

## Топливо и енергетика

УДК 621.577:697.1

**Безродний М.К.**, докт. техн. наук, проф.,  
**Притула Н.О.**, канд. техн. наук, **Ословський С.О.**

*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ*  
*просп. Перемоги, 37, 03056 Київ, Україна, e-mail: m.bezrodny@kpi.ua*

### **Аналіз комбінованої теплонасосної схеми опалення з використанням теплоти атмосферного повітря та стічних вод будинку**

Викладено методику аналізу системи теплонасосного опалення з використанням теплоти стічних вод будівлі та атмосферного повітря як джерел теплоти. Проведено термодинамічний аналіз схеми опалення. Отримано залежність для визначення відношення теплового потоку, що вноситься у випарник з атмосферним повітрям, до сумарних затрат теплоти на опалення. Показано, що схема теплонасосної системи опалення з використанням додаткової теплоти стічних вод ефективніша, ніж вихідна схема опалення. Отримано співвідношення для визначення сумарних питомих затрат зовнішньої енергії на систему теплонасосного опалення з використанням теплоти атмосферного повітря та стічних вод будинку. Визначено, що при використанні даної схеми на стадії проектування системи теплонасосного опалення можливо суттєво знизити капітальні та експлуатаційні затрати. Використання отриманих залежностей у розробці систем теплонасосного опалення забезпечить максимальну енергоефективність їх роботи. *Бібл. 7, рис. 4.*

**Ключові слова:** тепловий насос, атмосферне повітря, джерело теплоти, стічні води, сумарні питомі затрати зовнішньої енергії, низькотемпературна система опалення.

Теплонасосні технології, що набули широкого розповсюдження у світі, є одним з найбільш перспективних напрямків у вирішенні проблем енергозбереження у сфері виробництва енергії та у технологічних процесах. Застосування теплових насосів у системах теплопостачання сприяє ефективному використанню енергії докільця та характеризується великими темпами зростання кількості діючих установок у багатьох країнах світу. Найбільшого поширення (близько 50 %) у країнах Європи набули теплонасосні системи (ТНС) теплопостачання з використан-

ням теплоти атмосферного повітря [1]. Цьому сприяє необмеженість та широка доступність такого джерела теплоти, відносно низька вартість монтажних робіт та стартових капіталовкладень порівняно, наприклад, з ґрунтовими тепловими насосами.

На жаль, рівень застосування ТНС в Україні, у тому числі систем з використанням теплоти атмосферного повітря, залишається незадовільним; однією з причин є несприятливі кліматичні умови. За даними гідрометеорологічного аналізу, проведеного за участю ав-

торів цієї статті, було з'ясовано, що температура від  $-10$  до  $-15$  °С припадає на 40 % часу опалювального періоду. В цих умовах використання повітряних теплових насосів характеризується низькою енергетичною ефективністю [1–3], тому для задоволення потреб теплопостачання необхідне підключення додаткових джерел енергії.

У зв'язку з викладеним набувають актуальності розробка та дослідження термодинамічної або енергетичної ефективності комбінованих ТНС теплопостачання з використанням декількох низькотемпературних джерел енергії. У рамках даної статті запропонована комбінована теплонасосна схема низькотемпературного опалення, виконана на основі повітряного теплового насоса з використанням умовно чистих стічних вод як додаткового джерела теплоти. Проведено термодинамічний аналіз такої схеми, на основі якого зроблені висновки щодо покращення умов роботи повітряних теплових насосів та зменшення питомих затрат зовнішньої енергії на вироблення теплоти у системі опалення.

### Опис принципової схеми ТНС

Принципова схема комбінованої теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти атмосферного повітря та стічних вод зображена на рис.1. Особливістю даної схеми є додаткове встанов-

