

- Отопление. Кондиционирование. — 2009. — № 1. — С. 18–20.
2. Безродный М.К., Куделя П.П., Дроздова О.И. Порівняльний ексергетичний аналіз теплонасосних та традиційних систем опалення // Технич. теплофізика и пром. теплотехника. — Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2010. — Вип. 2. — С. 22–34.
 3. Vitodens. Газовые конденсационные котлы. Инструкция по проектированию. — Viessmann, 2004. — 144 с.
 4. Некрасова О.А., Синяк Ю.В. Исследование теплонасосных систем отопления (модельный подход) // Теплоэнергетика. — 1986. — № 11. — С. 30–34.
 5. Шубин Е.П. Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов. — М. : Энергия, 1979. — 359 с.

Поступила в редакцию 01.04.10

Energy Analysis of Heat Pump Heating System

Bezrodny M.K., Drozdova O.I.

National Technical University of Ukraine «KPI», Kiev

The comparative energy analysis of heat pump and traditional heating systems is considered. The efficiency of heat pump installation as heat source in comparison with heating boiler heat supply is determined. The expediency of low-temperature heating units installation for heat pump heating system construction is analysed.

Key words: heat pump installation, heating system, heating boiler, low-temperature heating units.

Received April 1, 2010

УДК 621.517:697.34

Использование тепловых насосов в системе централизованного теплоснабжения г. Севастополь

Софийский И.Ю., Пухлий В.А., Мирошниченко С.Т.

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности
Рассмотрены тенденции использования тепловых насосов в системах теплоснабжения. Показано, что использование этой технологии позволяет в отопительный период значительно уменьшить потребление природного газа, а между отопительными сезонами горячее водоснабжение будет обеспечиваться за счет источника низкопотенциальной теплоты. Представлены результаты расчетов целесообразности создания теплонасосной станции для района г. Севастополя на базе его очистных сооружений.

Ключевые слова: тепловой насос, теплонасосная станция, теплоснабжение, источник низкопотенциальной теплоты.

Розглянуто тенденції використання теплових насосів у системах теплопостачання. Показано, що використання цієї технології дозволяє в опалювальний період значно зменшити споживання природного газу, а між опалювальними сезонами гаряче водопостачання забезпечуватиметься за рахунок джерела низькопотенційної теплоти. Представлено результати розрахунків доцільності створення теплонасосної станції для району м. Севастополя на базі його очисних споруд.

Ключевые слова: тепловий насос, теплонасосна станція, теплопостачання, джерело низькопотенційної теплоти.

Реформирование систем теплоснабжения регионов Украины — приоритетная задача обеспечения теплом населения. В настоящее время интенсивно используется технология теплоснабжения с использованием тепловых насосов практически во всех развитых странах. Согласно прогнозам Мирового энергетического комитета (МИРЭК), к 2020 г. 75 % теплоснабжения (коммунального и промышленного) в развитых странах будет осуществляться с помощью тепловых насосов. Сейчас в мире в системах теплоснабжения эксплуатируется около 20 млн тепловых насосов разной мощности. Наибольшие масштабы применения тепловых насосов в Швеции, где их общая тепловая мощность превысила 1200 МВт [1–3].

Применение в качестве источников теплоснабжения теплонасосных станций (ТНС) является одним из перспективных направлений, обеспечивающих сокращение расхода органического топлива, а также снижение загрязнения окружающей среды. В состав ТНС входят теплонасосные установки (ТНУ) и пиковые водогрейные котельные (ПВК) [4].

Необходимым условием сооружения ТНС является наличие крупного концентрированного источника низкопотенциальной теплоты, например, городские сточные воды после биологической очистки. В городах огромное количество сточных вод выбрасывается из очистных сооружений в естественные водоемы, в результате чего не только не используется тепловой потенциал этих вод, но и возникают экологические проблемы. Так, в г. Севастополе с Южных очистных сооружений, расположенных в районе Камышовой бухты, ежесуточный сброс очищенной воды в Черное море с температурой зимой не ниже 16 °С составляет $(50–65) \cdot 10^3 \text{ м}^3$, а на расстоянии 2 км от очистных сооружений находится районная котельная. Котельная Камышовой бухты обеспечивает отопление и горячее водоснабжение и имеет закрытую схему теплоснабжения.

