

Антоніна В. Калініченко  
**ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ ТА ПОВТОРНОГО  
ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШКОВОЇ ТЕПЛОВОЇ  
ЕНЕРГІЇ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

*У статті представлено шляхи повторного використання надлишкової теплової енергії технологічних процесів у аграрному виробництві з метою заощадження енергоресурсів підприємства за рахунок їх повторного використання, а також обмеження викидів тепла в атмосферу. Показано, що комбіноване виробництво тепла й холоду на сьогодні є одним з найбільш економічно ефективних систем з використанням теплових насосів.*

*Ключові слова:* відновлювальні джерела енергії; тепла енергія; теплонасос.  
*Форм. 6. Літ. 32.*

Антонина В. Калиниченко  
**ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ И ПОВТОРНОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗЛИШКОВ ТЕПЛОВОЙ  
ЭНЕРГИИ В АГРАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*В статье представлены пути повторного использования излишков тепловой энергии технологических процессов в аграрном производстве с целью экономии энергоресурсов предприятия за счет их повторного применения, а также ограничения выбросов тепла в атмосферу. Показано, что комбинированное производство тепла и холода на сегодня является одной из наиболее экономически эффективных систем с использованием тепловых насосов.*

*Ключевые слова:* возобновляемые источники энергии; тепловая энергия; теплонасос.

Antonina V. Kalinichenko<sup>1</sup>  
**THE METHODS OF UTILIZATION AND REUSE OF EXCESS  
THERMAL ENERGY IN AGRICULTURAL PRODUCTION**

*The article describes the methods of reusing excess thermal energy of technological processes in agricultural production in order to save energy of enterprises and limit heat emissions into the atmosphere. It is shown that the combined production of heat and cold is one of the most cost-effective systems using heat pumps nowadays.*

*Keywords:* renewable energy; thermal energy; heat pump.

**Постановка проблеми.** Одним з найбільш ефективних видів енергетичного обладнання, що використовує відновлювальну енергію, зокрема низькопотенційну теплову енергію ґрунту, ґрунтових вод, повітря й тепла метаболічних процесів у тварин, є тепловий насос [10–13]. Використання абсорбційних теплонасосів у системі теплозабезпечення сільськогосподарських об'єктів дає можливість не тільки зменшити обсяги використання традиційних палив, але й зменшує рівень забруднення агроєкосистеми в цілому, що має велике значення для збалансованого розвитку сільських територій [4; 5; 24; 28]. Теплові насоси, що використовують найновіші технології, дають можливість піднести на якісно новий рівень енергозбереження в системах теплозабезпечення сільськогосподарських підприємств [2; 3; 6].

---

<sup>1</sup> Poltava State Agrarian Academy, Ukraine.

**Аналіз останніх публікацій відповідних досліджень**, представлених у польських та світових наукових виданнях, а також результати власних досліджень дозволяють стверджувати, що проблема вторинного використання тепла у агроекосистемах із застосуванням теплових насосів може розглядатися не лише на теоретичному чи експериментальному рівнях, а й мати широке практичне застосування [1; 2; 4; 5; 8; 9; 22–28].

Утилізацію тепла, утвореного в процесі життєдіяльності тварин на тваринницьких фермах, пропонується надзвичайно ефективно реалізувати за допомогою теплонасосних установок, що дозволяє не тільки заощадити енерго-ресурси підприємства за рахунок їх повторного використання, а й обмежити викиди тепла в атмосферу, уникнути проявів парникового ефекту [1; 15; 25]. Застосування такого технічного вирішення проблеми утилізації тепла, що виділяють тварини, дозволяє розв'язати цілий комплекс проблем природо-охоронного та економічного характеру [9; 27; 29–32]. Теплові насоси використовуються у випадках, коли відсутня можливість безпосередньої утилізації теплових викидів (наприклад стоків) через їх низький температурний потенціал [17–23].

