

УДК 621.577

Н. Б. ЧИРКИН канд. техн. наук

Е. В. ШЕРСТОВ,

Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков

А. С. КЛЕПАНДА канд. техн. наук

В. А. НЕСВИТАЙЛО канд. техн. наук

НПП «Инсолар», г. Харьков

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОНАСОСНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТЬ 1. О ТРЕБУЕМОЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКЕ СИСТЕМЫ И МОЩНОСТИ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

*Теплонасосные технологии получения коммунального тепла, успешно применяемые в мире и позволяющие экономить в значительных количествах дорогостоящее и дефицитное органическое топливо, снизить загрязнение окружающей среды, улучшить социальные условия для быта и работы населения, имеют все условия для широкомасштабного внедрения в Украине. Однако учитывая, что в Украине нет собственного производства теплонасосного оборудования, отвечающего современным мировым требованиям, практически отсутствуют собственные исследования по его оптимальному проектированию и выбору рациональных режимов эксплуатации, вопросы касающиеся особенностей практического внедрения теплонасосных технологий, являются актуальными. В настоящей статье затронуты аспекты согласования требуемой тепловой мощности отопляемого объекта и мощности, генерируемой с помощью теплового насоса для создания конкурентоспособной системы теплоснабжения.*

*Теплонасосні технології одержання комунального тепла, успішно застосовувані у світі й що дозволяють заощаджувати в значних кількостях дороге і дефіцитне органічне паливо, знижувати забруднення навколишнього середовища, поліпшувати соціальні умови для побуту та роботи населення, мають всі умови для широкомасштабного впровадження в Україні. Однак, з огляду на те, що в Україні немає власного виробництва теплонасосного встаткування, що відповідає сучасним світовим вимогам, практично відсутні власні дослідження з його оптимального проектування та вибору раціональних режимів експлуатації, питання, що стосуються особливостей практичного впровадження теплонасосних технологій, є актуальними. У дійсній статті порушені аспекти узгодження необхідної теплової потужності опалювального об'єкта та потужності, генеруваної за допомогою теплового насоса для створення конкурентоздатної системи теплопостачання.*

### Введение

Теплонасосные установки (ТНУ), использующие возобновляемые природные источники энергии и низкотемпературные вторичные энергоресурсы для преобразования в энергию, пригодную для практического использования, широко применяются во всём мире. Энергетическая значимость целесообразности их внедрения неоспоримо доказана опытом эксплуатации десятков миллионов установок различного функционального назначения. При этом, более 75 % ТНУ работают в системах теплохладоснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), экономя в больших количествах дефицитное и дорогостоящее органическое топливо, снижая загрязнение окружающей среды продуктами сгорания и улучшая условия жизни и быта населения.

К сожалению, если в развитых и развивающихся странах счёт работающих теплонасосных установок ведётся на сотни тысяч и миллионы, то Украина только приступает к освоению этой техники. И основным потребителем теплонасосной технологии

в ближайшие годы, очевидно, будет именно жилищно-коммунальное хозяйство Украины, которое, являясь важнейшей социальной отраслью экономики и потребляющее более 30 % топливно-энергетических ресурсов, в тоже время наиболее энергетически расточительная, с целым рядом все обостряющихся технических проблем. Удельный расход тепловой энергии на отопление жилищного фонда превышает аналогичный показатель для таких «холодных» стран как Швеция, Норвегия и Финляндия в 4–5 раз. Физически и морально устаревшее и изношенное оборудование провоцирует излишние энергозатраты и огромные потери тепла при транспорте и у потребителя, которые приводят к необоснованному удорожанию коммунальных тарифов и услуг и вызывают не желательное социальное напряжение в обществе. И если раньше эти проблемы нивелировались низкой стоимостью энергетических ресурсов, то сегодняшний неудержимый рост цен на газ, нефть, уголь, делают не только актуальным, но жизненно необходимым поиск новых альтернативных источников энергии для коммунальной энергетики. Широкомасштабное внедрение теплонасосных технологий, одна из наиболее перспективных альтернатив традиционным теплогенераторам. В наших ранее опубликованных статьях [1, 2] мы называли причины, вызвавшие отставание с внедрением тепловых насосов в Украине. Это и имевшие место низкие цены на энергоресурсы в прошлом, и отсутствие реальной государственной поддержки внедрению энергосберегающих технологий, и отсутствие демонстрационных работающих объектов.

Глубокий экономический анализ причин, препятствующих сегодня внедрению энергосберегающих технологий, окупаемость которых не сиюминутная, а составляющая несколько лет (к которым относятся и теплонасосные технологии), приведен в исследованиях Гершковича В. Ф. и Степаненко В. А. [3,4]. Общее мнение специалистов, что сегодня в Украине складывается благоприятная ситуация для применения тепловых насосов, как в связи с приближением к мировым ценам на украинские энергоносители, так и в связи с возросшим вниманием к тепловым насосам со стороны государства и общественности.