Оценка энергетической эффективности ТНС произведена с учетом годового графика продолжительности суммарной тепловой нагрузки (рис.1). Расчетная температура наружного воздуха для г. Севастополя принята $t_n = -11 \text{ °С}$. При этой температуре расчетная величина суммарной тепловой нагрузки котельной $Q_{\text{сум}} = 192,3 \text{ МВт}$. В летний период расчетная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение $Q_{\text{ГВС}} = 21,5 \text{ МВт}$.

Средняя тепловая мощность низкопотенциальной сточной воды в зимний период $Q_{\text{вс}} = 30 \text{ МВт}$ определена из условия, что температура сточной воды $t_{\text{вс}} = 15 \text{ °С}$, ее расход $G_{\text{вс}} = 2290 \text{ м}^3/\text{ч}$ и минимальная температура, до которой она может быть охлаждена, $t_{\text{вс}}^m = 4 \text{ °С}$.

На рис.1 площадь фигуры OABDEGO представляет собой выработку теплоты котельной в течение года на отопление и горячее водоснабжение, OFCDEGO — покрытие тепловой нагрузки тепловыми насосами, FABCF — покрытие тепловой нагрузки ПВК.

При расчетной суммарной тепловой нагрузке $Q_{\text{сум}}$ годовая выработка теплоты на теплоснабжение составляет $E_k = 1896 \text{ тыс. ГДж}$, из которых ТНУ покрывает $E_{\text{ТНУ}} = 923 \text{ тыс. ГДж}$, а ПВК — $E_{\text{ПВК}} = 973 \text{ тыс. ГДж}$ (см. рис.1).

Среднегодовой коэффициент преобразования принят равным $\phi = 3,3$ при температуре сетевой воды после конденсатора 75 °С [4, 5].

Тепловая мощность ТНУ при среднегодовом коэффициенте преобразования теплоты $Q_{\text{встнУ}} = Q_{\text{вс}} \phi / (\phi - 1) = 43 \text{ МВт}$.

Продолжительность потребления теплоты зимой $t_3 = 3250 \text{ ч}$ и летом $t_л = 5510 \text{ ч}$, соответственно выходная тепловая мощность ТНУ зимой составляет $Q_{\text{ТНУ}}^3 = 42 \text{ МВт}$, а летом — $Q_{\text{ТНУ}}^л = 21,6 \text{ МВт}$.

Электрическая мощность, потребляемая ТНУ, составляет зимой $N_{\text{ТНУ}}^3 = 12,7 \text{ МВт}$; летом $N_{\text{ТНУ}}^л = 6,8 \text{ МВт}$, при этом годовое потребление электрической энергии ТНУ $\mathcal{E}_{\text{эл}} = 7,75 \cdot 10^5 \text{ МВт}\cdot\text{ч}$.

Экономия природного газа за счет применения ТНУ составляет $\mathcal{E}_{\text{газ}} = E_{\text{ТНУ}} \phi = 30 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ (где ϕ — удельный расход газа на выработку теплоты, $\phi = 32,62 \text{ м}^3/\text{ГДж}$).

По состоянию на 01.02.09 стоимости электрической энергии и газа для теплоснабжающей организации соответственно были равны $\Pi_{\text{эл}} = 0,715 \text{ грн}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$ и $\Pi_{\text{газ}} = 2570 \text{ грн}/\text{тыс. м}^3$. Исходя из этих цен, затраты на оплату электрической энергии, потребляемой ТНУ, составят $S_{\text{ТНУ}} = \Pi_{\text{эл}} \cdot \mathcal{E}_{\text{эл}} = 55,4 \text{ млн грн}$, а стоимость законопленного газа $S_{\text{ТНУ}} = \Pi_{\text{газ}} \cdot \mathcal{E}_{\text{газ}} = 77,4 \text{ млн грн}$. Таким образом, годовой экономический эф-

