

С. С. Титар, канд. техн. наук, проф.;
О. А. Климчук, канд. техн. наук, доц.;
Б. Є. Молчанський, асп.

ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДИНКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Розглянуто особливості теплопостачання будинків за двоперіодним режимом. Проаналізовано потенціал поновлювальних джерел (вітер, сонячна радіація) для умов південного узбережжя Криму. Подано схему комбінованого використання поновлювальних джерел для потреб теплопостачання з установкою акумуляторів тепла. Наведено приклад розрахунку системи теплопостачання з використанням енергії вітру та сонця.

Вступ

В сучасному світі ширше використовуються поновлювальні джерела енергії (сонця, вітру, річок та водоймищ) для різноманітних потреб. Одночасно розвиток енергозбережних технологій та ефективно застосування природних джерел енергії для потреб теплопостачання та кондиціонування змушує привертати увагу на режими теплоспоживання різних будівель. Виникає проблема: розробити системи теплопостачання, які будуть враховувати теплові режими будівель та максимально ефективно використовувати енергію поновлювальних джерел.

Змінний тепловий режим будівель. Існує цілий ряд споживачів, що мають змінний тепловий режим, як впродовж доби та тижня, так і впродовж року. Як правило, необхідна теплова потужність таких будівель розраховується на два періоди:

- робочий, за температурою у приміщенні згідно дійсних норм та правил;
- черговий, за температурою повітря у приміщенні нижче робочої але не менше $+5^{\circ}\text{C}$.

З переходом на двоперіодний режим роботи системи опалення суттєво знижують потреби енергоресурсів.

Одним з яскравих прикладів будинків, система опалення яких може працювати у двоперіодному режиму, є школи. Так в Україні вже застосовуються схеми систем опалення, що дозволяють знижувати температуру в приміщенні у неробочий період з рівномірним розподіленням температури по будівлі.

У водяних системах опалення це може досягатись як якісним регулюванням (змінна температура теплоносія), так і кількісним регулюванням (змінна витрата теплоносія). Другий спосіб є економічнішим з точки зору експлуатаційних витрат: зменшуються витрати електроенергії на привід циркуляційного насоса. Однак це, як правило, приводить до збільшення початкових капітальних затрат: необхідність застосування динамічного балансування у зв'язку зі зміною гідравлічного режиму роботи мережі.

В електричних системах опалення питання із регулюванням навантаження вирішується простіше — встановленням таймерів на термостатах електрокалориферів.

Різнманітні джерела енергії

В останні роки з введенням двотарифної сплати за споживану електроенергію (денний та нічний тариф) в школах застосовують акумуляційні системи опалення, що працюють по нічному тарифу [1]. Такі системи використовують, як правило, у якості акумулятора тепла конструкцію підлоги. В ніч підлога розігрівається (тобто заряджується), а у день остигаючи, компенсує тепловтрати будівлі та підтримує потрібну температуру в приміщеннях.

Використання нічного тарифу дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати на систему опалення, але використання підлоги в такому випадку не завжди дозволяє підтримувати постійну температуру впродовж робочого періоду.

Однак джерелом електроенергії може бути не тільки традиційні енергосистеми, але і поновлю-

вальні джерела енергії, такі, як наприклад, вітер. Вітрові електрогенератори дозволяють напряму без додаткового перетворення отримувати теплову енергію з електричної. Ця обставина значно зменшує термін окупності, адже доля вартості інверторів та електричних акумуляторів складає 40—50 % від загальної вартості вітро-генераторів.

Наявність теплового акумулятора дозволяє також використовувати і нічний тариф споживання електроенергії від центральних мереж. Як відомо, найбільша ефективність застосування вітрових електрогенераторів може отримуватись у районах, де середньорічна швидкість вітру не менше 5 м/с.

Також досить ефективно використання для потреб тепlopостачання енергії сонячної радіації. Досить важливим є той факт, що добова нерівномірність отримання тепла від сонця, перегукується із добовою нерівномірністю теплоспоживання суспільних будинків.

