

УДК 620.92:66.045.3:624.131.6.

## ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГОТЕЛЮ «ЖУЛЯНИ» В МІСТІ КИЄВІ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Демченко Є. С., Масловова З. В., ст. наук. співроб.; Новицька Є. Г., ст. наук. співроб.

Національний авіаційний університет  
Інститут відновлюваної енергетики

demch\_el@ukr.net

*Запропоновано технічні схеми комбінованого використання традиційних та відновлюваних джерел енергії для опалення та гарячого водопостачання готелю «Жуляни» в місті Києві. Розраховано технологічні параметри запропонованих схем та визначено їх енергетичну ефективність. Показано, що з енергетичного погляду схема на основі використання підземного акумулятора у водоносному горизонті та пікового газового котла є перспективною для практичного впровадження.*

**Ключові слова:** технічні схеми, відновлювані джерела енергії, підземний акумулятор, піковий газовий котел, готель «Жуляни».

*Technical schemes of combined use of traditional and renewed energy sources for heating and hot water supply of hotel «Zhulyany» in the city of Kyiv are offered. Technological parameters of the offered schemes are calculated and their power efficiency is defined. It is shown that from the power point of view the scheme on the basis of use of the underground accumulator in water-bearing horizon and a peak gas copper is perspective for practical introduction.*

**Key words:** technical schemes, renewable energy sources, underground accumulator, peak gas copper, hotel «Zhulyany».

### Вступ

Перспективним напрямом використання для тепlopостачання відновлюваних джерел енергії є опалення та гаряче водопостачання на їх основі комунально-житлових споруд і, зокрема, готелів.

**Мета** статті — розробка технічних схем системи теплозабезпечення готелю «Жуляни», в яких використовуються відновлювані джерела енергії, розрахунок технологічних параметрів цих схем та оцінка їх енергоефективності.

Чотириповерховий готель «Жуляни» розташований у Солом'янському районі м. Києва поблизу аеропорту «Жуляни». Загальна площа приміщень, що опалюється в зимовий період, становить 814,7 м<sup>2</sup>, висота — 2,8 м. Кількість проживаючих та обслуговуючого персоналу близько 200 осіб (в разі повного заповнення номерів). Стіни готелю зведені з бетонних блоків товщиною 35 см, при закленності корпусу 40 %. Опалювальними приладами є стандартні чавунні радіатори, розраховані на температурний графік системи опалення 95—70 °С. Система гарячого водопостачання є закритою. Використовуючи вказані характеристики будівлі та максимальну кількість проживаючих і працюючих осіб, згідно з методикою, детально висвітлено в працях [1; 2; 4; 11], виконані розрахунки теплового навантаження опалення та гарячого водопостачання, яке необхідно забезпечити з використанням віднов-

температура в приміщеннях споруди, яка опалюється, становить +18 °С, розрахункова температура зовнішнього повітря –21 °С, норма витрат гарячої води на одну особу відповідає нормативам для готелів, тобто 110 л/добу, температура теплоносія у водорозбірних стояках системи гарячого водопостачання становить +50°С, температура холодної води у водопроводі в опалювальний період дорівнює +5°С, період споживання гарячої води 24 год/доб.

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що для теплозабезпечення розглядаєної споруди необхідно мати теплову потужність джерела енергії розміром 0,197 МВт, з яких 0,15 МВт це теплова потужність що покриває теплове навантаження системи опалення, а 0,047 МВт — теплова потужність, що покриває потреби гарячого водопостачання.

Грунтуючись на виконаних розрахунках, побудовано графік теплового навантаження системи тепlopостачання готелю «Жуляни», поданий на рисунку. Згідно з цим графіком річне виробництво теплоти, яка необхідна для тепlopостачання, становить: у системі опалення 343,75 МВт·год; у системі гарячого водопостачання: літом 107,5 МВт·год; в опалювальний період 207,5 МВт·год/рік; усього за рік 658,75 МВт·год/рік.