**Метою дослідження** є вивчення можливостей отримання еколого-економічного ефекту за рахунок використання теплонасосних установок для утилізації чи повторного використання надлишкової теплової енергії у виробничих умовах на прикладі польських сільськогосподарських підприємств.

**Основні результати дослідження.** З метою економії електроенергії в аграрному виробництві особливо доцільним є застосування теплових насосів у системах «опалення – охолодження» (комбіноване виробництво тепла та холоду) [11; 14; 21; 24; 31]. Ці системи, з одного боку, працюють для охолодження та заморожування продуктів, води, газів тощо, з іншого боку, для одночасного виробництва тепла для опалення й технологічних цілей. Комбіноване виробництво тепла і холоду на сьогодні є одним з найбільш економічно ефективних систем з використанням теплових насосів.

Загальний коефіцієнт ефективності такого підходу є сумою холодопродуктивності та ефективності теплового насоса. Очевидним є те, що при комбінації існуючих установок, які можуть мати складну будову або коштувати досить дорого, при проектуванні нових об'єктів слід брати до уваги міжнародний досвід та тенденції розвитку економіки при комбінованому виробництві тепла та холоду. У залежності від температури відпрацьованого тепла і температури місця, з якого можна це тепло використовувати, застосовуються теплові насоси типу «вода – вода», «повітря – вода» або «повітря – повітря».

*М'ясопереробна промисловість.* У зв'язку зі зростанням цін на паливо з початком глобальної енергетичної кризи в м'ясній промисловості Польщі широко розпочався процес економії води. Ця ощадливість виникає не лише внаслідок підвищеного рівня її споживання, а й, в основному, через її цінність як теплоносія. Ступінь інтеграції та спеціалізації кожного підприємства має певний вплив на обсяги споживання, шляхи та види перетворення енергії, адже цей чинник якнайбільше впливає на можливості оптимального розподілу енергії для потреб усіх підрозділів підприємства. Тому застосування теплових насосів, призначених для розв'язання задач ефективного перетворення

енергії і максимального зменшення її витрат, є надзвичайно ефективним на підприємствах м'ясної та переробної продукції. На цих підприємствах найбільша кількість енергії використовується у процесі приготування продукції, її стерилізації, виконання гігієнічних вимог, а також у процесі пастеризації й виготовлення напівфабрикатів за низьких температур тощо. Зрозуміло, що вода, яка використовується при тепловій обробці м'яса, за різних значень температур повинна мати властивості питної води. Крім того, широко використовується перегрітий водяний пар як значний акумулятор тепла (швидкість акумуляції тепла найвищого рівня) [24]. В той же час для охолодження продуктів переробки м'ясної промисловості та для їх замороження також необхідна значна кількість енергії.

Застосування теплових насосів дозволяє одночасно виконувати два протилежно направлені процеси, перетворюючи теплову енергію нагрівання у одному контурі (на випарникові) на енергію охолодження у другому контурі (на конденсаторі). На відміну від традиційних технологій теплозабезпечення та охолодження ККД при використанні теплонасосів підвищується у декілька разів за рахунок використання внутрішньої енергії процесів, а не надходження додаткової енергії від споживання енергоресурсів.

*Виробництво та переробка сільськогосподарської продукції.* Особливо ефективним є комбіноване використання тепла та холоду на підприємствах чи господарствах, що займаються первинною обробкою, зберіганням та переробкою сільськогосподарської продукції. Так, наприклад, на фруктовому-овочевому заготівельно-переробному комбінаті, що виробляє заморожені фрукти та інші напівфабрикати для кулінарної промисловості, м. Пжеворськ (Przeworsk) з 1998 р. застосовується тепловий насос для утилізації теплової енергії з конденсаторів холодильних пристроїв [19]. На підприємстві було застосовано інноваційну технологію із використанням теплонасосів зі спеціальними теплообмінниками, що дозволило отримати додаткову кількість енергії у обсязі 50% від загальних потреб. В якості джерела енергії для теплового насоса застосовується теплова енергія стічних технологічних вод, а також вод, що використовувалися для охолодження обладнання та повітря виробничих приміщень.