Кліматичні умови Криму

На території України найсприятливішим районом комбінованого використання енергії сонця та вітру є Крим. Так, для умов південного узбережжя Криму (м. Севастополь), за даними гідрометеорологічних служб [2], а також за даними NASA [3] було проведено аналіз погодних умов за рік (квітень 2009 г — березень 2010 г.), результати якого наведені нижче у табл.

Як видно з табл. швидкість вітру у зимові місяці вище ніж у інші періоди, а сонячна радіація значно збільшується у літній період року. Цю обставину можна використати у разі комбінованого тепlopостачання із застосуванням поновлювальних джерел енергії.

Погодні показники за рік для м. Севастополь

Параметр	Одиниці виміру	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень
Середня температура зовнішнього повітря	°C	10,0	15,2	22,2	24,9	22,1	18,2	15,0	7,7	4,9	0,6	3,4	4,8
Середня швидкість вітру	м/с	4,7	4,1	3,7	4,3	3,3	4,8	4,0	3,9	5,7	5,4	6,2	5,2
Середньомісячний рівень сонячної радіації за день	кВт·год/м ²	4,84	6,29	7,05	7,26	6,26	4,59	2,89	1,53	1,01	1,21	2,04	3,21

Схема системи альтернативного тепlopостачання

Комбіноване використання енергії вітру та сонця для потреб тепlopостачання пропонується здійснити із використанням акумуляторів тепла (рис. 1). На поданій схемі проведено розділення акумуляторів тепла окремо для вітрового генератора та для сонячних колекторів. Це робиться для того, щоб запобігти втрат теплоти у разі одночасних максимумів вітрової та сонячної енергії.

Електроенергія, що отримується від вітру, перетворюється в теплову та акумулюється за допомогою твердих акумуляційних матеріалів — магнетитових блоків. Теплова енергія сонця акумулюється водою у другому акумуляторі. Для передачі тепла від магнетитових блоків до основного теплоносія встановлено водоповітряний підігрівач. Для цих потреб використовується повітря, як допоміжний теплоносії.

Для покриття нестачі тепла від природних джерел під час пікових навантажень у першому акумуляторі (на основі магнетитових блоків) встановлені теплонагрівні елементи, що працюють від мереж центрального електропостачання у нічний період часу. Ця обставина також дозволяє значно знизити як капітальні витрати так і витрати на енергоносії.