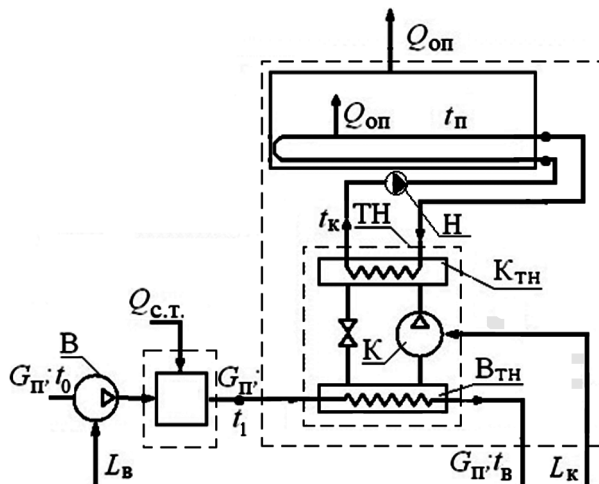


Рис.1. Принципова схема комбінованої ТНС низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти атмосферного повітря та стічних вод: ОП – опалюване приміщення; ТН – тепловий насос;  $K_{ТН}$  – конденсатор ТН;  $V_{ТН}$  – випарник ТН; К – компресор; Н – насос;  $TO_{св}$  – теплообмінник стічних вод;  $L_к$  – робота приводу компресора ТН;  $L_п$  – робота приводу насоса;  $L_в$  – робота вентилятора.

лення теплообмінника, в якому теплота відбирається від умовно чистих стічних вод будівлі та передається теплоносію нижнього контуру ТНС опалення (повітря). Таким чином, за рахунок викидної теплоти можна підвищити термодинамічну ефективність даної схеми.

По металевому або пластиковому корпусу атмосферне повітря подається у схему за допомогою вентилятора. Для підвищення ефективності роботи схеми точку відбору атмосферного повітря необхідно захистити від замерзання.

Атмосферне повітря з температурою  $t_0$  й об'ємною витратою  $G_п$  вентилятором системи з навколишнього середовища подається у теплообмінник стічних вод ( $TO_{св}$ ). У теплообміннику теплоносієм підігрівається до температури  $t_1$ , відбираючи від стічних вод теплоту  $Q_{c,t}$ , подається до випарника ТН, в якому повітря охолоджується, та на виході його температура становить  $t_в$ . Опалюване приміщення має теплові втрати у навколишнє середовище  $Q_{оп}$ . Для їхньої компенсації використовується тепловий потік від конденсатора теплового насоса  $Q_к$  з температурою теплоносія  $t_к$  на вході у систему опалення.

Таким чином, наведена вище схема у порівнянні зі звичайною теплонасосною схемою з використанням теплоти атмосферного повітря характеризується наявністю в нижньому контурі ТН додаткового джерела теплоти у вигляді теплоти стічних вод, що може привести до підвищення ефективності роботи всієї теплонасосної схеми у порівнянні з вихідною.

### Термодинамічний аналіз ТНС

Аналіз термодинамічної ефективності наведеної вище схеми опалення слід виконувати, знаючи кількісні характеристики додаткового джерела теплоти – стічних вод. Визначення цих характеристик можна зробити на основі розрахунків теплового навантаження будинку на опалення та гаряче водопостачання (ГВП). Аналіз результатів таких розрахунків для будівель приводить до висновку, що витрати теплоти на ГВП складають у більшості випадків до 25–30 % від витрат теплоти на опалення в розрахунковий період.

Тоді можна записати, що

$$Q_{ГВП} = K_P Q_{оп}, \quad (1)$$

де  $Q_{ГВП}$  – тепловий потік на ГВП, Вт;  $K_P$  – коефіцієнт пропорційності між вказаними тепловими потоками в розрахунковий період;  $Q_{оп}$  – тепловий потік на опалення приміщення, Вт.

При підвищенні температури зовнішнього повітря у порівнянні з розрахунковим режимом буде зменшуватися температурний напір у системі опалення та у теплообміннику для підігріву повітря за рахунок теплоти стічних вод. У першому наближенні можна прийняти, що зміни температурного напору у теплообміннику та у системі опалення однакові. Тоді можна прийняти, що за будь-якої температури зовнішнього повітря

$$Q_{с.т} = K Q_{оп}, \quad (2)$$

де  $K$  — коефіцієнт пропорційності за будь-якої температури  $t_0$ ,  $K = K^p$ .

Далі з теплового балансу підігрівника повітря маємо

$$\begin{aligned} G_{II} &= Q_{с.т} / C_B (t_1 - t_0) = \\ &= K^p Q_{оп} / C_B (t_1 - t_0), \end{aligned} \quad (3)$$

де  $t_1$  — температура повітря на вході до випарника або на виході з теплообмінника стічних вод, °C.