*Овочівництво та садівництво.* Теплові насоси надзвичайно ефективно можуть бути використані в овочівництві та садівництві для підігріву ґрунту. Джерелом тепла для насоса може бути вертикальний ґрунтовий колектор.

*Утилізація тепла у тваринництві.* Іншим способом використання теплових насосів у тваринництві є використання відпрацьованого тепла, яке виділяється в результаті метаболічних процесів тварин. Такого типу обладнання широко використовується не тільки у Польщі, а й в скандинавських країнах, особливо Данії, де існують великі свиноферми та господарства з вирощування ВРХ [7; 8; 16; 19]. Там використовуються системи простих пластинчатих стельових теплообмінників (в основному з труб ПВХ), які відбирають тепло з повітря й використовують його для побутових потреб.

Крім того, теплові насоси у Польщі широко використовуються у господарствах, що спеціалізуються на розведенні риби. Теплонасоси подають тепло для нагріву води у водосховищах, де проводиться вирощування мальків або теплолюбних риб. Джерелом тепла для такого насоса є: вода з глибоких сверд-

ловин та землі (горизонтальні або вертикальні теплообмінники), природні водойми (ставки, річки) та води з геотермальних родовищ.

У Польщі велика кількість повністю або частково інтегрованих сільсько-господарських підприємств використовує вторинні енергетичні ресурси у вигляді пари, сконденсованої пари чи теплої або гарячої води. Тобто, енергія з носіїв, зазначених вище, використовується повторно у різних видах теплообмінників, холодильників, рекуператорів тощо [11; 22; 27–30].

Ще одним способом використання теплових насосів є системи для охолодження молока після доїння з одночасним підігріванням водопровідної води до 60 °С. Про економічну ефективність теплових насосів свідчить той факт, що за рахунок використання невеликої кількості енергії в розмірі 1 кВт для процесу охолодження можна нагріти таку кількість води, для якої в умовах звичайного нагрівання було б потрібно 4–5 кВт [19]. Одним з найкращих прикладів такого застосування теплового насосу є підприємство «Мароль» у селищі Мальжево (Malzewo), неподалік від м. Туржи (Turzy).

Інсталяцію змонтовано для одночасного охолодження молока і підготовки гарячої води для технологічних потреб та нагріву води для побутових потреб. Систему запроєктовано й змонтовано нами з використанням теплового насосу типу W4G0 фірми "Tiibernatus".

Якщо на молочних фермах технологічний процес вимагає попереднього охолодження молока перед його транспортуванням, доцільно й економічно вигідно теплову енергію, отриману при охолодженні молока, за допомогою теплового насосу використовувати для нагріву води, призначеної для миття доїльного обладнання.

$$Q = m \times c \times \Delta T, \quad (1)$$

де  $Q$  – кількість енергії;  $m$  – кількість рідини;  $c$  – її теплоємність;  $\Delta T$  – різниця температур.

Наприклад, щоденно тваринницьке господарство «Мароль» у середньому отримує 620 л молока. Кількість енергії для охолодження такої кількості молока до 12 °С від 36 °С буде складати (1):  $620 \times 0,00105 \times (36 - 12) = 15,62$  кВт • год, де 0,00105 – теплоємність молока. В той же час для підігріву води для технологічних потреб (370 л води від 12 °С до 60 °С) енергії відповідно (1):  $370 \times 0,0011 \times (60 - 12) = 19,53$  кВт • год, де 0,0011 – теплоємність води.

До реконструкції ці процеси виконувались окремими пристроями: холодильною установкою та електронагрівачем. Для охолодження такої кількості молока з використанням холодильного агрегату, враховуючи його ККД ( $\epsilon_{хол} = 85\%$ ) витрачалося 18,38 кВт • год електроенергії. Для нагрівання ж 370 літрів води, враховуючи ККД електронагрівача ( $\epsilon_{нагр} = 100\%$ ) – 19,53 кВт • год електроенергії. Отже на виконання цих двох технологічних процесів сумарно було потрібно  $\approx 37,91$  кВт • год електроенергії.