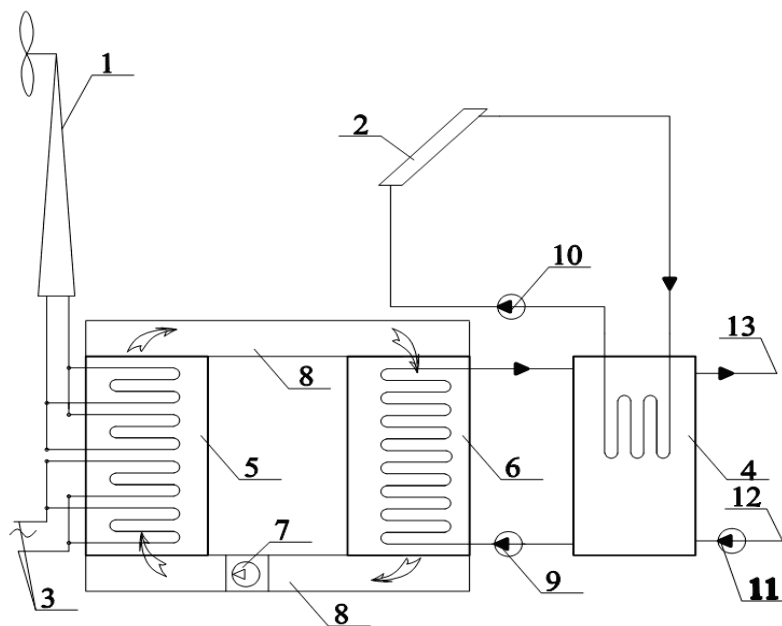


Рис. 1. Схема системи альтернативного теплопостачання будівель з використанням поновлювальних джерел енергії: 1 — вітряний генератор, 2 — група сонячних колекторів, 3 — центральні мережі електропостачання, 4 — водяний бак-акумулятор, 5 — акумулятор тепла на основі твердих матеріалів, 6 — водоповітряний теплообмінник, 7 — циркуляційний вентилятор, 8 — система повітропроводів, 9 — циркуляційний насос бака-акумулятора, 10 — циркуляційний насос групи сонячних колекторів, 11 — циркуляційний насос системи теплопостачання будинку, 12—13 — зворотна та подавальна магістраль системи теплопостачання будівлі

Приклад оцінки ефективності поданої системи

Оцінку ефективності роботи поданої системи дамо, виходячи із реальних умов. Розглянемо теплопостачання середньої школи у місті Севастополь.

Вихідні данні для розрахунку:

1. Кількість учнів — 500.
2. Загальна площа опалювальних приміщень — 5000 м².
3. Споживання гарячою водою в середньому за добу — 0,03 м³/люд [4].
4. Температура в приміщеннях 18 °С.
5. Температура чергового опалення ≥ 5 °С.
6. Розрахункова температура зовнішнього повітря для систем опалення = -11 °С.
7. Питомі втрати будівлі $q_{f0} = 33$ Вт/м² [5].
8. Площа даху 1250 м² (4 поверхи).
9. Період роботи школи з 7⁰⁰ до 16⁰⁰ з урахуванням вихідних та свят.

Необхідна кількість тепла для системи опалення за добу визначається за формулою

$$Q_o = q_{f0} F (t_{вн} - t_n) / (t_{вн} - t_{но}) \text{ ц } 3600 \text{ ц } 24 = 33 \text{ ц } 5000 (18 - t_n) / (18 - (-11)) 3600 \text{ ц } 24, \quad (1)$$

де t_n — температура зовнішнього повітря, °С; $t_{вн}$ — температура повітря в приміщенні, °С; $t_{но}$ — розрахункова температура зовнішнього повітря для систем опалення, °С.

Кількість тепла на потреби гарячого водопостачання за добу складе:

$$Q_{ГВП} = anc (t_r - t_x) = 30 \text{ ц } 500 \text{ ц } 4,19 (55 - 10) = 2 \text{ } 828 \text{ } 250 \text{ кДж}, \quad (2)$$

де a — норма витрати гарячої води на людину в добу середнього водоспоживання, л/сут люд [4]; n — кількість людей; c — теплоємність води, кДж/кгК; t_r — температура гарячої води, °С [4]; t_x — температура холодної води (середня за рік), °С.

Розрахунок споживання тепла проводився для річного періоду з урахування зниження температури в будівлі до + 5 °С у неробочий час, а також у вихідні дні, свята, канікули (рис. 2).

Тепло, отримане від роботи вітряного генератора за добу, можна визначити з формули:

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

де n — кількість вітрових генераторів однакової потужності, шт; N — номінальна потужність вітрового генератора, кВт;

η — коефіцієнт перетворення електричної енергії у теплову; b — поправковий коефіцієнт, що враховує залежність отриманої потужності від швидкості вітру, змінюється згідно характеристик вітрового генератора.

Розрахунок теплової потужності, що отримується від сонячної радіації за добу визначається за формулою:

$$Q_{ск} = 3600 q_c F_{ск} k_{п} \text{ кДж}, \quad (4)$$

де q_c — середній місячний рівень сонячної радіації за добу, кВт · год/м²; $F_{ск}$ — сумарна площа сонячних колекторів, м² (з урахуванням оптимального куту нахилу колекторів та зон обслуговування прийнято 30 % від площі даху); $k_{п}$ — коефіцієнт, що враховує втрати тепла сонячним колектором.