Обнадёживающие шаги в этом направлении были сделаны в 2009 году. Кабинетом Министров Украины в феврале 2009 г. принято распоряжение «Про заходи щодо впровадження теплових насосів у системи теплозабезпечення та гарячого водопостачання», Национальное агентство по энергетическим ресурсам (НАЭР) назначено ответственным по разработке механизма стимулирования объектов хозяйственной деятельности, внедряющих ТНУ, Украинским правительством в мае 2009 г. принято новое распоряжение №609-р «Питання встановлення теплових насосів», где дано указание НАЭР, Минтопливозенергу и ряду других министерств и ведомств «...забезпечити реалізацію інвестиційних проєктів встановлення теплових насосів у 2009–2010 роках», (кстати, в число которых попало четыре харьковских проекта), на правительственном уровне заключён договор с Японией и получены инвестиции для целенаправленного вложения во внедрение ТНУ, НАЭР разработаны новые положения о получении и распределении прибыли от внедрения энергосберегающих технологий, делающие более привлекательными для инвесторов отечественные проекты, связанные с внедрением теплонасосных технологий. И хотя японские инвестиции на реализацию теплонасосных проектов в Украине пока не нашли потребителей, а многие из принятых распоряжений так и остались без практического внедрения, но внимание к теплонасосным технологиям заметно возросло, в частности, на региональном уровне, на уровне госадминистраций и муниципалитетов, в СМИ и у потенциальных потребителей. К сожалению, реальные внедрения демонстрационных проектов требуют материальной поддержки, а не бумажных указаний и распоряжений. Поэтому, понимая перспективность теплонасосной технологии, сегодня многие крупные промышленные предприятия, не ожидая помощи от государства, приступают к внедрению проектов за собственные средства. Возрос интерес у частных инвесторов к возможности вкладывать капиталы в долгосрочные по окупаемости, но экономически целесообразные энергосберегающие технологии. К сожалению, приходится констатировать, что пока в

Украине нет собственного производства тепловых насосов, отвечающих современным мировым требованиям.

Учитывая такую ситуацию, сегодня на отечественный рынок устремились десятки иностранных фирм, производителей теплонасосного оборудования, не имея при этом в Украине ни сети проектных и монтажных подразделений, ни сети сервисного обслуживания. Сотни украинских фирм (особенно в период кризиса) готовы выполнять работы по проектированию, подбору и монтажу теплонасосного оборудования иностранных производителей, не имея зачастую практического опыта и квалифицированных специалистов в этой области.

Известно, что производство тепловых насосов в мире подчинено, прежде всего, конкретным потребностям стран производителей. Здесь имеются ввиду не только климатические особенности различных стран, но и уровень применяемых строительных технологий и архитектурно-планировочных решений объектов ЖКХ, и новые строительные материалы, и потребности рынка, и, даже иногда, национальные особенности. Поэтому за кажущейся простотой прямое копирование иностранных проектов или подбор оборудования не специалистами может не только привести к не оптимальным решениям, но и вообще дискредитировать саму идею внедрения теплонасосных технологий. Например, выполнению передовыми зарубежными фирмами крупных проектов с грунтовыми теплонасосными системами, обязательно предшествуют экспериментальные исследования реальных характеристик грунта, т. к. проектирование по интегральным характеристикам, что предлагается для украинских заказчиков, может привести к 30-50 % завышению стоимости подсистемы сбора низкопотенциального тепла, а значит к увеличению срока окупаемости проекта и снижению его конкурентоспособности.

### Основная часть

В настоящей статье мы остановимся на одной особенности, которую, по нашему мнению, важно учитывать при проектировании и эксплуатации конкурентоспособного теплонасосного оборудования для систем теплохладоснабжения в условиях Украины.

Известно, что основой для создания надежных и экономичных теплонасосных отопительных систем является сбалансированность требуемого количества теплоты для гарантирования комфортного климата у потребителя с количеством теплоты, генерируемой теплогенератором. Напомним, что изменение потребного количества теплоты для конкретной системы отопления, зависит, в первую очередь, от изменения температуры наружного воздуха в течение отопительного периода (рис.1). Теплогенераторы для систем отопления должны обеспечивать комфортную внутреннюю температуру в помещениях около  $18-20^{\circ}\text{C}$  при любой наружной температуре. В традиционных системах отопления с радиаторами или конвекторами, в качестве теплоносителя обычно используется вода с температурой  $90^{\circ}\text{C}$ , реже  $110^{\circ}\text{C}$ , а в промышленных зданиях, кроме воды, может также использоваться пар.

