

Shutterstock.com

Эффективность использования воздушных тепловых насосов в условиях Пермского края

А. А. Гришков, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», otvet@abok.ru

Ключевые слова: тепловой насос, бивалентная температура, энергопотребление, эффективность, срок окупаемости

В статье приведена оценка энергетической и экономической эффективности применения систем теплоснабжения на основе тепловых насосов, использующих теплоту атмосферного воздуха. Даны рекомендации по выбору бивалентной температуры при проектировании теплонасосной системы теплоснабжения.

По существующим на сегодняшний день экономическим оценкам считается, что в странах с холодным климатом, к которым относится Россия, целесообразно рассматривать вопрос о применении тепловых насосов, только использующих грунт как источник низкопотенциальной теплоты. Такие насосы хорошо себя зарекомендовали для круглогодичного использования.

Однако в последние годы на рынке Европы и Америки тепловые насосы, использующие теплоту наружного воздуха,

начали активно вытеснять более дорогие по первоначальным капитальным затратам насосы с грунтовыми теплообменниками. Стоит отметить, что такие насосы оптимально подходят для низкотемпературных систем отопления и нагрева воды, имеют низкую стоимость установки, так как не имеют дополнительного подземного контура. Еще одним немаловажным преимуществом тепловых насосов «воздух – воздух» является их низкая температура стока (воздушной массы, проходящей через

теплообменник конденсатора). Такая особенность позволяет обеспечить оборудованию более высокую производительность, а значит, и высокий уровень теплоотдачи. Однако, как и любой другой вид тепловых насосов, подобное оборудование имеет и свои недостатки; так, тепловые насосы «воздух – воздух» характеризуются частыми колебаниями величины производительности, зависящей от перепадов температуры снаружи здания в течение отопительного сезона. Второй минус – габариты:

Надежность и грация

каждый тепловой насос рассчитан на определенную теплопроизводительность, поэтому для больших зданий используется сразу несколько установок или более габаритные модели.

За последние годы в десятки раз возрос процент продаж воздушных тепловых насосов в Скандинавских странах, которые можно назвать умеренно холодными. В официальном рейтинге холодных стран России принадлежит первое место. Поэтому актуальным остается вопрос о возможности и эффективности применения таких тепловых насосов в климатических условиях большей части РФ.

В настоящее время работоспособность и целесообразность использования низкотемпературных тепловых насосов в условиях Подмосковья оценена и подтверждена практически [1], поэтому, безусловно, имеет смысл получить данные и для других регионов России.

Оценка энергетической и экономической эффективности применения тепловых насосов, использующих теплоту наружного воздуха в климатических условиях Пермского края, была выполнена на основе математической модели [2], в которой было изменено описание работы первичного контура, представляющего собой воздушный испаритель.

В качестве объекта исследования был выбран индивидуальный жилой дом с тепловой нагрузкой на систему отопления 15 кВт и потребностью в нагреве 600 л воды в сутки. Поскольку продолжительность стояния наиболее низких температур наружного воздуха в течение отопительного периода мала, экономически нецелесообразно проектировать мощность

дорогостоящих тепловых насосов на покрытие всей расчетной тепловой нагрузки. В связи с этим рассматривалась бивалентная схема теплоснабжения дома, когда тепловая нагрузка распределяется между тепловым насосом и дополнительным пиковым электронагревателем, подключаемым только в период стояния температуры наружного воздуха ниже бивалентной t_g (рис. 1).

Существенным ограничением в использовании воздушных тепловых насосов является минимальная рабочая температура наружного воздуха. Для большинства моделей, представленных на рынке, она составляет $-20...-25$ °С. Поэтому при стоянии температуры воздуха ниже рабочей всю тепловую нагрузку обеспечивает электрический котел (рис. 1).

