

УЗАГАЛЬНЕНА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА З ТЕПЛОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ

Ефективність теплових насосів у значній мірі визначається доцільним розташуванням їх в загальній енергетичній системі. У переважній більшості наявні дослідження ефективності застосування теплонасосних установок (ТНУ) [1 - 16] зводяться до визначення ефективності ТНУ в певній системі з визначеним складом обладнання та зовнішніми зв'язками. В наявній літературі є лише поодинокі дослідження окремих застосувань ТНУ без узагальнення одержаних результатів та поширення їх на решту теплотехнологічних систем.

Метою даного дослідження є визначення структури узагальненої теплотехнологічної системи з ТНУ, побудова на цій основі математичних моделей системи та підсистем для визначення умов ефективної інтеграції ТНУ в наявні опалювальні системи теплопостачання.

Найбільший ефект від впровадження теплових насосів можна очікувати при впровадженні їх в системах централізованого теплопостачання [3 - 7, 10]. Перевагами централізованих систем теплопостачання при впровадженні ТНУ є відносна рівномірність вироблення теплової енергії протягом року та можливість регулювання розподілу теплового навантаження між різними видами джерел теплоти. В даному дослідженні система теплопостачання представлена системою централізованого теплопостачання на базі опалювальної водогрійної котельні та теплонасосних установок як джерел теплоти.

Для побудови узагальненої теплотехнологічної системи з ТНУ авторами проведено систематизацію та узагальнення наявної літературної інформації з дослідження ефективності ТНУ в системах теплопостачання. На основі систематизації та узагальнення літературної інформації розроблено структуру узагальненої теплотехнологічної системи з ТНУ. Така узагальнена система включає в себе як складові частини теплонасосне, котельне, енергетичне, утилізаційне обладнання, теплообмінне устаткування, акумулятори, ємності, джерела палива, енергії, теплоти та холоду, споживачів теплоти та холоду, допоміжне обладнання та ін. Окремо визначені системи, з якими порівнюється ефективність теплонасосних систем. У складі узагальненої системи представлені також системи теплопостачання з тепловими насосами, досліджені авторами [17 - 19].

Узагальнена теплотехнологічна система з теплонасосною установкою (ТНУ) у зручному вигляді концентрує досягнення в області формування теплотехнологічних систем з ТНУ та дослідження ефективності застосування теплонасосних установок в системах теплопостачання. Використання узагальненої системи дозволяє виявити внутрішні сутнісні зв'язки підсистем та елементів підсистем, допомагає організації вибору складу обладнання, встановленню зв'язків між обладнанням, та вибору режимів роботи реальних теплотехнологічних систем з ТНУ. Узагальнена теплотехнологічна система з теплонасосною установкою характеризується складом обладнання, схемами та режимами роботи.

На рис. 1 представлена узагальнена теплотехнологічна система з тепло насосною установкою. Вона складається з ряду підсистем та зв'язків між ними. Як зв'язки між підсистемами враховуються потоки теплової енергії різних температурних рівнів, потоки електричної енергії та палива. Для аналізу узагальненої теплотехнологічної системи з теплонасосною установкою було визначено ряд підсистем. Кожна з підсистем характеризується певним складом обладнання, схемами та режимами роботи.

До складу підсистеми теплового насосу входять основні елементи теплового насосу (випарник, компресор, конденсатор, дросель). Також в цій підсистемі враховуються схеми включення випарників та конденсаторів теплових насосів (паралельні, послідовні тощо).

Підсистема низькотемпературних джерел теплоти передбачає можливість використання як поновлюваних, так і не поновлюваних джерел теплоти. За температурними рівнями можливе використання в узагальненій системі таких джерел низькотемпературної теплоти: повітря зали ескалаторів ($t = 15 - 20^{\circ}\text{C}$); вода з шахт ($t = 40 - 65^{\circ}\text{C}$); вода з конденсаторів парових турбін ($t = 25 - 40^{\circ}\text{C}$); вода річок ($t = 4 - 17^{\circ}\text{C}$); комунальні стоки ($t = 10 - 23^{\circ}\text{C}$); оборотна вода промислового підприємства ($t = 25 - 40^{\circ}\text{C}$); теплота ґрунту (розсолу) ($t = 8 - 15^{\circ}\text{C}$); промислові стоки ($t = 40 - 70^{\circ}\text{C}$).