© Є. С. Демченко, З. В. Масловова, Є. Г. Новицька, 2010  
люваних джерел енергії. Під час виконання значених розрахунків ураховано, що комфортна

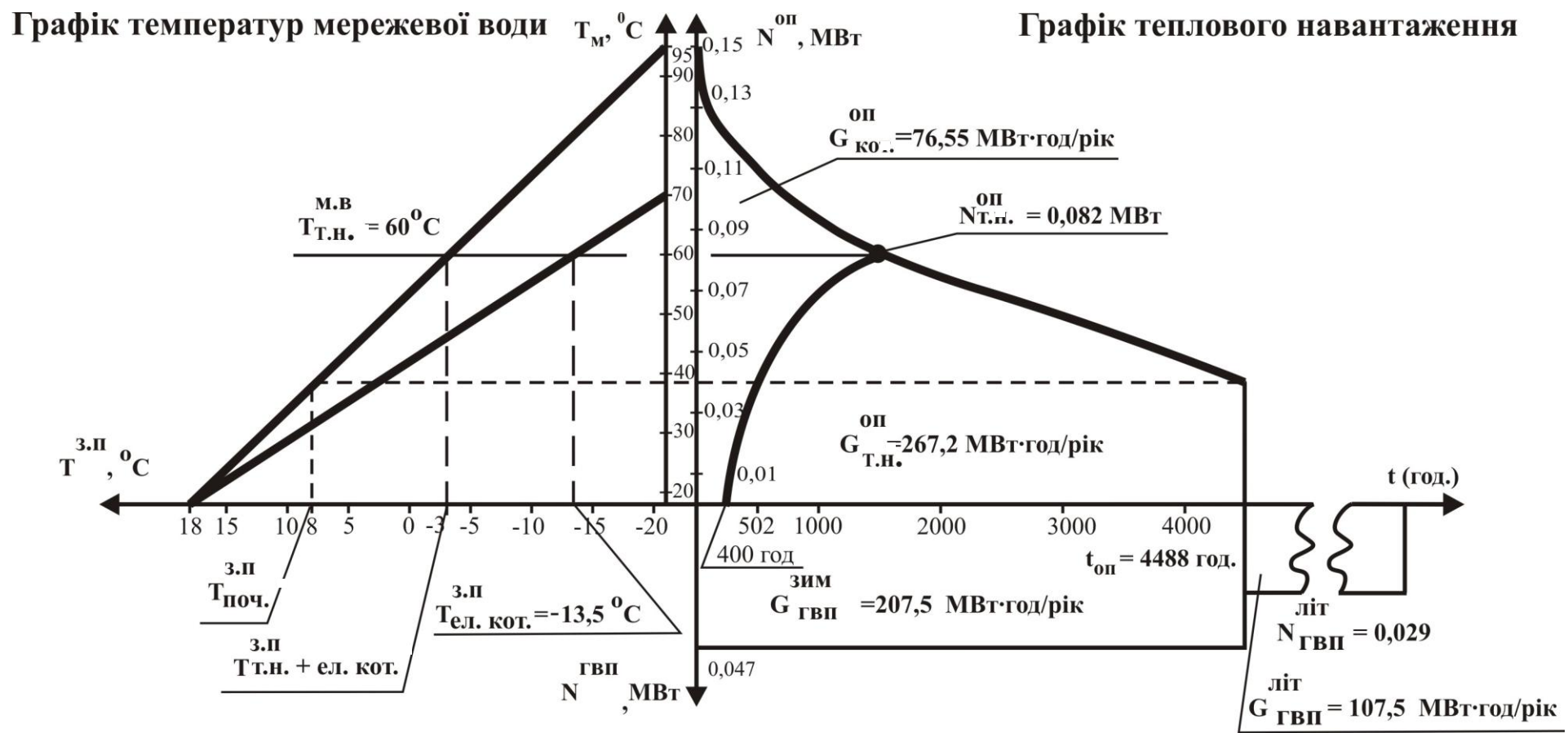


Рис. 1. Графік теплового навантаження системи теплопостачання готелю «Жуляни»:

