

5. Долинский А.А., Драганов Б.Х., Дубровин В.А. Оптимизация технических систем методами эксергоэкономики // Пром. теплотехника. — 2003, Т. 25, № 5. — С. 57–60.
6. Драганов Б.Х., Мищенко А.В. Эксергоэкономический метод оптимизации энергетических систем // Електрифікація та автоматизація сільсько-го господарства. — № 1, 2002. — С. 98–101.
7. Косой Б. В., Ломовцев П. Б. Представление знаний об энергетических установках в экспертных системах // Холодильная техника и технология, № 63, 1999. — Одесса, ОГАХ. — С. 77–80.
8. Massimo Dentice d'Assadia, Fillippo de Rossi. Thermoeconomic optimization of a refrigeration plant. — Int J. Refrig. — 1998, vol. 21, № 1, pp. 42–54.
9. Ломовцев П. Б., Иванников Е.В., Новиков В.М. Системная диагностика аммиачной холодильной установки // Холодильная техника и технология, 2002, № 3 (77). — С. 16–19.
10. Голубинский П.К., Зимин Л.Б., Иваненко Г.В., Фиалко Н.М. Об эффективности применения термотрансформаторов в тепловентиляционных системах подземных сооружений. // Экотехнологии и ресурсосбережение, 2005, № 6. — С. 74–78.
11. Holland F.A.; Watson F.A. Heat pumps. Pt IV. Derived thermodynamic design data for heat pump systems operating an R12 // Indian chem. Eng. 1979. V. 21. № 4, P. 3–15.
12. Проценко В. П., Сафонов В. К. Эксергетический КПД теплонасосных установок // Изв. АН СССР, сер. Энергетика и транспорт. — № 1, 1989. — С. 123–130.
13. Холодильные машины: Справочник / Под ред. Быкова А. В. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 223 с.

Получено 16.03.2006 г.

УДК 662. 925

КУРДЮМОВА К.А.<sup>1</sup>, КУРАТЕНКО А.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ялтинский учебно-методический центр экологии

<sup>2</sup>Ялтинский пансионат “Дружба”

## ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ЧЕРНОГО МОРЯ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ПАНСИОНАТА “ДРУЖБА” В Г. ЯЛТЕ

Викладено питання впровадження енергозберігаючої технології використання низькопотенційного тепла Чорного моря з допомогою теплових насосів для опалення пансіонату “Дружба” в м. Ялті.

Изложены вопросы внедрения энергосберегающей технологии использования низкопотенциальной теплоты Черного моря в тепловых насосах для отопления пансионата “Дружба” в г. Ялте.

We describe some problems of the introduction of energy saving technology of using the low-potential heat of the Black Sea in heat pumps for heating the hotel “Druzhba” in Yalta.

ГВС — горячее водоснабжение;  
ТНС — теплонасосная станция;

ТНУ — теплонасосная установка;  
НФС — насосно-фильтровальная станция.

В условиях высоких цен на энергоносители, является актуальным для различных систем теплоснабжения внедрение энергосберегающих тех-

нологий с использованием тепловых насосов, которые могут преобразовывать низкопотенциальную теплоту окружающей среды и передавать

ее потребителю на более высоком температурном уровне.

При строительстве пансионата “Дружба” в г. Ялте был реализован проект по использованию низкопотенциальной теплоты Черного моря для отопления пансионата.

Известно, что температура морской воды в зимнее время у берегов Ялты составляет  $+ (8...9) ^\circ\text{C}$ .

Для преобразования низкого потенциала морской воды и доведения теплоносителя до температур, пригодных для отопительной системы пансионата, были использованы серийные фреоновые водоохлаждающие холодильные установки, переведенные в теплонасосный режим с доведением температуры конденсации до  $+ 70 ^\circ\text{C}$ .

