

УДК 697.11:697.56[519.168]

## ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ТА МЕТОДУ ВИБОРУ ПЕРЕВАЖНОЇ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

**Адегов О. В.**, канд. техн. наук, доц.; **Солод Л. В.**, канд. техн. наук, доц.;  
**Березюк Г. Г.**, ст. викл.; **Ляховецька-Токарєва М. М.**, канд. техн. наук, доц.;  
**Кудрявцев О. П.**, аспір.

*Державний вищий навчальний заклад*

*«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

**Постановка проблеми.** З 2011 р. Україна є членом Енергетичного Співтовариства Південно-Східної Європи та знаходиться в процесі адаптації вітчизняного законодавства до норм відповідних Директив ЄС.

В Європейській стратегії енергетичної безпеки (European Energy Security Strategy), яка прийнята Європейською Комісією 28.05.2014 р. зазначається, що зменшення попиту на енергію, який, в першу чергу, визначається високим рівнем енергоефективності споживання, є одним з найбільш ефективних механізмів зменшення зовнішньої енергетичної залежності. Серед пріоритетних секторів підвищення енергоефективності названі будівельна галузь, теплопостачання та охолодження. В Стратегії відмічається важлива роль подальшого розвитку енергетичних технологій в зменшенні попиту на енергію, перш за все, за рахунок суттєвого підвищення ефективності використання енергоресурсів, диверсифікації джерел постачання та видів палива, оптимізації мережевої інфраструктури [1].

Енергетична стратегія України (ЕСУ) на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» схвалена Кабінетом міністрів України 18.08.2017 р. відповідає основним засадам Європейської стратегії енергетичної безпеки, фокусується на енергозбереженні, максимальній диверсифікації джерел і шляхів постачання енергоресурсів.

Серед основних заходів реалізації ЕСУ зазначені [2]:

- реалізація інвестиційних проектів у рамках Національного плану скорочення викидів від великих спалювальних установок;
- формування місцевих систем теплопостачання на основі економічно обґрунтованого врахування потенціалу місцевих видів палива, логістики постачання, регіональної та загальнодержавної енергетичної інфраструктури;
- підвищення ефективності діючих систем централізованого теплопостачання, зокрема шляхом оптимізації використання потужностей, технічної та технологічної модернізації, узгодження централізації та децентралізації теплопостачання.

У Європейських директивах «Про енергетичну забезпеченість будівель» наводяться посилені вимоги до енергетичної ефективності будівель та зазначений основний принцип зниження енергоспоживання, який полягає у виконанні двох умов [3]:

- використання енергії тільки в ті моменти, коли в цьому є необхідність;
- використання енергії в обсязі, мінімально необхідному для досягнення показників комфорту і безпеки.

При цьому велика увага приділяється визначенню та розробці інтелектуальних будівель з системами керування генерацією та споживанням тепла і холоду.

Однією з основних проблем при проектуванні і будівництві енергоефективних будинків в Україні є вибір найбільш переважної комбінації інженерного обладнання для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в приміщеннях і генерації гарячої

води для побутових потреб, адже обладнання – один з основних чинників, що впливає на енергоспоживання будівлі.

**Мета дослідження.** Згідно Європейським директивам про енергоефективність та про використання поновлюваних джерел енергії, в інженерних системах енергоефективних будівель рекомендується використовувати комбіновані системи теплопостачання [4; 5].

Метою дослідження є визначення критеріїв та методів вибору переважної комбінованої системи теплопостачання, яка забезпечує мінімальну витрату традиційних (невідновлюваних) джерел енергії та мінімальні експлуатаційні витрати обладнання протягом року.

**Основні результати.** Комбіновані системи теплопостачання будинків і будівель – це комбінація двох і більше джерел теплоти для опалення, вентиляції, охолодження і забезпечення гарячою водою протягом року. Для таких систем використовуються генератори теплоти, що працюють як на традиційних видах палива, так і використовують поновлювані джерела теплоти. Суттєвою складовою такої системи можуть бути рекуператори тепла та баки-акумулятори на підігрів води, в яких можуть працювати всі теплогенератори, що використовуються в комбінованій системі. Слід зазначити, що за останні роки з'явилися гібридні установки-котли зі smart-керуванням, які в одному корпусі поєднують різні генеруючі пристрої: газовий, рідкопаливний конденсаційний або електричний котел, повітряно-водяний тепловий насос, ємнісний водонагрівач для приготування гарячої води. Співвідношення потужностей складових таких установок варіюється у широкому діапазоні.