$N^{оп}; N^{гвп}$  — теплове навантаження опалення та гарячого водопостачання;  $N_{оі}^{іі}$  — максимальне теплове навантаження опалення, що покривається тепловим насосом;  $\dot{Q}_{оі}^{і.а}$  — максимальна температура до якої мережева вода підігрівається тепловим насосом;  $T_m$  — температура мережевої води;  $T^{з.п}$  — температура зовнішнього повітря;  $\dot{Q}_{ае.еі\delta}^{с.і}$  — температура зовнішнього повітря, нижче якої опалення здійснюється тільки від електродкотла;  $\dot{Q}_{іі\div}^{с.і}$  — температура зовнішнього повітря при якій починається опалення;  $\dot{Q}_{оі+ае.еі\delta}^{с.і}$  — температура зовнішнього повітря за якої вмикається додатковий підігрів мережевої води електродкотлом; 400 год — термін роботи системи опалення в піковому режимі

Обстеження споруди готелю «Жуляни» та навколишньої території показало, що для теплозабезпечення можна застосувати комбіновану систему виробництва теплоти яка складається з пікового (на основі традиційного палива) та головного (на основі теплоти сонця та навколишнього середовища) джерел енергії. Перспективними для практичної реалізації можуть бути такі технічні схеми комбінованої системи теплозабезпечення готелю «Жуляни»:

1. Схема теплозабезпечення на основі компресійного теплового насоса, який використовує теплоту приповерхневого шару ґрунту та пікового електродкотла.

2. Схема теплозабезпечення на основі компресійного теплового насоса, який використовує теплоту приповерхневого шару ґрунту та пікового газового котла, що споживає природний газ.

3. Схема теплозабезпечення на основі компресійного теплового насоса, який використовує теплоту підземних вод приповерхневого водоносного горизонту та пікового електродкотла.

4. Схема теплозабезпечення на основі компресійного теплового насоса, який використовує теплоту підземних вод, приповерхневого водоносного горизонту та пікового газового котла, що споживає природний газ.

В усіх чотирьох перелічених технічних схемах гаряче водопостачання в опалювальний період здійснюється за рахунок теплоти від теплового насоса, в літній період за рахунок сонячної радіації. Влітку також здійснюється штучна акумуляція у приповерхневому шарі ґрунту та водоносному горизонті теплоти сонячної радіації.

Обчислені основні технічні та технологічні параметри вище запропонованих схем. Для цього використано методику та рекомендації, викладені в працях [1; 2; 11].

До основних технічних та технологічних параметрів першої та другої технічних схем системи теплозабезпечення готелю «Жуляни» належать:

— споживання енергоносіїв, необхідних для роботи пікового електродкотла, або пікового котла, що споживає природний газ;

— споживання електроенергії, необхідної для роботи компресійного теплового насоса з електроприводом;

— теплова потужність ґрунтового акумулятора, що створюється в приповерхневому шарі ґрунту;

— площа сонячних колекторів, теплова енергія від яких акумулюється в приповерхневому шарі ґрунту та використовується для гарячого водопостачання в літній період;

— форма та геометричні розміри ґрунтового теплообмінника;

— споживання електроенергії, необхідної для організації циркуляції проміжного теплоносія в ґрунтовому теплообміннику як в опалювальний, так і в літній період, а також у системі гарячого водопостачання в літній період.

Споживання електроенергії необхідної для роботи пікового електродкотла, розраховується за залежністю (1) праці [4]. Тоді, підставляючи в цю залежність кількість теплоти, яку необхідно виробити за допомогою пікового електродкотла, а саме 76,55 МВт·год (згідно з графіком рисунка); коефіцієнт корисної дії електродкотла 0,95, отримуємо споживання електроенергії піковим котлом, яке становить 80,579 МВт·год.

Споживання природного газу, потрібного для роботи пікового газового котла, розраховується за формулою (3.2) праці [11]. Тоді, підставляючи в цю залежність кількість теплоти, яку необхідно виробити піковим газовим котлом і враховуючи, що коефіцієнт корисної дії цього котла становить 0,85, отримуємо споживання природного газу, яке становить 9005,9 м<sup>3</sup>/рік.

