

УДК 621.577

А.Ш. АЛИМГАЗИН

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ГОРОДСКИХ ОБЪЕКТАХ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

(Представлена академиком Б.К.Алияровым)

В статье дается анализ перспектив применения новых энергосберегающих технологий с использованием теплонасосных установок, связанных с утилизацией низкотемпературных тепловых отходов технологических процессов промышленных предприятий (сбросные воды предприятий, сточные воды, вода из системы оборотного водоснабжения и т.п.) с целью снижения вредных выбросов в атмосферу и одновременным получением теплоты более высоких параметров для теплоснабжения различных объектов в Республике Казахстан

Особенностью теплоснабжения в странах СНГ, включая Республику Казахстан, Россию и др. (в отличие от большинства стран мира) является широкое распространение систем централизованного теплоснабжения в крупных городах. Источником тепловой энергии в таких системах являются городские ТЭЦ, на которых осуществляется комбинированная выработка электроэнергии и тепла, или районные котельные

С термодинамической точки зрения комбинированное производство электроэнергии и тепла на ТЭЦ является гораздо более эффективным, чем раздельное производство электроэнергии на конденсационных тепловых электростанциях и тепла котельными.

Многолетнее развитие этого направления позволило достичь достаточно высокой эффективности, приобрести большой опыт в эксплуатации систем централизованного теплоснабжения.

Вместе с тем применение централизованных систем теплоснабжения имеет *свои недостатки и ограничения*. Строительство протяженных теплотрасс к удаленным объектам, а также к объектам в районах с малой плотностью застройки, сопряжено со значительными капитальными вложениями и большими тепловыми потерями на трассе. Их эксплуатация впоследствии также требует больших затрат. Серьезные проблемы возникают и при реконструкции существующих объектов и строительстве новых в обжитых городских районах с плотной застройкой. В этих случаях увеличение тепловых нагрузок создает для застройщика часто непреодолимые трудности, в том числе финансовые, при получении и реализации технических условий на подключение к районной тепловой сети.

Действующие в настоящее время тарифы на тепловую энергию в сочетании с затратами на подключение к городским тепловым сетям заставляют все чаще задумываться над альтернативными способами теплоснабжения, а именно, *теплонасосными системами теплоснабжения (ТСТ)*.

Тепловые насосы нашли широкое применение для теплоснабжения жилых и административных зданий в США, Швеции, Канаде, России и других странах со сходными с Республикой Казахстан климатическими условиями/1-11/.

Эффективность их использования /3-7/ зависит от многих факторов, таких как: температурные уровни источника теплоты и потребителя, соотношение тарифов на теплоту и используемую энергию, уровень цен на используемую теплоту от источника (если необходимо за нее платить), тип использования привода компрессора и т. д.

Под эффективностью в данной работе понимается превышение стоимости замещаемой теплоты (от другого источника) над энергетическими затратами ее производства в ТНУ. Она является основой для определения реального экономического эффекта при использовании ТНУ с учетом капитальных, эксплуатационных и других затрат, сроков их окупаемости, себестоимости произведенной теплоты, получения дополнительной прибыли и т. д.

Исследования /3-10/, проводимые российскими учеными и инженерами на протяжении последних лет показывают, что в себестоимости теплоты, произведенной ТНУ с электроприводом, существенную часть вносят энергетические затраты, которые в значительной мере зависят от температурного уровня источника теплоты и та-

рифов на электроэнергию. Так, из [7] следует, что при определенных тарифах на электроэнергию и температуре используемой низкопотенциальной теплоты, например, теплоты канализационных стоков [8], грунта земли [9], сбросной воды тепловых электростанций [10], энергетическая составляющая в себестоимости теплоты, произведенной в ТНУ, может быть соизмеримой с общей себестоимостью теплоты, выработанной другими источниками.

Поэтому к использованию ТНУ в системах теплоснабжения необходимо подходить взвешенно, с учетом всех конкретных условий. В [7], например, показывается, что использование для привода ТНУ двигателей внутреннего сгорания (ДВС) или в сочетании ТНУ с другими энергоустановками существенно увеличивает эффективность их применения.