Поскольку термодинамический цикл парокompрессионного теплового насоса такой же, как и паракомпрессионной холодильной установки, для работы в режиме теплового насоса серийно выпускаемые холодильные установки не требовали существенных конструктивных доработок. С целью повышения температуры теплоносителя до  $+70 ^\circ\text{C}$  в установке был заменен фреон  $-22$  на фреон  $-12$ , имеющий более высокую температуру конденсации. Пресная вода в качестве теплоносителя системы отопления подавалась в три последовательно подключенных конденсатора холодильных установок, морская вода при температуре  $+8 ^\circ\text{C}$  подавалась в испарители, где за счет кипения фреона охлаждалась до  $+6 ^\circ\text{C}$  и выбрасывалась в море.

Тепловая энергия от конденсаторов использовалась в системах теплообеспечения пансионата для отопления здания, а также для нагрева воды системы ГВС и нагрева морской воды лечебно-плавательного бассейна.

В летнее время в испарители вместо морской воды подавалась пресная вода из баков – аккумуляторов и использовалась в качестве теплоносителя при температуре  $+10 ^\circ\text{C}$  в системе кондиционирования воздуха в пансионате, а в конденсаторах нагревалась горячая вода до температуры  $+55 ^\circ\text{C}$  для системы горячего водоснабжения.

Как известно, для тепловых насосов, потребляющих механическую или электрическую энергию, величиной, характеризующей их эффективность, является коэффициент преобразования  $\mu$  – отно-

шение полученной теплоты к затраченной работе, который всегда больше единицы.

Откуда следует, что после теплового насоса потребитель за счет переноса низкопотенциальной теплоты всегда получает тепловой энергии больше, чем затрачено на его привод, что очень выгодно в системах теплоснабжения, позволяющих значительно экономить энергоресурсы.

По пансионату “Дружба” коэффициент преобразования составил  $\mu = 3,5...4$ , что позволило ежегодно экономить до 700 т условного топлива по сравнению с котельной на жидком топливе.

Структурная схема теплоснабжения пансионата приведена на рис. 1. Было запроектировано 3 теплонасосные установки со спаренными поршневыми компрессорами П–220 с приводом от электродвигателей мощностью 132 кВт каждый, теплопроизводительность одной ТНУ – 2,5 ГДж/ч.

Морская вода в количестве  $450 \text{ м}^3/\text{ч}$  подается в испарители ТНУ, по  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$  воды на одну установку.

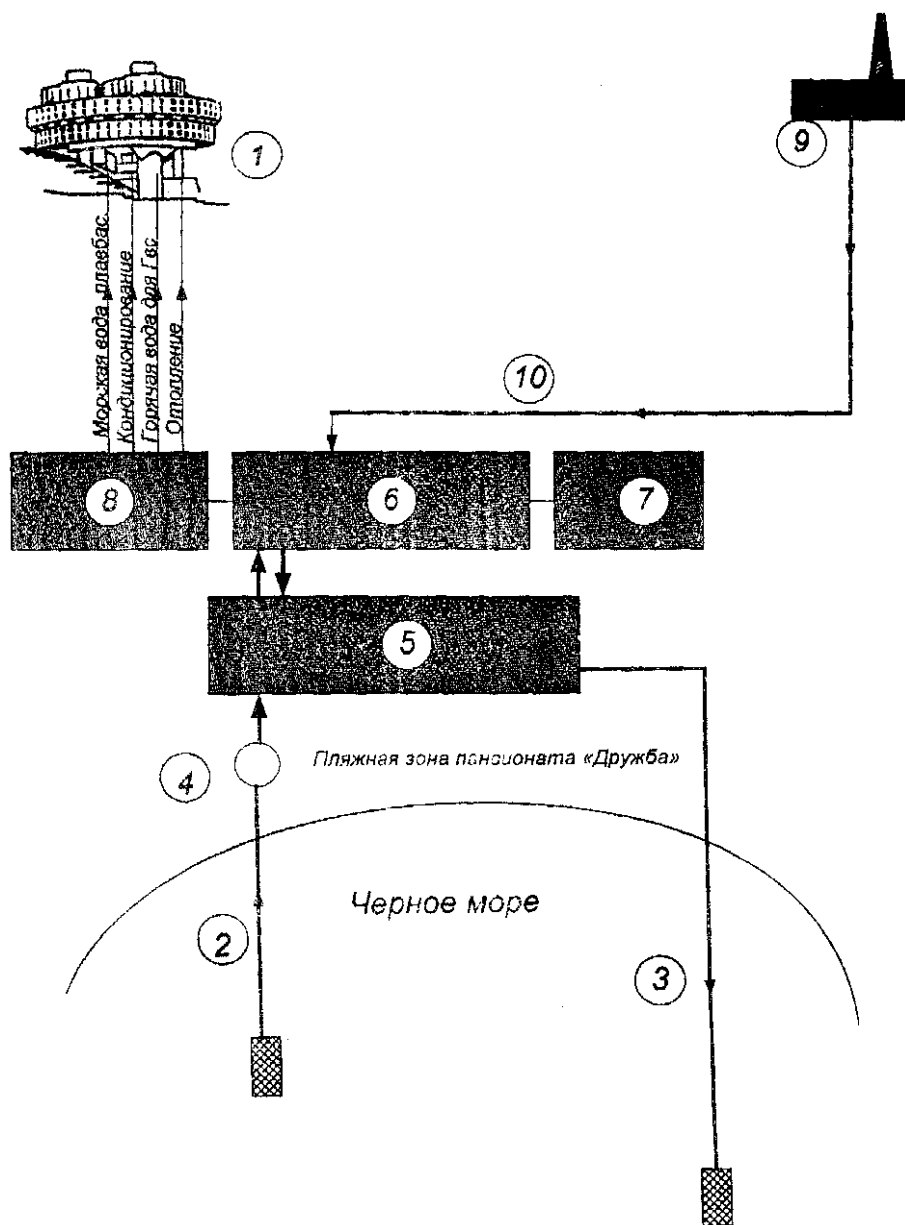
Для подачи воды из моря был выполнен глубоководный морводозабор из стальных труб  $\varnothing 530 \times 12$  мм, протяженностью 470 м на глубине 24 м.