Споживання електроенергії, необхідної для експлуатації компресійного теплового насоса з електроприводом,  $\dot{A}_{\delta, \delta}$  обчислюється за формулами (7)—(29) праці [5].

Підставляючи в ці формули такі числові значення величин:  $\dot{O}_{\delta, \delta}^{\delta} = 63 \text{ } ^{\circ}\tilde{N}$  (температура конденсації робочого тіла теплового насоса має бути на +3...+5 °С вище за температуру мережевої води системи опалення для створення температурного напору);  $\eta = 0,995$ ;  $\dot{O}_{\text{air}}^{\delta \delta} = 7 \text{ } ^{\circ}\tilde{N}$ ;  $\Delta \dot{O}^{\delta} = 5 \text{ } ^{\circ}\tilde{N}$ , дістаємо споживання електроенергії тепловим насосом в об'ємі  $\dot{A}_{\delta, \delta} = 175,2 \text{ МВт}\cdot\text{год}$ .

Теплова потужність ґрунтового акумулятора теплоти розраховується на основі теплової потужності теплового насоса за формулами (2.17) праці [11].

Підставляючи в цю формулу  $N_{\delta, \delta} = 0,129 \text{ МВт}$  (0,082 МВт — опалення; 0,047 МВт — гаряче водопостачання);  $\varphi = 2,73$  (розраховується при обчисленні  $\dot{A}_{\delta, \delta}$ ), одержуємо теплову потужність підземного сезонного акумулятора теплоти  $N_{\delta \delta} = 81,7 \text{ кВт}$ .

Вважатимемо, що ґрунтовий теплообмінник являє собою металеву трубу, прокладену у формі горизонтальних петель.

Довжина цієї труби обчислюється за залежністю (4.186) праці [11].

Тоді підставляючи в цю залежність числові значення величин, а саме  $N_{\delta \delta} = 81,7 \text{ кВт}$ ;  $q = 20 \text{ Вт/м}^2$ ;  $\eta = 1,43$ , маємо:  $L = 5841,6 \text{ м}$ .

Площа сонячних колекторів, теплова енергія яких у літній період акумулюється в приповерхневому шарі ґрунту та використовується для гарячого водопостачання в літній період, визначається за умов:

1. Влітку в ґрунтовий акумулятор необхідно подати таку ж кількість теплоти, яка відбирається в опалювальний період.

Тепловтрати беруться рівними 40 % згідно з рекомендаціями праць [4; 5; 6; 9].

2. Середньодобова енергія, яка отримується сонячним колектором у літній період для широти м. Київ, становить  $G_{\text{мі.літ.}} = 5500 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{д}} \cdot \frac{\text{д}}{\text{д}}$  за добу [8].

Тоді кількість теплоти, яку необхідно акумулювати за одну добу літнього періоду становитиме:

$$G^{\text{літ.}} = \frac{(G_{\text{д.літ.}}^{\text{літ.}} + G_{\text{д.літ.}}^{\text{літ.}} - \dot{A}_{\text{д.літ.}}) \gamma}{t_{\text{літ.}}}, \quad (1)$$

де  $G_{\text{д.літ.}}^{\text{літ.}}$  та  $G_{\text{д.літ.}}^{\text{літ.}}$  — кількість теплоти, що генерується тепловим насосом в опалювальний період для опалення та гарячого водопостачання.

Згідно з рисунком:  $G_{\text{д.літ.}}^{\text{літ.}} = 267,2 \text{ МВт}\cdot\text{год}$ ;  $G_{\text{д.літ.}}^{\text{літ.}} = 207,5 \text{ МВт}\cdot\text{год}$ ;  $\dot{A}_{\text{д.літ.}}$  — кількість енергії, необхідна для експлуатації теплового насоса тобто для стискання робочого тіла компресором,  $\gamma$  — коефіцієнт, що враховує тепловтрати при акумулюванні;  $\gamma = 1,4$ ;  $t_{\text{літ.}} = 178 \text{ діб}$ .