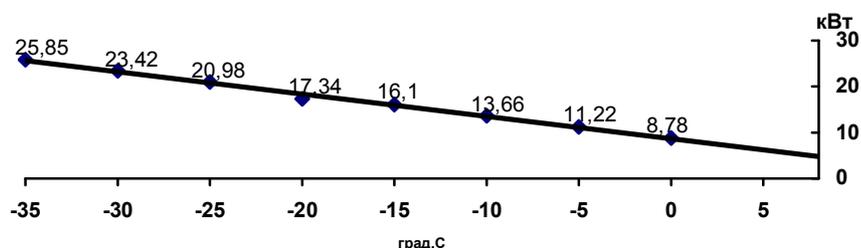


Рис. 1. Изменение мощности системы отопления при переменных температурах наружного воздуха, расчётной тепловой нагрузке 20 кВт и расчётной температуре наружного воздуха  $-23^{\circ}\text{C}$

В случае использования горячей воды регулирование отопительной нагрузки происходит, как правило, качественно, т.е. путём изменения температуры теплоносителя

при неизменном его расходе. Расчёт системы качественного регулирования сводится к определению температур «прямой»  $T_w^{пр}$  и «обратной»  $T_w^{обр}$  воды в отопительной сети в зависимости от требуемой в данных условиях тепловой нагрузки. Температуры «прямой» и «обратной» воды определяются согласно [5] по уравнениям:

$$T_w^{пр} = T_{вн} + \Delta T^* \cdot \bar{Q}^{0,8} + \bar{Q} \cdot \frac{\theta}{2}, \quad (1)$$

$$T_w^{обр} = T_{вн} + \Delta T^* \cdot \bar{Q}^{0,8} - \bar{Q} \cdot \frac{\theta}{2}, \quad (2)$$

где  $\bar{Q} = Q^T / Q_p^T = (T_{вн} - T_{нар}) / (T_{вн} - T_{нар}^p)$  – отношение отопительной нагрузки при данной температуре наружного воздуха  $T_{нар}$  к отопительной нагрузке при расчётной температуре наружного воздуха  $T_{нар}^p$ ;

$T_{вн}$  – температура воздуха в помещении;  $\Delta T^* = 0,5 (T_{wp}^{пр} + T_{wp}^{обр}) - T_{вн}$  ;

$\theta = T_{wp}^{пр} - T_{wp}^{обр}$  – разность температур прямой и обратной воды теплосети (в системе отопления) при расчётной температуре наружного воздуха.

Температурный график теплосети 95/70 °С при расчётной температуре наружного воздуха -23 °С, построенный по уравнениям (1 и 2) представлен на рисунке 2.

Отсюда следует, что со снижением наружной температуры, температура теплоносителя в системе отопления должна повышаться. При качественном регулировании в традиционной системе отопления это может достигаться увеличением количества сжигаемого топлива при неизменном расходе теплоносителя. Известно, что типичным значением температуры теплоносителя на выходе из конденсатора у широко применяемых в настоящее время ТН является 50–55 °С. Причем значения выше 50 °С достигаются, как правило, на предельных режимах работы теплового насоса и не всегда могут быть получены в середине отопительного периода, когда произошло, например, захлаживание грунта и снижение температуры источника НПТ в геотермальных ТНУ. У воздушных ТНУ значение максимальной температуры на выходе конденсатора также снижается при низких температурах наружного воздуха, и даже значение 50 °С может оказаться недостижимым.

Исходя из этого при проектировании, вероятно, целесообразно задаваться максимальной расчётной температурой теплоносителя не выше 50 °С.

Понятно, что при таких температурах теплоносителя на входе в традиционную спроектированную систему отопления, комфортные условия в отапливаемом помещении без некоторых дополнительных мероприятий обеспечить невозможно.