Аналогічним чином з рівняння теплового балансу об'єкту опалення визначимо

$$G_{II} = Q_{оп} (\varphi - 1) / C_B (t_1 - t_B) \varphi, \quad (4)$$

де  $t_B$  — температура повітря на виході з випарника ТН, °C;  $\varphi$  — дійсний коефіцієнт трансформації ТН.

Прийmemo, що дійсний коефіцієнт трансформації можна визначити так:

$$\varphi = \varphi^T \eta_{ТН}, \quad (5)$$

де  $\varphi^T$  — коефіцієнт трансформації ідеального циклу Карно;  $\eta_{ТН}$  — коефіцієнт втрат ТН, прийнято  $\eta_{ТН} = 0,6$  [4].

Коефіцієнт трансформації теплоти ідеального циклу Карно можна записати у такому вигляді:

$$\varphi^T = \left[ 1 - \frac{T_B^{ТН}}{T_K^{ТН}} \right]^{-1} = \left[ 1 - \frac{273 + t_T^{вих} - \Delta t_{вип}}{273 + t_K + \Delta t_K} \right]^{-1}, \quad (6)$$

де  $T_B^{ТН}$  — абсолютна температура випаровування холодильного агента у випарнику ТН, К;  $T_K^{ТН}$  — абсолютна температура конденсації холодильного агента в конденсаторі ТН, К;  $t_T^{вих}$  — температура теплоносія на виході з випарника ТН, °C;  $t_K$  — температура води на виході з конденсатора ТН, °C;  $\Delta t_{вип}$  — температурний перепад між потоками теплоносія й холодильно-

го агента на виході з випарника теплового насоса, °C;  $\Delta t_K$  — температурний перепад між потоками холодильного агента та гріючого теплоносія у системі опалення на виході з конденсатора ТН, °C.

Згідно з рекомендаціями [4], можна прийняти, що для рідкого теплоносія у випарнику теплового насоса  $\Delta t_{вип} = 5$  °C, для води в конденсаторі теплового насоса  $\Delta t_K = 5$  °C.

Температура теплоносія, що подається у систему опалення, визначається за співвідношенням [5]:

$$t_K = t_{II} + (t_T^p - t_{II}) \left[ \frac{(t_{II} - t_0)}{(t_{II} - t_0^p)} \right]^{1/(1+n)}, \quad (7)$$

де  $t_{II}$  — температура повітря у приміщенні,  $t_{II} = 20$  °C;  $t_0$  — температура навколишнього атмосферного повітря, °C;  $t_T^p$  — розрахункова температура гріючого теплоносія у системі опалення за розрахункової температури атмосферного повітря  $t_0^p$  (у даних розрахунках ця температура складає  $-22$  °C);  $n = 0$  для низькотемпературних систем опалення; розрахункова температура теплоносія у системі опалення приймається  $t_0^p = 45$  °C.

Важливим параметром при визначенні коефіцієнта трансформації ТН є температура повітря на виході з випарника:

$$t_B = t_1 - \Delta t_{опт}, \quad (8)$$

де  $\Delta t_{опт}$  — оптимальний ступінь охолодження низькотемпературного джерела теплоти у випарнику ТН [5], що визначається за формулою

$$\begin{aligned} \Delta t_{опт} &= \left\{ \frac{A(273 + t_K + \Delta t_K)}{\eta_B \eta_{пр}} \times \right. \\ &\times \left. \left[ \eta_{ТН} - 1 + \frac{273 + t_1 - \Delta t_{вип}}{273 + t_K + \Delta t_K} \right] \right\}^{1/2}, \end{aligned} \quad (9)$$

де  $A$  — комплекс постійних величин, що залежить від аеродинамічного опору випарника,  $A = \Delta p / (\rho_{II} c_p)$  (де  $\Delta p$  — втрати тиску у випарнику ТН, кПа;  $\rho_{II}$  — густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $c_p$  — питома ізобарна теплоємність повітря, кДж/(кг·К));  $\eta_B$  — ККД вентилятора;  $\eta_{пр}$  — ККД приводу вентилятора.