Энергии сбросного тепла, поступающего на градирни промышленных ТЭЦ, достаточно, чтобы остановить в резерв все, даже самые крупные котельные города, при понижении температуры наружного воздуха до  $-8^{\circ}\text{C}$ ! Но почему-то даже зимой, когда из градирен ТЭЦ выбрасывается огромное количество тепла, в зоне действия тепловых сетей работают десятки котельных, нагрузку которых могут взять на себя ТЭЦ.

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

Так, например, согласно данных [7, 10], 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. Только 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.

Суммарная величина сбросного тепла на городских и прилегающих к Москве ТЭЦ в период с ноября по март отопительного сезона составляет 1600-2000 Гкал/ч. Технически возможна утилизация до 45 % низкопотенциальной теплоты (около 10 % от количества отпускаемой теплоты).

Таким образом, в теплоэнергетической системе “ТЭЦ — тепловой потребитель” получается замкнутый круг, тепловые насосы не применяются, потому что на них нет спроса, а с другой стороны нет предложений, потому что нет спроса. Есть сбросное тепло в градирни, есть невостребованные тепловые мощности, которые замещаются местными котельными, в зоне действия ТЭЦ, есть возможные технические решения, но нет экономической выгоды!

При совершенствовании систем централизованного теплоснабжения необходимо учитывать следующие факторы:

- огромные выбросы низкопотенциальной теплоты, прежде всего системой охлаждения технической воды на ТЭЦ, увеличивающиеся в период снижения тепловой нагрузки в неотапительный период;

- резко возрастающий пережег 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 теплопропускной способности существующих сетей.

*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 тепла технической воды охлаждающей конденсаторы ТЭЦ в качестве источника низкопотенциальной теплоты (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. В обоих случаях температурный уровень ИНТ достаточно высок, что создает предпосылки для работы теплового насоса с высоким коэффициентом преобразования.

С помощью ТНУ можно передать большую часть этой сбросной теплоты в теплосеть (около 50-60 %). При этом:

- на производство этой теплоты не надо затрачивать дополнительной теплоты топлива;
- улучшается экологическая ситуация;
- за счет понижения температуры циркуляционной воды в конденсаторе турбин существенно улучшится вакуум и повысится электрическая выработка с турбин;
- сократятся потери циркуляционной воды и затраты на ее перекачку.

До недавнего времени считалось, что применение теплонасосных установок на предприятиях, снабжаемых теплотой от ТЭЦ, заведомо неэкономично. Сейчас эти оценки среди теплоэнергетиков России 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 электроэнергию.

При таком подходе применение теплонасосных установок наиболее эффективно. Особенно большую экономию топлива дают «мини-ТЭЦ», базирующиеся на дизель-генераторе (в том числе, работающем на природном газе) осуществляющем одновременно привод компрессора теплового насоса. Тепловая установка при этом обеспечивает отопление и горячее водоснабжение предприятия.

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 теплопотерь 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 нескольким десятков мегаватт* (для использования на ТЭЦ).

На *промышленных предприятиях* в различных регионах России 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.

Рассмотрим, как складывается ситуация с перспективами применения теплонасосных технологий в Республике Казахстан.

Аналогичные работы в области эффективного использования теплонасосных систем теплоснабжения (ТСТ) с различными низкопотенциальными возобновляемыми и альтернативными источниками энергии интенсивно проводятся в 1999 – 2008 г.г. и в Республике Казахстан /11-18/.

На протяжении ряда последних лет под руководством к.т.н. Алимгазина А.Ш. на базе испытательного центра «Теплонасосные установки» и лаборатории «Энергосберегающие технологии» АО «Региональный научно-технологический парк Алтай» (г. Усть-Каменогорск) испытаны ТНУ различной мощности, апробированы всевозможные схемы подключения и использования низкопотенциальных источников теплоты, а весной 2008 г. запущена первая отечественная сборочная линия тепловых насосов единичной мощностью до 100 кВт.

Практически за прошедший период впервые в стране/11-18/:

- заложены научные и практические основы применения ТНУ в различных климатических регионах Республики Казахстан;
- реализован ряд конкретных проектов с применением ТНУ;
- начата подготовка специалистов-теплоэнергетиков по специализации «Теплонасосные установки».

В настоящее время ведущей организацией при проведении НИОКР и внедренческих работ

является ТОО «Научно-производственная фирма КазЭкоТерм» (г.Астана).

