

УДК 658.264

С. С. Титар, канд. техн. наук, проф. ;  
О. А. Климчук, канд. техн. наук, доц. ;  
Г. С. Головатюк, канд. г. наук, доц.

## ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛА В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

*Розглянуто можливість використання енергії вітру для систем теплопостачання житлових будинків з використанням теплових акумуляторів. Для умов міста Одеси проведено аналіз та розрахунок системи теплопостачання на основі енергії вітру з використанням акумуляторів тепла.*

### Вступ

Останнім часом досить широке використання енергії сонця, вітру, води та ґрунту робить поновлювальні джерела енергії конкурентно спроможнішими на ринку побутового енергоспоживання. За допомогою вказаних джерел отримують теплову (сонце, ґрунт), та електричну енергії (сонце, вітер, вода). Іноді частку отриманої електричної енергії застосовують для потреб теплопостачання.

Однак одна з основних проблем використання енергії поновлювальних джерел — нестабільність отримання енергії, а також незбігання в часі отриманої та спожитої теплової або електричної енергії. Причому нерівномірність ця, як правило, спостерігається впродовж доби, тижня та року. Так, наприклад, максимальна сонячна радіація припадає на літній період, в той час як максимальна теплова енергія необхідна у зимовий період. Одним із ефективних вирішень таких проблем є установка теплових та електричних акумуляторів [1]. Так, під час використання сонячної енергії для потреб побутового теплопостачання, встановлюється бак-акумулятор, який згладжує нерівномірності отриманого від сонця тепла та потрібного у визначений період. В процесі використання енергії вітру з метою отримання електричної енергії також встановлюють акумулятори, що дозволяють накопичувати отриману енергію з метою подальшого використання.

*Метою дослідження є аналіз можливостей енергії вітру для систем теплопостачання житлових будинків з використанням акумуляторів тепла.*

### Проблеми використання енергії вітру та шляхи їх вирішень

Досить часто, як вже зазначалось, частку отриманої електричної енергії використовують для потреб теплопостачання, найчастіше — для потреб гарячого водопостачання. Однак слід зазначити, що частка вартості інверторів (перетворювачів) та акумуляторів у загальній вартості установки складає 30...50 %. При цьому строк служби акумуляторів зазвичай не перевищує 10 років. Така частка збільшує термін окупності приблизно у 2 рази. В деяких західних країнах, де використання поновлювальних джерел енергії досить інтенсивно фінансується, надлишки потужності скидаються в загальну енергомережу з еквівалентною оплатою. На жаль, в нашій країні це питання не набуло необхідної державної підтримки.

Одним із вирішень проблеми зменшення терміну окупності систем теплопостачання є пряме перетворення електроенергії у теплову з накопиченням її у теплових акумуляторах. У якості теплоакумулятивного матеріалу для систем опалення можна використовувати магнезитові блоки. Для систем гарячого водопостачання (ГВП) доцільно використовувати воду. Також слід відмітити, що такі акумулятивні матеріали можна застосовувати і у разі використання електроенергії з оплатою за нічним тарифом.

Ще одним важливим фактором, що впливає на термін окупності, є швидкість та тривалість вітру у районі.

### Приклад розрахунку ефективності використання поновлювальних джерел енергії

Для оцінки можливості використання енергії вітру для потреб теплопостачання розглянемо ко-тедж в м. Одесі, що розташований на березі моря. Загальну площину котеджу візьмемо  $F = 200 \text{ м}^2$ .

Кількість мешканців —  $n = 10$  чол.

Потрібна кількість тепла для системи опалення за добу визначається за формулою

$$Q_0 = q_{fo} F (t_{вн} - t_{н}) / (t_{вн} - t_{но}) \cdot 3600 \cdot 24 = 1399680 (20 - t_{н}) / (20 - (-18)), \text{ кДж}, \quad (1)$$

де  $q_{fo}$  — питома теплова потужність системи опалення, що припадає на  $1 \text{ м}^2$  площі коттеджу за розрахунок температури зовнішнього повітря для систем опалення,  $\text{Вт/м}^2$  ( $q_{fo} = 81$ ) [2];

$t_{н}$  — поточна температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{вн}$  — температура всередині приміщення,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{но}$  — розрахункова температура зовнішнього повітря для систем опалення,  $^{\circ}\text{C}$ .

