

Д-р техн. наук **И.М.КАЛНИНЬ**
МГУИЭ,
И.К.САВИЦКИЙ
ОАО «ВНИИХолодмаш-Холдинг»

Тепловые насосы: вчера, сегодня, завтра

Теплонасосные установки, осуществляя обратный термодинамический цикл на низкокипящем рабочем веществе, черпают возобновляемую низкопотенциальную тепловую энергию из окружающей среды, повышают ее потенциал до уровня, необходимого для теплоснабжения, затрачивая в 1,2...2,3 раза меньше первичной энергии, чем при прямом сжигании топлива. Применение теплонасосных установок – это и сбережение невозобновляемых энергоресурсов, и защита окружающей среды, в том числе и путем сокращения выбросов CO_2 (парникового газа) в атмосферу. Тепловые насосы вышли из недр холодильной техники и, как правило, создаются и выпускаются заводами холодильного машиностроения. Это одно из важнейших пересечений техники низких температур с энергетикой.

➤ Теплонасосные установки целесообразно использовать при переходе к децентрализованным системам теплоснабжения (без протяженных дорогостоящих тепловых сетей), когда тепловая энергия генерируется вблизи ее потребителя, а топливо сжигается вне населенного пункта (города) [4]. Внедрение таких экономичных и экологически чистых технологий теплоснабжения необходимо в первую очередь во вновь строящихся районах городов и в населенных пунктах при полном исключении применения электродвигателей, потребление энергии которыми в 3–4 раза превышает потребление ее теплонасосными установками.

Важнейшая особенность теплонасосных установок – универсальность по отношению к виду используемой энергии (электрической, тепловой). Это позволяет оптимизировать топливный баланс энергоисточника путем замещения более дефицитных энергоресурсов менее дефицитными.

Еще одно преимущество теплонасосных установок – широкий диапазон мощности (от долей до десятков тысяч киловатт), перекрывающий мощности любых существующих теплоисточников, в том числе малых и средних ТЭЦ.

Использование теплонасосных установок перспективно в комбинированных схемах в сочетании с другими технологиями использования возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой, биоэнергии), так как позволяет оптимизировать параметры сопрягаемых систем и достигать наиболее высоких экономических показателей. Применение теплонасосных установок вносит наибольший вклад в экономию невозобновляемых энергоресурсов с помощью технологий нетрадиционной энергетики.

Перечисленные преимущества теплонасосных установок обусловили их широкое и всевозрастающее распространение в развитых странах и во всем мире. Ста-

вится задача не о локальном или ограниченном применении теплонасосного теплоснабжения, а о максимальном отказе от прямого сжигания для этих целей органического топлива.

Коэффициент преобразования теплового насоса (μ – отношение отдаваемой теплоты к затраченной энергии) зависит от разности требуемой температуры потребителя $T_{\text{нпт}}$ (температура источника высокопотенциальной теплоты) и температуры источника низкопотенциальной теплоты $T_{\text{ист}}$, термодинамических свойств рабочего вещества и особенностей термодинамического цикла и технического совершенства конструкции теплового насоса. В первом приближении можно считать, что коэффициент μ зависит только от разности температур ($T_{\text{нпт}} - T_{\text{ист}}$). Чем меньше эта разность, тем выше коэффициент μ .

Для сопоставления эффективности тепловых насосов и традиционных генераторов теплоты, например котельных, а также сравнения тепловых насосов разных принципов действия, например парокомпрессионного с приводом компрессора от электродвигателя и абсорбционного, потребляющего тепловую энергию, применяют обобщенный критерий – коэффициент использования первичной энергии K . Он определяется как отношение полезной теплоты теплового насоса к теплотворной способности израсходованного топлива (7 Гкал на 1 т условного топлива; 1 Гкал = $4,1868 \cdot 10^9$ Дж).

Удачное сочетание параметров ИНТ и требуемых параметров теплоты у потребителя – важнейшее условие эффективного применения тепловых насосов. Сближение температур ИНТ и ИВТ достигается совершенствованием систем использования теплоты. Так, для современной системы напольного отопления достаточна температура 25...35 °С, тогда как для традиционной системы отопления ИВТ должен иметь температуру 70...100 °С.