Поєднання різного устаткування, що працює на традиційних видах енергоресурсів і використовує поновлювані джерела енергії, дають можливість істотно знизити споживання невідновлюваних джерел енергії. Крім того, комбінування джерел теплоти значно підвищує безвідмовність системи – при відмові одного теплогенератора або перебоях подачі палива завжди включиться інший, який виконує функцію резервного теплогенератора [6].

Досліджені приклади теплопостачання об'єкта з поєднанням двох джерел тепла. Одне джерело приймалося в якості основного (робота у більшу частину опалювального періоду), інше – як пікове (робота при низьких температурах зовнішнього повітря). Комбінування джерел показало економічну ефективність [7].

Слід зазначити, що залежно від структури теплохолодоспоживання (опалення, охолодження, вентиляція, кондиціонування, гаряче водопостачання) вибирається певний тип комбінованої системи з відповідним обладнанням. Такі системи розробляються для різних періодів року, оцінюються по критеріям вибору і обирається більш переважна.

Критеріями вибору переважного варіанту комбінованої системи передбачається:

- мінімізація експлуатаційних витрат системи в цілому;
- мінімізація витрат невідновлюваних джерел енергії;
- екологічність системи.

В якості методів вибору або порівняння комбінованих систем теплохолодопостачання розглядаються методи математичного програмування [8]. Загальна модель математичного програмування виглядає наступним чином: необхідно знайти вектор таких проєктних змінних  $\mathbf{X} (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , який забезпечує екстремальне значення цільової функції  $F(\mathbf{X}, \mathbf{A}) \Rightarrow \text{extr}$ , при виконанні ряду обмежень. У нашому випадку  $x_i$  – це значення потужності або значення витрат  $i$ -ї одиниці обладнання,  $\mathbf{A}(a_1, a_2, \dots, a_n)$  – керовані параметри. Задається діапазон допустимих змін керованих параметрів:  $y_i \leq a_i \leq z_i, i = 1, 2, \dots, n; y_i, z_i$  – верхня та нижня межа для керованих

параметрів. Обмеження пов'язані з працездатністю знайдених проєктних змінних  $g_j(X) \geq 0; j = 1, 2, \dots, m$ .

Виходячи з обмежень функції щодо потужності кожної одиниці обладнання  $i$ -го типу та необхідної потужності системи в цілому складається математична модель для визначення або порівняння комбінованих систем теплохолодопостачання. При цьому визначається варіант системи який забезпечує екстремальні значення цільової функції  $F(X, A)$ .

**Висновки.** Аналіз Європейського та вітчизняного досвіту показав, що використання комбінованих систем теплохолодопостачання дає значну енергетичну та екологічну ефективність. Розробка комбінованих систем теплогазопостачання має багатоваріантність використання обладнання. Визначенні критерії та методи вибору переважної комбінованої системи теплохолодопостачання, яка забезпечує мінімальну витрату традиційних (невідновлюваних) джерел енергії та мінімальні експлуатаційні витрати обладнання протягом року. Для кожного виду критерію вибору розробляється своя модель математичного програмування вибору обладнання для комбінованих систем.

### Список використаних джерел

1. Стратегія енергетичної безпеки ЄС, як відповідь на сучасні гібридні загрози: висновки для України. URL: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2018-02/energ\\_bezp-988e2.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2018-02/energ_bezp-988e2.pdf)
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
3. Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3A0J.L .2018.156.01.0075.01.ENG>
4. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. URL: <https://www.ecolex.org/details/legislation/directive-201227eu-of-the-european-parliament-and-of-the-council-on-energy-efficiency-amending-directives-2009125ec-and-201030eu-and-repealing-directives-20048ec-and-200632ec-lex-faoc117373/>
5. Directive 2004/8/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market. URL: <https://www.ecolex.org/details/legislation/directive-20048ec-of-the-european-parliament-and-of-the-council-on-the-promotion-of-cogeneration-based-on-a-useful-heat-demand-in-the-internal-energy-market-lex-faoc071814/>
6. Viessmann. Инновационные решения. URL: [http://viessmann.com.ua/sistemy-otoplenia-498/Innovacionnyie\\_resheniia.html](http://viessmann.com.ua/sistemy-otoplenia-498/Innovacionnyie_resheniia.html)
7. Солод Л. В., Адегов О. В., Березюк Г. Г. До оцінки енергоефективності під час прийняття рішень щодо вибору джерел теплоти за умови їх комбінування. *Інноваційні технології в будівництві, цивільній інженерії та архітектурі* : тези XVIII міжнародної науково-практичної конференції. Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2020. С. 106–108.
8. Мовчан А. П., Степанець О. В. Методи статичної оптимізації : навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2012. 138 с.