Необхідна кількість тепла для гарячого водопостачання за добу складе

$$Q_{ГВС} = a n c (t_r - t_x) = 100 \cdot 10 \cdot 4,19 \cdot (55 - 10) = 188550 \text{ кДж}, \quad (2)$$

де  $a$  — норма витрати гарячої води на людину в середньому за добу, л/доб. чол. [3];  $c$  — теплоємність води,  $\text{кДж/кгК}$ ;  $t_r$  — температура гарячої води,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_x$  — температура холодної води (середня за рік),  $^{\circ}\text{C}$ .

Кількість тепла, що можливо отримати за допомогою вітрогенератора за добу, можна визначити за формулою

$$Q_b = m N \eta b \cdot 3600 \cdot 24, \quad (3)$$

де  $m$  — кількість вітрових генераторів однакової потужності, шт;  $N$  — номінальна потужність вітрового генератора, кВт;  $\eta$  — коефіцієнт перетворення електричної енергії в теплову — 0,98;  $b$  — поправковий коефіцієнт, що враховує залежність отриманої потужності від швидкості вітру, змінюється згідно з характеристиками вітрового генератора.

Визначення загальної номінальної потужності вітрових генераторів потребує техніко-економічного обґрунтування. При цьому необхідно виходити з умов максимально можливого навантаження системи теплопостачання, не забуваючи про мінімально можливий простий вітрогенераторів. Виходячи з вищесказаного, номінальну потужність вітрогенераторів попередньо задаємо із розрахунку потрібної теплової потужності систем опалення для параметрів «Б» ( $-18^{\circ}\text{C}$ ).

$$Q_o = q_{fo} F = 81 \cdot 200 = 16200 \text{ Вт}. \quad (4)$$

Для розрахунку оберемо чотири вітрових генератора одиначної номінальної потужності 5 кВт кожний.

Під час розрахунку отриманої теплової потужності від вітрових генераторів були використані дані гідрометеоцентру за період квітень 2009 р. — березень 2010 р. [4]. Враховуючи факт нелінійної залежності вихідної потужності вітрових генераторів від швидкості вітру, а також стартову швидкість  $2 \text{ м/с}$ , розрахунок виконувався для кожної години впродовж року.

Після проведення погодинного розрахунку за рік визначались дані для кожного місяця: потрібна та отримана кількість тепла, середня швидкість вітру та середня температура повітря.

Визначення економії електроенергії під час використання вітрових генераторів для систем теплопостачання виконувалось за умов вартості електроенергії для побутового споживача  $25 \text{ коп. за кВт год}$ . Дані розрахунків наведені в таблиці.

### Аналіз отриманих результатів

Як випливає з таблиці, установка вітрових генераторів обраної потужності не дозволяє повністю компенсувати протягом року потрібну теплову потужність, однак може суттєво скоротити потребу електричної або теплової енергії.

Максимальне заміщення електричної потужності спостерігається в неопалювальний сезон, коли тепло витрачається на підігрів гарячої води. За місяцями максимального заміщення теплової енергії енергією вітру можливо визначити номінальну потужність вітрових генераторів. При цьому робота вітрових генераторів впродовж року буде найбільш ефективна, коли відсутні примусові простой.

## Результати розрахунків річного споживання та економії теплової енергії

Місяць	Середня швидкість вітру, м/с	Середньодобова температура зовнішнього повітря, °С	Основний вид теплового навантаження	Потрібна кількість тепла, МДж	Отримана кількість тепла, МДж	Економія витрат на електроенергію, грн	Частка покритої теплової потужності, %
листопад	3,2	6,9	опалення	13425	2459	172	18
грудень	5,0	1,0	опалення	19683	6902	540	35
січень	5,0	-3,0	опалення	23869	6789	501	28
лютий	5,1	-0,1	опалення	18808	6250	477	33
березень	4,3	4,1	опалення	17235	5767	436	33
квітень	3,3	11,5	ГВП	5657	3284	252	58
травень	3,5	16,6	ГВП	5845	3232	266	55
червень	3,7	22,2	ГВП	5657	4077	319	72
липень	4,3	24,9	ГВП	5845	5488	412	94
серпень	3,3	21,6	ГВП	5845	2801	220	48
вересень	3,5	18,3	ГВП	5657	3450	255	61
жовтень	4,2	13,0	ГВП	5845	4707	413	81
за рік	4,0	11,4	—	133370	55207	4263	51