З рівнянь (3) та (4) після нескладних математичних перетворень отримуємо

$$\Theta = (t_1 - t_0) / (t_1 - t_B) = K \varphi / (\varphi - 1). \quad (10)$$

Перепад температур  $t_1 - t_b$  у рівнянні (7) прийемо рівним оптимальному значенню, згідно з рекомендаціями роботи [5]:

$$t_1 - t_b = \Delta t_{\text{опт}}. \quad (11)$$

Тоді з рівнянь (7) та (8) можемо отримати вираз для температури повітря на вході у випарник ТН:

$$t_1 = t_0 + \Delta t_{\text{опт}} K_p \varphi / (\varphi - 1). \quad (12)$$

Важливою характеристикою для аналізу ефективності ТН схеми опалення є частка теплоти атмосферного повітря у загальній кількості теплоти [6, 7], що витрачається на опалення об'єкту. Визначимо цю величину з теплового балансу ТН установки:

$$\beta = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{оп}}} = \frac{\varphi - 1}{\varphi} - K_p - \frac{\varphi - 1}{\varphi} \frac{A}{\eta_b \eta_{\text{пр}} \Delta t_{\text{опт}}}. \quad (13)$$

Енергоефективність роботи схеми опалення з використанням ТН характеризується питомими затратами зовнішньої енергії на вироблення одиниці теплоти на опалення:

$$l_{\text{оп}} = (L_{\text{к}} + L_{\text{в}}) / Q_{\text{оп}}. \quad (14)$$

При застосуванні термодинамічного аналізу схеми без використання стоків, який наведено у [5], та з урахуванням (10) рівняння (14) набуває вигляду

$$l_{\text{оп}} = \frac{1}{\varphi} \left[ 1 + \frac{A}{\eta_b \eta_{\text{пр}}} \frac{\varphi - 1}{\Delta t_{\text{опт}}} \right]. \quad (15)$$

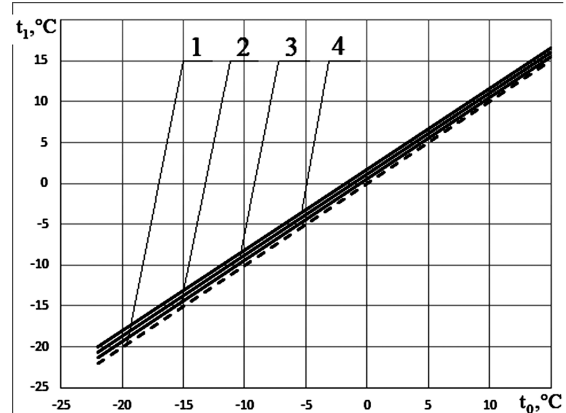
### Розрахунковий аналіз характеристик теплонасосної схеми

Першим кроком чисельного аналізу даної схеми обрано визначення залежності температури повітря на виході з теплообмінника стічних вод [7] (на вході до випарника ТН) від температури зовнішнього повітря при різних значеннях комплексу А. Залежність побудована на основі рівняння (12). У розрахунку прийнято значення комплексу  $A = 0,1; 0,5; 1,0$ , що охоплює більшу частину діапазону роботи ТН установки. Також змінним був коефіцієнт  $K_p$ , значення якого приймалися  $0; 0,1; 0,2; 0,3$ . Залежності  $t_1 = f(t_0)$  графічно зображені на рис.2.

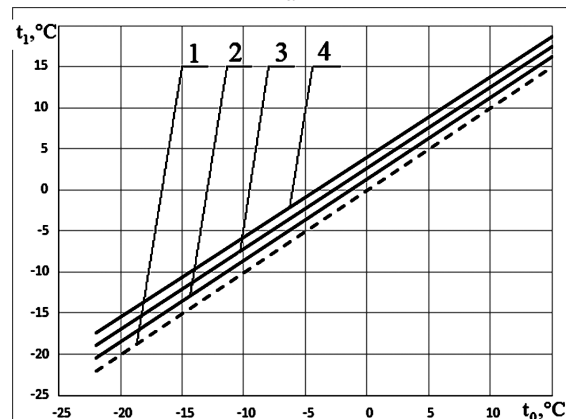
Аналізуючи залежності на рис.2, можна побачити, що зі збільшенням комплексу А температура на вході до випарника збільшується.

Можна прослідкувати підвищення  $t_1$  зі збільшенням  $K_p$ , що суттєво покращує умови експлуатації даної схеми опалення при від'ємних температурах атмосферного повітря.