Основные направления ее деятельности в области использования нетрадиционных источников энергии (теплота земли, грунтовых, геотермальных вод, низкопотенциальная сбросная теплота предприятий и т.д.) и энергосбережения:

- внедрение энергосберегающих технологий с использованием теплонасосных установок (ТНУ) в системах автономного теплоснабжения объектов в различных климатических зонах Республики Казахстан, включая отдаленные населенные пункты и фермерские хозяйства;

- разработка и внедрение энергосберегающих технологий с использованием теплоты технологических процессов промышленных предприятий.

Значительный интерес к разработкам специалистов предприятия в области внедрения альтернативного теплоснабжения жилых, производственных и административных зданий на базе ТНУ, использования низкопотенциальной теплоты промышленных предприятий проявили ряд отраслевых министерств Республики Казахстан, акиматы различных регионов и т.д.

В настоящее время в Республике Казахстан запущено и успешно работает около 40 теплонасосных установок различной мощности (от 4кВт до 3 МВт) как в промышленности (АО «Казцинк», 1999 г.)/12, 14/, сельском хозяйстве (Черемшанская птицефабрика, крестьянские хозяйства ВКО, 2004 г.)/11, 13/, объектах бюджетной сферы (ГУ «Восточно-Казахстанская областная специальная школа-интернат для детей-сирот» г.Усть-Каменогорск, 2006 г.)/15/, так и частном секторе (коттеджи, магазины, СТО и т.д.)/11, 14/

Однако, одним из перспективных направлений эффективного использования ТНУ в Республике Казахстан, как показывает опыт развитых стран мира, является направление, *связанное с утилизацией низкотемпературных тепловых отходов технологических процессов промышленных предприятий* (сбросные воды предприятий, сточные воды, вода из системы оборотного водоснабжения и т.п.) с целью снижения вредных выбросов в атмосферу и одновременным получением теплоты более высоких параметров.

Работа проводится по следующим направлениям:

- использование теплоты циркуляционных вод конденсаторов турбин станций (ТЭЦ, ГРЭС) и сбросной теплоты оборотного цикла промышленных предприятий;

- использование низкопотенциального тепла сточных вод канализационно-очистных станций городов.

Рассмотрим некоторые из работ по внедрению теплонасосных технологий, проводимых совместно с Министерством охраны окружающей среды с различными предприятиями Республики Казахстан.

1. Так, в 2008 г. по согласованию с АО «Астана - Энергия» выполнен предварительный этап работ по использованию с помощью ТНУ сбросной теплоты циркуляционной воды ТЭЦ-2 (г.Астана), поступающей для охлаждения на градирни с температурой 20-32°С (объем до 32 000 м<sup>3</sup>/час), что позволит существенно уменьшить тепловое загрязнение атмосферы с последующим использованием снятой теплоты для нужд отопления различных объектов /16, 18/.

Очень перспективно использование теплоты *циркуляционной воды ТЭЦ-2* для теплоснабжения объектов строящегося Парка индустриально-инновационного развития, что дает возможность дополнительного получения, по предварительным оценкам, до 250 МВт тепла, при этом отпадает *необходимости строительства целого ряда автономных котельных* (на площадке запланировано строительство порядка 30 различных объектов)

Следует отметить, что снижение температуры циркуляционной воды выгодно технологически для повышения технико-экономических показателей работы теплоэнергетического оборудования ТЭЦ-2 (существенно улучшится вакуум в конденсаторах, увеличится выработка электроэнергии с турбин станции).

Предварительные исследования, проведенные специалистами ТОО «НПФ КазЭкоТерм» совместно с ведущими специалистами в области энергосбережения (КНР), имеющими практический опыт проведения аналогичных работ в США, Корею, КНР, показывают большие перспективы внедрения этих технологий в системах теплоснабжения г.Астаны, что позволило бы, на наш взгляд, решить наиболее проблемные вопросы в этой сфере.

2. В октябре 2008 г. начата разработка ТЭО

проекта «Применение теплонасосных технологий при использовании низкопотенциального тепла циркуляционной воды конденсаторов турбин АО «Станция ЭГРЭС-2» для теплоснабжения административно-производственных зданий предприятия и объектов пос.Солнечный»

Объем циркуляционных вод после конденсаторов станции, сбрасываемых в пруд-охладитель с минимальной температурой от 16°C (зима) до 34°C (лето), составляет до 120 000 м<sup>3</sup>/час.

