

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЇ З РОЗРОБКИ, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

С.Й. Ткаченко, О.П. Остапенко

Ефективним заходом з економії палива та захисту навколишнього середовища є використання теплонасосних установок (ТНУ). ТНУ перетворюють природну низькотемпературну теплоту або теплові відходи в теплоту, придатну для опалення, теплопостачання та виробничих потреб.

В сучасних умовах увага до теплонасосних установок суттєво зросла. Технологія теплопостачання з використанням теплових насосів застосовується практично в усіх розвинених країнах світу. Усі широкомасштабні програми з енергозбереження, що реалізуються за кордоном, передбачають їх широке впровадження. Згідно з прогнозами Світового енергетичного комітету до 2020 р. у передових країнах частка опалення та гарячого водопостачання з використанням теплових насосів складе 75% [1,2]. Корисним є досвід західних країн з впровадження ТНУ, в тому числі шляхом надання державою певних пільг або кредитів підприємствам [3].

Значну увагу розвитку нетрадиційної енергетики приділяє Україна. Так, згідно з прогнозами Міністерства палива та енергетики України, потужність ТНУ в Україні у 2010 р. планується довести до 1800 МВт [4]. Загальний технічно можливий потенціал нашої держави за напрямком використання ТНУ складає 12,03 млн. т у. п. на рік. На даний час при промисловому використанні ТНУ в Україні можна досягти додаткових теплових потужностей у 4900 МВт [5].

Не зважаючи на значний технічно можливий потенціал нашої держави за напрямком використання ТНУ, значного впровадження ТНУ в теплоенергетичну галузь не спостерігається. Для теплотехнологічних систем підприємств України недостатніми є системні дослідження умов теплопостачання цих підприємств з використанням теплових насосів.

У переважній більшості дослідження ефективності застосування ТНУ зводяться до визначення ефективності застосування ТНУ в певній системі з визначеним складом обладнання та зовнішніми зв'язками. По суті, в наявній літературі є лише поодинокі дослідження окремих застосувань ТНУ без узагальнення одержаних результатів та поширення їх на решту теплотехнологічних систем. Не визначено вплив зовнішніх умов та характеру споживачів при застосуванні теплонасосних установок в системах теплопостачання. Відсутні системні дослідження ефективності застосування ТНУ в залежності від конкретних джерел низькотемпературної теплоти. Не визначено найбільш сприятливі галузі застосування теплонасосних установок. Для кліматичних умов України відсутня систематизована інформація з ефективності застосування ТНУ для певних конкретних умов, схем та галузей застосування, немає узагальнень та методичних рекомендацій з вибору та впровадження ТНУ в теплотехнологічні системи з різними схемами. Відсутня систематизована інформація про впровадження ТНУ та реальну ефективність їх функціонування в реальних теплотехнологічних системах.

Зважаючи на викладене вище, автори зробили спробу систематизувати та узагальнити наявну літературну інформацію з розробки та впровадження ТНУ, а також окреслити коло питань, які підіймаються авторами публікацій у фахових виданнях. При цьому використані в основному наукові та науково-технічні статті з журналів “Холодильная техника” (Росія), “Холодильная техника и технология” (Україна), “Теплоэнергетика” (Росія), “Промышленная теплотехника” (Україна), “Промышленная энергетика” (Росія), “Проблемы энергосбережения” (Україна), “Электрические станции” (Росія), “Водоснабжение и санитарная техника” (Росія), “Экотехнологии и ресурсосбережение” (Україна), “Известия ВУЗов “Энергетика” ” (Росія), “Економіка України” (Україна), “Ринок інсталяційний” (Україна) за період з 1978 до 2001 р.

Систематизована інформація наведена в таблиці 1. Систематизація інформації здійснена наступним чином: 1) за видом системи, яка розглядається: ТН – тепловий насос; ТНУ – теплонасосна установка; ТНС – теплонасосна станція; 2) за різновидом проблем, що розглядаються; 3) за тепловою потужністю ТН (кВт, МВт); 4) за видом джерела низькотемпературної теплоти для ТН (вода, повітря, ґрунт, водяна пара); 5) за сферами та галузями застосування ТН; 6) за наявністю в літературі даних про впровадження конкретної теплонасосної системи (“+” – дані про впровадження наведені, “—” – дані відсутні).