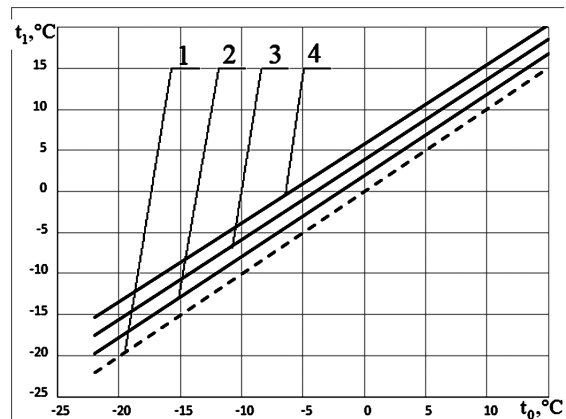
З рис.2, в видно, що при  $A = 1,0$  та  $K_p = 0,3$  температура  $t_1$  повітря на вході до випар-



а



б



в

Рис.2. Залежність температури на вході до випарника ТН від температури атмосферного повітря: а, б, в – комплекс  $A = 0,1; 0,5; 1,0$  відповідно; 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт  $K_p = 0; 0,1; 0,2; 0,3$ .

ника зростає на величину близько 8 °С, що забезпечує рівень цієї температури -15 °С при розрахунковій температурі -22 °С атмосферного повітря на опалення.

Для наступного чисельного аналізу системи було побудовано залежності відносної частки теплоти атмосферного повітря у загальній ви-

траті теплоти на опалення від температури зовнішнього повітря (рис.3) при таких самих змінних А та КР, як у попередніх залежностях.

З графіків на рис.3, побудованих за рівнянням (11), можна чітко прослідкувати, що при збільшенні А, тобто збільшенні аеродинамічного опору випарника ТН, та КР відносна

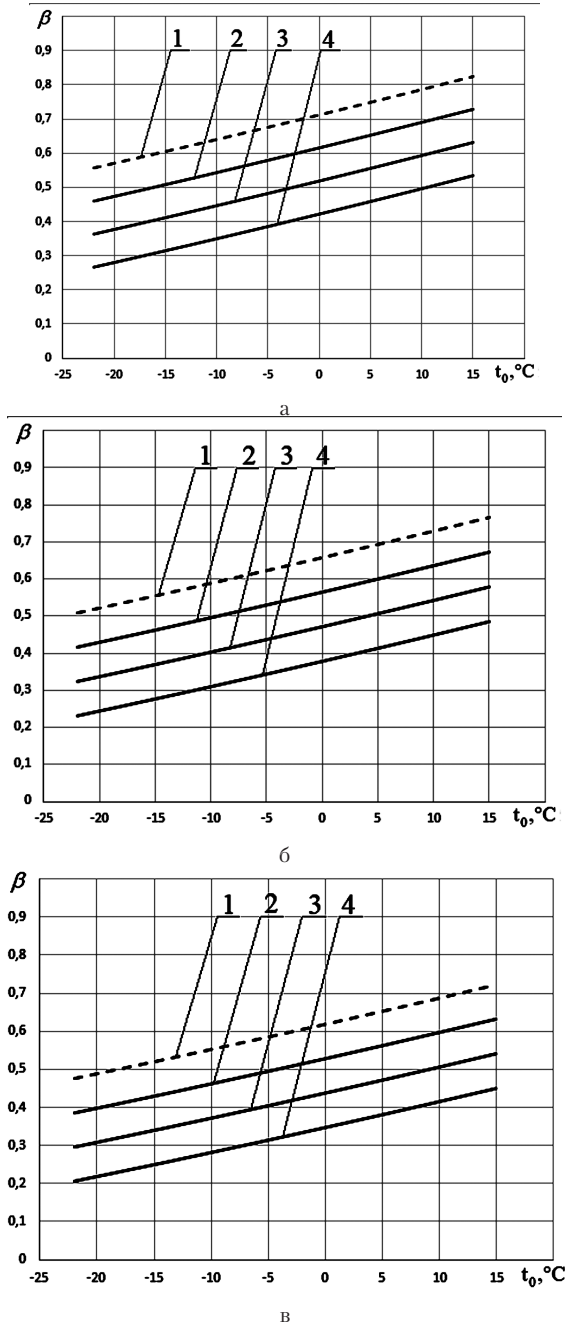


Рис.3. Залежність відносної частки теплоти атмосферного повітря у загальній витраті теплоти на опалення від температури атмосферного повітря: а, б, в – комплекс А = 0,1; 0,5; 1,0 відповідно; 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт КР = 0; 0,1; 0,2; 0,3.