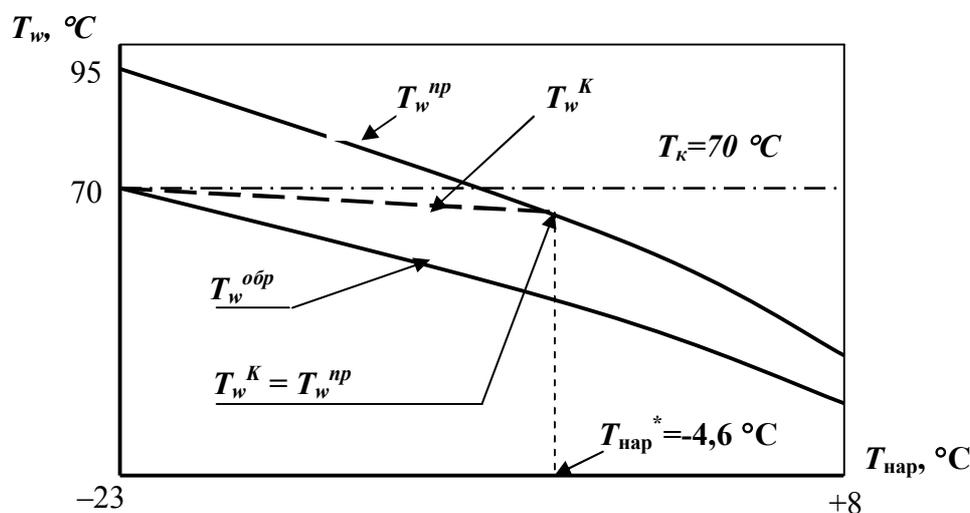


Рис. 2. Температурный график качественного регулирования

Вот почему, к проектированию отопительных систем с тепловыми насосами необходим совершенно иной подход. При применении теплонасосных установок должны быть целесообразно сопряжены как внешние, так и внутренние энергетические потоки в системе.

Известно, что практический эффект от применения тепловых насосов реализуется удачно в низкотемпературных системах отопления. Понятие «низкая температура» связано с температурой поверхности нагревательных приборов, применяемых в теплонасосных системах отопления, и которая заметно ниже температуры поверхности трубчатых или секционных нагревательных приборов традиционных систем отопления. Низкотемпературные отопительные сети удачно сочетаются с теплыми полами, конвекторами типа «Фанкойл», воздушным отоплением и, при соответствующем увеличении поверхности теплообмена, иногда могут эксплуатироваться с традиционно применяемыми современными типами радиаторов.

Количество генерируемой теплоты и эффективность её получения тепловым насосом, зависит в значительной мере от уровня и стабильности температуры источника низкопотенциальной энергии. В небольшом диапазоне теплопроизводительность можно изменить положением регулирующего вентиля или тепловой нагрузки конденсатора ТН за счёт расхода рабочего тела, или же с помощью инверторной электронной системы, позволяющей за счёт регулирования частоты вращения менять производительность компрессора. Однако, в основном теплопроизводительность теплового насоса и эффективность преобразования энергии в нём определяется температурным уровнем низкопотенциального источника.

Для рационального использования энергии окружающей среды в качестве источников теплоты обычно применяются грунт, вода и окружающий воздух. Посредством этих источников косвенно используется солнечная энергия, накапливаемая в них. При этом вид применяемого источника низкопотенциальной теплоты по-разному сочетается с переменным режимом работы теплонасосной системы отопления.

Для теплового насоса типа «воздух-вода», согласно принципу его работы, теплопроизводительность в значительной степени зависит от температуры наружного воздуха. При снижении температуры наружного воздуха, когда потребность отапливаемого здания в тепле растёт, теплопроизводительность теплового насоса падает. Так, для теплового насоса *WPL 25* немецкой фирмы *Stiebel Eltron* (рис. 3) для диапазона температур от  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  теплопроизводительность снижается от 20 кВт до 8 кВт. В то же время, если использовать в системе отопления с этим же тепловым насосом в качестве низкопотенциального источника сбросной вентиляционный воздух с температурой  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то, при прочих равных условиях, теплопроизводительность может составлять свыше 27 кВт. В первом случае система должна быть выполнена как бивалентная моноэнергетическая, а во втором случае возможен моновалентный вариант исполнения.

Рассмотрим более детально первый случай. Ключевым вопросом здесь является определение бивалентной точки (температуры наружного воздуха, при которой должен подключаться второй теплогенератор, например, электрический котёл).

Максимальная теплопроизводительность теплового насоса, очевидно, соответствует условию, когда температура воды, выходящей из конденсатора, будет равна температуре прямой воды по графику теплосети  $T_{w2}^K = T_w^{np}$ . Температура, при которой соблюдается это условие, определяется в зависимости от логарифмической разности температур в конденсаторе при его максимальной производительности [5].

$$\delta T_{ln} = \frac{T_{w2}^K - T_w^{\text{обр}}}{\ln \frac{T_K - T_w^{\text{обр}}}{T_K - T_{w2}^K}} \quad (3)$$