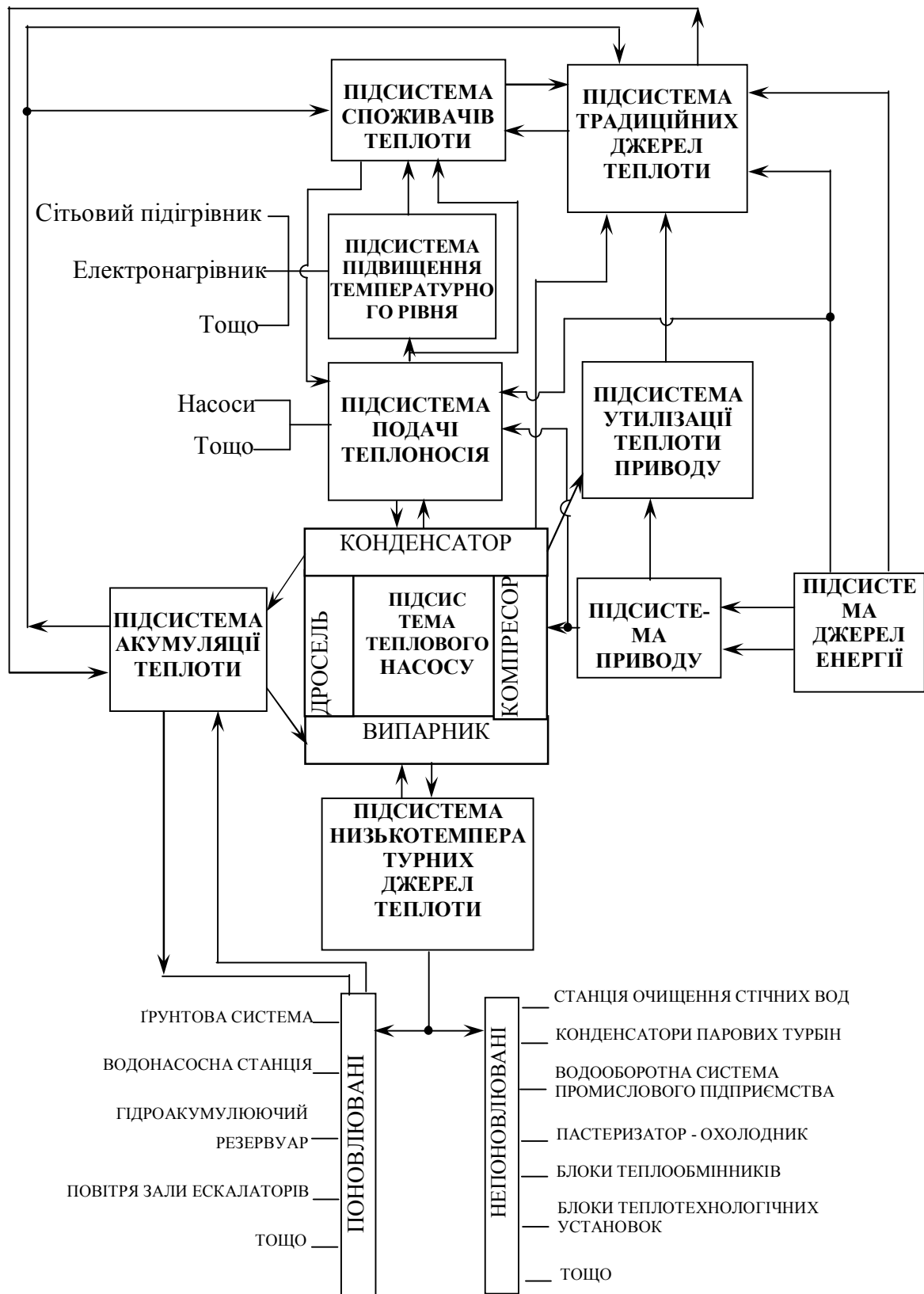


Рис. 1. Узагальнена теплотехнологічна система з теплонасосною установкою.

