

УДК 621.1/075.8/+621.59

Долинский А.А.¹, Драганов Б.Х.²¹ Институт технической теплофизики НАН Украины² Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Викладено схематичні рішення поєднання теплонасосних установок (конденсаційних і абсорбційних) з різноманітними видами теплових електростанцій.

Изложены схемные решения сочетания теплонасосных установок (конденсационных и абсорбционных) с различными видами тепловых электростанций.

Presented schematics combination of heat pumps (condensing and absorption) with different types of thermal power plants.

ГТД – газотурбинный двигатель;
ДВС – двигатель внутреннего сгорания;

СЭТС – система центрального электроснабжения;
ТХЭЦ – теплохладоэлектроцентральный.

Один из способов повышения эффективности центральных систем теплоснабжения (ТЭЦ) состоит в использовании теплонасосных установок.

Для сравнения различных схем теплоснабжения потребителей пользуются параметром, характеризующим эффективность использования энергии топлива при выработке единицы энергии.

Рассмотрим систему централизованного электротеплоснабжения (СЭТС) с подключением в схему теплонасосной установки (рис. 1).

Здесь используется турбина с промежуточным отбором пара (массовая доля пара в отборе – $\alpha + \alpha'$) при температуре $T_3 = 333 \text{ K}$ ($60 \text{ }^\circ\text{C}$). Остальной пар продолжает расширяться и покидает турбину при температуре $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Сетевая вода, охлажденная тепловыми насосами до $10 \text{ }^\circ\text{C}$, нагревается в два этапа – вначале в конденсаторе отработанного пара до температуры $25 \text{ }^\circ\text{C}$, а затем в конденсаторе промежуточного отбора до температуры $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Далее нагретая вода, пройдя по тепломагистралям, подается на вход тепловых насосов. Питательная вода, образовавшаяся в двух конденсаторах, будет иметь, соответственно, температуру на выходе 30 и $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Чтобы устранить потери энергии при смешении используется регенеративный подогрев низкотемпературного конденсата за

счет увеличения расхода пара в промежуточном отборе на величину α' .

Вполне понятно, что возможны и другие варианты подключения теплонасосных установок к теплоэлектроцентральным системам. Одна из рекомендуемых схем заключается в том, что тепловые насосы включаются последовательно с традиционными отопительными системами, т.е. в магистрали обратной воды. Схема такой системы приведена на рис. 2.

Здесь на турбине устанавливается еще один промежуточный теплофикационный отбор пара с температурой $100 \text{ }^\circ\text{C}$, который используется для нагрева сетевой воды до $90 \text{ }^\circ\text{C}$ (доля α') и для регенеративного подогрева питательной воды (доля α'). Остальная структура схемы не отличается от схемы СТЭС.

Сетевая вода нагревается в три этапа. В конденсаторе отработанного пара – от $10 \text{ }^\circ\text{C}$ до $25 \text{ }^\circ\text{C}$, в конденсаторе первого теплофикационного отбора – от $25 \text{ }^\circ\text{C}$ до $50 \text{ }^\circ\text{C}$, в конденсаторе второго теплофикационного отбора – от $50 \text{ }^\circ\text{C}$ до $90 \text{ }^\circ\text{C}$. В температурном графике $90 \dots 10 \text{ }^\circ\text{C}$ интервал температур $90 \dots 60 \text{ }^\circ\text{C}$ используется для отопления конвекторными отопительными приборами, а в интервале температур $60 \dots 10 \text{ }^\circ\text{C}$ – тепловыми насосами.