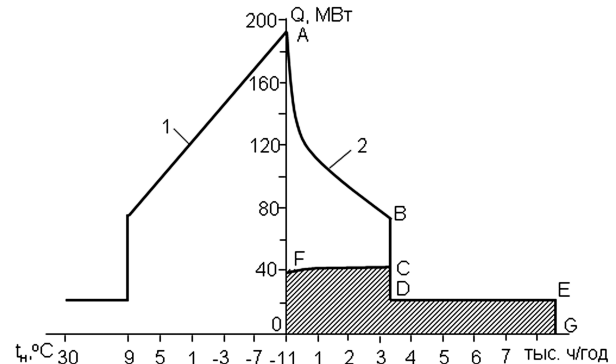


Рис.1. Годовой график температурной и суммарной тепловой нагрузки с распределением теплоты между ТНУ и ПВК: 1 — график зависимости тепловой нагрузки от температуры наружного воздуха; 2 — график годового отпуска теплоты.

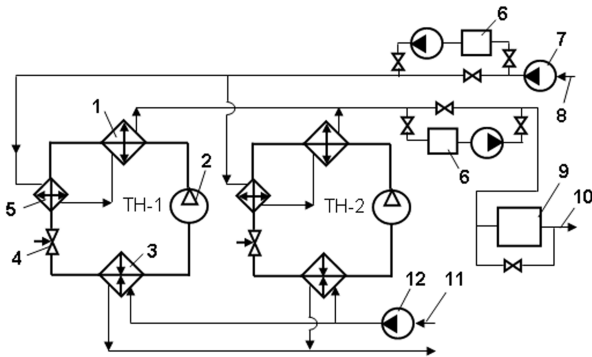


Рис.2. Принципиальная тепловая схема теплонасосной станции с параллельным подключением ТН: 1 – конденсатор; 2 – турбокомпрессор; 3 – испаритель; 4 – дроссель; 5 – теплообменник – переохладитель; 6 – бак – аккумулятор; 7, 12 – насос; 8 – вода из сети; 9 – ПВК; 10 – вода в сеть; 11 – сточная вода.

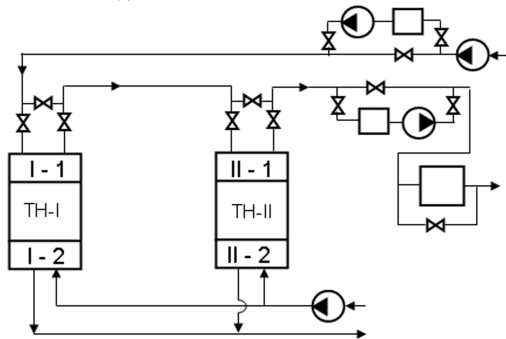


Рис.3. Принципиальная тепловая схема теплонасосной станции с последовательно-параллельным подключением ТН: I-1, II-1 – конденсаторы ТН I и II соответственно; I-2, II-2 – испарители ТН-I и ТН-II.

фект от использования ТНС составит 22 млн грн.

Принципиальные схемы ТНС теплоснабжения представлены на рис.2, 3 [6].

ТНС работает следующим образом. Вода из обратной магистрали тепловой сети поступает на сетевой насос и затем разделяется, например, на два потока (по количеству установленных тепловых насосов). Каждый поток воды последовательно нагревается сначала в теплообменнике-переохладителе, а затем в конденсаторе до максимальной температуры 65–80 °С. Далее нагретая вода собирается в общий трубопровод и поступает на догрев (если он требуется по температурному графику) в ПВК. При этом низкопотенциальная сточная вода из сбросового канала очистных сооружений насосом подается в испарители тепловых насосов, где охлаждается на 5–11 °С и снова поступает в сбросовой канал.

С целью обеспечения оптимального режима работы ТН (минимум затрат на электроэнер-

гию) они должны работать с остановом в часы утреннего и вечернего максимума нагрузки энергосистемы, а для непрерывного теплоснабжения потребителей района в тепловой схеме ТНС должны быть предусмотрены два бака-аккумулятора.