Эффективность работы теплового насоса характеризуется действительным коэффициентом преобразования ϵ_d и зависит от температуры хладона в испарителе и конденсаторе теплового насоса.

$$\epsilon_d = v\epsilon_c = v \frac{t_k + 273}{t_k - t_u}, \quad (1)$$

где v – степень термодинамического совершенства реального процесса, учитывающая все необратимые потери при реальном термодинамическом цикле;

ϵ_c – коэффициент преобразования кругового цикла Карно;

t_u и t_k – соответственно температура испарения и конденсации хладона, °С.

С целью повышения эффективности работы теплового насоса за счет снижения температуры конденсации



Ганс Östberg создал первый в мире канальный центробежный вентилятор, в последствии получивший наименование СК. Это явилось настоящим событием в мире вентиляции и до сих пор СК является инженерной концепцией, признанной по всему миру.

«Östberg» - это не просто имя производителя, это характеристика, говорящая о прекрасных свойствах вентиляционной техники. Каждый вентилятор этой компании можно без преувеличения назвать изобретением. У каждой модели есть своя история, свое лицо, свое назначение.

Да, они разные, но есть то, что всех их объединяет между собой. Все они идеально отлажены, эффективны, надежны и долговечны.

Приобретая «Östberg», приобретаешь уверенность.



Москва, улица Тимирязевская, 1, строение 4.

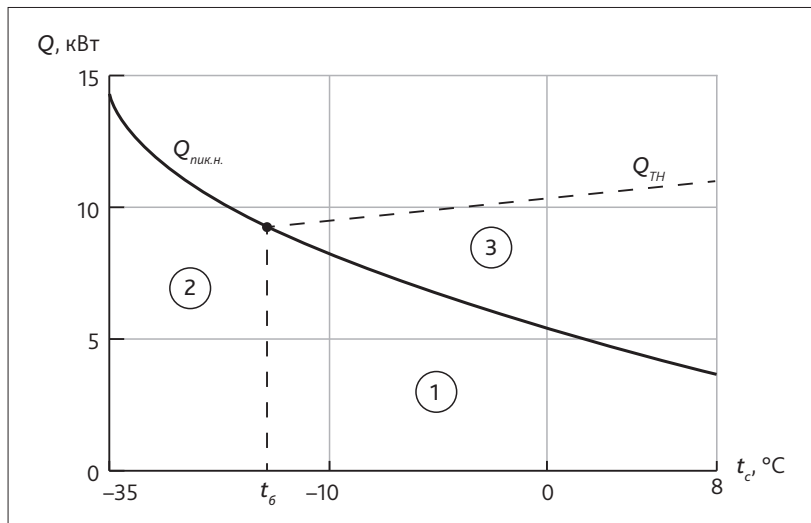
Тел.: (495) 981 1515, (499) 755 1515.

Факс: (495) 981 0117.

Санкт-Петербург, улица Разъезжая, 12, офис 43.

Тел.: (812) 441 3530. Факс: (812) 441 3535.

www.ARKTIKA.ru



■ Рис. 1. Распределение тепловой нагрузки при использовании бивалентной схемы: 1 – нагрузка, покрываемая тепловым насосом; 2 – нагрузка, обеспечиваемая электрическим котлом; 3 – резервная мощность теплового насоса

в исследовании рассматривалась напольная система отопления и нагрев воды для нужд горячего водоснабжения в накопительном баке с комбинированным нагревом тепловым насосом и встроенным электронагревателем (рис. 2).

Исследование заключалось в определении влияния бивалентной температуры на энергопотребление и срок окупаемости теплонасосной системы теплоснабжения малоэтажного жилого здания по сравнению с прямым электрическим отоплением.

Энергопотребление теплонасосной системы теплоснабжения

$$E = E_{ТН} + E_1 + E_2, \quad (2)$$

где $E_{ТН}$, E_1 , E_2 – соответственно энергопотребление тепловым насосом, вентилятором первичного контура, насосным и тепловым оборудованием системы отопления, а также горячего водоснабжения.