Таблиця 1

Систематизація інформації з розробки, дослідження та впровадження теплонасосних установок

Джерело	Система	Проблема, яка розглядається	Потужність	Джерело низькотемпературної теплоти	Сфера застосування	Впровадження
1	2	3	4	5	6	7
[6]	ТН	Альтернативні холодоагенти для ТН для заміни озonoактивних фреонів	кВт	Повітря	Гаряче водопостачання	+
[7]	ТН	Альтернативні холодоагенти для ТН для заміни озonoактивних фреонів	—	—	—	—
[8]	ТН	Перспективи використання ТН як засобу енерго- і ресурсозбереження	—	—	Промисловість, агропромисловий комплекс	—
[9]	ТН	Альтернативні холодоагенти для ТН для заміни озonoактивних фреонів	—	—	—	—
[10]	ТН	Впровадження ТН в кліматичних умовах України	кВт	Повітря	Гаряче водопостачання, опалення, кондиціонування	+
[11]	ТН	Впровадження ТН в кліматичних умовах України	кВт	Повітря	Гаряче водопостачання, опалення, кондиціонування	+
[12]	ТН	Проблеми використання ТН на промислових підприємствах. Структура інформаційної системи для розробки даних для проектування. Ряд задач по впровадженню	МВт	Вода	Промислові підприємства	—
[13]	ТН	Можливість використання вторинних енергоресурсів (ВЕР) для виробництва теплоти ТН. Економічні передумови впровадження ТН	МВт	Вода	Промислові підприємства	—
[14]	ТНС	Можливість впровадження ТН в систему централізованого теплопостачання. Техніко-економічна оцінка ТНС	МВт	Вода	Промислові підприємства	—
[15]	ТН	Можливість використання ТН у виробництві теплоти з метою зменшення її собівартості	МВт	Вода	Централізоване теплопостачання	+
[3]	ТН	Дослідження можливості впровадження ТНУ в систему централізованого теплопостачання з використанням теплоти стічних вод. Техніко-економічна оцінка ТНУ	МВт	Стічна вода	Централізоване теплопостачання	+
[16]	ТН	Оцінка енергетичних та економічних показників повітряного опалення з використанням ТН	кВт	Повітря	Метрополітен	+

Продовження табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7
[17]	ТН	Передумови та підходи до розробки схемних та технічних рішень утилізації за допомогою ТН енергії викидів систем вентиляції метрополітенів. Основні характеристики дослідної ТНУ	кВт	Повітря	Метрополітен	+
[1]	ТН	Можливість впровадження ТН для теплопостачання споживачів теплової енергії малої потужності. Техніко-економічна оцінка ТНУ	кВт	Грунт	Теплопостачання	—
[2]	ТН	Використання ТН для теплопостачання. ТН малої та великої потужності. Екологічна, енергетична та економічна ефективність ТН. Досвід по впровадженню ТН	кВт, МВт	Вода	Теплопостачання	+
[18]	ТН	Дослідження експериментальної ТНУ з газовим двигуном. Схема, показники та характеристики дослідної ТНУ	кВт	Повітря	Гаряче водопостачання	+
[19]	ТН	Аналіз режимів нагрівання води в ТНУ. Схеми, показники та характеристики систем з ТН	—	—	Гаряче водопостачання	—
[20]	ТН	Використання ТН як напрямку енергозбереження. ТН на неазеотропних сумішах	—	—	—	—
[21]	ТН	Теплотехнічний аналіз спільної роботи існуючих систем опалення та теплових насосів. Оцінка енергетичної ефективності систем теплопостачання для різних варіантів схемних рішень	кВт	Повітря	Теплопостачання	—
[22]	ТН	Обґрунтування застосування ТН в теплофікаційних системах теплопостачання. Схема включення та умови економічної ефективності	—	Водяна пара	Теплофікаційна система ТЕЦ	—
[23]	ТН	Впровадження утилізаційної установки на базі ТН. Характеристики та схемне рішення	МВт	Вода	Промислове підприємство	+
[24]	ТН	Визначення розрахункових характеристик ТН при різних умовах навколишнього середовища	—	—	Проектування	—
[25]	ТНС ТНУ	Економічні показники систем теплопостачання з тепловими насосами або ТНС	—	—	Теплопостачання	—
[26]	ТНС	Оцінка ефективності використання ТНС	МВт	—	Тепло- та холодопостачання	—