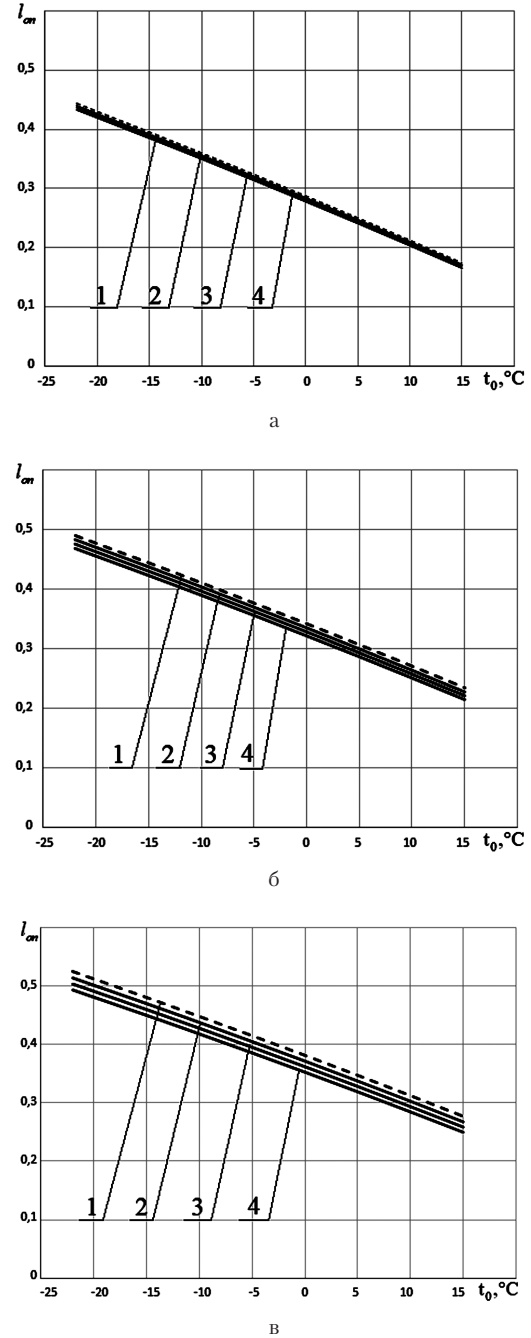


Рис.4. Залежність питомих затрат зовнішньої енергії на опалення від температури атмосферного повітря: а, б, в – комплекс А = 0,1; 0,5; 1,0 відповідно; 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт КР = 0; 0,1; 0,2; 0,3.

частка теплоти атмосферного повітря у загальній витраті теплоти на опалення суттєво знижується, тоді як доля теплоти на опалення за рахунок теплоти стічних вод залишається незмінною.

Графічні залежності, показані на рис.3, поділяють його на три області. Перша область, яка знаходиться під кривими, характеризує частку теплоти атмосферного повітря; друга область, над штриховими лініями, — затрати зовнішньої енергії на компресор та вентилятор ТН; третя область, між штриховими та суцільними лініями, — внесок додаткового джерела у загальній витраті теплоти на опалення. Таким чином, використання теплоти стічних вод при реальних значеннях витрати теплоти на ГВП вносить суттєвий вклад у забезпечення теплового навантаження системи на опалення.

Важливою характеристикою комбінованої теплонасосної системи є питомі затрати зовнішньої енергії на вироблення одиниці теплоти на опалення. Чисельний аналіз проведено за рівнянням (13), побудовано залежності  $l_{оп} = f(t_0)$  при тих самих параметрах, як у попередніх випадках (рис.4).

З графічних залежностей, показаних на рис.4, можна прослідкувати, що питомі затрати зовнішньої енергії на ТН систему опалення суттєво збільшуються зі зниженням температури атмосферного повітря та зі збільшенням аеродинамічного опору випарника ТН, а також дещо зменшуються при збільшенні коефіцієнта КР, тобто при зростанні співвідношення теплоти, що відбирається від стічних вод, та теплоти на опалення об'єкту. Зниження сумарних затрат енергії на опалення майже не прослідковується при малих значеннях комплексу А, а при  $A = 0,5$  та  $A = 1$  це явище прослідковується більш чітко.