У розрахунках використовувались: одинична потужність вітрового генератора 20 кВт, кількість генераторів з розрахунку віддаленості від школи та площі, що займають «вітрянки» (приблизно 160×160 м), — 10 шт.

Сумарна потужність сонячних колекторів та вітрових генераторів повинна визначатись на основі техніко-економічного обґрунтування, виходячи з місцевих умов.

Розрахунок теплового режиму будівлі та отриманої потужності від поновлювальних джерел (вітер, сонце), проведено для кожної години протягом періоду квітень 2009 р.— березень 2010 р. (найсвіжіші данні на момент проведення розрахунків). Після цього отримані данні складались та усереднювались для кожного місяця (рис. 3).

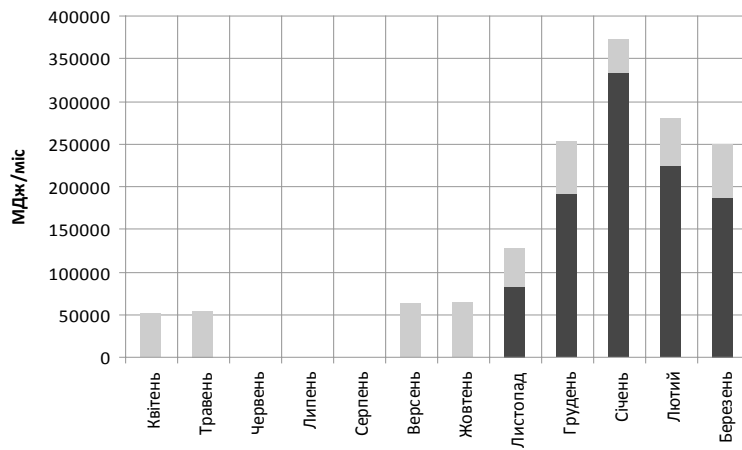


Рис. 2. Місячний графік теплоспоживання по видах навантаження (верхній стовпчик — потреби гарячого водопостачання, нижній — опалення)

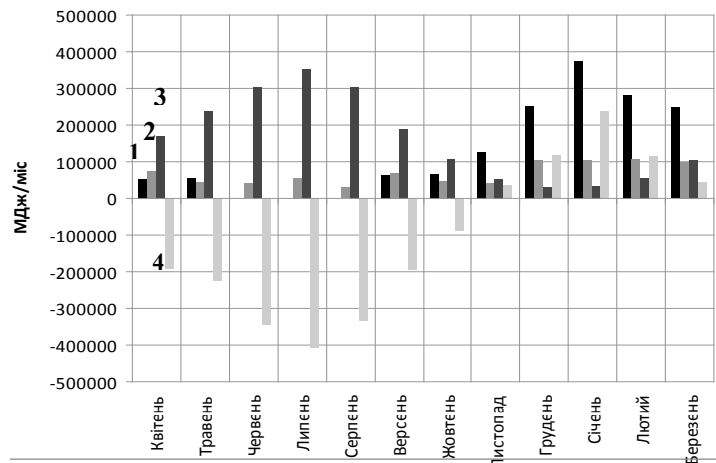


Рис. 3. Річний графік: 1 — необхідної кількості тепла; надходження тепла: 2 — від вітру, 3 — від сонця; 4 — дефіциту тепла

Аналіз результатів розрахунків

Як випливає з графіка, найменший дефіцит теплової потужності спостерігається на початку (листопад) та в кінці опалювального сезону (березень). В період з квітня по жовтень спостерігається надлишок теплової енергії (стовпчик № 4 нижче осі абсцис).

Існує декілька рішень по використанню надлишків тепла від сонячних колекторів та вітрових генераторів:

- установка підігрівачів 1-го ступеня в центральних та індивідуальних теплових пунктах для отримання гарячої води;
- застосування систем кондиціонування на основі термохімічної компресії парів холодоагентів (абсорбційні холодильні установки);
- підігрів води у відкритих басейнах;
- акумулювання тепла на опалювальний період у великих підземних резервуарах.