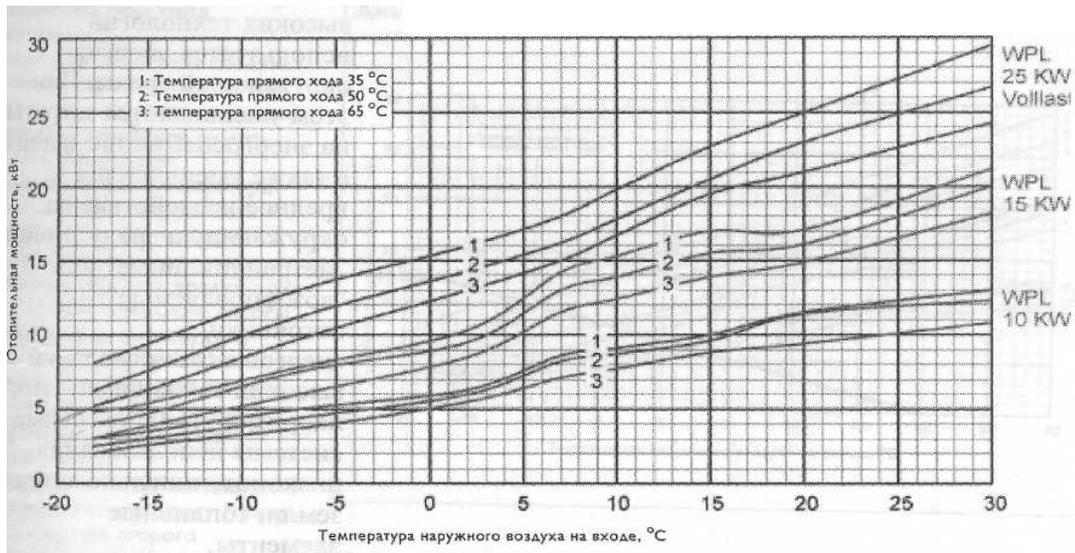


Рис. 3. Диаграмма мощности тепловых насосов типа «воздух-вода» фирмы *Stiebel Eltron*

Величина  $\delta T_{In}$  находится на базе технико-экономического расчёта конденсатора теплового насоса [6] или принимается, основываясь на опыте эксплуатации. Для простоты изложения примем величину  $\delta T_{In} = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , тогда из (3) при условии  $T_K = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , равенство  $T_w^K = T_w^{np}$  соблюдается при  $T_{нар} = -4,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура наружного воздуха, при которой выполняется условие на рисунке 2 обозначена как  $T_{нар}^*$ .

Температура теплоносителя после конденсатора теплового насоса  $T_w^K$  при температурах наружного воздуха ниже, чем  $T_{нар}^*$  определяется по уравнению

$$T_w^K = T_K - \frac{T_K - T_w^{обр}}{e^m}, \quad (4)$$

где  $m = k_K \cdot F_K / (G_w^K \cdot c_w)$ .

Здесь  $k_K$  – коэффициент теплопередачи в конденсаторе;

$F_K$  – площадь поверхности конденсатора;

$G_w^K \cdot c_w$  – водяной эквивалент теплоносителя в конденсаторе.

При температурах наружного воздуха более высоких  $T_{нар}^*$  тепловая отопительная нагрузка может быть полностью покрыта тепловым насосом. В зоне наружных температур ниже  $T_{нар}^*$  дополнительно к тепловому насосу должен подключаться доводчик или пиковый подогреватель, производительность которого для обеспечения экономной работы системы отопления, определяется как разность производительности системы отопления и производительности теплового насоса, причём последняя уменьшается по мере снижения температуры наружного воздуха.

$$Q^{пик} = Q^T - Q^{ТН} = G_w^K \cdot c_w (T_w^{np} - T_w^K) . \quad (5)$$

Годовая выработка теплоты тепловым насосом и пиковым подогревателем представлена на рисунке 4. Следует обратить внимание, что при рациональном выборе бивалентной моноэнергетической схемы, доля тепловой нагрузки, покрываемой тепловым насосом, составляет 80-90 % от общей нагрузки системы отопления.

Если требуемая тепловая нагрузка системы отопления ниже вырабатываемой тепловым насосом (при температурах наружного воздуха выше температуры бивалентной точки), то последний системой автоматики отключается до восстановления требуемой температуры в

баке аккумулятора. Таким образом, решение оптимизации потребления первичной энергии уже требует согласования со схемными решениями и системой регулирования.

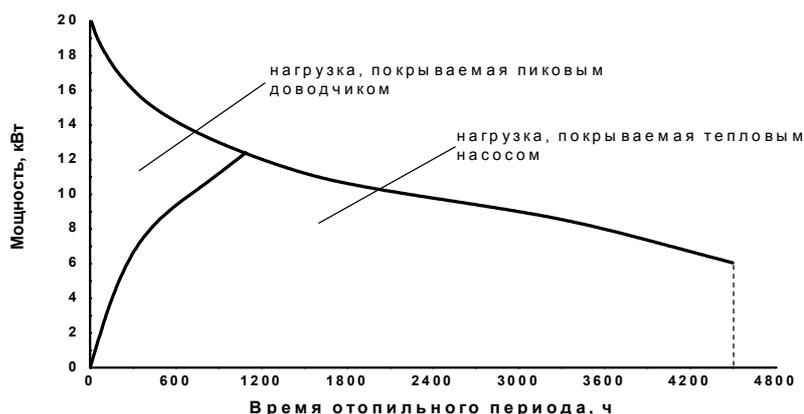


Рис. 4. Годовая выработка тепловой нагрузки при бивалентной моноэнергетической схеме