Продовження табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7
[27]	ТН	Випробування компресійного ТН в широкотемпературному діапазоні. Одержання повної теплоенергетичної характеристики ТН	кВт	Вода	—	—
[28]	ТН	Застосування ТН для охолодження та пастеризації молока	кВт	Вода	Промисловість	+
[29]	ТН	Економічна ефективність використання ТНУ на підприємствах харчової промисловості	кВт	Вода	Промисловість	+
[30]	ТН	Впровадження каскадної ТНУ для охолодження та пастеризації молока. Дані по експлуатації	кВт	Вода	Промисловість	+
[31]	ТН	Впровадження теплонасосних установок	МВт	Вода	Промисловість	+
[32]	ТН	Багатокритеріальне оцінювання економічної ефективності ТНУ	—	—	Промисловість	+
[33]	ТНС	Визначення ефективності систем тепlopостачання з ТН	—	Вода, повітря	Тепlopостачання	—
[34]	ТН	Використання ТН в системах централізованого тепlopостачання	кВт	Вода	Тепlopостачання	+
[35]	ТН	Використання ТН для тепlopостачання. Статистичні дані	кВт	Вода	Тепlopостачання	+
[36]	ТН	Практика та проблеми впровадження ТН	—	—	Тепlopостачання	+
[37]	ТН	Впровадження ТН в систему централізованого тепlopостачання	МВт	Вода	Централізоване тепlopостачання	+
[38]	ТН	Використання ТН для опалення та гарячого водопостачання	кВт	Повітря	Тепlopостачання	—
[39]	ТН	Енергетична ефективність систем утилізації теплоти вентиляційних викидів за допомогою ТН	—	Повітря	Тепlopостачання	—
[40]	ТН	Аналіз енергетичної ефективності комбінованого джерела тепlopостачання з ТН	—	Вода	Тепlopостачання	—
[41]	ТН	Аналіз ефективності застосування теплонасосних установок з газовим двигуном	—	Вода	Тепlopостачання	—
[42]	ТН	Енергетична ефективність джерел тепlopостачання з ТН	—	Вода	Тепlopостачання	—
[43]	ТН	Використання ТН як засобу економії паливно-енергетичних ресурсів. Огляд наукових розробок	—	—	Промисловість та тепlopостачання	—
[44]	ТН	Визначення характеристик пароконпресійних холодильних машин в режимі теплонасосних установок	—	—	Проектування	—

Продовження табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7
[45]	ТНС	Визначення енергетичної та економічної ефективності застосування ТНС в енергетиці	МВт	Вода	Теплопостачання	—
[46]	ТН	Визначення енергетичних характеристик парокомпресійних теплонасосних установок	—	—	Проектування	—
[47]	ТН	Визначення галузей та умов застосування ТН у світі	кВт, МВт	Вода, повітря	Теплопостачання, промисловість	+

Примітка: вільні місця у таблиці – відсутність у літературі відповідних даних.

Не зважаючи на досвід застосування ТНУ за кордоном, в нашій країні роботи з впровадження ТНУ перебувають, в основному, на стадії окремих досліджень. До факторів, які на теперішній час стимулюють впровадження ТНУ в промисловість і муніципальну енергетику слід віднести дефіцит паливних ресурсів, а також екологічні переваги ТНУ в порівнянні з альтернативними низькотемпературними джерелами теплопостачання.

Отже, основними питаннями, які розглядаються, є: 1) використання альтернативних холодоагентів для ТН для заміни озonoактивних фреонів, а також екологічні аспекти застосування ТН; 2) впровадження ТН в кліматичних умовах України; 3) впровадження ТН на промислових підприємствах; 4) можливість використання ВЕР для виробництва теплоти у ТН; 5) можливість впровадження ТН в систему централізованого теплопостачання; 6) оцінка енергетичних та економічних показників систем з ТН.

Джерела теплопостачання з ТН переважно знаходять застосування у системах теплопостачання та вентиляції (опалення, гаряче водопостачання, кондиціонування), промисловості (у тому числі харчовій), та агропромислового комплексу. На рис. 1 наведений розподіл теплових насосів по галузям застосування, здійснений на основі систематизованої інформації. Як видно з рис. 1, найбільше поширення теплові насоси здобули в системах теплопостачання.

