

УДК 621.57

**ЕФЕКТИВНІ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛО- І ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ**

Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, О. М. Калюжко

*Проаналізовано ефективність тепло- і холодопостачання громадської будівлі від різних джерел енергії. Оцінювання ефективності виконано з використанням техніко-економічного методу та методу оцінки життєвого циклу у екологічних показниках. Виявлено найбільш економічно доцільні варіанти та варіанти із найменшими техногенними навантаженнями на навколишнє середовище.*

*Проанализирована эффективность тепло-и холодоснабжения общественного здания от различных источников энергии. Оценки эффективности выполнены с использованием технико-экономического метода и метода оценки жизненного цикла в экологических показателях. Выявлено наиболее экономически целесообразные варианты и варианты с наименьшими техногенными нагрузками на окружающую среду.*

*Analyzed the efficiency of heating and cooling of public buildings from different sources. Evaluation of performance is made using a feasibility method and life cycle assessment in environmental performance. There are the most feasible options and options with minimal anthropogenic impact on the environment.*

**Вступ. Постановка задачі**

Вимоги до комфорту в громадських будівлях кожного року зростають. Приміщення, не обладнані сучасними системами кондиціонування повітря, мають менший попит на ринку.

Для підтримання певних кліматичних умов в приміщенні необхідно забезпечити систему теплоту в холодний період і холодом – в теплий період року.

Будівля, розташована в межах міста, може отримувати теплоту з різних джерел: від системи централізованого теплопостачання; від індивідуального теплового пункту з газовими чи електричними котлами; від систем охолодження, що можуть працювати в режимі теплового насоса [1].

Холодопостачання будівель відбувається за рахунок встановлення систем охолодження з фреоновими холодильними машинами. Значна частина такого обладнання може працювати в режимі теплового насоса для обігріву приміщень в перехідний період року.

Останнім часом розроблені і впроваджуються фреонові VRF-системи охолодження, які можуть працювати на обігрів приміщень за температури навколишнього середовища до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  [2]. Тобто таке обладнання може використовуватись протягом всього опалювального періоду для обігріву та протягом теплового періоду для охолодження повітря в приміщеннях.

В загальному, вибір доцільних джерел тепло- і холодопостачання будівлі повинен виконуватись із врахуванням екологічних, енергетичних та економічних критеріїв, слід брати до уваги місце розташування будівлі, її архітектурні особливості, внутрішній дизайн приміщень тощо.

Для оцінки ефективності систем широко використовується техніко-економічний аналіз в грошових показниках [3]. Динамічно розвивається в Європі метод Eco-indicator, побудований на основі баз даних про шкідливі викиди та скиди для різних технологій, який реалізовується, наприклад, у програмному продукті Sima Pro [4]. З використанням такої інформації розроблено метод оцінки ефективності системи з врахуванням техногенного навантаження на навколишнє середовище [5].

**Мета роботи** – аналіз джерел тепло- і холодопостачання будівлі, що забезпечують високу екологічну, енергетичну та економічну ефективність.

### Основні дослідження

Для дослідження була вибрана триповерхова будівля офісного призначення, опалювальною площею 1100 м<sup>2</sup>, розташована в районі щільної міської забудови.

В роботі розглянуті методи децентралізованого тепло- і холодопостачання, тому що:

- в теплових мережах існуючих систем централізованого теплопостачання міст мають місце значні втрати теплоти, що призводить до зниження ефективності теплопостачання;
- розглядувана будівля має комерційне призначення, тому є можливість підвищення комфорту і надійності теплопостачання, в тому числі, завдяки наявності обслуговуючого персоналу, здатного експлуатувати теплотехнічне та холодильне обладнання;
- підключення додаткового споживача до існуючої теплової мережі може потребувати її часткового переналагоджування або реконструкції.

В роботі досліджені показники таких варіантів тепло- і холодопостачання будівлі.

Варіант 1. З використанням VRF-системи, яка працює в режимі охолодження в теплий період та в режимі повітряного теплового насоса в холодний період року. Підігрів води на гаряче водопостачання (ГВП) забезпечується електронагрівниками.

Варіант 2. Постачання теплоти на опалення, вентиляцію та ГВП виконується від газових котлів з атмосферними пальниками, охолодження – від фреонових спліт-систем.

Варіант 3. Постачання теплоти на опалення, вентиляцію та ГВП виконується від конденсаційних модульованих газових котлів, охолодження – від фреонових спліт-систем.

Варіант 4. Постачання теплоти на опалення, вентиляцію та ГВП виконується від електродкотлів, охолодження – від фреонових спліт-систем.

