

**Эффективность применения тепловых насосов для отопления и горячего водоснабжения в условиях Республики Беларусь**

Барановский И. В.<sup>1</sup>, Башко Ю. А.<sup>1</sup>, Козорез А. С.<sup>2</sup>, Лихтар С. А.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ГНУ «Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси»  
<sup>2</sup>ОАО «Завод Промбурвод»  
Минск, Республика Беларусь

*Приведен краткий анализ эффективности применения различных типов тепловых насосов, в зависимости от используемых источников тепловой энергии (грунт, вода, воздух), отражен накопленный ОАО «Завод Промбурвод» опыт применения в республике тепловых насосов со всеми источниками тепла для отопления зданий и горячего водоснабжения, показана эффективность их применения в условиях Республики Беларусь.*

В Республике Беларусь от общего количества вырабатываемой тепловой энергии около 37,5 % (по данным Департамента энергоэффективности) потребляет жилищный фонд для нужд отопления и горячего водоснабжения. Производство такого количества тепла предполагает потребление около 3,7 млрд кубометров природного газа.

В ближайшей перспективе планируется снижение объемов потребления углеводородов в жилом секторе для целей отопления и горячего водоснабжения в связи с предстоящим вводом Белорусской АЭС. В настоящее время строительная отрасль страны ориентироваться на возведение домов с электроотоплением. В Беларуси в 2020 году планируется построить около 46 тыс. кв. м жилья, где для отопления и горячего водоснабжения будет использоваться электрическая энергия.

Повысить эффективность использования электроэнергии, снизить её расход на отопление и горячее водоснабжение жилого фонда позволит использование геотермальных систем, которые работают по принципу отбора тепла природных ресурсов-накопителей: грунт, подземные и наземные воды, серые стоки, воздуха и др. аккумулирования и передачи потребителю. Эффективность их работы гораздо выше, чем у традиционных котлов (в том числе твердотопливных), нагревателей и т.п. Каждый затраченный киловатт электроэнергии позволяет получить от 3 кВт и более тепловой энергии.

Существует три типа тепловых насосов, в зависимости от используемых источников тепла: тепловая энергия земли – геотермальный («рас-сол/вода»), энергия воды – гидротермальный («вода/вода») и энергия воздуха – аэротермальный («воздух/вода») [1].

В условиях Республики Беларусь ОАО «Завод Промбурвод» успешно реализовал ряд проектов применения тепловых насосов со всеми источниками тепла для целей тепло-водо-снабжения. В ОАО «Завод Промбурвод» с 14 декабря 2012 г. начата эксплуатация опытного образца теплового насоса собственного производства с отбором тепла от грунта для нужд отопления и горячего водоснабжения собственной столовой. Система тепло-водо-снабжения построена на базе высокоэффективного теплового насоса типа «рассол-вода» с отбором тепла от грунтового теплообменника.

За время зимней эксплуатации теплового насоса на отоплении можно сделать вывод, что насос работает стабильно и эффективно вне зависимости от температуры окружающей среды. Опыт эксплуатации показывает, что в зимний период при стабильной температуре воздуха окружающей среды до минус 10 °С тепловой насос отапливал не только обеденный зал столовой площадью 100 м<sup>2</sup>, но и полностью помещение столовой, гараж и подсобные помещения общей площадью 582 кв. м. Температура в помещениях в процессе эксплуатации комфортная.

За месяц эксплуатации теплового насоса расход электроэнергии составил 2100 кВт или 0,6 т.у.т., а затраты на обогрев – 300 бел. руб. (в ценах на 01.01.2019 г.). В тоже время при централизованном отоплении на это помещение тратили 16,7 Гкал или 2,9 т.у.т. Затраты на обогрев при централизованном отоплении составляли 835 бел. руб. (в ценах на 01.01.2019 г.). Затраты на изготовление и монтаж теплового насоса составили 15 100 бел. руб. (в ценах на 01.01.2019 г.). Окупаемость данного проекта составила 4 года. Отказов и нарушений работы теплового насоса за время работы не наблюдалось.

С наступлением летнего сезона при отключении отопления столовой, тепловой насос работает на получение горячей воды для столовой и бытовых нужд [2]. В производственных условиях республики для целей тепло-водоснабжения с 1 сентября 2013 г. введен в эксплуатацию тепловой насос в административно-бытовом здании производственной базы комплектации РО «Белагросервис» г. Фаниполь.

Тепловой насос тепловой мощностью 54,3 кВт с отбором тепла от грунта для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения двухэтажного административно-бытового здания площадью 947,7 кв. м и общим строительным объемом 2980,2 м куб. Система теплоснабжения построена на базе высокоэффективного теплового насоса с отбором тепла от грунтового теплообменника.