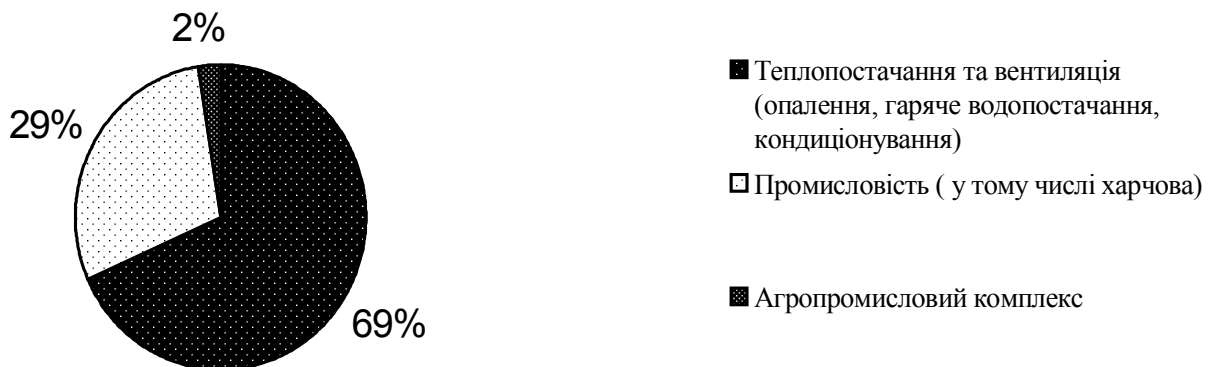


Рис. 1. Розподіл теплових насосів по галузям застосування на основі систематизованої інформації.

Як джерела низькотемпературної теплоти в досліджуваних застосуваннях теплових насосів розглядаються: вода (в тому числі у вигляді ВЕР, стічна), атмосферне повітря, теплота ґрунту та водяна пара. На рис. 2 показаний розподіл теплових насосів за джерелами низькотемпературної теплоти. Як видно із рис. 2, найбільш широко використовуваним джерелом низькотемпературної теплоти для теплових насосів є вода.

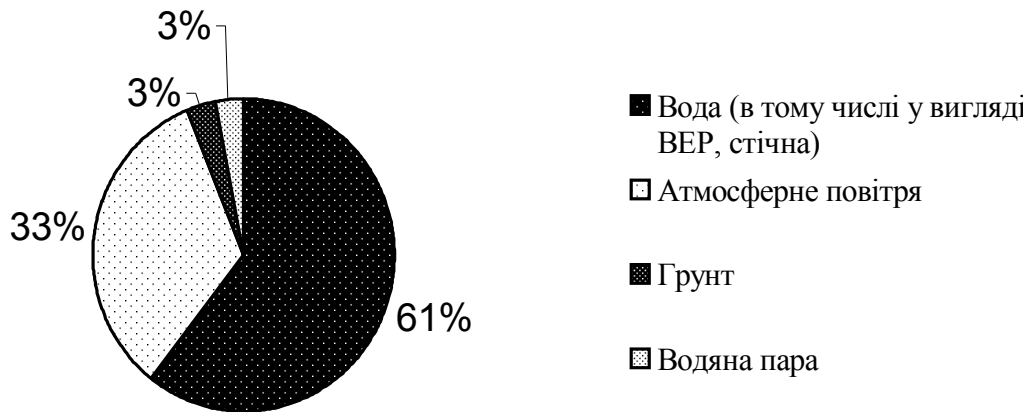


Рис. 2. Розподіл теплових насосів за джерелами низькотемпературної теплоти.

Результати впровадження систем з ТН висвітлені у 40% публікацій, з яких впроваджено по галузям: 1) теплопостачання та вентиляція – 78%; 2) промисловість – 22%.

Розподіл впроваджень теплових насосів по галузям застосування наведений на рис. 3. Як видно із рис.3, теплові насоси переважно застосовуються для забезпечення потреб гарячого водопостачання, кондиціонування та опалення.

В зазначених системах використовуються теплонасосне устаткування малої, середньої та великої потужності. Можливість застосування теплових насосів малої та середньої потужності (кВт) відбито у 59% публікацій, а ТН великої потужності (МВт) – у 41%. Це пояснюється тим, що ТН малої та середньої потужності застосовуються переважно у теплових схемах промислових підприємств за умов невеликих теплових навантажень. У той же час ТН великої потужності знаходять застосування у системах централізованого теплопостачання за умов великих теплових навантажень теплових споживачів.