Ожидаемый эффект – применение ТНУ для отопления и ГВС административно-производственных зданий предприятия, а также жилых и общественных зданий прилегающего пос.Солнечный, даст значительную экономию топлива, сжигаемого на котлоагрегатах станции и существенно уменьшит вредные выбросы в атмосферу.

Аналогичные работы планируется проводить в 2008 г. и на АО «Станция Экибастузская ГРЭС-1», АО «Станция Аксуская ГРЭС» и др., где важнейшей предпосылкой для применения ТНУ являются достаточно большие объемы теплоты, выбрасываемые с циркуляционной водой в пруды-охладители, р.Иртыш, градирни (даже при минимальном пропуске пара в конденсатор).

3. Согласно Плана мероприятий по охране окружающей среды на 2008 год АО «Арселор-МитталТемиртау» и Протокола совещания по вопросам внедрения энергосберегающих установок на предприятии разработан проект «*Опытно-конструкторские работы по применению теплонасосных технологий утилизации низкопотенциального тепла оборотной воды кислородного цеха №2 и сточных вод цеха очистных сооружений*» с перспективой дальнейшего внедрения тепловых насосов на этом предприятии /17/.

Объем ежегодных низкопотенциальных сбросов:

а) кислородное отделение №2 – до 6 500 м<sup>3</sup>/час горячей воды с минимальной температурой от 15°C (зима) до 35°C (лето) охлаждается на градирне;

б) цех очистных сооружений (ЦОС) – сброс в р.Нуру до 120 000 м<sup>3</sup>/сутки горячей воды с минимальной температурой от 15°C (зима) до 30°C (лето)

#### Ожидаемый эффект:

- применение теплонасосных технологий для отопления и горячего водоснабжения административно-производственных зданий и сооружений только в Кислородном отделении №2 дает экономию (по схеме замещения) 34 500 тонн угля/год, сжигаемых на ТЭЦ-ПВС предприятия;

- в цехе очистных сооружений (ЦОС) предприятия использование теплоты очищенных сточных вод дает экономию 1 577 тонн мазута из 2 200 тонн, сжигаемых в настоящее время.

4. В стадии заключения (ноябрь 2008 г.) находится договор с ТОО «Павлодар - Водоканал», согласно которого запланированы разработка ТЭО и проекта «*Применение теплонасосных технологий использования низкопотенциального тепла сточных вод для отопления и ГВС административно-производственных зданий городских очистных сооружений (ГОС) г.Павлодара*».

Ожидаемый эффект – установка теплонасосной станции (ТНС), работающей на теплоте очищенных сточных вод (объем до 6 000 м<sup>3</sup>/час), сбрасываемых в р.Иртыш с минимальной температурой от 15°C (зима) до 30°C (лето), позволит законсервировать существующую котельную на твердом топливе с годовым расходом 2000 тонн угля.

Таким образом, **практическая реализация инновационных проектов с применением ТНУ в Республике Казахстан даст:**

- значительную, в 2-4 раза, экономию бюджетных средств страны, расходуемых на автономное теплоснабжение различных объектов (административные здания, детские сады, школы, больницы, учебные заведения, исправительные учреждения и др.);

- возможность *существенного снижения вредных выбросов* промышленных предприятий в окружающую среду и *одновременным получением теплоты* более высоких параметров для теплоснабжения как административно-производственных зданий и сооружений предприятий, так и различных объектов городской инфраструктуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бриганти А. Тепловые насосы в жилых помещениях. ч.1 и 2 – Журнал «АВОК», 2004 г.№6
2. J. Вюта. Рынок тепловых насосов в Европе. VI конференция международного энергетического Агентства по тепловым насосам. Берлин, 1999.