Сопоставление альтернативных вариан-

The advantages of heat pumps as compared to traditional technologies of heat supply are evaluated. The applications and examples of use of heat pumps are described. Foreign experience has been analyzed. The state and prospects for the development of production and use of heat pumps in Russia are considered.

тов теплоснабжения по степени использования первичной энергии показывает, что наименее эффективен прямой электрический обогрев ($K_{\text{эл}} = 0,27...0,34$), так как на тепловой электростанции при выработке энергии и ее транспортировке по сетям теряется около 70 % первичной энергии.

Теплоснабжение прямым сжиганием топлива в котельной приводит к потере около 20 % первичной энергии. Коэффициент использования первичной энергии примерно равен КПД котельной: $K_{\text{кт}} = 0,75...0,85$.

При рациональном применении тепловых насосов обеспечивается экономия первичной энергии ($K_{\text{тн}} > 1$).

Для теплового насоса с электроприводом коэффициент использования первичной энергии $K_{\text{тн}}$ равен произведению коэффициента преобразования μ и коэффициента использования первичной энергии при выработке электроэнергии $K_{\text{эл}}$. Вследствие низких значений последнего тепловой насос уравнивается по эффективности с котельной при $\mu = 2,5$, и поэтому разность температур ($T_{\text{нпт}} - T_{\text{ист}}$), как правило, не должна превышать 60 °С [2].

Парокомпрессионные тепловые насосы с приводом от теплового двигателя, например от газовой турбины или дизельного двигателя, оказываются более экономичными. Хотя КПД этих двигателей не превышает 35 %, при работе в составе теплового насоса может быть утилизирована и направлена в общий поток среды, нагреваемой тепловым насосом, большая часть потерь, которые воспринимаются смазкой, охлаждающей двигатель жидкостью и выхлопными газами. В результате коэффициент использования первичной энергии привода возрастает в 1,5 раза, а экономичность теплового насоса обеспечивается при $\mu \geq 2,0$.

В тепловых насосах абсорбционного типа вместо компрессора с механическим приводом используют систему, которую называют «термокомпрессор». Ее преимущество – возможность использования тепловой энергии. Это может быть прямое сжигание топлива, а также различные

сбросные потоки теплоты в виде горячей воды, отработавшего пара и т.п. Эти машины имеют более низкий коэффициент преобразования (коэффициент трансформации) по сравнению с парокompрессионными тепловыми насосами. Однако использование топлива с КПД не ниже, чем у котельной, обеспечивает $K_{\text{тн}} = 1,2 \dots 1,3$.

Особенно выгодно применение тепловых насосов при одновременной выработке теплоты и холода, что может быть реализовано в ряде промышленных и сельскохозяйственных производств, а также в системах кондиционирования воздуха.

Количество заменяемого теплонасосными установками органического топлива удобно рассчитывать через его расход при полном полезном использовании теплоты сгорания ($0,1428$ т условного топлива/Гкал):

$$\Delta G = 0,1428 Q_{\text{тн}} (1/K_{\text{альт}} - 1/K_{\text{тн}}),$$

где ΔG – разность расходов топлива при выработке теплоты $Q_{\text{тн}}$ (Гкал) по традиционной технологии и с помощью теплонасосной установки, т условного топлива;

$K_{\text{альт}}, K_{\text{тн}}$ – коэффициенты использования первичной энергии при альтернативном варианте теплоснабжения и при теплоснабжении с помощью теплонасосной установки.

Для укрупненных расчетов количества топлива (т условного топлива), замещаемого тепловой энергией теплонасосных установок, целесообразно принять $K_{\text{альт}} = 0,8$ (примерное значение КПД котельных) и $K_{\text{тн}} = 1,3$ (среднее значение коэффициента использования первичной энергии для теплонасосной установки):