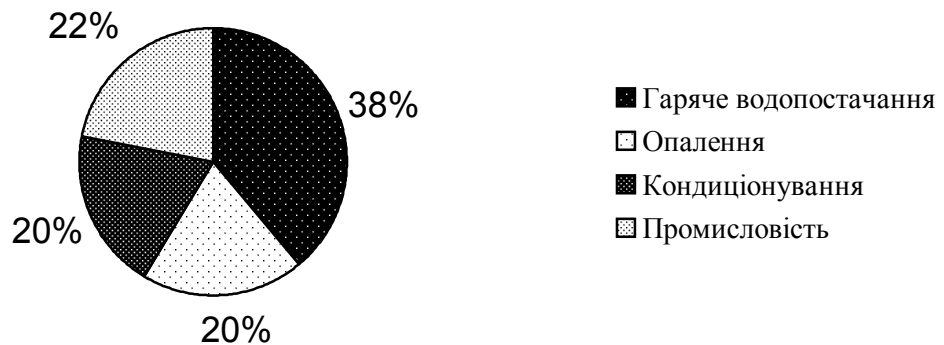


Рис. 3. Розподіл впроваджень теплових насосів по галузям застосування.

Теплові насоси можуть працювати як окремо, так і у складі бівалентної системи теплопостачання, яка, крім ТН, передбачає ще використання водогрійного котла як пікового джерела теплоти. Застосування бівалентних теплонасосних систем теплопостачання (теплонасосних станцій (ТНС)) розглянуто у 11% публікацій. Найбільші можливості має впровадження ТНС в системі централізованого теплопостачання з метою зниження собівартості теплової енергії та уникнення теплового забруднення навколишнього середовища.

Основна інформація з розробки та дослідження ефективності застосування ТНУ висвітлена у публікаціях таким чином:

- 1) проектування та дослідження ефективності систем теплопостачання з ТН, розробка схемних та технічних рішень – 41,9%;
- 2) економічні передумови застосування ТН, техніко-економічна оцінка ефективності системи з ТН – 17,6%;
- 3) задачі впровадження ТН, в тому числі і в кліматичних умовах України – 17,5%;
- 4) ТН як засіб енерго- і ресурсозбереження, можливості використання утилізованої теплоти ВЕР промисловості та енергетики у виробництві теплоти тепловими насосами – 12,2%;
- 5) можливості та ефективність використання ТН у теплових схемах промислових підприємств – 5,4%;
- 6) екологічні аспекти застосування ТН – 5,4%.

Висновки

Зважаючи на широкий спектр питань, що розглядаються у напрямку розробки, дослідження та впровадження ТН у промисловість та енергетику, слід зазначити наступне:

- 1) ТН все більше визнаються як екологічно чисті альтернативні джерела теплоти;
- 2) підтверджується універсальність ТН за джерелами низькотемпературної теплоти;
- 3) акцентується увага на необхідності розробки теплонасосних систем для кліматичних умов України;
- 4) зазначається можливість впровадження ТН у муніципальну теплоенергетику та переважно харчову промисловість з метою утилізації теплоти низькотемпературних ВЕР останніх та забезпечення навантажень теплових споживачів та теплоти господарських потреб підприємств;
- 5) можливість впровадження ТН підтверджується відповідними енергетичними та техніко-економічними розрахунками окремих застосувань;
- 6) техніко-економічні та енергетичні оцінки можливих застосувань ТН не супроводжується ще й екологічною оцінкою. Врахування зменшення забруднення навколишнього середовища за рахунок використання ТН (викиди CO, NO_x, теплове забруднення) та відповідного зменшення відшкодувань за шкідливі та теплові викиди може суттєво покращити економічні показники роботи підприємств та зменшити термін окупності теплонасосного обладнання. Отже, виникає необхідність екологічно-економічної оцінки ТН.

Наприкінці слід зазначити, що зростанню застосувань теплових насосів в Україні сприяло б створення добре проробленої методики техніко-економічних та екологічних розрахунків ефективності застосування теплових насосів з врахуванням використання конкретних місцевих джерел низькотемпературної енергії. В даний час розробляються відповідні обґрунтування. Очевидно, що реальною основою для поширення досвіду застосування теплових насосів та методів їх розрахунків міг би стати досвід проектування та експлуатації ТН у теплових схемах підприємств енергетичної та харчової галузей.