Підсистема джерел енергії враховує джерела палива (вугілля, природний газ тощо) та джерела електричної енергії (ТЕЦ, КЕС, ГЕС тощо), необхідні для функціонування теплотехнологічної системи.

Підсистема приводу теплового насосу передбачає різні види приводу компресора теплового насосу: електричний, від двигуна внутрішнього згорання, від газової турбіни, від гідротурбіни. До складу підсистеми приводу компресора теплового насосу входять: електричний двигун, газовий двигун внутрішнього згорання, газова турбіна, гідротурбіна.

Підсистема утилізації теплоти приводу розглядається для випадків, коли привод компресора теплового насосу здійснюється від двигуна внутрішнього згорання або від газової турбіни. За таких умов до складу зазначеної підсистеми входять: утилізатор відхідних газів та система охолодження двигуна внутрішнього згорання, а також утилізатор відхідних газів газової турбіни. У підсистемі враховуються різні схеми включення зазначеного обладнання.

Підсистема акумуляції теплоти передбачає акумулювання теплоти різних температурних рівнів. До складу підсистеми акумуляції теплоти входять такі елементи, як: бак-акумулятор, ґрунтові системи акумуляції теплоти тощо. Зазначене обладнання може бути підключене за різними схемами.

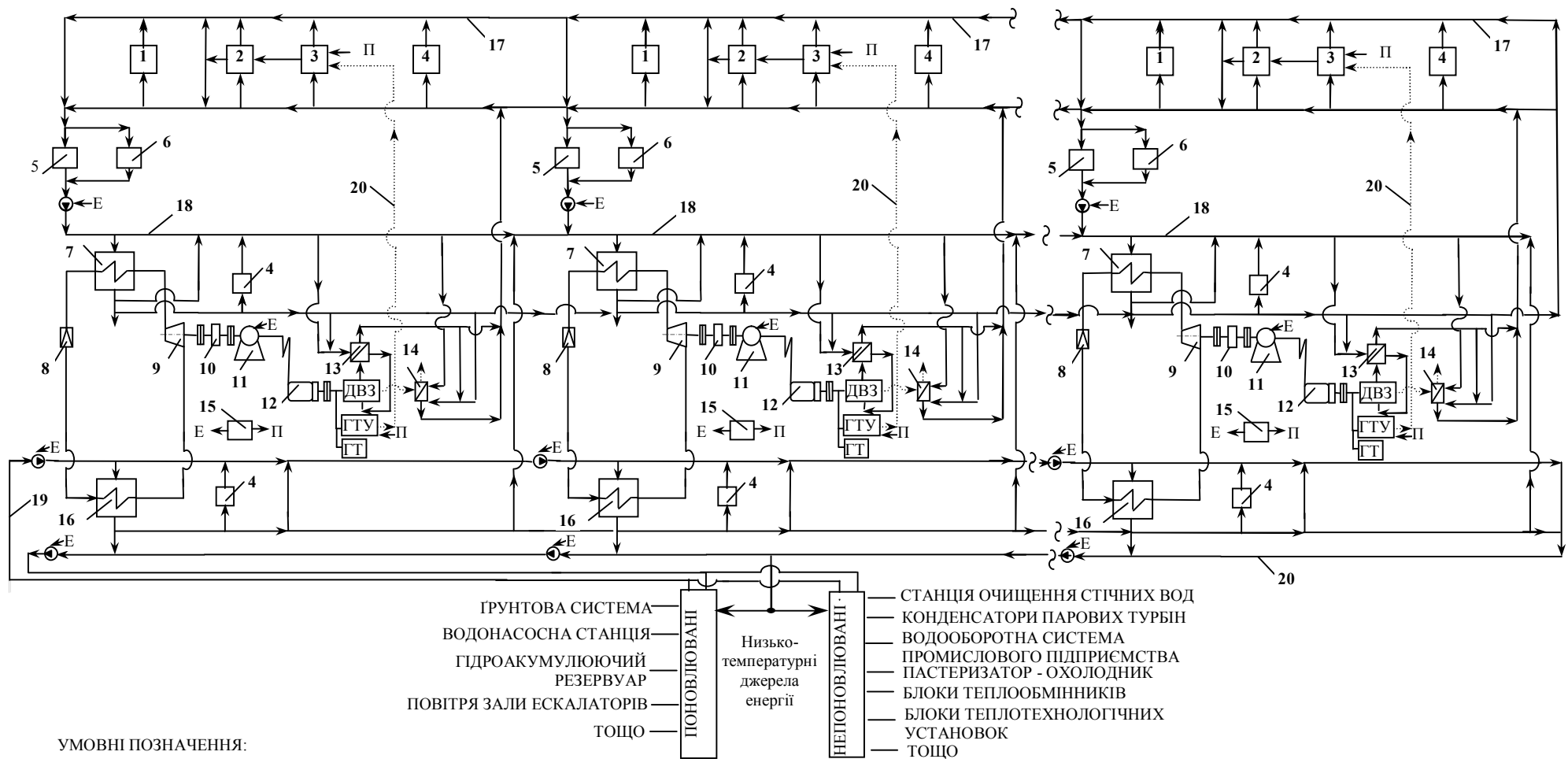
Підсистема подачі теплоносія враховує допоміжне обладнання, необхідне для транспортування теплоносія (насоси тощо). Підсистема підвищення температурного рівня передбачає обладнання, призначене для догрівання теплоносія після конденсаторів теплового насосу. Як таке обладнання слід розглядати пікові водогрійні котли, сітьові підігрівники, електронагрівники тощо. Підсистема споживачів теплоти представлена системою опалення та гарячого водопостачання споживачів.