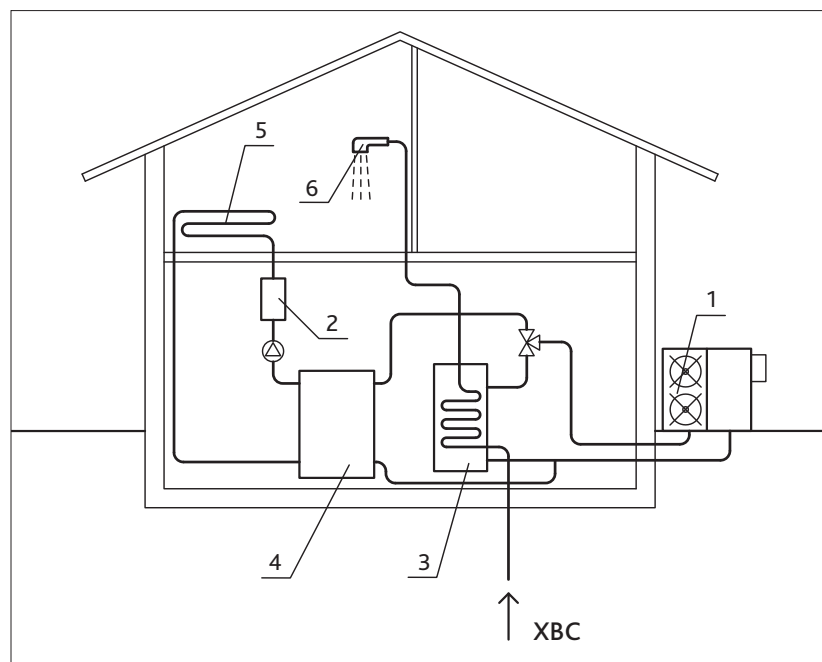
Результаты исследования зависимости энергопотребления системой теплоснабжения

в зависимости от бивалентной температуры представлены на рис. 3. Поскольку рабочая температура теплового насоса ограничена значением $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, при исследовании был рассмотрен

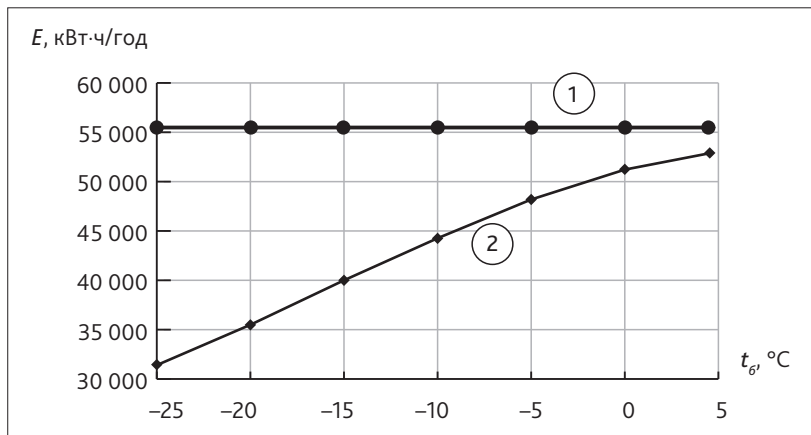
диапазон бивалентной температуры от -25 до $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Увеличение температуры бивалентности существенно повышает энергопотребление теплонасосной системой теплоснабжения из-за неэффективной выработки тепловой энергии электрическим котлом. Таким образом, теплонасосная система теплоснабжения, рассчитанная на минимальную температуру бивалентности $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, по сравнению с электрическим отоплением позволит сэкономить 23 630 кВт·ч за год (42,6%), что, например, в денежном эквиваленте для условий Перми составит около 62,5 тыс. руб.