Після розрахунків за формулою (1) отримуємо, що кількість теплоти, яку слід акумулювати в літній період, становить  $G^{\text{літ.}} = 2,35 \text{ МВт}\cdot\text{год}$  на добу.

Використовуючи обчислену добову кількість теплоти, яку необхідно закумуляувати сонячним колектором, розраховується площа сонячних колекторів:

$$S = \frac{G^{\text{літ.}}}{G_{\text{мі.літ.}} \cdot \eta}, \quad (2)$$

де  $G^{\text{літ.}}$  — добова кількість теплоти, що акумулюється;  $G_{\text{мі.літ.}}$  — середньодобова енергія, яка отримується сонячним колектором;  $\eta$  — коефіцієнт корисної дії сонячного колектора, що становить 0,6.

Тоді в результаті розрахунків за формулою (2) отримуємо необхідну площу сонячних колекторів яка становить  $712 \text{ м}^2$ .

Площа сонячних колекторів, яка потрібна для забезпечення теплою системою гарячого водопостачання в літній період, розрахована аналогічно площі сонячних колекторів, що використовуються для акумулювання і становить  $183 \text{ м}^2$ .

Таким чином, сумарна площа сонячних колекторів, яка необхідна при реалізації даних схем системи теплопостачання, становить  $825 \text{ м}^2$ .

Перейдемо далі до обчислення споживання електроенергії, яка потрібна для організації циркуляції проміжного теплоносія в ґрунтовому теплообміннику як в опалювальний, так і в літній періоди. Під час виконання цього обчислення враховуватиме, що:

— довжина труб, що з'єднують ґрунтовий теплообмінник з тепловим насосом та сонячними колекторами, становить 100 м. Тоді сумарна довжина контуру циркуляції з урахуванням вищевисловленої довжини труби теплообмінника становитиме 5941,6 м;

— витрати проміжного теплоносія, який циркулює в опалювальний період у контурі ґрунтового теплообмінника постійні і дорівнюють витратам, які потрібні для роботи випаровувача теплового насоса. Розрахунок цих витрат, виконаний за формулою (15) праці [5], показав, що вони дорівнюють 6,5 кг/с;

— витрати проміжного теплоносія, який циркулює в літній період, обчислюються на основі потужності сонячних колекторів. При цьому вважається, що середня тривалість роботи сонячних колекторів в літній період становить 9 год/добу [8], а середня температура проміжного теплоносія на вході в сонячний колектор дорівнює  $+3^\circ\text{C}$ , а на виході із сонячного колектору  $+50^\circ\text{C}$ ;

— довжина контуру циркуляції системи гарячого водопостачання в літній період становить 10 м;

— внутрішній діаметр труб ґрунтового теплообмінника, а також діаметр труб, що з'єднують цей теплообмінник з тепловим насосом або з сонячними колекторами, становить 3" або 7,62 см. Труби металеві, гладкі.

Враховуючи вищевисловлені припущення для опалювального періоду згідно формул (20)—(25) праці [5] маємо:

$$\dot{A}_{\text{літ.}}^{\text{літ.}} = 99,4 \text{ МВт}\cdot\text{год для літнього періоду};$$

$$\dot{A}_{\text{літ.}}^{\text{літ.}} = 0,259 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Усього для організації циркуляції проміжного теплоносія витрачається  $99,66 \text{ МВт}\cdot\text{год}$  електроенергії на рік.

Отже, в табл. 1 наведемо основні технологічні параметри розглянутих схем.