Підсистема традиційних джерел теплоти враховує джерела теплоти, альтернативні теплотехнологічній системі з теплонасосною установкою. Ефективність теплотехнологічних систем з теплонасосними установками порівнювалась з ефективністю пікової опалювальної водогрійної котельні, систем електронагріву. Їх розташування та зв'язки між елементами підсистеми також враховані в цій підсистемі.

На основі представленої на рис. 1 узагальненої теплотехнологічної системи з теплонасосною установкою розроблена узагальнена теплова схема джерела теплопостачання з теплонасосними установками, яка показана на рис. 2. Зазначена теплова схема джерела теплопостачання з ТНУ враховує понад 3600 варіантів теплових схем джерел теплопостачання з теплонасосними установками з різним складом обладнання, схемами та режимами роботи. Для синтезу на основі узагальненої схеми гіпотез реальних схем джерел теплопостачання з ТНУ необхідні дослідження фрагментів узагальненої теплової схеми джерела теплопостачання з ТНУ, а також дослідження комплексного впливу виду приводу ТНУ, схем та режимів роботи на показники ефективності зазначених джерел теплопостачання.

Узагальнена теплотехнологічна система з ТНУ є методологічним забезпеченням синтезу систем з тепловими насосами. Вона містить надлишкові зв'язки, елементи та підсистеми. На її основі можливе формування реальних схем теплотехнологічних систем з ТНУ для конкретних умов функціонування з використанням запропонованих нижче принципів синтезу.