Подводя итоги сказанному можно отметить, что на практике реализуются следующие режимы работы теплонасосной системы отопления:

а) моновалентный режим, когда тепловой насос является единственным источником отопления;

б) бивалентный моноэнергетический, когда в качестве доводчика используется электрический котёл. Отопительная система работает до определённой температуры наружного воздуха (в нашем примере до минус  $4,6^{\circ}\text{C}$ ) по теплонасосному принципу, а при более низких температурах (для теплового насоса «воздух-воздух» это может быть диапазон температур от  $-4,6$  до  $-15^{\circ}\text{C}$ ) подключается электрический доводчик;

в) бивалентный альтернативный, когда тепловой насос обеспечивает здание теплом до некоторой температуры наружного воздуха (например, минус  $4,6^{\circ}\text{C}$ ), а затем выключается и начинает работать другой источник (например, газовый котёл);

г) бивалентный параллельный, отличающийся от моноэнергетического тем, что при низких температурах параллельно с тепловым насосом работает источник на органическом топливе;

д) бивалентный частично параллельный, отличающийся от бивалентного параллельного тем, что альтернативный доводчик работает параллельно с тепловым насосом до некоторой температуры, например до минус  $15^{\circ}\text{C}$ , а затем принимает на себя всю нагрузку. Схематично перечисленные режимы представлены на рисунке 5.

Тепловые насосы типа «воздух – вода» в большинстве случаев работают по бивалентной моноэнергетической или бивалентной альтернативной схеме. При этом работа в моноэнергетическом режиме, благодаря применению одного общего источника энергии (электричества), экономически более выгодна, чем работа по схеме с альтернативным источником.

Грунтовые и геотермальные тепловые насосы типа «рассол – вода» или «вода – вода» работают круглый год почти при одинаковой температуре теплоносителя низкопотенциального источника и, как следствие, теплопроизводительность теплового насоса является постоянной, независимо от температуры наружного воздуха.

Грунтовые коллектора и зонды разрешается устанавливать только в приповерхностных слоях. Установка грунтовых теплообменников в глубинных слоях Земли, выполняется только с разрешения специальных контрольных органов, чтобы с достаточной гарантией исключить возможное отрицательное воздействие на водоносные горизонты. Этим обеспечивается охрана подземных ресурсов питьевой воды.

Геотермальные тепловые насосы пригодны для работы по моновалентной схеме. Однако, если система отопления требует в подающей линии температуру выше  $60^{\circ}\text{C}$ , применяется бивалентная схема. Теплопроизводительность теплового насоса определяют по

самой низкой температуре источника тепла. Если теплопроизводительность самого большого теплового насоса окажется недостаточной, то возможно одновременное включение нескольких тепловых насосов, при этом гибкость системы регулирования мощности ТН увеличивается. В бивалентных схемах точка переключения теплового насоса или бивалентная точка определяется, как было показано выше, не только теплопроизводительностью теплового насоса, но и с учётом параметров поверхностей нагрева.