Найдоцільнішим з точки зору автономного теплопостачання є акумулювання тепла для потреб

опалювального сезону. Важливим є визначення ємності баків акумуляторів. Так для накопичення надлишків теплової енергії влітку від сонячної радіації (для нашого випадку 962 ГДж тепла) потрібна ємність баку акумулятора приблизно 5000 м³ води, а для накопичення тепла від вітру (125 ГДж тепла) об'єм магнетитових блоків приблизно становить 100 м³. Також важливим є питання теплової ізоляції для зменшення втрат тепла.

Одним із цікавих рішень є використання надлишкового тепла для систем централізованого холодопостачання систем кондиціонування з використанням абсорбційних холодильних установок. В якості теплоносія в них може використовуватись вода з температурою +80...+85 °С. Однак такий високий рівень температур зумовлює застосування певних об'ємів акумуляторів тепла. Також важливим фактором є «неприємна», з точки зору поверхневого теплообміну, температура охолоджувальної води для абсорбера та конденсатора холодильної установки +30...+35 °С. У випадках, коли немає охолоджувальних водоймищ, потрібно встановлювати градирні.

Досить цікавим з точки зору енергозбереження є система кондиціонування на основі випарного охолодження. Для таких систем досить важливою характеристикою є відносна вологість повітря, тому для досягнення необхідних значень вологості застосовують цикли осушення на основі абсорбції-десорбції. В якості теплоносія для процесу десорбції використовують тепло від поновлювальних джерел енергії [6].

Висновки

Для максимально ефективного використання енергії поновлювальних джерел в системах тепlopостачання запропоновано схему з роздільним акумуляуванням тепла. Енергія вітру після перетворення у теплову акумуляується у першому ступені (магнетитові блоки), енергія сонця акумуляується у другому ступені (вода).

На відміну від існуючих систем в поданій схемі здійснюється перетворення електричної енергії у теплову без проміжного перетворення та акумуляування електричної енергії, що значно спрощує систему.

Як показують розрахунки, подана система тепlopостачання будинків громадського типу з використанням енергії вітру та сонця може забезпечити потреби тепла зі значним зменшенням споживання традиційних джерел енергії (більше ніж 30 % від загальної потреби теплоспоживання). Надлишки тепла в неопалювальний сезон можна використовувати, як для потреб центрального тепlopостачання (підігрів води в басейнах, отримання гарячої води для побутових споживачів), так і для потреб кондиціонування.

Потужність сонячних колекторів та вітрових генераторів потрібно розраховувати, виходячи з метеорологічних умов місцевості та конструктивних характеристик об'єкта проектування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левенберг В. Д. Аккумуляирование тепла / В. Д. Левенберг, М. Р. Ткач, В. А. Гольстрем. – Киев : Техника, 1991. — 84 с.
2. Погода в Украине и мире [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.meteoprog.ua>.
3. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.eosweb.larc.nasa.gov>.
4. Внутренний водопровод и канализация зданий. Строительные нормы и ПРАВИЛА : СНиП 2.04.01-85 / Государственный комитет СССР по делам строительства.
5. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Изменение № 1 СНиП 2.04.05-91. Строительные нормы и правила / [утв. постановлением Госстроя России от 21-01-94 № 18-3].
6. Горин А. Н. Альтернативные холодильные системы и системы кондиционирования воздуха / А. Н. Горин, А. В. Дорошенко. — Донецк : Норд-Пресс, 2006. — 341 с.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики

Стаття надійшла до редакції 22.12.10
Рекомендована до друку 26.05.11

Титар Сергій Семенович — професор, **Климчук Олександр Андрійович** — доцент, **Молчанський Борис Євгенович** — аспірант.

Кафедра теплових електричних станцій та енергозберігаючих технологій; Одеський національний політехнічний університет, Одеса