Список літератури

1. Васильев Г.П. Теплонасосные системы теплоснабжения (ТСТ) для потребителей тепловой энергии в сельской местности // Теплоэнергетика. – 1997. - №4. – С. 24-27.
2. Зубков В.А. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения // Теплоэнергетика. – 1996. - №2. – С. 17-20.
3. Бубялис Э., Марцинаускас К. Теплота городских сточных вод в системе централизованного теплоснабжения г. Алитуса // Пром. теплотехника. – 1999. – Т.21. - №2-3. – С. 141-145.
4. Шульга В.І. Основні напрями та результати робіт Міненерго України щодо розвитку НВДЕ // Тези доповід. 5 Наук. – практ. конф. з питання розвитку і впровадження техн. і технол. використання нетрадиц. і відновлюваних джерел енергії АР Крим, 2-9 вересня, 1996. – С. 3-6.
5. Паливно-енергетичний комплекс України у цифрах і фактах / За ред. Ковалка М.П. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2000. – 152 с.
6. Бубялис С., Шкема Р. Перспектива ретрофита R22 и энергетические характеристики теплового насоса на базе компрессора КХГ –14.0-1 // Промышленная теплотехника. – 2001. – Т.23. - № 1-2. – С. 79 – 83.

7. Железный В.П., Жидков В.В. Озоноразрушающие холодоагенты и экологическая безопасность Украины // Холодильная техника и технология. – 1997. - №57. – С. 4-8.
8. Мазур В.А. Тепловые насосы – шаг в будущее столетие // Холодильная техника и технология. – 1997. - №57. – С. 19-22.
9. Лиспуч В.М., Зеайтер А. Выбор оптимальных многокомпонентных хладоагентов, альтернативных R12, R602 и R22 // Холодильная техника и технология. – 1997. - №57. – С. 57-59.
10. Богданович Л.С., Клепанда О.С., Мурач А.М., Синяговський М.М., Філіппов Е.Б. Теплові помпи для опалення і кондиціонування будинків в кліматичних умовах України // Ринок інсталяційний. – 2000. - №6. – С. 24-25.
11. Богданович Л.С., Клепанда О.С., Мурач А.М., Синяговський М.М., Філіппов Е.Б. Сучасні системи опалювання, кондиціонування та гарячого водопостачання котеджу // Ринок інсталяційний. – 1999. - №8. – С. 20-21.
12. Кириллова Л.Г. Иваненко М.П. Разработка методических и программных средств для проектирования теплонасосных установок и оценки экономической эффективности от внедрения их на промышленных предприятиях // Проблемы энергосбережения. – 1993. - №1. – С. 38-44.
13. 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.
14. Бубялис Э., Марцинаускас К. Использование вторичных энергоресурсов АО “Ахема” в системах теплоснабжения г. Ионава // Промышленная теплотехника. – 1997. – Т.19. - №4-5. – С. 93-98.
15. 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.
16. Зимин Л.Б. Опытная установка для утилизации низкопотенциальной теплоты вентиляционных выбросов метрополитенов // Пром. теплотехника. – 2001. – Т.23. - №1-2. – С. 92-95.
17. 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.
18. Проценко В.П., Ларкин Д.К., Старшинин В.Н., Васильев Ю.Н. Экспериментальная теплонасосная установка с газовым двигателем // Пром. энергетика. – 1992. - №7. – С. 34-35.
19. Проценко В.П., Старшинин В.Н. Анализ режимов нагрева воды теплонасосной установки // Теплоэнергетика. – 1992. - №12. – С. 33-36.
20. Савельев С.Н. Использование тепловых насосов как направление энергосбережения // Пром. энергетика. – 1992. - №4. – С. 33-35.
21. 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.
22. Стенин В.А. Использование теплонасосной установки в системах теплоснабжения // Теплоэнергетика. – 1997. - №5. – С. 28-29.
23. Варварский В.С. Работы ВНИПИэнергопром в области энергосбережения // Теплоэнергетика. – 1995. - №6. – С. 22-26.
24. Клепанда А.С., Филиппов Э.Б., Пашко П.В. Методика расчета на ЭВМ парокомпрессионного теплового насоса // Холодильная техника. – 1990. - №7. – С. 10-13.
25. Рабинович М. Экономические показатели систем теплоснабжения с нетрадиционными источниками энергии и методика их расчета // Экономика Украины. – 1997. - №10. – С. 83-85.
26. Онишков В.Е. Оценка эффективности использования теплонасосных станций // Холодильная техника. – 1988. - №5. – С. 4-6.
27. Кан К.Д., Колосков Ю.Д., Рябинин Г.А., Раев А.А. Испытание компрессионного теплового насоса в широком температурном диапазоне // Холодильная техника. – 1988. - №5. – С. 6-9.
28. Аюпов А.А., Мухитдинов Н.А., Ибрагимов И.Д. Применение теплонасосной установки для охлаждения и пастеризации молока // Холодильная техника. – 1988. - №5. – С. 9-10.
29. Онишков В.Е. Экономическая эффективность использования теплонасосных установок на предприятиях пищевой промышленности // Холодильная техника. – 1990. - №7. – С. 2-4.