Таблиця 1

**Основні технологічні параметри першої та другої схем системи  
теплозабезпечення готелю «Жуляни»**

Перелік характеристик	Значення	
	Схема 1	Схема 2
1. Споживання електроенергії (схема 1) або органічного палива (схема 2), необхідних для роботи пікового котла	80,579 МВт·год	9005,9 м <sup>3</sup>
2. Споживання електроенергії, необхідної для роботи теплового насоса	175,2 МВт·год	175,2 МВт·год
3. Теплова потужність ґрунтового акумулятора	0,0817 МВт	0,0817 МВт
4. Довжина ґрунтового теплообмінника	5841,6 м	5841,6 м
5. Довжина труб, що з'єднують ґрунтовий теплообмінник з тепловим насосом	100 м	100 м
6. Площа сонячних колекторів	895 м <sup>2</sup>	895 м <sup>2</sup>
7. Споживання електроенергії на циркуляцію теплоносія	99,66 МВт·год	99,66 МВт·год

До основних технічних та технологічних параметрів третьої та четвертої технічних схем теплозабезпечення готелю «Жуляни» належать:

1) параметри під номерами 1, 2, 3, 4 для першої та другої технічних схем;

2) об'єм підземного водонасиченого колектора-акумулятора;

3) глибина діючих свердловин (планується задіяти дві свердловини: видобувну та поглинальну);

4) відстань між видобувною та поглинальною свердловинами.

5) споживання електроенергії, необхідної для організації циркуляції проміжного теплоносія в контурі: тепловий насос — підземний колектор, в опалювальний період та сонячні колектори — підземний колектор в літній період.

Визначення зазначених параметрів виконано таким чином.

Споживання електроенергії та природного газу, необхідних для роботи пікових електро- або газового котлів; споживання електроенергії, необхідної для роботи компресійного теплового насоса з електроприводом; теплова потужність підземного акумулятора у приповерхневому водонасиченому горизонті, а також площа сонячних колекторів, необхідних як для відновлення теплової енергії в колекторі-акумуляторі так і для здійснення гарячого водопостачання в літній період, обчислені аналогічно схемам 1 та 2 і наведені в табл. 2. Обчислення об'єму підземного колектора-акумулятора здійснено за формулою (4.446) праці [11], в якій замість добутку  $N_{\text{ае}}t$  використана кількість теплоти, яку необхідно відібрати з підземного акумулятора. При цьому градієнт температур підземних вод, який корисно спрацьовується, становив +5°C. Враховуючи

геологічну будову території навколо готелю «Жуляни» для створення сезонних підземних акумуляторів теплоти в водонасичених водонасичених горизонтах, рекомендується перший від поверхні водонасичений горизонт в алювіальних покладах четвертинної системи. Водонасичені породи — піски кварцові різнозернисті потужністю 5,5 м лежать на глибині від 5,5 до 11 м, густина пісків 1650 кг/см<sup>3</sup>, пористість 37 %, проникність  $1 \cdot 10^{-9}$  см<sup>2</sup>. Над цими пісками залягають слабководопроникні лесоподібні суглинки жовті, а під ними — глини неогену, що є водонепроникними. Тоді, використовуючи формулу (4.446) праці [11] маємо об'єм колектора-акумулятора 86 602 м<sup>3</sup>.

Глибина діючих свердловин становить 11 м на основі відомостей про інтервал залягання водонасиченого горизонту: від 11 м (підшва) до 5 м (покрівля). Площа підземного колектора-акумулятора обчислюється на основі його потужності, яка в середньому дорівнює 5,5 м (15745,8 м<sup>2</sup> або 125×125 м).

Відстань між видобувною та поглинальною свердловинами розрахована за залежністю (4.449) праці [11] і становить 122,5 м.

Споживання електроенергії на циркуляцію проміжного теплоносія як в опалювальний, так і в літній період обчислено аналогічно 1-ї та 2-ї схемам. При цьому взято ті ж самі припущення що і для схем 1 та 2, за винятком того, що сумарна довжина труб, які з'єднують діючі свердловини з тепловим насосом, становить 70 м. Тоді споживання електроенергії на циркуляцію проміжного теплоносія розраховане за формулою (9) праці [5], дорівнюватиме 75,37 МВт·год на рік.

Таким чином, основні технологічні параметри третьої та четвертої схем будуть відповідати на-

веденим у табл. 2.