$$\Delta G = 0,072 Q_{\text{тн}}.$$

➤ Применение и особенно производство тепловых насосов в нашей стране развивается с большим опозданием. Пионером в области создания и внедрения тепловых насосов в бывшем СССР был ВНИИхолодмаш. В 1986–1989 гг. ВНИИхолодмашем был разработан ряд (см. таблицу) парокompрессионных тепловых насосов теплопроизводительностью от 17 кВт до 11,5 МВт двенадцати типоразмеров “вода–вода” (в том числе морская вода в качестве ИНТ для тепловых насосов теплопроизводительностью 300...1000 кВт), “вода–воздух” (тепловые насосы на 45 и 65 кВт). Большая часть тепловых насосов этого ряда прошла стадию изготовления и испытания опытных образцов на пяти заводах холодильного машиностроения. Четыре типоразмера выпускались серийно (тепловые насосы теплопроизводительностью 14; 100; 300; 8500 кВт). Общий их выпуск с 1987 г. и почти до 1992 г. может быть оценен в 3000 единиц. Тепловая мощность действующего парка этих теп-

ловых насосов оценивается в 40 МВт.

Примером может служить созданный в этот период тепловой насос мощностью 5 МВт на базе центробежного компрессора для теплонасосной установки целлюлозно-бумажного комбината ПО «Светогорск» (Карелия). Эта установка общей тепловой мощностью 27 МВт утилизировала теплоту сбросной воды с температурой 30...35 °С охлаждающей системы технологических аппаратов в цехах и повышала до 75...80 °С потенциал сбросной воды, которая использовалась в системе теплоснабжения целлюлозно-бумажного комбината и г. Светогорска.

Хорошо зарекомендовали себя холодильно-нагревательные машины типа ТХУ для молочных ферм, которые утилизировали теплоту охлаждаемого молока для технологических нужд.

В этот период институтом был разработан целый ряд принципиально новых тепловых насосов – абсорбционных, компрессионно-резорбционных, компрессионных, работающих на бутане и воде в качестве рабочего вещества и др. [1, 3].

Последующий период по известным причинам характеризовался спадом спроса на такое новое энергетическое оборудование, каким являются тепловые насосы. Многие освоенные машины и новые разработки оказались невостребованными.

Однако в последние годы картина стала меняться. Возникли реальные экономические стимулы для энергосбережения. Это связано с ростом цен на энергоносители, а также с изменениями в соотношениях тарифов на электроэнергию и различные виды топлива. Во многих случаях на первый план выступают требования экологической чистоты систем теплоснабжения. В частности, это относится к элитным индивидуальным домам. Появились новые специализированные фирмы в Мос-

кве, Новосибирске, Нижнем Новгороде и других городах, проектирующие теплонасосные установки и выпускающие только тепловые насосы. Усилиями этих фирм к настоящему времени дополнительно введен в эксплуатацию парк тепловых насосов общей тепловой мощностью около 50 МВт.

➤ При реальной рыночной экономике в России тепловые насосы имеют перспективу дальнейшего расширения применения, а производство тепловых насосов может стать соизмеримым с производством холодильных машин соответствующих классов. Эта перспектива может быть оценена при рассмотрении условий теплоэнергоснабжения в основных областях применения теплонасосных установок: жилищно-коммунальном секторе, на промышленных предприятиях, в курортно-оздоровительных и спортивных комплексах, в сельскохозяйственном производстве.

В жилищно-коммунальном секторе теплонасосные установки находят наибольшее применение (и в мировой, и российской практике) преимущественно для отопления и горячего водоснабжения (ГВС). Здесь можно выделить два направления:

автономное теплоснабжение от теплонасосных установок;

использование теплонасосных установок в рамках существующих систем централизованного теплоснабжения.

Для автономного теплоснабжения коттеджей, отдельных домов (в том числе школ, больниц и т. п.), городских районов, населенных пунктов используют преимущественно парокompрессионные тепловые насосы тепловой мощностью 10...30 кВт в единице оборудования (коттеджи, отдельные дома) и до 5 МВт (для районов и населенных пунктов).