Схема на рис.3 отличается от предыдущей тем, что конденсаторы соединены по сетевой воде последовательно, а испарители – по сточной воде параллельно. В этом варианте на расчетном режиме коэффициент преобразования для ТН-I будет равен $\phi_I = 3,75$, а для ТН-II останется $\phi_{II} = 3,3$, что приведет к снижению потребления электрической энергии.

Выводы

Как показали расчеты, создание теплонасосной станции на базе Южных очистных сооружений и котельной Камышовой бухты г. Севастополя целесообразно. При этом экономия природного газа будет не менее 30 млн м³ в год, а годовой экономический эффект составит 22 млн грн (в ценах на электроэнергию и газ по состоянию на 1.02.09). Кроме того, ТНУ в период между отопительными сезонами, продолжительность которого в г. Севастополе составляет 5500 ч, обеспечит 100 %-е горячее водоснабжение района без потребления газа.

Список литературы

1. Зинченко О.И. Тепловые насосы. История, применение, перспективы развития в Украине // Энергетика та електрифікація. – 2008. – № 1. – С. 56–64.
2. Снежкин Ю.Ф., Шаврин В.С., Чалаев Д.М., Шапарь Р.А. Применение теплонасосных технологий в энергетике // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2008. – № 3. – С. 11–15.
3. Ткаченко С.Й., Остапенко О.П. Комплексні методи оцінки енергоефективності теплонасосних станцій в системах теплопостачання // Вісн. Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 4. – С. 83–85.
4. Янговский Е.И., Пустовалов Ю.В., Янков В.С. Теплонасосные станции в энергетике // Теплоэнергетика. – 1978. – № 4. – С. 13–19.
5. Проценко В.П., Радченко В.А. Коэффициент преобразования пароконденсационных тепловых насосов // Там же. – 1988. – № 8. – С. 51–53.
6. Петраков Г.Н., Стогней В.Г., Мартынов А.В., Левадный А.С. Энергосберегающие теплонасосные системы теплоснабжения // Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – № 2. – С. 66–68.

Поступила в редакцию 21.04.09

Thermal Pumps Application for Centralized Heat Supply System of Sevastopol

Sofijsky I. Yu., Puhly V. A., Miroshnichenko S. T.

Sevastopol National University of Nuclear Energy and Industry

The trends of thermal pumps application for heat supply systems are considered. It is displayed that the technology application allows to reduce natural gas consumption during heating period. Hot water supply between heating season is provided by low-potential heat source. The expediency calculations results for thermal pumps station construction of one of Sevastopol districts on the basis of purification facilities are displayed.

Key words: thermal pump, heat pump station, heat supply, low potential heat source.

Received April 21, 2009

Сводный каталог периодических изданий, выпускаемых Академиями наук — членами МААН

Новый каталог создан после принятия Советом Международной ассоциации академий наук решения о поддержке инициативы Совета по книгоизданию при МААН о создании совместного подписного каталога научных периодических изданий Академий наук и организаций — членов МААН.

Понимая важное значение создания «Сводного каталога», подписное агентство «Укринформнаука» ставит перед собой задачу ознакомить ученых и специалистов, аспирантов и студентов с деятельностью организаций и лабораторий, функционирующих в академических учреждениях на постсоветском пространстве, облегчить поиск и заказ академических журналов и трудов ученых научных организаций Академий наук — членов МААН.

Целью создания каталога является улучшение коммуникаций и обмена научной информацией между учеными и создание льготных условий для подписчиков, издателей и редакций научных изданий.

В «Сводном каталоге» изложены условия подписки на периодические и книжные издания на 2011 год.

В каталог на 2011 г. вошли периодические издания Национальных академий наук Армении, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Российской Федерации, Республики Узбекистан, Украины.

По вопросам организации подписки, оформления заказов и обработки подписной документации следует обращаться

В Украине

Подписное агентство «Укринформнаука»

ул. Владимирская, 54, комн. 144

Киев-30, 01601

тел./факс +38 (044) 239 64 57

моб. +38 (050) 154 77 83

e-mail: innovation@nas.gov.ua

В России

Компания «Информнаука»

вед. специалист

Перова Ольга Александровна

тел.: 8 (495) 787 38 73

факс: 8 (499) 152 54 81

e-mail: perova@viniti.ru