Принципи синтезу з узагальненої теплотехнологічної системи реальних систем теплопостачання з тепловими насосами для конкретних умов функціонування: 1) аналіз узагальненої теплотехнологічної системи з ТНУ; 2) встановлення значимості підсистем в узагальненій системі; 3) виділення найбільш значимих підсистем; 4) класифікація найбільш значимих підсистем; 5) розробка структури найбільш значимих підсистем; 6) дослідження найбільш значимих підсистем; 7) формування гіпотези теплотехнологічної системи з ТНУ; 8) застосування до гіпотетичної теплотехнологічної системи з ТНУ законів збереження маси та енергії, термодинамічних співвідношень; 9) визначення конкретних умов функціонування теплотехнологічної системи (зовнішніх або граничних умов); 10) розробка структури теплотехнологічної системи з ТНУ; 11) розробка математичного опису теплотехнологічної системи з ТНУ; 12) обґрунтування показників ефективності теплотехнологічної системи з ТНУ; 13) дослідження теплотехнологічної системи з ТНУ; 14) визначення показників ефективності теплотехнологічної системи з ТНУ; 15) підтвердження або спростування гіпотези теплотехнологічної системи з ТНУ; 16) у разі підтвердження гіпотези, проводиться остаточне формування реальної системи теплопостачання з тепловими насосами для конкретних умов функціонування.



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

- | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--|--|
| ДВЗ – двигун внутрішнього згорання; | 1 – електронагрівник; | 6 – система гарячого водопостачання; | 11 – електродвигун; | 16 – випарник теплового насосу; |
| ГТ – гідротурбіна; | 2 – сітвий підігрівник; | 7 – конденсатор теплового насосу; | 12 – генератор; | 17 – лінія прямої сільової води; |
| ГТУ – газотурбінна установка; | 3 – водогрійний котел; | 8 – дросель; | 13 – система охолодження ДВЗ; | 18 – лінія зворотної сільової води; |
| Е – електрична енергія; | 4 – бак-акумулятор; | 9 – компресор теплового насосу; | 14 – утилізатор теплоти відхідних газів ДВЗ або ГТУ; | 19 та 20 – відповідно лінії підведення та відведення низькотемпературних джерел теплоти. |
| П – паливо; | 5 – система опалення; | 10 – мультиплікатор; | 15 – підсистема джерел енергії та палива; | |

Рис. 2. Узагальнена теплова схема джерела тепlopостачання з теплонасосними установками.

Наявність узагальненої теплотехнологічної системи з ТНУ дозволяє створити обґрунтовану математичну модель теплотехнологічної системи з ТНУ, а також математичні моделі підсистем та елементів системи. Узагальнений математичний опис теплотехнологічної системи з ТНУ, розроблений на основі узагальненої системи, має блочну структуру. У відповідності з постановкою задачі моделювання [20] кожний обчислювальний блок відповідає певному елементу, групі елементів або підсистемі структурної схеми досліджуваного об'єкта. Зазначений математичний опис передбачає допоміжні блоки для розрахунку термодинамічних та теплофізичних властивостей робочих тіл. Така структура узагальненого математичного опису теплотехнологічної системи з ТНУ дозволяє формувати математичний опис реальних систем з ТНУ, здійснювати дослідження системи, підсистем та окремих елементів підсистем за умов різних принципово можливих схемних рішень в рамках єдиної математичної моделі.

На основі узагальненої теплотехнологічної системи з ТНУ та створеної на її основі математичної моделі можливий синтез високоефективних теплотехнологічних систем з ТНУ з метою визначення умов ефективної інтеграції ТНУ в наявні опалювальні системи теплопостачання.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведеної систематизації та узагальнення літературної інформації розроблена узагальнена теплотехнологічна система з теплонасосною установкою (ТНУ). Зазначена система у зручному вигляді концентрує досягнення в області формування теплотехнологічних систем з ТНУ та дослідження ефективності застосування теплонасосних установок в системах теплопостачання.