Источником теплоты низкого потенциала служат преимущественно грунтовые

Марка машины	Тепловая мощность, кВт	Тип ИНТ–ИВТ	Назначение	Завод-изготовитель
ТХУ-14	21,5	Вода-вода	Для молочных ферм	ПО "Мелитополь-холодмаш"
ТХУ-23	30,0	То же	То же	ПО "Мелитополь-холодмаш"
ТХУ-37	45,0	"	"	ПО "Одесхолодмаш"
НТ-45	45,0	Вода-воздух	Общего применения	ПО "Мелитополь-холодмаш"
НТ-65	65,0	То же	То же	ПО "Мелитополь-холодмаш"
НТ-100	100,0	Вода-вода	"	Завод "Красный факел", г. Москва
НТ-300	300,0	То же	"	ПО "Компрессор", г. Москва
НТ-500	500,0	"	"	ПО "Компрессор", г. Москва
НТ-1000	1000,0	"	"	НПО "Казанькомпрессормаш"
НТ-2500	2500,0	"	"	НПО "Казанькомпрессормаш"
НТ-8500	8500,0	"	"	НПО "Казанькомпрессормаш"
НТ-11500	11500,0	"	"	НПО "Казанькомпрессормаш"

воды ($T_{\text{инт}} = 8...15^\circ\text{C}$), грунт ($T_{\text{инт}} = 5...10^\circ\text{C}$), водопроводная вода ($T_{\text{инт}} = 9...20^\circ\text{C}$) и канализационные стоки ($T_{\text{инт}} = 10...17^\circ\text{C}$). Децентрализованное теплоснабжение позволяет применять современные низкотемпературные системы отопления с температурой теплоносителя $T_{\text{инт}} = 35...60^\circ\text{C}$, обеспечивающие достаточно высокие коэффициенты преобразования тепловых насосов ($\mu = 3,5...5,0$).

Применение децентрализованных систем теплоснабжения на базе теплонасосных установок в районах, где тепловые сети отсутствуют, либо в новых жилых районах позволяет избежать многих технологических, экономических и экологических недостатков систем централизованного теплоснабжения. Конкурентными им по экономическим параметрам могут быть только районные котельные, работающие на газе (если пренебречь экологическими требованиями).

В настоящее время действует значительное число таких установок. А в перспективе потребность в них будет быстро возрастать.

Особенность теплоснабжения в России (в отличие от большинства стран мира) — широкое распространение систем централизованного теплоснабжения в крупных городах.

Одновременная выработка электрической и тепловой энергии на ТЭЦ имеет бесспорные преимущества с точки зрения использования топлива. Многолетнее развитие этого направления позволило достичь достаточно высокой эффективности, приобрести большой опыт в эксплуатации систем централизованного теплоснабжения. И хотя эти системы имеют ряд технологических и экологических недостатков, они реально существуют и подлежат совершенствованию.

При совершенствовании систем централизованного теплоснабжения необходимо учитывать следующие факторы [5]:

- огромные выбросы низкопотенциальной теплоты, прежде всего системой охлаждения технической воды на ТЭЦ, увеличивающиеся в период снижения тепловой нагрузки в неотапительный период;
- резко возрастающий пережог топлива при выработке электроэнергии в условиях снижения тепловой нагрузки;
- большие затраты теплоты на нагрев сетевой воды, восполняющей ее потери в теплосетях;
- дефицит сетевой воды во многих районах города из-за ограниченной теплопускной способности существующих сетей.

О масштабах этих факторов можно судить по статистическим данным выработки теплоты для теплоснабжения городов.

В последние годы отпуск теплоты на ТЭС РАО «ЕЭС России» составлял 600...650 млн Гкал, а на районных котельных — около 50 млн Гкал в год. Выброс низкопотенциальной теплоты в системах охлаждения технической воды составлял 140...150 млн Гкал, что эквивалентно 24...26 млн т условного топлива. В системе АО «Мосэнерго» выбросы в системах охлаждения технической воды на ТЭЦ Москвы составляют 45...50 млн Гкал в год, что равносильно потере 7,2...8 млн т условного топлива в год.

Технически возможна утилизация до 45 % низкопотенциальной теплоты (около 10 % от количества отпускаемой теплоты). В системе РАО «ЕЭС России» это эквивалентно замещению 10^6 млн т условного топлива. При этом может быть достигнуто замещение органического топлива в больших объемах, чем при децентрализованном теплоснабжении.