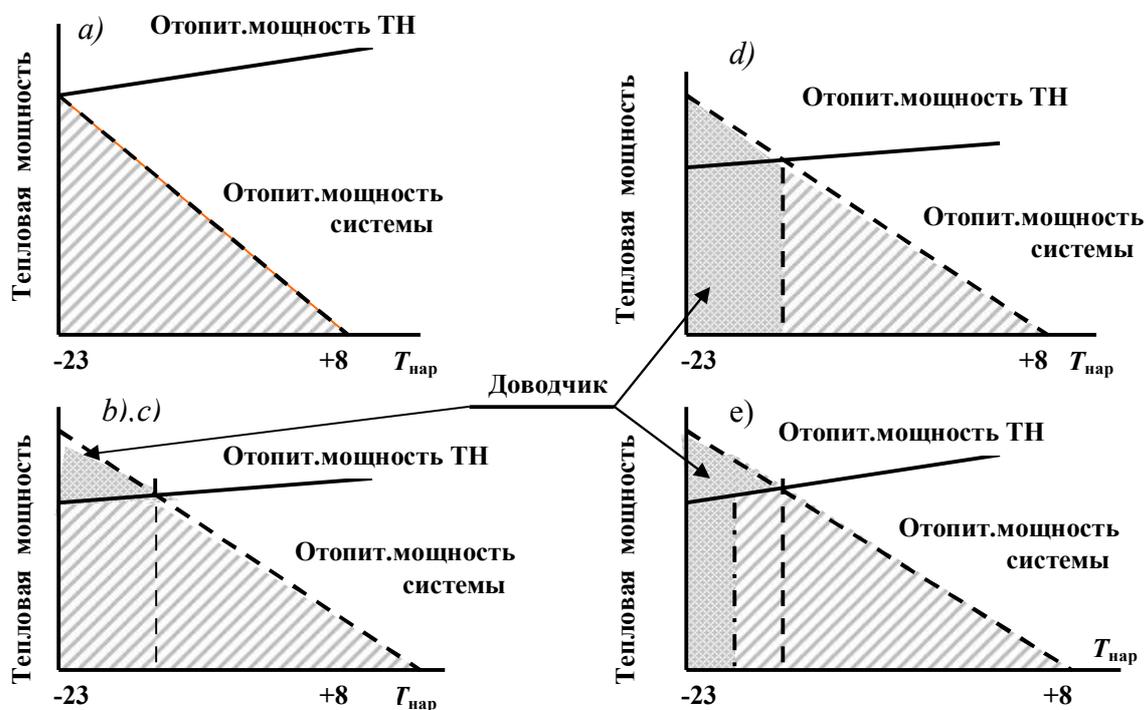


Рис. 5. Возможные схемы эксплуатации теплового насоса

Например, кривая А (рис.6) соответствует радиаторному отоплению с температурой теплоносителя на линии подачи  $90^{\circ}\text{C}$  при расчетной температуре наружного воздуха  $-23^{\circ}\text{C}$ .

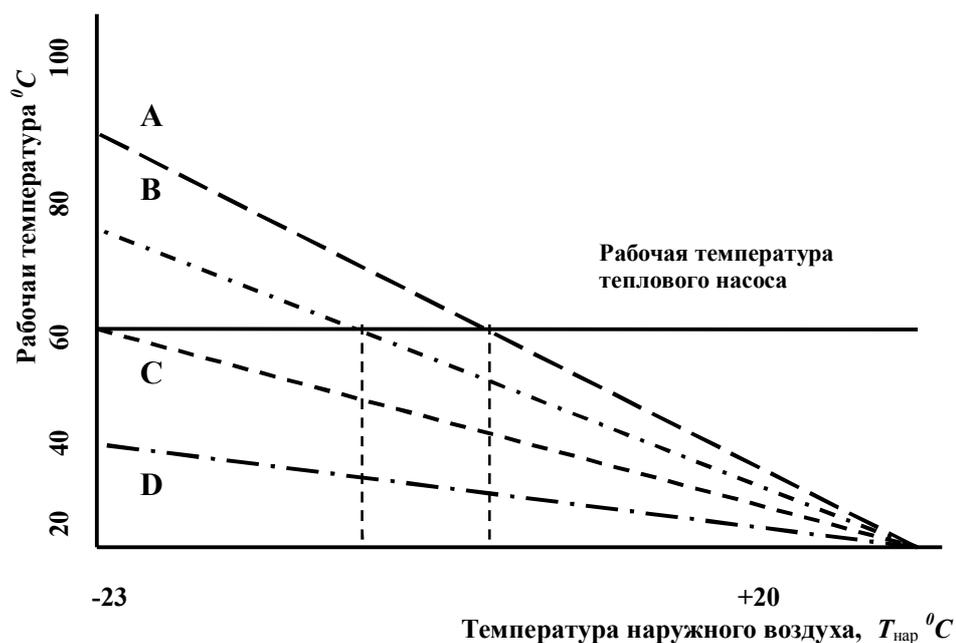


Рис. 6. Точки переключения работы ТН на второй источник

Точка переключения режима работы ТН (бивалентная точка) соответствует в этом случае наружной температуры  $T_{нар}^* = -4,6$  °С. Хорошо теплоизолированное здание может потребовать при расчётной температуре наружного воздуха температуру в подающей линии 75 °С (кривая В). Бивалентная точка при этом будет равняться, например,  $T_{нар}^* = -8$  °С. Применяя конвективные теплорадиаторы и обеспечив хорошую изоляцию здания, требуемая температура теплоносителя в подающей линии может быть снижена до 60 °С (кривая С), а для тёплых полов – до 45 °С (кривая D). В этом случае возможна моновалентная работа тепловых насосов. При проектировании теплонасосных систем отопления следует иметь в виду, что чем ниже температура теплоносителя в линии подачи отопительной установки, тем выше коэффициент преобразования *COP* теплового насоса и тем большую долю энергии он вырабатывает за отопительный период.