Главным преимуществом теплового насоса является его экономичность. Чтобы передать в систему отопления 53,4 кВт·ч тепловой энергии, оборудованию необходимо затратить всего лишь 15...18,8 кВт·ч электроэнергии. Тепловые насосы упрощают требования к системам вентиляции помещения

и увеличивают уровень пожарной безопасности. Все системы данного устройства функционируют с использованием замкнутых контуров и требуют минимальных эксплуатационных затрат [3].

ОАО «Завод Промбурвод» успешно реализовал проекты со всеми источниками тепла на эксплуатируемых объектах водоканалов республики – на станциях сточных вод и обезжелезивания, на которых не требуются сложные и затратные строительно-монтажные работы.

На КУП «Молодечноводоканал» внедрен геотермальный тепловой насос. В водоприемнике сточных вод канализационной насосной станции смонтирован спиральный теплообменник, который позволил отказаться от буровых работ и снизить стоимость оборудования с монтажом до 15 492 бел. руб. (в ценах на 01.01.2019 г.). Расчет теплообменника в виде трубчатого змеевика к тепловому насосу позволил снизить стоимость оборудования до 40 %.

Средний расход тепловой энергии в существующей системе составлял 180 кВт в сутки, тепловой насос тратит 55 кВт в сутки. Экономия в денежном выражении за отопительный сезон составила 6 100 бел. руб. (в ценах на 01.01.2019 г.), что говорит об окупаемости инвестиций в 2,5 года без учета горячего водоснабжения. В случае наличия воды появляется более бюджетный вариант – это гидротермальный тепловой насос («вода/вода»). Устройство данного теплового насоса схоже с геотермальным. Очень хорошим примером применения таких насосов могут быть станции обезжелезивания на водозаборах предприятий, городов и поселков. В данном случае не потребовалось изготовления зонта первого контура, а вместо него, тепловой насос подключён к подающему водопроводу. Стоимость данного теплового насоса составила 14 640 бел. руб. (в ценах на 01.01.2019 г.) вместе с монтажными и пусконаладочными работами.

Каждый тип тепловых насосов обладает собственными величинами капитальных затрат на его приобретение, эксплуатацию и использование источника тепла.

Принцип работы аэротермального теплового насоса («воздух/вода») довольно прост: один или несколько наружных блоков захватывают энергию из холодного воздуха. Энергия, извлеченная из этого воздуха, нагревает жидкий теплоноситель. После нагрева теплоноситель будет нагревать воду из системы, которая поставляется в низкотемпературные приборы отопления (фанкойлы или системы теплых полов). В дополнение к подготовке горячего водоснабжения, высокотемпературные модели насосов обеспечивают отопление для существующей сети высокотемпературных радиаторов отопления.

Примером внедрения аэротермального теплового насоса можно привести Церковь Святого Михаила в Сынковичах, которая является объектом

Государственного списка историко-культурных ценностей Республики Беларусь. Историческая ценность храма не позволяет подключить к центральному отоплению. Стоимость оборудования вместе с пусконаладочными работами составила 13 860 бел. руб. (в ценах на 01.01.2019 г.). Эксплуатационные затраты в виде оплаты за электроэнергию снизились в четыре раза. Стоимость воздушных тепловых насосов ниже, так как нет необходимости в дорогом бурении, затратные земляные работы тоже проводить не надо. Однако эксплуатационные расходы в этом случае немного выше. А вот грунтовый и водяной насосы по эксплуатационным затратам более эффективны, а в качестве бонуса предоставляют еще и «пассивный» холод на летний период.

Эффективность применения тепловых насосов для целей отопления и горячего водоснабжения подтверждает опыт использования их ОАО «Завод Промбурвод для отопления и горячего водоснабжения одиночно стоящих жилых и производственных зданий и сооружений» в условиях Республики Беларусь, который может получить широкое распространение в сфере жилищно-коммунального хозяйства для повышения энергоэффективности и уровня комфорта индивидуальных и многоквартирных жилых домов.

### Литература

1. Трубаев, П. А. Тепловые насосы [Текст]: Учеб. пособие / П. А. Трубаев, Б. М. Гришко, – Белгород: Изд-во БГТУ им. Шухова, 2009.– 142 с.
2. Эффективность эксплуатации теплового насоса собственного производства [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://promburvod.com/novosti.html>. – Дата доступа: 12.09.2019.
3. Введен в эксплуатацию тепловой насос на базе комплектации РО «Белагросервис» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://promburvod.com/novosti.html>. – Дата доступа: 12.09.2019.

УДК 697.331

### **Методика эффективной гидравлической наладки автоматизированных водяных систем тепло- и холодоснабжения**

Покотилев В. В., Харитончик А. С.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Предложена новая методика гидравлической наладки систем, основанная на единой физической модели с применением характеристик сопротивления, как для трубопроводов, так и для клапанов. Впервые предложено при наладке оценивать клапаны по характеристике сопротивления вместо*