ККД – це відношення отриманої теплової енергії до витраченої енергії:

$$\eta_{до\ модернизации} = \frac{15,62 + 19,53}{37,91} \times 100\% = 93\%. \quad (2)$$

Після реконструкції обидва ці технологічні процеси (нагріву води та охолодження молока) виконуються за допомогою теплового насоса, конструкція

якого дозволяє використовувати теплову енергію молока для нагріву технологічної води. Електрична енергія, що витрачається при цьому – 3,91 кВт • год (згідно електричного лічильника). ККД теплового насосу:

$$\eta_{\text{TH}} = \frac{15,62 + 19,53}{3,91} \times 100\% = 899,08\%. \quad (3)$$

Таким чином, використання теплового насосу в двонаправлених режимах (на охолодження та підігрів) є найбільш ефективним використанням такого виду обладнання. В нашому випадку коефіцієнт корисної дії за рахунок рекуперації (переносу теплової енергії у тепловому насосі) підвищився у 10 разів, і завдяки цьому використання електроенергії також зменшилося у 10 разів.

Ще один цікавий приклад використання теплового насосу досліджувався у фермерському господарстві широкої спеціалізації М.Віта (M.Wita) в селі Дзевенцьоли (Dziewięcioly) 37 гміна Мехова (Miechów). Для модернізації системи теплопостачання господарства нами, спільно з господарями, було встановлено тепловий насос HEWALEX WBR – 4,5 – В1 типу «повітря – вода», що виробляє 3,8 кВт теплової енергії, споживаючи при цьому 0,79 кВт електричної.

В якості низькотемпературного джерела живлення теплового насосу використовується повітря, що надходить від повітряного теплообмінника по трубам ПВХ з діаметром умовного проходу 200 мм. Повітряний теплообмінник у свою чергу використовує тепло, що утворюється в результаті життєдіяльності свиней у свинарнику. При розрахунках нами було прийнято, що середня температура теплового повітря та випарів зі свинарника становить близько 28 °С. Температура охолодженого повітря, що виходить з теплового насосу після робочого циклу, становить від 15 до 23 °С.

У літній період охолоджене повітря відводиться на підлогу свинарника. У період з листопада до березня воно подається вентиляційним каналом ПВХ умовним діаметром 200 мм до овочесховища. Таким чином покращено вентиляцію та знижено температуру в приміщенні для зберігання картоплі і городи, що сприяло покращенню умов та збільшенню строків зберігання їй, відповідно, зменшенню втрат продукції. Те ж саме повітря використовується для сушіння соломи та відходів деревини. Крім того, тепла енергія, отримана з повітря, передається за допомогою теплоносія (гліколю) до верхнього змійовика бака-акумулятора системи гарячого водопостачання (ГВП) ємністю 300 літрів, який поєднаний ще з двома баками загальною ємністю 600 л. Конструкція бойлера, що знаходиться в котельні, дозволяє використовувати теплову енергію не тільки для системи ГВП, але й для опалення житлового будинку.

Найбільш ефективним для системи теплозабезпечення господарства є використання теплового насосу у період від ранньої весни до пізньої осені. При температурі вище +10 °С теплонасос виконує одразу дві функції: охолодження повітря у овочесховищі та свинарнику та підігрів води у системі теплозабезпечення. Крім того, з підвищенням температури навколишнього середовища підвищується і коефіцієнт потужності теплового насосу, тобто відношення отриманої теплової енергії до електричної енергії, необхідної для його роботи.