Очевидно, что наивысший годовой коэффициент использования теплонасосной установки может быть достигнут только в сочетании с системой распределения тепла с максимальной температурой подачи примерно 35°С.

Решая вопросы обеспечения экономичного режима эксплуатации теплонасосной отопительной установки, проектировщик должен учитывать также существующие тарифные показатели на энергоносители. В большинстве стран, использующих теплонасосную технику, предлагаются особые тарифы на электроэнергию для тепловых насосов. Особые тарифы на электроэнергию, потребляемую в ночной период суток, делают привлекательными схемы с тепловыми аккумуляторами. Возможны варианты, когда подача электроэнергии для тепловых насосов может быть прекращена в периоды высокой сетевой нагрузки. Так, например, подача электроэнергии для моновалентных теплонасосных установок может прерываться энергоснабжающей организацией в течение 24 часов трижды максимум на два часа. Тепловой насос в состоянии обеспечить круглогодичное теплоснабжение, и перерывы в энергоснабжении не оказывают отрицательного влияния на его функцию, так как, например, система тёплых водяных полов за счет своей аккумулирующей способности может перекрыть периоды прекращения энергоснабжения без заметного изменения температуры в помещениях. Только период энергоснабжения между двумя перерывами не должны быть короче предыдущего перерыва в энергоснабжении.

### Выводы

Описанная выше привязка к температурному графику тепловой сети необходима в случае, если ТН устанавливается в существующую систему с отопительными приборами, подобранными под этот график.

Однако такой путь имеет серьезное ограничение, связанное с тем, что реальная температура обратного теплоносителя по графику теплосети может превышать реально достижимую температуру на выходе из ТН.

Поэтому, говоря о внедрении ТН на новых или реконструируемых объектах, следует иметь в виду и необходимость изменения температурного графика, а, следовательно, и всей внутриобъектной теплораспределительной сети с отопительными приборами, под реальные возможности ТН. Такими графиками, например, могут быть 50/40°С, 50/45°С.

Точка бивалентности в этом случае определяется, исходя из минимизации капитальных затрат, при незначительном уменьшении среднесезонного *COP* теплонасосной установки. Обычно она соответствует случаю, когда ТН обеспечивает 60-80% от расчетной тепловой нагрузки объекта. Тема нашей следующей публикации будет затрагивать вопросы оптимального выбора мощности теплового насоса и мощности пикового доводчика при использовании тепловых насосов типа «воздух-вода».

Эти и другие вопросы важно учитывать при проектировании ТНУ и при выборе оптимальных режимов эксплуатации. Вот почему мы неоднократно ранее подчёркивали, что лучше доверять их реализацию специалистам.

### Список литературы

1. Мацевитый Ю. М., Богданович Л. С., Клепанда А. С., Чиркин Н. Б. О внедрении в экономику Украины нетрадиционных источников теплоты на базе тепловых насосов. // Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит, 2007, № 3.
2. Мацевитый Ю. М., Чиркин Н. Б., Остапчук В. Н, Богданович Л. С., Клепанда А. С. Альтернативная система теплоснабжения на базе теплового насоса с грунтовым теплообменником. // Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит, 2007, № 8.
4. Гершкович В .Ф. Ключ к полномасштабному энергосбережению в украинской коммунальной энергетике. // Энергосбережение в зданиях. – 2005. – № 1.
5. Степаненко В. А. Пять шагов к теплу и свету // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2006. – № 10.
6. Сакун И. А. Тепловые и конструктивные расчёты холодильных машин. Л., изд. Машиностроение, 1987.

### SOME FEATURES OF PLANNING AND EXPLOITATION OF TEPLONASOSNYKH SYSTEMS OF TEPLOKHLADOSNABZHENIYA PART 1. ABOUT THE REQUIRED THERMAL LOADING OF SYSTEM AND POWER OF HEAT-PUMP

N. B. Chirkin, Cand. Tech. Sci., E. V. Sherstov  
A. S. Klepanda, Cand. Tech. Sci., V. A. Nesvitailo, Cand. Tech. Sci.

*Heat pump technologies of heat production for municipal services successfully applied in the world allow saving substantially expensive and scarce organic fuel, reducing pollution of the environment, improving social conditions of life and work of population and have all opportunities for large-scale introduction in Ukraine. However, taking into account that Ukraine has no domestic manufacture of heat pump equipment available to modern world requirements, practically has no its own investigations in optimal design and selection of efficient operating regimes. Problems connected with peculiarities of practical introduction of heat pump technologies are of current importance. This abstract touches upon aspects of co-ordination of required heat power of heated unit and power generated with a heat pump for developing competitive heat supply system.*

Поступила в редакцию 14.04 2010 г.

---