### Висновки

Використання додаткового джерела теплоти для ТН схеми теплопостачання з використанням атмосферного повітря як нижнього джере-

ла суттєво покращує умови експлуатації всієї системи, збільшуючи температуру теплоносія на вході до випарника ТН у деяких випадках з від'ємного до додатного значення, що є суттєвою перевагою для використання ТН в умовах українського клімату.

При залученні додаткового джерела — теплоти стічних вод — наведена вище система опалення використовує температурний потенціал, який раніше скидався у навколишнє середовище. Такий підхід є кроком до безвідходності та енергоефективності системи.

Використання даного підходу в ТН схемах опалення суттєво знижує сумарні питомі затрати зовнішньої енергії, за рахунок чого можна зменшити стартові капітальні та експлуатаційні затрати на систему ТН опалення.

### Список літератури

1. Гершкович В.Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами. Киев : Энергоминимум, 2009. 60 с.
2. Гершкович В.Ф. Кое-что из американского опыта проектирования тепловых насосов. *Тепловые насосы*. 2011. № 1. С. 12–19.
3. Мацевитый Ю.М., Чиркин Н.Б., Богданович Л.С., Клепанда А.С. О рациональном использовании теплонасосных технологий в экономике Украины. *Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2007. № 3. С. 20–31.
4. Безродний М.К., Пуховий І.І., Кутра Д.С. Теплові насоси та їх використання. Київ : НТУУ «КПІ», 2013. 312 с.
5. Безродний М.К., Притула Н.О. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання. Київ : Політехніка, 2016. 272 с.
6. ДСТУ БВ.2.5-44:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами. Чинний від 01.09.2010. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 52 с.
7. Зимин Л.Б., Фиалко Н.М. Анализ эффективности теплонасосных систем утилизации теплоты канализационных стоков для теплоснабжений социальных объектов. *Промышленная теплотехника*. 2008. № 1.

Надійшла до редакції 14.12.17



**Безродный М.К.**, докт. техн. наук, проф.,  
**Прытула Н.А.**, канд. техн. наук, **Ословский С.А.**  
**Киевский политехнический институт имени Игора Сикорского, Киев**  
просп. Победы, 37, 03056 Киев, Украина, e-mail: m.bezrodny@kpi.ua

## **Анализ комбинированной теплонасосной схемы отопления с использованием теплоты атмосферного воздуха и сточных вод здания**

Изложена методика анализа системы теплонасосного отопления с использованием теплоты сточных вод здания и атмосферного воздуха как источников теплоты. Проведен термодинамический анализ схемы отопления. Получена зависимость для определения отношения теплового потока, вносимого в испаритель с атмосферным воздухом, к суммарным затратам теплоты на отопление. Показано, что схема теплонасосной системы отопления с использованием дополнительной теплоты сточных вод здания более эффективна, чем исходная схема отопления. Получены соотношения для определения суммарных удельных затрат внешней энергии на систему теплонасосного отопления с использованием теплоты атмосферного воздуха и сточных вод здания. Определено, что при использовании данной схемы на стадии проектирования системы теплонасосного отопления возможно существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты. Использование полученных зависимостей в разработке систем теплонасосного отопления обеспечит максимальную энергоэффективность их работы. *Библ. 7, рис. 4.*

**Ключевые слова:** тепловой насос, атмосферный воздух, источник теплоты, сточные воды, суммарные удельные затраты внешней энергии, низкотемпературная система отопления.

**Bezrodny M.K.**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
**Prytula N.A.**, Candidate of Technical Sciences, **Oslovsky S.O.**  
**Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute, Kiev**  
37, Peremogy Ave., 03056 Kiev, Ukraine, e-mail: m.bezrodny@kpi.ua

## **Analysis of the Combined Heat Pump Heating Schemes Using the Heat of Atmospheric Air and House Sewage**

The method of analysis of the system of heat pump heating using the heat of sewage of the building and atmospheric air as sources of heat is outlined in this article. A thermodynamic analysis of the heating circuit was made, in which a dependence was obtained for determining the ratio of the thermal flow introduced into the evaporator with atmospheric air to the total heat consumption for heating. It is shown that the scheme of heat pump system with the use of additional heat of sewage is more effective than the initial heating scheme. The correlation for determining the total specific energy expenditure for the heat pump system using the heat of atmospheric air and sewage is obtained. It is determined that when using this scheme at the stage of design of the system of heat pump heating it is possible to significantly reduce capital and operating costs. The use of obtained dependencies in the development of heat pump systems will ensure the maximum energy efficiency of their operation. *Bibl. 7, Fig. 4.*

**Key words:** heat pump, atmospheric air, source of heat, sewage, total specific costs of external energy, low-temperature heating system.