Родина господаря досліджуваного підприємства складається з 5 осіб. Відповідно до польських норм, розрахункова кількість гарячої води складає 50 л на добу для однієї особи. Тобто для родини з 5 осіб система ГВП мусить забезпечити підігрів 250 л води від 12 °С до 45 °С. Кількість енергії (1), потрібна для цього, складає  $\approx 9,075$  кВт • год. Час нагрівання добового обсягу води для системи ГВП господарства тільки за рахунок теплового насосу (без участі геліосистеми та твердопаливного котла) становитиме  $9,075 / 3,8 = 2,39$  год.

З 2008 р., крім виробництва сільськогосподарської продукції, з метою отримання додаткового доходу у господарстві розпочато надання послуги за системою «зеленого туризму», яка останніми роками набула значного поширення у Польщі. За законодавством та податковою системою Польщі, агротуристичні господарства, розташовані у сільській місцевості, що використовували у якості готелю не більше 5 кімнат (кількість ліжок не обумовлюється), повністю звільняються від будь-яких податків на цей вид діяльності. Саме цією можливістю й скористався фермер для отримання додаткового доходу. У 2010 р. господарство зайняло 1-ше місце в рейтингу найкращих агротуристичних господарств у Малопольському воєводстві.

У літній період 5 кімнат другого поверху використовуються у якості готелю за системою «зеленого туризму». Житловий будинок заплановано використовувати для прийому туристів загальною кількістю до 20 осіб одночасно. Через це, головним чином у літній період, витрати води з системи ГВП збільшуються приблизно у 5 разів. Для забезпечення туристів гарячою водою у літній туристичний сезон було заплановано встановлення додаткових потужностей для підігріву води. Отже у туристичний сезон (5 місяців, з травня по вересень) нагрів відбувається за  $2,39 \times 5 = 11,94$  год. Така інерційність існуючого обладнання не може створити належних комфортних умов. Ось чому використання теплового насосу у системі теплозабезпечення спільно з сонячними колекторами має великі переваги поряд з окремим використанням кожного з видів обладнання. З одного боку, коли не вистачає сонячної енергії, її додає тепловий насос, а з іншого, та частина теплової енергії, що надходить від геліосистеми, дозволяє використовувати тепловий насос меншої потужності. Це, по-перше, впливає на вартість інвестиції (кожний додатковий кіловат потужності теплового насосу досить дорого коштує), і, по-друге, зменшує вартість експлуатації теплового насосу за рахунок зменшення часу його роботи і витрат електроенергії.

Отже, тепловий насос починає працювати, коли не вистачає теплової енергії від геліосистеми. За день у літній, «туристичний» період необхідно підігріти 1250 л води (25 осіб  $\times$  50 л). Враховуючи ступінь покриття потреб у теплової енергії, за рахунок геліосистеми за цей період тепловий насос повинен доповнити таку кількість енергії:

$$Q_{ТН}^{літо} = Q_{ГВП}^{літо} \times \varepsilon_{ТН}^{літо}, \quad (4)$$

де  $Q_{ГВП}^{літо}$  – загальні потреби у енергії в сезон зеленого туризму – за 5 місяців це складає  $\approx 150$  днів ( $5 \times 9,075 \times 150 = 6807$  кВт • год);  $\varepsilon_{ТН}^{літо}$  – середній коефіцієнт покриття потреб теплової енергії за рахунок теплового насосу.  $\varepsilon_{ТН}^{літо} = 100 - \varepsilon_{ГС}^{літо}$ , де  $\varepsilon_{ГС}^{літо}$  – середній коефіцієнт покриття потреб теплової енергії за рахунок

геліосистеми ( $\approx 62,6\%$ ). Отже:  $Q_{ТН}^{літо} = 6807 \times (100 - 62,6) = 2545,82 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ . У цей період тепловий насос працює виключно для підігріву води для системи ГВП. У період міжсезоння тепловий насос виробляє теплову енергію і для системи ГВП і для системи опалення.