Згідно з розрахунком максимальна потужність системи опалення склала 54 кВт, вентиляції – 28,1 кВт, ГВП – 16 кВт, потужність системи охолодження 110 кВт. Коефіцієнти перетворення та холодильні коефіцієнти розраховані із використанням технічної документації на обладнання "Sanyo". Для розрахунку терміну окупності прийнято вартість теплоти 200 грн./ГДж, холоду – 250 грн./ГДж, ГВП – 30 грн./м<sup>3</sup>. Обладнання систем тепло- і холодопостачання працюють по 12 год. на добу протягом 15 років, холодний період року 189 днів, теплий – 176 днів на рік. Складові техногенного навантаження від транспортування та монтажу систем прийняті в розмірі 5 % від загального навантаження систем на навколишнє середовище.

Проведено оцінку техніко-економічних показників у грошових одиницях (грн.) та техногенного навантаження на навколишнє середовище у екологічних показниках (Есорpoint Pt, який чисельно дорівнює техногенному впливу, віднесеному до одного мешканця Європи). Отримані результати наведені на рис. 1.

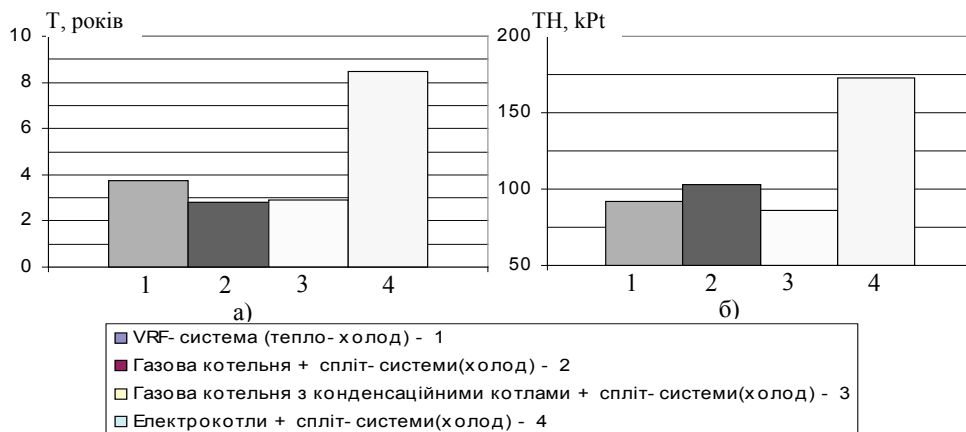


Рис. 1. Результати розрахунку простого терміну окупності (а) та техногенного навантаження на навколишнє середовище (б) для різних джерел тепло- і холодопостачання будівлі

Як бачимо з результатів на рис. 1, для даної будівлі найгірші показники ефективності має варіант з електродотами та спліт-системами охолодження. Перевагою такого варіанта є мінімальні первинні витрати та зручність експлуатації, але поточні витрати та техногенне навантаження, спричинене виробництвом електроенергії для такого тепло- і холодопостачання найбільші.

Інші варіанти мають близькі економічні та екологічні показники. Слід відзначити, що варіант з газовими котлами та спліт-системами має кращі економічні показники через невисокі капіталовкладення, але якщо зауважити на швидку вичерпність природного газу (це враховане в техногенному навантаженні), то цей варіант в перспективі є недостатньо ефективним.

Для оцінювання впливу очікуваного переважного збільшення ціни природного газу в порівнянні з електроенергією на показники системи теплостачання та системи охолодження, що працюють в режимі повітряного теплового насоса. В розрахунках змінювалося співвідношення вартості електроенергії, отриманої на ТЕС, та природного газу в межах 3,44...1,62.

Результати оцінювання економічних показників наведені на рис. 2.

З результатів, наведених на рис. 2 видно, що найбільш перспективними варіантами тепло- і холодопостачання залишаються системи теплостачання на базі конденсаційних газових котлів та систем охолодження, що працюють в режимі повітряного теплового насоса.

Суттєвим додатковим недоліком використання газового обладнання в будівлях, розташованих в місцях щільної забудови, є підвищена небезпека та необхідність забезпечення розсіювання шкідливих викидів з низькою температурою і забезпечення певної фонові концентрації викидів CO та NO<sub>x</sub>.

В зв'язку зі щільністю забудови немає можливості використовувати більш ефективні термотрансформаторні системи обігріву, які можуть отримувати теплоту з ґрунту, річкової та ґрунтових вод тощо. Крім того, виробництво теплоти на базі термотрансформаторів з електроприводом, дає можливість зменшувати добову нерівномірність споживання електроенергії та підвищувати надійність ефективність при її виробництві.