Экономия (замещение) органического топлива с помощью тепловых насосов в конечном счете происходит за счет полезного вовлечения выбросов низкопотенциальной теплоты на ТЭЦ. Это достигается двумя способами:

- прямым использованием охлаждающей технической воды ТЭЦ в качестве ИНТ для теплового насоса (в обход градирни);
- использованием в качестве ИНТ для теплового насоса обратной сетевой воды, возвращаемой на ТЭЦ, температура которой снижается до $20...25^\circ\text{C}$.

Первый способ реализуется, когда тепловой насос размещен вблизи ТЭЦ, второй — когда он используется вблизи потребителей теплоты. В обоих случаях температурный уровень ИНТ достаточно высок, что создает предпосылки для работы теплового насоса с высоким коэффициентом преобразования.

Применение тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения позволяет существенно повысить технико-экономические показатели систем городского энергохозяйства, обеспечивая:

- прирост тепловой мощности на величину утилизируемой теплоты, ранее выбрасываемой в систему охлаждения технической воды;
- снижение теплотерь при транспортировке сетевой воды в магистральных трубопроводах;
- возрастание отопительной нагрузки (на 15... 20 %) при том же расходе первичной сетевой воды и снижение дефицита в сетевой воде на ЦТП в удаленных от ТЭЦ микрорайонах;
- появление резервного источника для покрытия пиковых тепловых нагрузок.

Для работы в системе централизованного теплоснабжения требуются крупные тепловые насосы теплопроизводительностью от нескольких мегаватт (для установки на тепловых пунктах) до нескольких десятков мегаватт (для использования на ТЭЦ).

На промышленных предприятиях теплонасосные установки применяют для утилизации теплоты водооборотных систем, теплоты вентиляционных выбросов и теплоты сбросных вод (целлюлозно-бумажные комбинаты). На предприятиях, имеющих котельные, теплоту от тепловых насосов используют для подогрева подпиточной воды для котлов и собственных тепловых сетей.

До недавнего времени считалось, что применение теплонасосных установок на предприятиях, снабжаемых теплотой от ТЭЦ, заведомо неэкономично. Сейчас эти оценки пересматриваются. Во-первых, учитывают возможность использования рассмотренных выше технологий в жилищно-коммунальном секторе при централизованном теплоснабжении. Во-вторых, реальные соотношения цен на электроэнергию, теплоту ТЭЦ и топливо вынуждают некоторые предприятия переходить на собственные генераторы теплоты и даже электроэнергии. При таком подходе применение теплонасосных установок наиболее эффективно. Особенно большую экономию топлива дают «мини-ТЭЦ», базирующиеся на дизельгенераторе (в том числе работающем на природном газе), осуществляющем одновременно привод компрессора теплового насоса. Тепловая установка при этом обеспечивает отопление и горячее водоснабжение предприятия.

Перспективно для предприятий и применение теплонасосной установки в сочетании с использованием теплоты вентиляционных выбросов. Воздушное отопление характерно для многих промышленных предприятий. Установки утилизации теплоты вентиляционных выбросов позволяют предварительно нагреть поступающий в цех наружный воздух до 8°C . Температура сетевой воды, нагреваемой в теплонасосной установке, требуемая для нагрева отопительного воздуха, не превышает 70°C . При этих условиях теплонасосная установка может работать при достаточно высоком коэффициенте преобразования.

Многие промышленные предприятия нуждаются одновременно и в искусственном холоде. Так, на заводах искусственного волокна в основных производственных цехах используют технологическое кондиционирование воздуха (поддержание температуры и влажности). В боль-

шом количестве расходуется холод в производстве искусственного каучука и в других технологиях. Комбинированные теплонасосные системы тепловой насос – холодильная машина, одновременно вырабатывающие теплоту и холод, наиболее экономичны.

Из сказанного очевидно, что для промышленных предприятий требуются тепловые насосы большой мощности – от нескольких мегаватт до нескольких десятков мегаватт.