Расчеты, выполненные на примере Красноярской ТЭЦ, показали, что эффективность

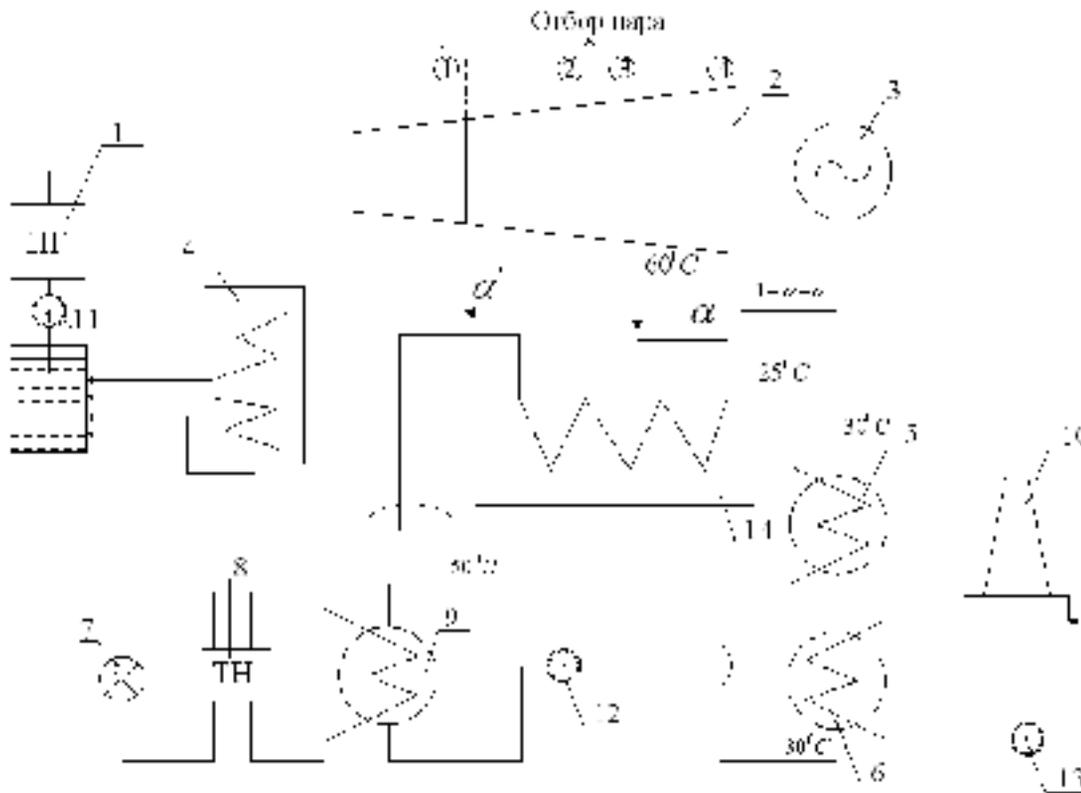


Рис. 1. Схема системы центрального электротеплоснабжения (СЭТС) с теплонасосной установкой: 1 – парогенератор; 2 – турбина; 3 – электрогенератор; 4 – теплообменник для регенеративного подогрева; 5, 6 – конденсаторы; 7 – потребитель тепла; 8 – тепловой насос; 9 – теплообменник вода-фреон; 10 – градирня; 11, 12, 13 – насосы; 14 – теплообменник для сетевой воды.

использования энергии топлива в СЭТС повышается на 70 %, что естественно, должно привести к снижению выбросов CO_2 [1].

В новой системе теплоснабжения потребитель может в широких пределах регулировать потребление тепла практически независимо от температуры воды в магистралях. Это повышает устойчивость системы теплоснабжения при экстремально низких температурах. Необходимо отметить также высокие потребительские свойства индивидуальных тепловых насосов, которые позволяют кроме обогрева решить проблемы кондиционирования в жаркий период, автономного горячего водоснабжения и очистки воздуха в помещениях от пыли и влаги.

Заслуживает внимание сочетание теплоэлектроцентрали с тепловым насосом, так на-

зываемые теплохладэлектростанции (ТХЭЦ) [2, 3, 4]. В качестве термотрансформатора рекомендуется использовать абсорбционные тепловые насосы. В данном случае силовой и теплонасосный контуры ТХЭЦ взаимосвязаны через теплообменную поверхность генератора абсорбционного теплового насоса.

Принципиальная схема одной из первых теплохладэлектростанций установлена на рис. 3.

Обогрев генератора осуществляется паром, отбираемым из турбины ТЭЦ.

Подобные схемы решения рекомендуются при индивидуальном электротеплохладоснабжении на базе миниТЭЦ.