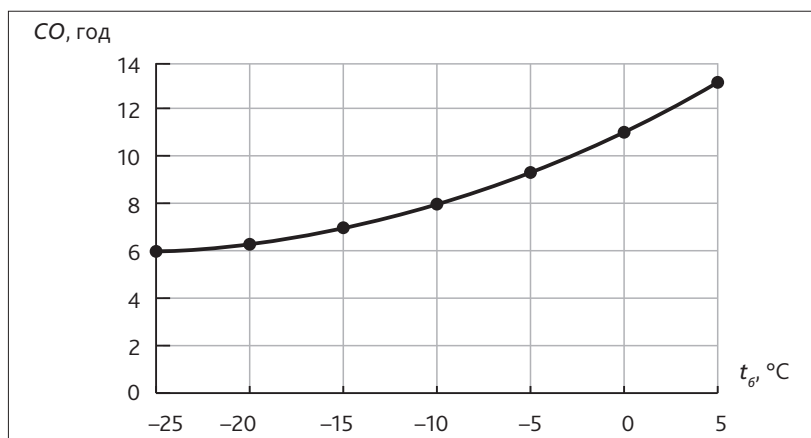
Оценка экономической эффективности применения теплонасосной системы теплоснабжения оценивалась по сроку окупаемости дополнительных вложений в нее относительно базового варианта на основе



■ Рис. 2. Схема теплоснабжения дома: 1 – тепловой насос; 2 – электрический котел; 3 – накопительный бойлер с комбинированным нагревом воды; 4 – буферная емкость; 5 – напольное отопление; 6 – система горячего водоснабжения



■ Рис. 3. Энергопотребление теплонасосной системы теплоснабжения: 1 – электрический котел; 2 – теплонасосная система теплоснабжения



■ Рис. 4. Зависимость срока окупаемости теплонасосной системы теплоснабжения в зависимости от бивалентной температуры

электродвигателя. Срок окупаемости определяется по формуле [3]:

$$CO = \frac{\ln(1+rCO_0)}{\ln(1+r)}, \quad (3)$$

где r – норма дисконтирования, принималось $r = 0,12$;

CO_0 – бездисконтный срок окупаемости, лет,

$$CO_0 = K / \Delta D, \quad (4)$$

где ΔD – ежегодный расчетный промежуточный доход в течение всего расчетного периода

для теплонасосной системы теплоснабжения, руб./год;

K – капитальные затраты на оборудование и устройство системы теплоснабжения, руб.

При исследовании рассматривались тепловые насосы марки DHP-AQ производства компании Danfoss. В результате исследования экономической эффективности теплонасосной системы теплоснабжения была получена графическая зависимость, представленная на рис. 4.

Рост бивалентной температуры приводит к увеличению

срока окупаемости теплового насоса. Это связано с тем, что наиболее значимым фактором при расчете является энергопотребление, влияющее на доходность ΔD системы теплоснабжения. Зависимость показывает, что проектировать тепловые насосы целесообразно на минимальную бивалентную температуру.

Проведенные исследования работы тепловых насосов, использующих низкопотенциальную теплоту атмосферного воздуха, показали, что в условиях Урала и Сибири системы на их основе позволяют снизить энергопотребление жилого дома на 42,6% и окупаются в сравнительно небольшие сроки.

Максимальная эффективность работы системы теплоснабжения достигается при расчете теплового насоса на температуру бивалентности, соответствующую минимальной рабочей температуре теплового насоса.

Литература

1. Суслов А. В. Применение воздушных тепловых насосов в условиях холодного климата // *Аква-Терм.* – 2009. – № 3.
2. Гришков А. А. Модель работы теплового насоса в системе теплоснабжения жилого здания с использованием системы низкотемпературного отопления / А. А. Гришков // *Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: матер. III Междунар. науч.-техн. конф.* М. : МГСУ, 2009.
3. Сотникова О. А., Околелова Э. Ю., Фиронова Т. А. Рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжения / Р НП АВОК. 5–2006. ■