30. Везиришвили О.Ш., Хвития Н.Т. Каскадная теплонасосная установка для охлаждения и пастеризации молока // Холодильная техника. – 1990. - №7. – С. 4-6.
31. Хрилев Л.С., Калнинь И.М., Козлов Б.М., Рябчиков И.В. Внедрение теплонасосных установок – важная народнохозяйственная задача (по итогам конкурса ГКНТ) // Теплоэнергетика. – 1992. - №4. – С. 20-23.
32. Златопольский А.Н., Калинина Е.И., Табачный Е.М., Кирякова О.Н. Многокритериальная оценка экономической эффективности устройств энергосбережения // Пром. энергетика. – 1992. - №12. – С. 9-12.
33. Аверьянов В.К., Мосягин В.Ю., Пономарёв В.Н, Чанышев И.А. Определение эффективности поливалентных систем теплоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. – 1993. – №6. – С. 8-9.
34. Лоренц К. Оновлення обладнання централізованого опалення та постачання теплої води із застосуванням теплових pomp у санаторії Гостиніне – Круку біля Плоцька // Ринок інсталяційний. – 1997. - №11. – С. 28-29.
35. Теплові помпи // Ринок інсталяційний. – 1997. - №4. – С. 18-19.
36. Галай А. Помпи тепла. Історія. Реальність. Практика і помилки. // Ринок інсталяційний. – 1998. - №11. – С. 25.
37. Безкоштовна енергія // Ринок інсталяційний. – 1999. - №10. – С. 8.
38. Тепла вода завдяки енергії з довкілля // Ринок інсталяційний. – 1997. - №4. – С. 22.
39. Проценко В.П., Ларкин Д.К. Энергетическая эффективность систем утилизации теплоты вентиляционных выбросов с помощью тепловых насосов // Пром. энергетика. – 1986. - №11. – С.45-49.
40. Проценко В.П., Петров С.И., Ларкин Д.К. Анализ энергетической эффективности комбинированного источника теплоснабжения с теплонасосной установкой // Известия ВУЗов “Энергетика”. – 1991. - №7. – С. 81-87.
41. Проценко В.П. Анализ эффективности применения теплонасосных установок с газовым двигателем // Пром. энергетика. – 1986. - №7. – С. 30-33.
42. Проценко В.П. Энергетическая эффективность источников теплоснабжения // Пром. энергетика. – 1986. - №10. – С. 49-52.
43. Везиришвили О.Ш. Тепловые насосы и экономия топливно- энергетических ресурсов // Известия ВУЗов “Энергетика”. – 1984. – №7. – С. 61-65.
44. Везиришвили О.Ш. Характеристики парокомпрессионных холодильных машин в режиме теплонасосных установок // Холодильная техника. – 1984. - №8. – С. 7-9.
45. Янтовский Е. И., Пустовалов Ю.В., Янков В.С. Теплонасосные станции в энергетике // Теплоэнергетика. – 1978. - №4. – С. 13-19.
46. Везиришвили О.Ш. Энергетические характеристики парокомпрессионных теплонасосных установок // Известия ВУЗов “Энергетика”. – 1989. - №3. – С. 92-95.
47. Проценко В.П. Тепловые насосы в капиталистических странах. Современное состояние и направление развития // Теплоэнергетика. – 1986. - №3. – С. 70-73.

Ткаченко Станіслав Йосипович – д.т.н., професор, завідувач кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

Остапенко Ольга Павлівна – к.т.н., асистент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.