Варто також звернути увагу на добове та тижневе незбігання отриманої та необхідної теплової енергії. Так, наприклад, 13 жовтня розрахункова кількість тепла, що була отримана за допомогою вітрогенератора, склала 936 мДж/доб. за середньодобової швидкості вітру 9,1 м/с, що становить 496 % від потрібної кількості теплової енергії для цієї доби. Звертає на себе увагу і максимальна тривалість періоду перевищення отриманої теплової енергії над потрібною. Згідно з розрахунками такий період склав три дні (в червні, липні та жовтні). Ці обставини зумовлюють необхідність застосування акумуляторів тепла для ефективного використання отриманої теплової енергії при пікових швидкостях вітру.

Для опалювального періоду у якості акумуляторів, як вже зазначалось, доцільно використовувати обігрівачі — акумулятори на основі магнетитових блоків. Для потреб ГВП в неопалювальний період теплову енергію ефективно акумулювати у водяних акумуляторах.

Об'єм акумулювального середовища необхідно розраховувати з урахуванням максимального видобутку теплової енергії та максимальної тривалості середньодобової швидкості вітру більш ніж 5 м/с.

Так, для обраної будівлі об'єм водяного баку акумулятора за 100 % використання енергії вітру складе

$$V = (\Sigma Q_{\text{в}} - \Sigma Q_{\text{п}}) / [c(t_{\text{max.г}} - t_{\text{г}})] = (1428000 - 567000) / [4,19(95 - 55)] = 513 \text{ м}^3,$$

де  $\Sigma Q_{\text{в}}$  — сумарна кількість тепла, що була видобута вітровим генератором впродовж 3 діб з перевищенням потрібної теплової енергії, кДж;  $\Sigma Q_{\text{п}}$  — сумарна кількість спожитої теплової енергії впродовж цих же 3 діб, кДж;  $c$  — теплоємність води, кДж/(кгК);  $t_{\text{max.г}}$  — максимальна температура води в баку акумулятора (для атмосферного тиску), °С;  $t_{\text{г}}$  — мінімально допустима корисна (з точки зору теплоносія) температура в баку-акумуляторі, °С.

## Висновки

Застосування теплових акумуляторів для потреб теплопостачання з використанням енергії вітру без проміжного акумулювання електричної енергії здатне значно зменшити початкову вартість установки вітрового генератора (до 50 %) та дає змогу використовувати акумулятори тепла на обігрів будівлі за рахунок нічного тарифу на електроенергію.

За результатами цієї роботи можна зробити такі висновки:

— загальна теплова потужність установки теплопостачання з використанням енергії вітру визначається в неопалювальний сезон, коли частка заміщення теплової енергії максимальна;

— використання енергії вітру для систем теплопостачання дозволяє зменшити споживання природного палива взимку (на потреби опалення) в середньому на 30 %, а влітку (потреби ГВП) – на 70 %;

— максимальна теплова ємність акумуляторів повинна бути розрахована на триденне споживання тепла.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левенберг В. Д. Аккумулирование тепла / В. Д. Левенберг, М. Р. Ткач, В. А. Гольстрем. — К. : Техника, 1991. — 84 с.
2. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006 / Міністерство України у справах будівництва і архітектури, 2007. — Офіц. вид. — К., 2007.
3. Внутренний водопровод и канализация зданий. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.01-85 / Госстрой СССР, 1985. — Офіц. издание. — М., 1985.
4. Meteorprog. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.meteorprog.ua>. Назва з екрану.

Рекомендована кафедрою теплогазопостачання

Стаття надійшла до редакції 22.12.10  
Рекомендована до опублікування 26.05.11

**Титар Сергій Семенович** — професор, **Климчук Олександр Андрійович** — доцент.

Кафедра теплових електричних станцій та енергозберігаючих технологій;

**Головатюк Ганна Сократівна**. — доцент кафедри управління системами безпеки життєдіяльності.

Одеський національний політехнічний університет, Одеса