3. *Андрющенко А. И.* Сравнительная эффективность применения тепловых насосов для централизованного теплоснабжения // *Промышленная энергетика*. 1997. № 6. С. 2–4.
4. *Данилов В. В.* Повышение эффективности системы централизованного теплоснабжения на основе применения технологии тепловых насосов // *Энергосбережение и водоподготовка*. 2000. № 2. С. 5–14.
5. *Пустовалов Ю. В.* Экономические вопросы развития теплонасосных станций // *Теплоэнергетика*. 1986. № 3. С. 24–28.
6. *Николаев Ю. Е.* Основы повышения эффективности теплоснабжающих комплексов городов. Дис. д-ра техн. наук. Саратов: Гос. техн. ун-т, 2003.
7. *Фролов В.П., Щербатов С.Н., Фролов М.Я., Шелгинский А.Я.* Анализ эффективности использования тепловых насосов в централизованных системах горячего водоснабжения // *Энергосбережение*, №2, 2004
8. *Шилкин Н. В.* Утилизация тепла канализационных стоков // *Сантехника*. 2003. № 1. С. 12–13.
9. *Васильев Г. П., Шилкин Н. В.* Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных установках // *АВОК*. 2003. № 2. С. 52–60.
10. *Девянин Д.Н., Пищиков С.И., Соколов Ю.Н.* Разработка и испытание на ТЭЦ-28 ОАО «Мосэнерго» лабораторного стенда по апробации схем использования тепловых насосных установок в энергетике. - «Новости теплоснабжения» № 1, 2000 г.
11. *Алимгазин А.Ш.* Перспективы применения теплонасосных установок в системах теплоснабжения жилых, общественных и производственных помещений в Республике Казахстан. - *Вестник ПГУ им.С.Торайгырова*, серия «Энергетика», №4, г.Павлодар, 2004 г., с.12-17
12. *Алимгазин А.Ш., Бахтиярова С.Г., Севидов Г.П.* и др. Разработка и внедрение новых энергосберегающих технологий на основе использования низкопотенциальной теплоты промышленных предприятий. - *Вестник ПГУ им.С.-Торайгырова*, серия «Энергетика», №4, г.Павлодар, 2004 г., с.17-25
13. *Алимгазин А.Ш.* Применение новых экологически чистых энергосберегающих технологий в системах теплоснабжения жилых, общественных и производственных зданий в различных климатических регионах Республики Казахстан. - В кн.: *Парламентские слушания «Экологические, экономические и политические аспекты ратификации Республикой Казахстан Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата»*, г.Астана, 2006 г., с.186 -197
14. *Алимгазин А.Ш., И.К. Иванов, С.Г. Бахтиярова* Проект установки теплонасосной станции для утилизации низкопотенциального тепла на АО «Казцинк». - В кн.: *Материалы Международной Казахстанско-Российской НТК «Проблемы трансграничного загрязнения территорий»*, 5-6 октября 2004г., г. Усть-Каменогорск, Часть III, с. 15-17
15. *Алимгазин А.Ш.* Автономная система теплоснабжения на основе применения теплонасосной установки типа GSHP-310 для объекта ГУ «Восточно-Казахстанская областная специальная школа-интернат для детей-сирот» (г.Усть-Каменогорск) - *Вестник ПГУ им.С.Торайгырова*, серия «Энергетика», 2007 г., №4, с16-21
16. *Алимгазин А.Ш., Жакишев Б.А., Чеканова А.Е.* Перспективы использования возобновляемых источников энергии в системах теплоснабжения различных объектов в г. Астане. - *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*, №9, 2007 г., с.61-63
17. *Алимгазин А.Ш.* Оценка возможностей использования низкопотенциальной сбросной теплоты АО «АрселорМитталТемиртау» для теплоснабжения объектов в г.Темиртау. – В кн.: *Материалы Республиканской НТК «Сейфуллинские чтения-4»*, г.Астана, 2008 г., т.3, с.3
18. *Алимгазин А.Ш., Жакишев Б.А.* Перспективы утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты ТЭЦ-2 с целью теплоснабжения объектов парка Индустриально-инновационного развития г.Астаны.- В кн.: *Материалы Республиканской НТК «Сейфуллинские чтения-4»*, г.Астана, 2008 г.,т.3, с5

#### Резюме

Қазақстан Республикасының қалалық нысандарындағы энергиямен жабдықтайтын жүйелерінде жылусорғылық технологияларын пайдаланудың келешегі!

#### Summary

In this article a new energy saving technologies with heat pumping equipment using and its application prospects analysis is given connecting with utilization of low-temperature heat wastes of industrial works' technological process (industrial wastes, sewage, water from reverse water supply systems, etc.) aiming at hazardous emissions decrease in the atmosphere and simultaneous receipt of higher parameters heat for different objects heat supply in the Republic of Kazakhstan.

*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт сетевых технологий и телекоммуникаций»*

*Поступила 20.03.09*