Отработанная вода после тепловых насосов выбрасывается в глубоководный морводоотпуск из стальных труб  $\varnothing 426 \times 12$  мм, протяженностью 1290 м на глубине 40 м.

Глубоководный морводозабор и выпуск были запроектированы с целью забора чистой морской воды для группы лечебно-плавательных бассейнов здравниц Южного берега Крыма и возврата отработанной воды из этих бассейнов для последующего использования в теплонасосных установках, что значительно повышало их эффективность.

Каждая теплонасосная установка собрана на базе серийного холодильного оборудования и включает: 2 спаренных компрессора П–220, испарительно-конденсаторный агрегат АИК – 900, систему хладоновых трубопроводов.

Технологическая схема одной ТНУ представлена на рис. 2, по аналогичной схеме собраны две другие ТНУ. Тепловая схема (рис. 3) предусматривает зимний и летний режимы работы 3-х теплонасосных установок с накоплением тепло-



**Рис. 1. Структурная схема и план расположения энергообъектов пансионата "Дружба".**  
 1. Здание пансионата "Дружба"; 2. Глубоководный морводозабор  $\varnothing 530 \times 12$ ; 3. Глубоководный морводоотпуск  $\varnothing 426 \times 12$ ; 4. Водоприемный колодец морводозабора; 5. Насосно-фильтровальная станция; 6. Теплонасосная станция; 7. Трансформаторная подстанция; 8. Бачно-аккумуляторное отделение; 9. Резервная топливная котельная; 10. Теплотрасса котельной  $\varnothing 219 \times 8$ .

