, а при отоплении тепловая энергия подводится не только от низкопотенциального источника, но и из технологических стоков потребителя: вентиляционных каналов, из камеры хранения продуктов и т. д. При такой схеме очень актуально накопление теплоты в двухступенчатом аккумуляторе теплоты при различных тепловых потенциалах.

Схема утилизации теплоты и холода различными каскадами теплового насоса предполагает реализацию ее в одной общей многоуровневой установке. Таким образом, при использовании предлагаемой тепловой схемы многофункционального теплового пункта с отдельным теплоснабжением потребления, как

по температуре, так и по мощности за счет перетоков энергии, обеспечивается максимально возможный коэффициент преобразования, что позволит такой системе стать экономически эффективнее газового отопления. Основным звеном предлагаемого многофункционального пункта является высокоэффективный двухступенчатый аккумулятор теплоты, работающий на эффекте фазового перехода веществ.

Аккумулятор теплоты позволит более рационально регулировать теплопотребление в различные периоды суток и сезонов года. Для определения оптимальных характеристик аккумулятора необходимо определить его экономически обоснованные габариты, объемы теплоаккумулирующего материала (ТАМ) и мощности, которые будут отражать средние значения теплопотребления в зависимости от строения здания и количества людей, обитаемого в нем. Такие типоразмеры должны быть оптимизированы по критерию минимального срока окупаемости.

Аккумулятор теплоты предназначен для обеспечения максимального накопления тепловой энергии, полученной ночью по дешевому ночному тарифу с 23.00 до 7.00 утра и выдавать ее в помещение в течение оставшихся 16 часов. Суточные затраты энергии на ГВС, кВт ч/сутки, для среднестатистической семьи ($K_{\text{ч}} = 3$ чел) определяем по уравнению:

$$E_{\text{ГВС}} = G_{\text{с}} c_{\text{с}} (t_{\text{гс}} - t_{\text{хс}}) = K_{\text{ч}} n_{\text{с}} c_{\text{с}} (t_{\text{гс}} - t_{\text{хс}}) = 147 \cdot 4,19 (55 - 10) / 3600 = 7,7,$$

где $G_{\text{с}}$ – суточный расход воды на семью, принято $G_{\text{с}} = 3$ чел 50 л/сутки $0,98$ кг/л = 147 кг/сутки;

$n_{\text{с}}$ – нормы потребления горячей воды одним человеком; 50 л/сутки;

$c_{\text{с}} = 4,19$ кДж/(кг К) – теплоемкость воды;

$t_{\text{гс}}, t_{\text{хс}}$ – температуры горячей (55°C) и холодной воды (10°C) ГВС.

Таблица 1

Определение мощностей и емкостей типоразмеров аккумулятора

Площадь дома класса энергоэффективности В++, [м ²]	Максимальные тепловые потери, [кВт]	Средние за сезон тепловые потери, [кВт]	Емкость на отопление, [кВт ч/сутки]	Емкость на отопление и ГВС, [кВт ч/сутки]
50	3	1,47	23,52	31,22
70	4	1,96	31,36	39,06
100	5.5	2,695	43,12	50,82
150	8	3,92	62,72	70,42
200	11	5,39	86,24	93,94

Наиболее распространенные жилые строения среднего класса – индивидуальные дома 50–100 м². Соответственно, наибольшим спросом будут пользоваться аккумуляторы теплоты в диапазоне объема энергии 30–50 кВт ч/сутки.

Оптимальная тепловая мощность аккумулятора на отопление (не путать с его емкостью [кВт ч]) будет соответствовать максимальным тепловым потерям (см. колонку в таблице 1) т.к. в наиболее холодные дни необходимо обеспечить максимальный теплообмен между ТАМ и помещением. Тепловая мощность аккумулятора на отопление определится площадью теплообмена нижней части двухступенчатого аккумулятора. Оптимальной мощностью аккумулятора на ГВС является мощность необходимая для обеспечения водоразбора из одной точки (10 л/мин). Т.к. увеличение точек водоразбора существенно не влияет на комфорт заказчика, зато приводит к серьезному удорожанию конструкции аккумулятора.

$$Q_{\text{ГВС.ОПТ}}=0,163\text{кг/с (55}^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C)} 4,19 \text{ кДж/кг}=30,7 \text{ кВт}$$

Мощность аккумулятора на ГВС определяется площадью теплообмена как нижней, так и верхней частей двухступенчатого аккумулятора.

Существенной особенностью теплоснабжения индивидуальных потребителей является то, что нагрузка на отопление, как правило, выше примерно в 10 раз нагрузки на горячее водоснабжение. Например, если для отопления требуется отопительный прибор мощностью 15 кВт, то для горячего водоснабжения достаточно нагреватель мощностью 1,5 кВт.

Предлагаемый аккумулятор теплоты состоит из двух частей верхней и нижней. В нижней находится теплоаккумулирующий материал, имеющий низкую температуру плавления и высокую скрытую теплоту фазового перехода (например, глауберова соль), а в верхней части находится ТАМ с более высокой температурой плавления, но, как правило, более низкой теплотой фазового перехода. Низкотемпературная часть аккумулятора используется для хранения теплоты при температуре 30–40°C, которая позволяет осуществлять отопление теплыми полами и фанкойлами, а верхняя часть предназначена для хранения теплоты при температуре от 55°C и выше для теплоснабжения горячего водоснабжения. Широкодоступные вещества с более высокой температурой плавления, как правило, имеют более низкую скрытую теплоту фазового перехода. Внутри каждой части аккумулятора теплоты установлены поверхности нагрева, с помощью которых в ТАМ подводится теплота при накоплении, а в последствии отводится. В трубках поверхностей теплообмена аккумулятора теплоты находится теплоноситель (вода или антифриз), который циркулирует в трубках под воздействием циркуционного насоса. Процессы теплообмена между теплоносителем в трубках и ТАМ описываются уравнениями теплопередачи в зависимости от режима движения теплоносителя.

Таким образом в процессе накопления теплоты в аккумуляторе теплоноситель при начальной температуре $t'_{\text{нагр}}$ отдает свою тепловую энергию прежде всего ТАМу верхней высокотемпературной части. При этом ТАМ высокотемпературной части (например, парафин) сначала нагревается от температуры помещения, в которой изначально находился аккумулятор до температуры плавления, потом плавится при постоянной температуре, а в конце процесса «зарядки» немного перегревается относительно температуры плавления, поэтому аккумулятор теплоты позволит более рационально регулировать теплопотребление в различные периоды суток и сезонов года.

Список литературы

1. Скворцов Л.С. Компрессорные и насосные установки: Учебник для средних профессионально-технических училищ / Л.С. Скворцов, В.А. Рачицкий, В.Б. Ровенский. – М.: Машиностроение, 1988. – 264 с.
2. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайл; пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
3. Горшков В.Г. Эффективность парокомпрессионных и абсорбционных тепловых насосов / В.Г. Горшков // Молочная промышленность. – 2011. – №4. – С. 46–47.
4. Безуглов Р.В. Компактный аккумулятор теплоты для нужд отопления и горячего водоснабжения / Р.В. Безуглов // Современные энергетические системы и комплексы и управление ими: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Новочеркасск, 25 июня 2014 г.) / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГПУ, 2014. – С. 78–83.