Среди курортно-оздоровительных и спортивных комплексов прежде всего выделим здравницы на морском побережье. В районах их расположения (Кавказ, Крым и др.) действуют повышенные требования к чистоте воздушного бассейна. Вместе с тем используются децентрализованные системы теплоснабжения с применением мелких котельных на органическом топливе (обычно на мазуте). Один из потребителей теплоты – плавательные бассейны. В современных условиях на таких объектах обязательно летнее кондиционирование воздуха. Требованиям экологически чистого теплоснабжения и летнего кондиционирования воздуха в полной мере отвечают комбинированные теплонасосные системы тепловой насос – холодильная машина. Источником низкопотенциальной теплоты для теплонасосной установки служит морская вода, а также сбросная вода бассейнов. В летнее время морская же вода является приёмником теплоты конденсации холодильной машины.

По аналогичной схеме работают комбинированные теплонасосные системы спортивных комплексов – спортивных залов, плавательных бассейнов и аквапарков. В качестве ИНТ при отсутствии вблизи объекта водоема (моря, реки, озера) используется теплота подземных вод или грунта.

В сельскохозяйственном производстве основные области применения тепловых насосов – первичная обработка молока и теплоснабжение стойловых помещений.

На молочных фермах значительная доля энергозатрат (до 50 %) приходится на привод компрессоров холодильных машин, предназначенных для охлаждения свежесвыдоенного молока и нагрева воды для санитарно-технологических нужд. Такое сочетание потребности в тепле и холоде создает благоприятные условия для применения тепловых насосов.

С вентилируемым воздухом стойловых помещений отводится значительное количество теплоты, которое успешно может быть использовано в качестве низкопотенциального источника для малых тепловых насосов. На животноводческих фермах

теплонасосная установка обеспечивает одновременное кондиционирование воздуха в стойловых помещениях и теплоснабжение производственных помещений.

➤ Весьма показательным ориентиром для оценки возможности применения теплонасосных установок в России является *зарубежный опыт*. Он различен в разных странах и зависит от климатических и географических особенностей, уровня развития экономики, топливно-энергетического баланса, соотношения цен на основные виды топлива и электроэнергии, традиционно используемых систем теплоэнергоснабжения и др. При сходных условиях с учетом состояния экономики России зарубежный опыт следует рассматривать как реальный путь развития в перспективе.

Согласно прогнозам Мирового энергетического комитета (МИРЭК) к 2020 г. 75 % теплоснабжения (коммунального и производственного) в развитых странах будет осуществляться с помощью тепловых насосов.

Этот прогноз успешно подтверждается. В настоящее время в мире работает порядка 20 млн тепловых насосов различной мощности – от нескольких киловатт до сотен мегаватт.

Производство тепловых насосов в каждой стране ориентировано в первую очередь на удовлетворение потребностей своего внутреннего рынка. В США, Японии и некоторых других странах наиболее распространены воздушно-воздушные реверсивные теплонасосные установки, предназначенные для отопления и летнего кондиционирования воздуха, в то время как в Европе преобладают водо-водяные и водо-воздушные. В Швеции и других Скандинавских странах наличие дешевой электроэнергии и широкое использование систем централизованного теплоснабжения привели к развитию крупных теплонасосных установок. В Нидерландах, Дании и других странах этого региона наиболее доступным видом топлива является газ, и поэтому быстро развиваются тепловые насосы с приводом от газового двигателя и абсорбционные.

В США в настоящее время эксплуатируют миллионы теплонасосных установок и из них более половины в жилищно-коммунальном секторе. Более всего распространены реверсивные воздушно-воздушные теплонасосные установки с электроприводом для круглогодичного кондиционирования воздуха в помещениях. Выпускают тепловые установки более 50 фирм, 30 % вновь строящихся домов типа коттеджей оснащают теплонасосными установками.

Быстрыми темпами развиваются системы теплоснабжения жилых и обществен-

ных зданий с ИНТ–ИВТ типа грунт–вода. Разработаны высокоэффективные технологии и технические средства отбора теплоты грунта. Действует эффективная система штрафов (за выброс CO_2 при сжигании топлива) и поощрений за использование ИНТ в целях теплоснабжения.

В Швеции с начала 80-х годов развитие теплонасосных установок происходит очень интенсивно. В этой стране характерно использование крупных установок тепловой мощностью более 30 МВт. Источником низкопотенциальной теплоты служат в основном очищенные сточные воды, морская вода и сбросная вода промышленных предприятий. Среди этих теплонасосных установок наиболее крупные расположены в городах Мальме (40 МВт), Упсала (39 МВт) и Эребру (42 МВт).