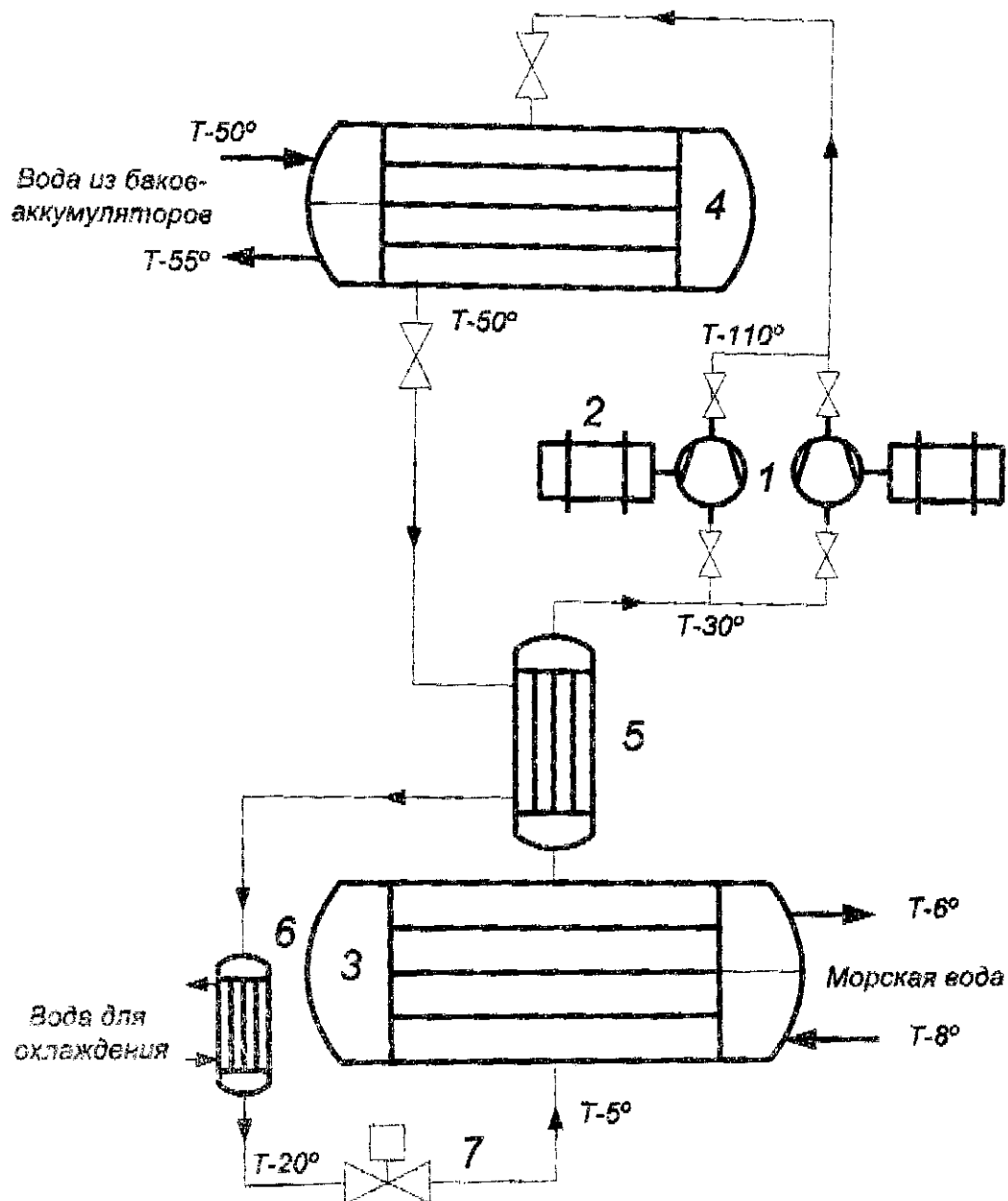
вой энергии в 4-х баках-аккумуляторах по  $60 \text{ м}^3$  воды в каждом баке.

При зимнем режиме используются все три теплонасосные установки, при этом задействованы следующие контуры:

1. Контур испарителей (контур морской воды):

— Морская вода из НФС насосами 1-го подъема подается при  $t = 8 \text{ }^\circ\text{C}$  в три кожухотрубных испарителя ИФ-400 по  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$  в каждый, где за счет кипения фреона происходит отбор тепловой энергии от морской воды и ее охлаждение.

— Охлажденная морская вода при температуре  $+ 6 \text{ }^\circ\text{C}$  выбрасывается обратно в море.