Схема ТХЭЦ, в которой двигатель внутреннего сгорания (ДВС) совмещен с водо-аммиачным тепловым насосом, представлена на

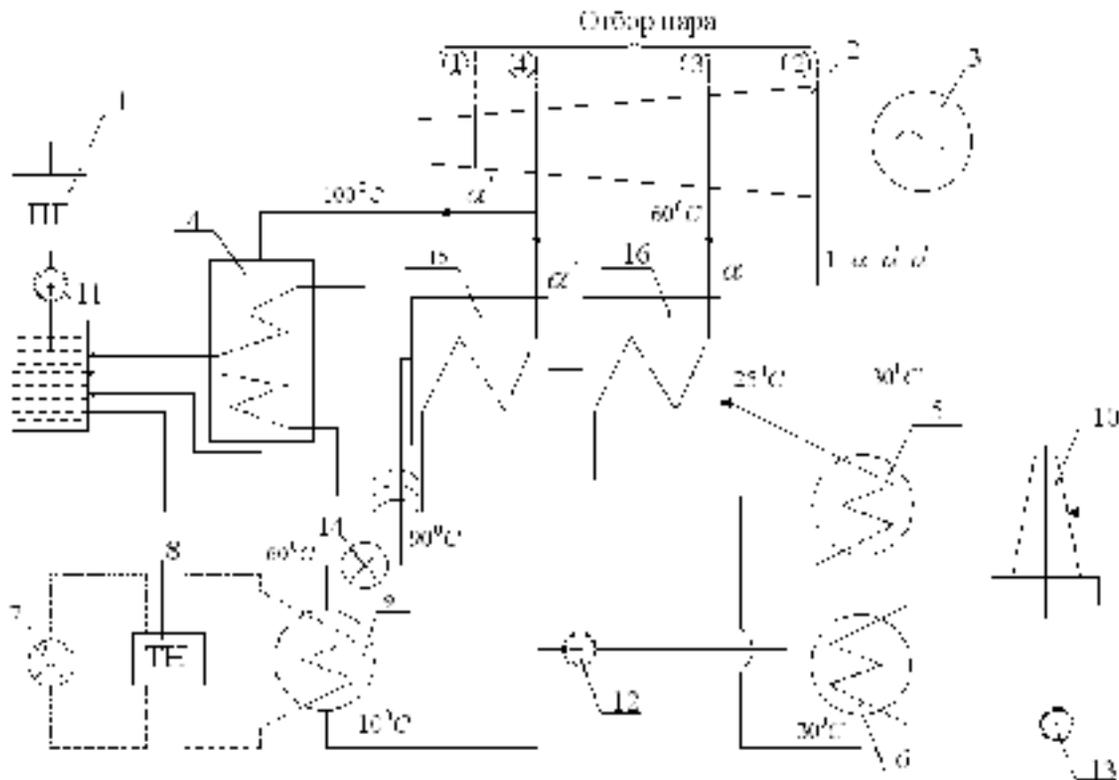


Рис. 2. Схема ТЭЦ с последовательным включением теплообменников и с теплонасосной установкой: 1 – парогенератор; 2 – турбина; 3 – электрогенератор; 4 – теплообменник для регенеративного подогрева; 5, 6 – конденсаторы; 7 – потребитель тепла с тепловым насосом; 8 – тепловой насос; 9 – теплообменник вода-фреон; 10 – градирня; 11, 12, 13 – насосы; 14 – потребитель тепла традиционный; 15 – первый теплообменник для сетевой воды; 16 – второй теплообменник для сетевой воды.

рис. 4. Здесь надувочный воздух предварительно охлаждается в испарителе 1 абсорбционного теплового насоса и поступает в компрессор. Сжатый воздух проходит водяной охладитель и далее охлаждается в испарителе 2. В этом состоянии воздух направляется в цилиндры ДВС. Выхлопные газы, расширившись в газовой турбине, приводящей в действие компрессор, поступают на обогрев генератора теплового насоса. Дополнительным источником теплоты для обогрева генератора служит вода, охлаждающая двигатель. Выходящая из генератора вода может направляться в сеть горячего водоснабжения, либо возвращаться в систему двигателя для рециркуляции. Теплоснабжение осуществляется водой, последовательно охлаждающей конденсатор и абсорбер теплового насоса.

На рис. 5 предложена схема ТХЭЦ с газотурбинным двигателем (ГТД) [4]. В этой схеме ГТД совмещен с водоаммиачным промежуточным подогревом газа и регенеративным теплообменником. Две ступени воздушного компрессора приводятся газовой турбиной высокого давления, а электрогенератор – газовой турбиной низкого давления. Генератор абсорбционного теплового насоса обогревается выхлопными газами после РТО. Вода, последовательно охлаждающая конденсатор и абсорбер теплового насоса, направляется на отопление или горячее водоснабжение.