Наиболее мощная (320 МВт) Стокгольмская установка, использующая в качестве ИНТ воду Балтийского моря. Эта установка, расположенная на причаленных к берегу баржах, охлаждает зимой морскую воду от 4 до 2 °С. Себестоимость теплоты от этой установки на 20 % ниже себестоимости теплоты от котельных. Количество теплоты, вырабатываемой теплонасосными установками в Швеции, уже составляет около 50 % требуемого.

В Германии в эксплуатации находятся сотни тысяч теплонасосных установок, которые используются в водяных, а также в воздушных системах отопления и кондиционирования воздуха. Преобладают тепловые насосы с электроприводом. Кроме того, применяют сотни теплонасосных установок большой мощности с приводом от дизельных и газовых двигателей. Источниками теплоты служат воздух (наружный и вытяжной), грунт, вода и др. Крупные тепловые установки работают, как правило, в системах централизованного теплоснабжения. Построено несколько десятков абсорбционных тепловых насосов единичной тепловой мощностью до 4 МВт.

В настоящее время в Германии выделяется самая крупная среди развитых стран государственная дотация из бюджета: за 1 кВт тепловой мощности пущенного в эксплуатацию теплового насоса выплачивается 300 марок. И это при том, что по производству экономичных индивидуальных котлов на жидком и газообразном топливе для централизованного и индивидуального теплоснабжения Германия занимает одно из первых мест в мире.

В Швейцарии первые теплонасосные установки были построены еще в 30-х годах. Сейчас в эксплуатации находятся десятки тысяч теплонасосных установок в основном небольшой тепловой мощнос-

ти. Построены крупные установки для работы в системах централизованного теплоснабжения. Самой крупной из них является установка в г. Лозанне тепловой мощностью 7,0 МВт с электроприводом. Швейцарской национальной программой энергосбережения предусматривается за три ближайших года увеличить втрое производство теплоты тепловыми насосами. Для реализации этой программы выделяются значительные дотации.

Структура действующего парка тепловых насосов по тепловым мощностям в разных странах сильно различается. Если для Японии средняя мощность теплового насоса, по-видимому, не превышает 10 кВт, то в Швеции она приближается к 100 кВт.

Тепловая мощность мирового парка тепловых насосов, по минимальной оценке, составляет 250 тыс. МВт, годовая выработка теплоты — 1 млрд Гкал, что соответствует замещению органического топлива в объеме до 80 млн т условного топлива. Мировой опыт показывает, что энергетические и экологические проблемы с неизбежностью приводят к необходимости широкого применения тепловых насосов.

В настоящее время в Минтопэнерго РФ формируется программа «Развитие нетрадиционной энергетики России на 2001–2005 годы». В программе оценивается также развитие до 2010 и 2015 гг. Она включает раздел по развитию теплонасосных установок.

Прогноз развития основывается на оценках производителей тепловых насосов, а также их пользователей в регионах страны, потребности в тепловых насосах разной мощности и возможностей их производства.

В основу программы положены реальные проекты, которые будут осуществлены в этот период. Большинство из примерно 30 крупных проектов предусматривают использование теплонасосных установок для жилищно-коммунального сектора, в том числе в системе централизованного теплоснабжения.

Ряд работ будет выполняться в рамках региональных программ энергосбережения и замены традиционных систем теплоснабжения теплонасосными установками (Новосибирская обл., Нижегородская обл., Норильск, Нуренгри, Якутия, Дивногорск, Красноярский край). Среднегодовой ввод тепловых мощностей составит около 100 МВт.

При этих условиях выработка теплоты всеми работающими тепловыми насосами в 2005 г. составит 2,2 млн Гкал, а замещение органического топлива — 160 тыс. т условного топлива. К 2005 г. должны быть

расширены производственные мощности для выпуска тепловых насосов тепловой мощностью до 100 кВт в количестве до 10 тыс. в год (суммарная тепловая мощность годового выпуска 300 МВт). Таким образом, в России намечается прорыв в распространении теплонасосных установок.