**Рис. 2. Технологическая схема теплонасосной установки на базе 2-х компрессоров П-220 и испарительно-конденсаторного агрегата АИК-960.**

- 1. Компрессор П-220 – 2 шт; 2. Электродвигатель N-132 кВт; 3. Испаритель ИФ-400; 4. Конденсатор КФ-260; 5. Регенеративный теплообменник; 6. Охладитель конденсатора; 7. Соленоидный вентиль.**

Насосами 2-го подъема  $50...60 \text{ м}^3$  морской воды подается на плавбассейн с подогревом до температуры  $28...30 \text{ }^\circ\text{C}$  в трех теплообменниках (утилизаторе, нагревателе и догревателе).

В плавбассейне объемом  $380 \text{ м}^3$  использована проточная схема водоподготовки с 2-х кратным водообменом и нагревом до  $800 \text{ м}^3$  воды в

сутки. Проточная схема предусматривает наличие утилизатора теплоты сбросной воды, при этом утилизируется до 50 % тепловой энергии, необходимой для нагрева морской воды плавбассейна.

2. Контур конденсаторов (контур пресной воды):

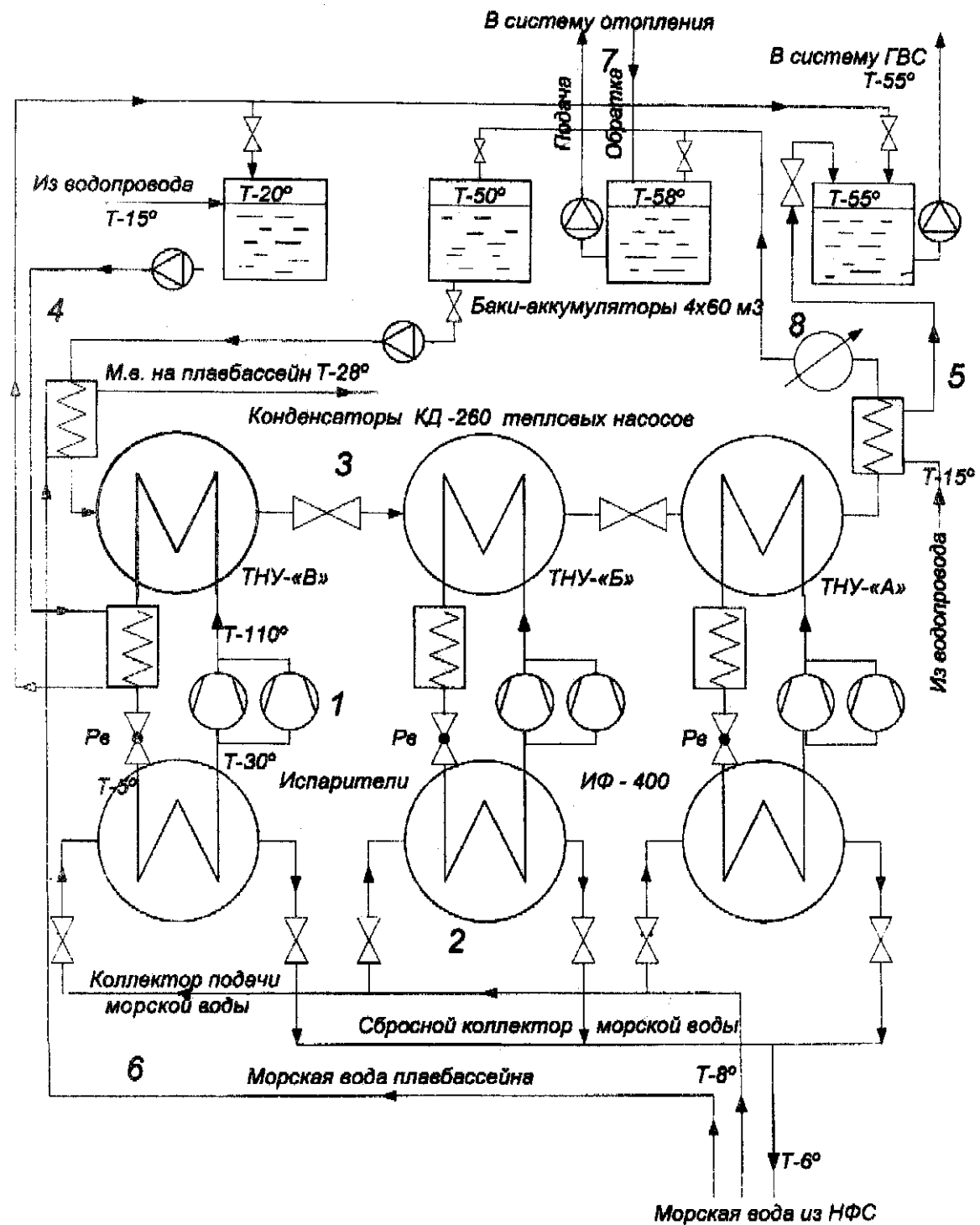


Рис. 3. Тепловая схема ТНС пансионата "Дружба".

1. Холодный контур с компрессорами П-220; 2. Контур морской воды; 3. Контур конденсатора; 4. Контур охладителей конденсатора; 5. Контур системы ГВС; 6. Контур плавбассейна; 7. Контур отопления; 8. Электродогреватель КЭВ-0,4.

Пресная вода из баков-аккумуляторов в количестве  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$  последовательно поступает в три кожухотрубных конденсатора КФ-260, где последовательно нагревается до температуры

60 °С и затем используется в качестве теплоносителя для нагрева воды системы отопления, системы ГВС и морской воды плавбассейна.

### 3. Контур охлаждения конденсата фреона.

В целях повышения эффективности холодильного цикла в режиме теплового насоса предусмотрено перед дросселированием фреона понижение его температуры с помощью пресной воды из бака-аккумулятора, которая затем используется в системе ГВС.

### 4. Контур электродогрева.

Для покрытия пиковых нагрузок в контур конденсаторов в качестве 4-ступени нагрева включен электродный котел КЭВ –0,4, мощностью 400кВт.