Таблиця 2

**Основні технологічні параметри третьої та четвертої схем системи тепlopостачання**

Перелік характеристик	Значення	
	Схема 3	Схема 4
1. Споживання електроенергії (схема 1), або органічного палива (схема 2), необхідних для роботи пікового котла	80,579 МВт·год	9005,9 м <sup>3</sup>
2. Споживання електроенергії, необхідної для роботи теплового насосу	175,2 МВт·год	175,2 МВт·год
3. Теплова потужність підземного акумулятора	0,0817 МВт	0,0817 МВт
4. Кількість діючих свердловин	2 одиниці	2 одиниці
5. Глибина діючих свердловин	11 м	11 м
6. Об'єм підземного колектора-акумулятора	86602 м <sup>3</sup>	86602 м <sup>3</sup>
7. Відстань між видобувною та поглинальною свердловинами	122,5 м	122,5 м
8. Площа сонячних колекторів	895 м <sup>2</sup>	895 м <sup>2</sup>
9. Довжина труб, що з'єднують підземний колектор-акумулятор з тепловим насосом	70 м	70 м
10. Споживання електроенергії на циркуляцію теплоносія	75,37 МВт·год	75,37 МВт·год

Оцінимо енергоефективність використання відновлюваних джерел енергії для чотирьох запропонованих технічних схем системи тепlopозабезпечення готелю «Жуляни».

При цьому вважатимемо, що вказана енергоефективність визначається відсотком енергії, яка генерується на основі відновлюваних джерел енергії від загальної енергії що надійшла в систему тепlopозабезпечення:

$$n = \frac{A_{\text{міт}} - A_{\text{одн}}}{A_{\text{міт}}} 100 \% \quad (3)$$

де  $n$  — відсоток енергії, що генерується за допомогою відновлюваних джерел енергії;  $A_{\text{міт}}$  — загальна енергія потрібна для тепlopозабезпечення в електричному еквіваленті;  $A_{\text{одн}}$  — енергія, що генерується за традиційних джерел енергії в електричному еквіваленті.

Для всіх розглянутих технічних схем загальна енергія що потрібна для тепlopозабезпечення складається з:

— енергії, виробленої піковим джерелом (електричним або паливним котлом);

— енергії, спожитої компресором теплового насоса;

— енергії, витраченої на роботу циркуляційних насосів.

— енергії, що надходить від відновлюваних джерел енергії.

Будемо вважати, що:

1) при виробництві теплоти яка споживається в системі тепlopозабезпечення, коефіцієнт корисної дії перетворення електроенергії в теплоту становить 0,95, тобто електричний еквівалент теплоти для розгляданої системи тепlopозабезпечення дорівнює:

$$\dot{A}_{\text{міт}} = \frac{658,75 \text{ Вт} \cdot \text{год}}{0,95} = 693,42 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

2) електричний еквівалент енергії, отриманої в схемах 2 та 4 за рахунок традиційного палива (природного газу) становить:

$$\dot{A}_{\text{іод}} = \frac{V \cdot \xi \cdot \eta}{860 \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}}, \quad (4)$$

де  $V$  — споживання природного газу в схемі 2 та 4;  $\xi$  — теплотворна здатність природного газу; 0,35 — коефіцієнт корисної дії генерації електроенергії; 860 — коефіцієнт переведення розмірностей.

$$\begin{aligned} \dot{A}_{\text{іод}} &= \frac{9005,9 \text{ м}^3 \cdot 8600 \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} \cdot 0,35}{860 \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}} = \\ &= 31,52 \text{ Вт} \cdot \text{год} \cdot \text{год}^3. \end{aligned}$$

Тоді баланс енергії для розглянутих схем системи теплозабезпечення готелю «Жуляни» відповідатиме наведеному в табл. 3.

Аналізуючи табл. 3, дійшли висновку, що найліпшою за енергоефективністю з розглянутих схем є схема 4.