Крім того, згідно з нашими дослідженнями щодо використання теплового насосу у господарстві, за температури нижче  $+2^\circ\text{C}$ , енергії від теплового насосу не вистачає для теплозабезпечення будинку, й тоді слід застосовувати твердопаливний котел для спалювання брикетів. За багаторічними статистичними даними щодо кліматичних умов регіону, температура нижче  $+2^\circ\text{C}$  у даній місцевості буває у середньому не більше 105 днів на рік (у цей час насос відключено). Таким чином, інші 110 діб нетуристичного сезону для підігріву води у системі ГВП та для часткового опалення використовують тепловий насос.

У періоди з жовтня по середину грудня та з березня по квітень включно за рахунок теплового насосу виробляється така кількість енергії:

$$Q_{ТН}^{\text{осінь-весна}} = P_{ТН}^t \times t^{\text{осінь-весна}} = 3,8 \times 2640 = 10032 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (5)$$

де  $t^{\text{осінь-весна}} = 110 \text{ днів} \times 24 \text{ години} = 2640 \text{ годин}$ .

Таким чином, річна кількість теплової енергії, виробленої тепловим насосом, складає:

$$Q_{ТН}^p = Q_{ТН}^{\text{літо}} + Q_{ТН}^{\text{осінь-весна}} = 2545,82 + 10032 = 12577,82 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \quad (6)$$

Вартість теплового насосу становила  $\approx 4,64$  тис. євро. Вартість додаткового обладнання, теплообмінника та монтажних і налагоджувальних робіт становила  $\approx 2,06$  тис. євро. Отже, загальна вартість проекту  $\approx 6,70$  тис. євро. Термін окупності склав приблизно 4,5 роки.

**Висновки.** У ході аналізу ефективності використання теплонасосів на підприємствах Польщі виявлено, що збереження енергії та зменшення її витрат на існуючому обладнанні досягається за рахунок наступних чинників:

- автоматизації (управління потоками енергії з урахуванням тарифів на електроенергію протягом доби та відповідного попиту на отримання холоду чи тепла);
- економії води (організація рециркуляції води або її очищення у системах охолодження конденсаторів, компресорів та іншого технологічного обладнання, замість її зливу у каналізацію);
- адаптації технологій до того, щоб не виконувати подвійне охолодження або заморожування м'яса, а лише заморожувати кінцевий продукт;
- підвищення економії теплової енергії за рахунок рециркуляції теплоносіїв, які використовуються у виробничих процесах;
- уникання надмірних температурних режимів у технологічних процесах.

1. Іванов О. Міжнародний досвід «зеленого» розвитку економіки // Міжнародний конгрес промисловців та підприємців в Україні // uaforeignaffairs.com.

2. Копець Г.Р. Застосування механізмів фінансового посередництва при впровадженні проектів з енергозбереження та енергоефективності. – 2009 // ena.lp.edu.ua.

3. Короненко О. Сучасні системи опалення та енергоефективність // ЕКОінформ. – 2011. – №6. – С. 21–22.

4. Маляренко В.А. Енергетика і навколишнє середовище. – Харків: САГА, 2008. – 364 с.

5. Новітні технології біоконверсії / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін та ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2010. – 326 с.