### 5. Резервный контур топливной котельной.

Учитывая экспериментальный характер технологии использования энергии моря и повышения надежности теплоснабжения, проектом было предусмотрено резервирование системы теплоснабжения от топливной котельной 2 × 6,7 ГДж/ч и возможность покрытия всех тепловых нагрузок по отоплению, нагреву воды системы ГВС и плавбассейна.

В летнее время (с июля по сентябрь) технологическая схема предусматривает переключение ТНУ на кондиционирование с аккумулярованием в одном баке-аккумуляторе холодоносителя с температурой (10...12) °С, а в остальных баках аккумулируется тепловая энергия для использования в системе ГВС при температуре до (50...55) °С. В летнее время задействована одна теплонасосная установка.

## **Выводы**

1. Тепловые насосы для отопления показали удовлетворительную надежность. В условиях до-

рогоvizны цен на энергоносители они могут конкурировать с топливными котельными и позволяют сэкономить значительное количество топливно-энергетических ресурсов. Ежегодно за период работы тепловых насосов в пансионате “Дружба” экономия составляла до 700 т условного топлива, а за счет энергии моря поставлялось для систем отопления 7121 тыс.кВт.ч тепловой энергии при затратах электроэнергии в 4 раза меньше (1780 тыс.кВт.ч).

В настоящее время, когда стремительно растут цены на энергоносители, необходимы практические программы внедрения тепловых насосов, доведенные до крупных правительственных программ.

2. При использовании тепловых насосов отсутствуют выбросы в окружающую среду в виде дыма и гари от сжигания топлива, а это значительно улучшает экологическую обстановку любого города и поселка, что особенно актуально для курортных районов Украины, в частности, Южного берега Крыма.

3. Низкопотенциальная теплота моря, грунта и даже атмосферного воздуха является неисчерпаемым источником для отопления, причем тепловые насосы используют эту энергию очень эффективно. Коэффициент преобразования любого теплового насоса при эксплуатации систем ТНУ в пансионате составил 3,5...4. Тепловой насос всегда выдает тепловой энергии потребителю больше, чем требуется для его привода. В этом важная особенность преобразования тепловой энергии и переноса ее на более высокий температурный уровень с помощью теплового насоса.

*Получено 21.03.2006 г.*