Таблиця 3

Баланс енергії розглянутих схем системи теплозабезпечення готелю «Жуляни»

Витрати енергії	Значення, МВт·год			
	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
1. Для роботи пікового котла	80,579	31,52	80,579	31,52
2. Для роботи теплового насосу	175,2	175,2	175,2	175,2
3. На циркуляцію теплоносія	99,66	99,66	75,37	75,37
<b>Усього</b>	<b>355,44</b>	<b>306,38</b>	<b>331,15</b>	<b>282,09</b>
5. Загальна енергія, що потрібна для теплозабезпечення	693,42	693,42	693,42	693,42
6. Кількість енергії від відновлюваного джерела обраховується за чисельником формули (4)	337,98	387,04	362,27	411,33
7. Енергоефективність згідно формули (4), %	48,7	55,81	52,24	59,31

### Висновки

1. Розглянуто чотири технічні схеми системи теплозабезпечення готелю «Жуляни» в м. Києві, які передбачають комбіноване використання традиційних та відновлюваних джерел енергії. Обчислені технологічні параметри цих схем.

2. Запропоновано метод оцінювання енергоефективності технічних схем систем теплозабезпечення, суттєвість якого полягає в обчисленні відсотка енергії, що генерується відновлюваними джерелами енергії від загального її виробництва.

3. Встановлено, що серед розглянутих схем, схема з використанням пікового котла на природному газі та підземного акумулятора, що створюється в приповерхневому водоносному горизонті є найбільш енергоефективною. Під час її застосування біля 59,31 % енергії виробляється за рахунок відновлюваних джерел енергії.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Апарцев М.М.* Наладка водяних систем централізованого теплоснабження. — М. : Энергоиздат, 1983. — 204 с.

2. Техничко-економическое исследование проекта использования термальных вод района Ермайки (Болгария) для целей теплоснабжения / [ Г. М. Забарний, А. В. Шурчков, М. Й. Горохов, А. А. Задорожная]. — К. : ИТТФ НАН Украины, 1997. — С.31.

3. Методика и результаты расчётов объёмов добычи термальных вод, необходимых для покрытия тепловых нагрузок в системах геотермального теплоснабжения / [ Г. М. Забарний, А. В. Шурчков,

Е. Г. Новицкая, А. А. Задорожная]. — К. : ИТТФ НАН Украины, 1998. — С. 5—40.

4. *Примак А. І.* Оцінка енергетичних параметрів теплогенеруючих установок, які використовуються спільно з підземними акумуляторами теплоти // Відновлювана енергетика / А. І. Примак, З. В. Маслокова, Е. В. Новаківський. — 2009. — № 3. — С. 50—55.

5. *Примак А. І.* Методика розрахунків споживання електроенергії, при експлуатації компресійного теплового насосу працюючого в системі автономного теплопостачання // Відновлювана енергетика / А. І. Примак, З. В. Маслокова. — 2008. — № 4. — С. 69—76.

6. *Примак А.І., Маслокова З.В., Новаківський Е.В.* Визначення основних технічних параметрів систем сезонного акумулявання теплоти // Відновлювана енергетика / А. І. Примак, З. В. Маслокова, Е. В. Новаківський. — 2008. — № 2. — С. 69—81.

7. *Аккумуляция* тепловой энергии в водоносных горизонтах. — М. : Энергоиздат, 1984. — 204 с.

8. *Пуховой И. И.* Разработка и тепловые расчеты систем солнечного отопления/ И. И. Пуховой. — К. : Киевский политехнический институт, 1992. — 23 с.

9. *VISSMANN* Системы тепловых насосов. Инструкция по проектированию 5829 122–2654, 2000, 50 с.

10. *Забарний Г. Н.* Программы расчета некоторых технологических параметров систем разработки геотермальных месторождений / Г. Н. Забарний, А. В. Шурчков, Г. А. Четверик. — К. : ИТТФ НАН Украины, 1998. — 126 с.

11. *Сезонне* акумулявання теплоти в підземних акумуляторах / [ Г. М. Забарний, С. О. Кудря, З. В. Маслокова, А. І. Примак. — К. : ІВЕ НАН України, 2009. — 277 с.

Стаття надійшла до редакції 21.09.10.