### References

1. Gershkovich V.F. [Peculiarities of designing heat supply systems for buildings with heat pumps]. Kiev : Energominimum, 2009. 60 p. (Rus.)
2. Gershkovich V.F. [Some of the American experience in the design of heat pumps], *Тепловы Nasosy [Heat Pumps]*. 2011. No. 1. pp. 12–19. (Rus.)
3. Macevityj Yu.M., Chirkin N.B., Bogdanovich L.S., Klepanda A.S. [About the rational usage of heat pump technologies in the economy of Ukraine]. *Jenergozberezhennje. Jenergetika. Jenergoaudit.* 2007. No. 3. pp. 20–31. (Rus.)
4. Bezrodny M.K., Puhovyj I.I., Kutra D.S. [Heat pumps and their use]. Kiev : NTUU «KPI», 2013. 312 p. (Ukr.)
5. Bezrodny M.K., Prytula N.O. [Thermodynamic and energy efficiency of heat pump heating circuits], Kiev : Polytechnic, 2016. 272 p. (Ukr.)
6. DSTU BV. 2.5-44:2010. [Engineering equipment of buildings and structures. Design of heating buildings with heat pumps. Effective as of 01.09.2010]. Kiev : Ukraine Ministry of Regional Development, 2010. 52 p. (Ukr.)
7. Zimin L.B., Vialko N.M. [Analysis of the efficiency of heat pump systems for utilizing the heat of sewage effluents for heat supply of social objects]. *Promyshlennaya teplotechnika [Industrial heat engineering]*. 2008. No. 1. (Rus.)

Received December 14, 2017

**Boichenko S.V.<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Yakovlieva A.V.<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences,  
Gryshchenko O.V.<sup>2</sup>, Post-graduate Student, Zinchuk A.M.<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup> Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland**

*8, Al. Powstancow Warszawy, 35-959 Rzeszow, Poland, e-mail: chemmotology@ukr.net*

**<sup>2</sup> Institute of Environmental Safety of National Aviation University, Kiev**

*1, Komarov Ave., 03058 Kiev, Ukraine, e-mail: anna.yakovlieva@ukr.net*

## Prospects of Using Different Generations Biofuels for Minimizing Impact of Modern Aviation on Environment

The work is devoted to the overview of prospects of development and implementation of alternative motor fuels from various types of biomass. The article outlines problems of modern transport that is connected to limitation of conventional energy resources used for fuels production. Main environmental problems connected with the use of conventional aviation fuels are determined. Modern trends for transition from conventional aviation fuels to alternative ones are presented. The article gives versatile analysis of well-developed types of biomass for biofuels production and also perspective types, which may be sufficiently used in the near future. The main properties of oil plants used for biofuels production are described, as well as advantages of biofuels use from considered types of biomass. *Bibl. 26, Fig. 1, Tab. 4.*

**Key words:** energy resources, aviation fuel, emissions, biomass, biofuel, microalgae, sorghum oil, camelina oil, jatropha oil.

### Introduction

One of the features of the modern world is the increased attention of the international community to the problems of rationality and efficient use of energy resources, the introduction of energy saving technologies and searching of renewable energy.

Today, renewable energy development in the world, took an accelerated character that is associated with the growing of global multifactorial crisis phenomenas. On the one hand, there is limitation of geological reserves of the main types

of fuel resources — oil and gas, which leads to an inevitable rise in prices for them. On the other hand the obvious growth of the negative environmental impacts caused by the effects of human activity.

Object of the article is production of biofuels of different generations.

Subject of the article is methods of production of different generations of biofuels from plants, algae, and so on.

The purpose of the article — study the problem of the use of traditional fuels, and to show the perspectives of alternative fuels production.