2. Узагальнена теплотехнологічна система з ТНУ допомагає організації вибору складу обладнання, встановленню зв'язків між обладнанням, та вибору режимів роботи реальних теплотехнологічних систем з ТНУ. На її основі можливе формування реальних схем теплотехнологічних систем з ТНУ для конкретних умов функціонування з використанням запропонованих принципів синтезу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер Н. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. Пер. с нем. Н.Л. Кораблевой, Е.Ш. Фельдмана / Под ред. Б. К. Явнеля. - М.: Стройиздат, 1985. - 351 с.
2. Зубков В.А. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения // Теплоэнергетика. – 1996. - №2. – С 17-20.
3. Пустовалов Ю.В. Исследование эффективности парокомпрессионных теплонасосных станций в системах энергоснабжения городов. – М.: ВНИИ центр. – 1989. – 179 с.
4. Бубялис Э., Марцинаускас К., Шкема Р. Возможности и перспектива применения тепловых насосов в производстве низкопотенциальной теплоты // Промышленная теплотехника. – 2000. – Т.22. – №3. – С. 53-56.
5. Бубялис Э., Марцинаускас К. Использование вторичных энергоресурсов АО “Ахема” в системах теплоснабжения г. Ионава // Промышленная теплотехника. – 1997. – Т.19. - №4-5. – С. 93-98.
6. Марцинаускас К., Бубялис Э., Шкема Р. Возможности использования тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения в крупных городах Литвы // Пром. теплотехника. – 1999. – Т.21. - №6. – С. 81-88.
7. Бубялис Э., Марцинаускас К. Теплота городских сточных вод в системе централизованного теплоснабжения г. Алитуса // Промышленная теплотехника. – 1999. – Т.21. - №2-3. – С. 141-145.
8. Соколова И.В., Володина Л.А. Варианты практического применения тепловых насосов // Холодильная техника. - 1991. - №11. - С. 11-13.
9. Смирнова Е.Г., Тростенецкий Л.М. Теплотехнический анализ совместной работы существующих систем отопления и тепловых насосов // Пром. теплотехника. –1998. – Т .20. - №3. – С. 38-41.
10. Стенин В.А. Использование теплонасосной установки в системах теплоснабжения // Теплоэнергетика. – 1997. - №5. – С. 28-29.
11. Васильев Г.П. Теплонасосные системы теплоснабжения (ТСТ) для потребителей

тепловой энергии в сельской местности // Теплоэнергетика. – 1997. - №4. – С. 24-27.

12. Драганов Б.Х., Морозюк Т.В., Никульшин Р.К., Гулько Т.В. Теплонасосные системы с подземными аккумуляторами теплоты // Пром. теплотехника. - 2000. - Т.22. - №5-6. - С. 46-49.

13. Денисова А.Е. Особенности работы теплового насоса в комплексной альтернативной системе теплоснабжения // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 2001. - №1. - С. 6-8.

14. Фиалко Н.М., Зимин Л.Б., Дубовской С.В. Утилизация энергии выбросов систем местной вентиляции метрополитенов с помощью тепловых насосов // Пром. теплотехника. – 2000. – Т.22. - №1. – С. 90-93.

15. Дорошенко А.В., Концов М.М., Качарова И.В., Тростянецкий Л.М. Солнечные системы автономного хладоснабжения // Пром. теплотехника. - 2001. - Т.23. - №6. - С. 120-125.

16. Л.С. Богданович, О.С. Клепанда, М.М. Синяговський, Є.Б. Філіппов. Економічні системи опалення і вентиляції житлових і адміністративних будинків на базі теплових pomp // Зелена енергетика. – 2003. - №2. – С. 23.

17. С.Й. Ткаченко, М.М. Чепурний, О.П. Остапенко. Аналіз енергетичної ефективності застосування теплонасосних установок в системах централізованого теплопостачання // Вісник ВПІ. – 2002. - №4. – С. 48-52.

18. С.Й. Ткаченко, М.М. Чепурний, О.П. Остапенко. Аналіз ефективності застосування теплонасосних установок з дизельним приводом компресора // Вісник ВПІ. – 2002. - №5. – С. 39-41.

19. О.П. Остапенко. Теплонасосні установки в системах теплопостачання // Вісник ВПІ. – 2002. - №3. – С. 55-59.

20. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.

Статтю до публікації рекомендовано кафедрою теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.