Преимущество схемы решений, представленных на рис. 4 и рис. 5, является то, что в цилиндры двигателя поступает охлажденный воздух, вследствие чего увеличивается заряд двигателя и поэтому можно получить суще-

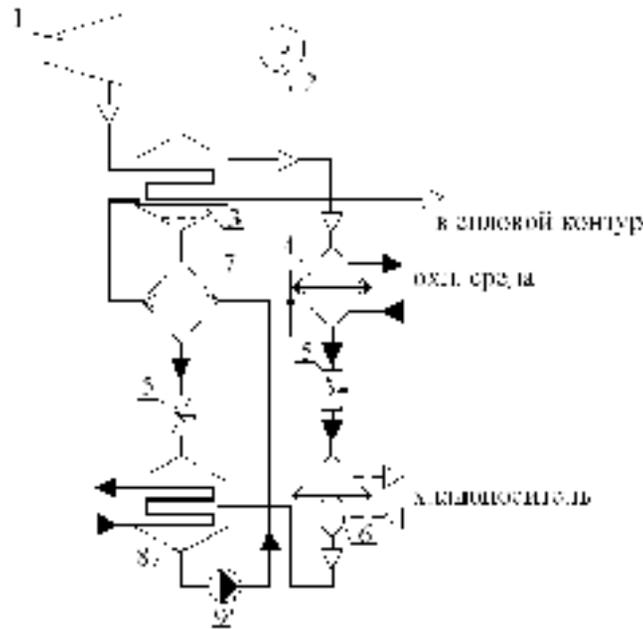


Рис. 3. Конденсационная электростанция с абсорбционным тепловым насосом:
 1 – теплофикационная турбина; 2 – электрогенератор; 3 – генератор;
 4 – конденсатор; 5 – дроссельный вентиль; 6 – испаритель; 7 – регенеративный теплообменник; 8 – абсорбер; 9 – насос.