Что касается тепловых насосов большой тепловой мощности (от 500 кВт до 40 МВт), то после 2005 г. предполагается ежегодный ввод тепловых мощностей в среднем 280 МВт, а после 2010 г. — до 800 МВт. Это связано с тем, что в данный период планируется широкое применение тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения.

Ожидается, что в 2010 г. действующий парк будет вырабатывать до 20 млн Гкал теплоты, а в 2015 г. — до 45 млн Гкал. Теплота, вырабатываемая парком тепловых насосов, заместит в 2010 г. 1,5 млн т условного топлива, а в 2015 г. — более 3,5 млн т.

Ниже приводится краткая аннотация наиболее крупного объекта, представленного ЗАО «Энергия» (Новосибирск). В этом проекте наглядно раскрываются энергетические, экономические и экологические аспекты применения теплонасосных установок.

Проект относится к теплоснабжению Дивногорска Красноярского края, расположенного в непосредственной близости от Красноярской гидроэлектростанции (ГЭС) на Енисее. В настоящее время этот город с численностью населения около 40 тыс. человек отапливается с помощью электродвигателей. Потребность в теплоте для отопления и горячего водоснабжения составляет около 120 МВт. Возросшая стоимость электроэнергии приводит к тому, что более 50 % годового бюджета города расходуется на теплоснабжение жилья и социальной сферы.

Переход на альтернативный источник тепловой энергии — первоочередная задача администрации города. Круг возможных альтернативных решений весьма узок: теплонасосные установки с использованием воды Енисея в качестве источника низкопотенциальной теплоты или угольные котельные, так как природным газом Красноярский край не располагает.

Второй путь для Дивногорска неприемлем из-за того, что город и его окрестности — это зеленая зона отдыха жителей Красноярска. Установка там угольных котельных при своеобразном рельефе местности приведет к сильнейшему загрязнению этой рекреационной зоны окислами азота, серы и золой, содержащей тяжелые металлы.

Единственно приемлемое альтернативное решение — перевод жителей Дивногорска на теплоснабжение от тепловых насосов.

Источником низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов будет служить вода Енисея, температура которой колеблется от 1,5...2,0 °С зимой до 10...11 °С летом.

Это решение позволит решить и другую весьма серьезную экологическую проблему. После создания Красноярской ГЭС из-за мощной диссипации энергии падающего потока воды в нижнем бьефе температура в самые сильные морозы не опускается ниже 2 °С.

В результате ниже по течению от плотины на расстоянии 150...180 км вода не замерзает, и в сильные морозы это открытое зеркало воды становится причиной густых туманов практически в течение всей зимы, что значительно ухудшило микроклимат в Красноярске.

Если полностью перевести Дивногорск на теплонасосное теплоснабжение, речная вода будет охлаждаться на 1 °С, что обеспечит образование ледяного покрова на Енисее в районе Красноярска.

Крупные тепловые насосы на базе центробежных компрессоров для этого проекта разрабатывает ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг».

Реализация проекта позволит снизить годовой расход электроэнергии на отопление и горячее водоснабжение города на 400 000 МВт·ч и высвободить соответствующую мощность Красноярской ГЭС; получить экономию бюджетных средств города в 100 млн руб. в год; отказаться от применения других альтернативных систем отопления, ухудшающих экологическую обстановку в городе; улучшить экологическую обстановку в регионе в результате ликвидации незамерзающей поверхности воды в реке ниже бьефа.

В настоящее время начато проектирование первой очереди теплонасосного теплоснабжения. Работа осуществляется в рамках губернаторской программы. Ориентировочная стоимость всего проекта 400 млн руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калнинь И.М. Перспективы развития тепловых насосов//Холодильная техника. 1994. № 1.
2. Калнинь И.М. Техника низких температур на службе энергетики//Холодильное дело. 1996. № 1.
3. Калнинь И.М. Применение тепловых насосов для нужд теплоснабжения//Энергетическое строительство. 1994. № 8.
4. Проценко В.П. Проблемы использования теплонасосных установок в системах централизованного теплоснабжения//Энергетическое строительство. 1994. № 2.
5. Чаховский В.М. Опыт применения энергосберегающей теплонасосной технологии в системе городского теплоснабжения//РСЭ ИНФОРМ. 1999. № 2.