6. *Перебийніс В.І.* Енергетичний менеджмент: Навч. посібник. – Полтава: ІнтерГрафіка, 2004. – 232 с.
7. *Петренко І.П.* Україна та Польща: на шляху до розширення інвестицій у енергозбереження // Збірник наукових праць Національного університету державної податкової служби України. – 2010. – №1. – С. 316–323.
8. *Шевченко В.* Використання енергозберігаючих технологій в країнах ЄС: досвід для України: Аналітична записка / Національний інститут стратегічних досліджень. – 2011 // [www.niss.gov.ua](http://www.niss.gov.ua).
9. Энергосбережение – путь повышения эффективности экономики / Флуитек Системс // [fluitech.com.ua](http://fluitech.com.ua).
10. *Antonowicz, J., Nowakowski, E.* (1994). Zastosowanie pomp ciepła w uzdrowiskach. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 2: 14–15.
11. *Bartoszek, B., Kotarba, J.* (1981). Pompa ciepła i jej zastosowania. Gospodarka Paliwami i Energia, II(1): 7–8.
12. *Bilicki, Z., Cieslinski, J., Doerffer, S., Kwidzynski, R. i inne* (1996). Metody komputerowe w technice cieplnej. Gdansk: Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych PAN.
13. *Brodowicz, K., Dyakowski, T.* (1990). Pompy ciepła. Warszawa: PWN.
14. *Chlopecki, A.* (1990). Metodologia badan obiegów chłodniczych jedno i wielostopniowych w instalacjach chłodniczych. Chłodnictwo, 8: 16–17.
15. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23.04.2009.
16. *Garska, J.* (1983). Klimatyzacja pomieszczen przy zastosowaniu pomp ciepłych. Gospodarka Paliwami i Energia, 7: 18–19.
17. *Hanausek, P.* (1993). Wykorzystanie odnawialnych zrodელ energii za pomoca sprężarkowej pompy ciepła. In: Mater. ronf. nauk. "Problemy badawcze energetyki cieplnej" (Warszawa, grudzien 1993). S. 10–12.
18. *Hobler, T.* (1968). Ruch ciepła i wymienniki. Warszawa: WNT.
19. *Jedrysek, M.-O.* (2007). Wybrane zagadnienia z zakresu OZE. Ministerstwo Srodowiska, 7: 28–35.
20. *Kempkiewicz, K.* (1998). Algorytm obliczen termodynamicznych sprężarkowej pompy ciepła. In: Mater. V konf. nauk.-techn. "Mała Energetyka" (Gdansk, 1998). S. 5–20.
21. *Kusto, Z.* (1987). Dwukryterialny dobor pompy cieplnej. Gospodarka Paliwami i Energia, 5: 25–28.
22. *Kuzniak, T., Zdzyłowski, W.* (1990). Ekonomiczne uwarunkowania zastosowan małych pomp ciepła w krajowym budownictwie jednorodzinym. Gospodarka Paliwami i Energia, 10: 28–34.
23. *Mieczynski, M., Siatka, J.* (1982). O termodynamicznych podstawach pomp ciepła. Chłodnictwo, 8: 18–20.
24. *Roslon, D., Sarama, A.* (1984). Pompa ciepła. Zasada działania i przykłady zastosowan. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 6: 28–29.
25. *Rozewicz, Z.* (1993). Efekt cieplarniany – fakty i przypuszczenia. Energetyka, 2: 42–48.
26. *Rubik, M.* (1996). Pompy ciepła. Warszawa.
27. *Skupinski, J.* (1997). Zastosowanie pomp ciepła "Hibernatus" w mleczarstwie przemyslowym. Chłodnictwo, 7: 7–10.
28. *Tyminski, J.* (1997). Spojrzzenie na energetyzacje i elektryfikacje rolnictwa w perspektywie XXI wieku. Prace Naukowo-Badawcze (Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa), 2: 61–91.
29. *Wesolowski, A.* (1985). Wykorzystanie ciepła odpadowego w urzadzeniu do chłodzenia mleka. Chłodnictwo, 2: 32–39.
30. *Zakrzewski, B.* (1997). Instalacja wewnetrzna i zewnetrznej regeneracji ciepła w obiegach sprężarkowych urzadzen chłodniczych. Chłodnictwo, 4: 52–61.
31. *Zimny, J., Kempkiewicz, K., Kowalski, G.* (1996). Badania wstepne ogrzewacza wody z pompa ciepła typu "powietrza-woda" produkcja EDA Poniatowa. In: Mater. II konf. nauk.-techn. " Mała Energetyka" (Kielce, 1996). S. 62–76.
32. *Zimny, J., Kempkiewicz, K., Kowalski, G., Knaga, J.* (1997). Pompy ciepła stosowane w technice rolniczej. In: Rynek Instalacyjny. Grudzien. S. 38–43.

Стаття надійшла до редакції 20.02.2014.