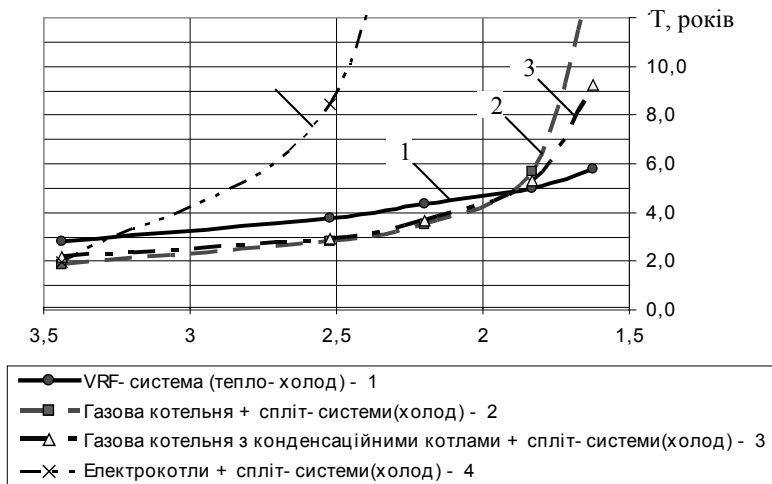


Рис. 2. Результати розрахунку простого терміну окупності при зміні співвідношення вартості електроенергії та природного газу для різних джерел тепло- і холодопостачання будівлі

Таким чином, аналіз результатів показав, що найбільш ефективними є варіант тепло- і холодопостачання розглядуваної будівлі з використанням VRF-системи охолодження, що може працювати в режимі нагріву до температур зовнішнього повітря -25°C, та варіант з спліт-системами та газовими конденсаційними котлами за умови забезпечення допустимих фонових концентрацій шкідливих викидів.

Порівняння техніко-економічного методу оцінювання та методу оцінки техногенного навантаження протягом життєвого циклу системи показав більшу перспективність останнього, оскільки крім навантаження, пов'язаного із виробництвом та споживанням матеріалів та енергії, в ньому враховується вичерпність ресурсів, яка в майбутньому призводитиме до їх здорожчання.

### Висновки

В зв'язку із підвищенням вимог до комфорту, надійності та ефективності тепло- і холодопостачання будівель виникає необхідність у проведенні аналізу можливих варіантів.

Прийняті до розгляду системи децентралізованого тепло- і холодопостачання оцінені з використанням економічних, екологічних та енергетичних показників ефективності.

Виявлено, що варіант з електрокотлами для теплопостачання має найгірші економічні і екологічні показники. Найбільш ефективними є варіант з використанням VRF-системи, що може працювати в режимі обігріву за температури навколишнього середовища до  $-25^{\circ}\text{C}$ , та варіант з спліт-системами охолодження та конденсаційними газовими котлами за умови дотримання допустимих фонових концентрацій шкідливих викидів.

Метод оцінки техногенного навантаження протягом життєвого циклу системи підтвердив свою перевагу в порівнянні із техніко-економічним методом завдяки врахуванню вичерпності ресурсів.

### Використана література

1. Степанов Д. В. Суміщення теплоохолодильних машин та електронагрівника в схемі джерела теплохолодопостачання / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, А. А. Керн. // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 6. – С. 49-52.
2. Технічні характеристики VRF-систем (6 серія) Sanyo. Режим доступу: <http://www.sanyo.in.ua/file-archive-sanyo/file-archive-sanyo/multizonalnyie-vrf-sistemyi/elektricheskie-vrf-sistemyi/6-seriya.html>
3. Мезенцев А. П. Основы расчета мероприятий по экономии тепловой энергии и топлива / А. П. Мезенцев. – Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1984. – 120с.
4. Програмне забезпечення SimaPro7. Режим доступу до програми: [http://www.pre.nl/simapro/download\\_simapro.htm](http://www.pre.nl/simapro/download_simapro.htm).
5. Степанов Д. В. Методи оцінки ефективності системи з врахуванням техногенного навантаження на навколишнє середовище протягом життєвого циклу системи / Д. В. Степанов, С. Й. Ткаченко, Л. А. Боднар. // Вісник НУВГП. – 2010. – № 2. – С. 168-174.

*Степанов Д. В.* – к.т.н., доц., доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

*Степанова Н. Д.* – к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

*Калюжко О. М.* – студент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.