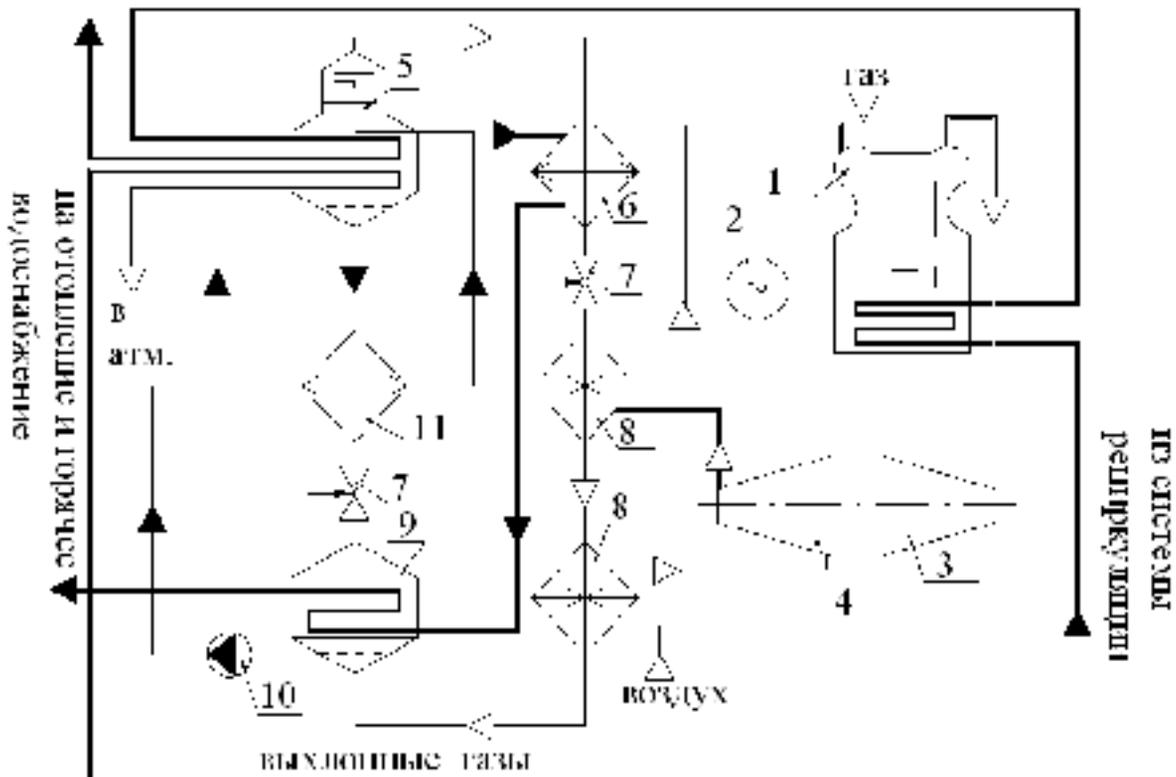


Рис. 4. ТХЭС с ДВС и абсорбционным термотрансформатором:
 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – электрогенератор; 3 – турбина; 4 – компрессор;
 5 – генератор теплонасосной установки; 6 – конденсатор; 7 – дроссельный вентиль;
 8 – испаритель (1 и 2); 9 – абсорбер; 10 – насос; 11 – регенеративный теплообменник.

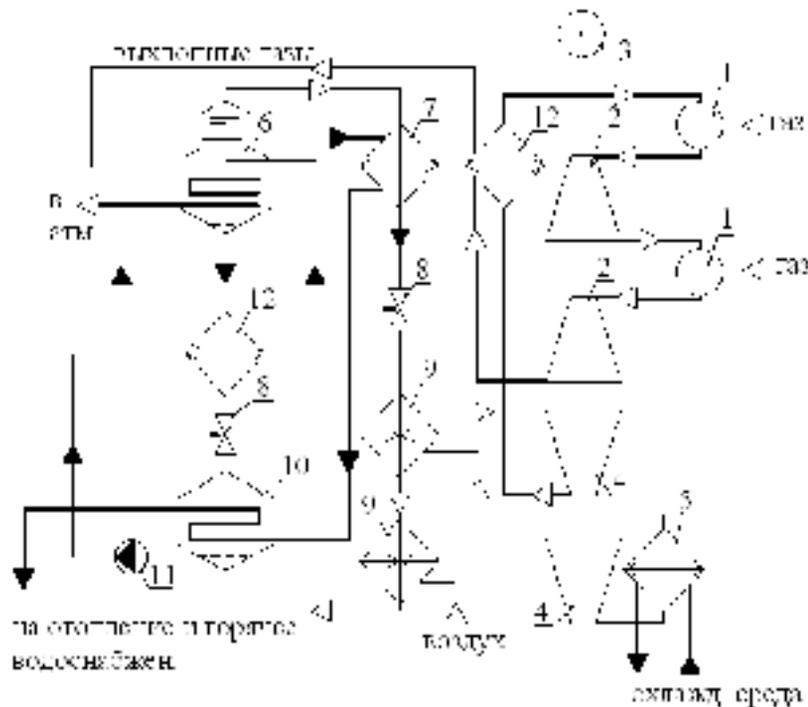


Рис. 5. ТХЭЦ с ГТД и абсорбционным термотрансформатором: 1 – камера сгорания (1 и 2); 2 – газовая турбина; 3 – электрогенератор; 4 – компрессор; 5 – теплообменный аппарат; 6 – генератор теплового насоса; 7 – коммутатор; 8 – дроссельный клапан; 9 – испаритель; 10 – абсорбер; 11 – насос; 12 – регенеративный теплообменник.

ственный эффект как по развитию мощности, так и по энергетическим показателям. Есть основания утверждать, что этот эффект аналогичен эффекту от наддува двигателей.

Выводы

Приведенные возможные комплексные схемы весьма перспективны для индивидуально-электротеплохладоснабжения коммунально-бытовых потребителей. Их преимущество – как в энергетическом, так и в экономическом отношениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Славин В.С., Данилов В.В. Повышение эффективности системы центрального теплоснабжения на основе применения технологии

тепловых насосов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2000. – № 2. – С. 5-14.

2. Михельман И.Д. А.с. 569735 СССР Г 25 В 29/00, Г 01 К 23/04.

3. Морозюк Т.В., Минкус Б.А. Снижение затрат природных ресурсов в системах для совместного производства электрической энергии, теплоты и холода // Сб. докладов III съезда АВОК. – М.: 1993. – С. 38-43.

4. Чумак И.Г., Минкус Б.А., Кочетов В.П., Морозюк Т.В., Юсеф А. Энергосбережение при совместном производстве теплоты, холода и электричества // Судовая энергетика. – Одесса. № 1, 1993. – С. 58-61.

Получено 11.03.2011 г.