

УДК 621.4

С. С. Титар, канд. техн. наук, проф.; О. А. Климчук, канд. техн. наук, доц.;
С. Ю. Юрковський

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕПЛО- ТА ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН

Розглянуто можливість використання сонячної енергії та теплової енергії когенераційної установки для систем холодо- та теплопостачання будинків суспільного типу. Проведено техніко-економічний аналіз комбінованих систем холодо- та теплопостачання для застосування різних джерел «холоду».

Вступ

В останній час споживачі енергоресурсів виявляють цікавість до питання автономних систем енергопостачання будівель, в яких досить широко застосовують потенціал відновлювальних джерел енергії.

Одним із розповсюджених відновлювальних джерел тепла є сонце. Геліосистеми стають щораз більше популярними, особливо в південному регіоні. Сонячні колектори (СК) інтегруються в наявні системи теплопостачання, при цьому значно зменшуючи витрату традиційних енергоресурсів, а іноді зовсім їх заміщають [1]. Для будівель сезонної експлуатації застосування геліосистем досить актуально — пік споживання тепла для потреб гарячого водопостачання (ГВП) збігається з сезонним піком інтенсивності сонячної радіації.

Для будівель із цілорічною експлуатацією пік теплоспоживання припадає на зиму, коли рівень сонячної радіації є мінімальним. Під час розрахунку сумарної поверхні сонячних колекторів на максимальне теплове навантаження виникає питання використання надлишкової поверхні влітку. Існує декілька шляхів вирішення цієї проблеми: спорожнення частини системи, екранування частини колекторів, сезонне акумулювання, використання високотемпературних теплоносіїв здатних витримувати великі температури.

Найраціональнішим із перерахованих шляхів є сезонне акумулювання. Однак це рішення потребує додаткових досить складних заходів з акумулювання та збереження отриманого тепла до опалювального сезону.

Ще одним варіантом використання надлишкового тепла, отриманого у геліосистемі, є застосування абсорбційних холодильних машин (АБХМ), які дозволяють використовувати тепло сонця для отримання «холоду».

Когенераційні установки в системах теплопостачання

Під час будівництва нових будівель суспільного призначення замовники досить часто стикаються із проблемою енергопостачання. Забудовнику не завжди можуть видати потрібні технічні умови на підключення до електромереж. В такому випадку потрібно шукати альтернативні шляхи вирішення проблеми дефіциту електричної потужності. Одним із засобів рішення проблеми є власне виробництво електроенергії. Для ефективного використання енергії палива досить часто застосовуються когенераційні установки (КУ), які дозволяють вирішити проблеми не тільки електропостачання, але і теплопостачання.

У таких установках влітку також спостерігається надлишок теплової енергії. Викидання її з димовими газами у повітря зменшується загальний ККД установки, тому слід шукати шляхи використання надлишкової теплової енергії.

Використання абсорбційних холодильних машин в системах кондиціонування

Одним із варіантів вирішення вказаної проблеми є виробництво «холоду» в АБХМ.

Очевидно, можна знайти раціональне застосування і для надлишкового тепла від геліосистем, і для викидного тепла когенераційних установок в системі виробництва «холоду».

АБХМ має досить вагомні переваги (мале споживання електроенергії, низький рівень шуму, великий термін експлуатації), але є і деякі недоліки. Коефіцієнт перетворення енергії у абсорбційних холодильних машинах нижче ніж у парокompресійних (ПКХМ) — для одноступеневих він не досягає 1, у дво- та триступневих він наближається до 2, але це нижче ніж у ПКХМ [2]. Ще однією особливістю роботи АБХМ є той факт, що чим нижче температура теплоносія тим нижче коефіцієнт перетворення. У випадку утилізації тепла геліосистем та когенераційної установки температура теплоносія, що гріє, лежить у межах 65...70 °С. При цьому відношення кількості отриманого «холоду» до кількості потрібного тепла становить 1/2.

Ще одна незручність в експлуатації АБХМ є необхідність відведення низькопотенційного тепла (30...35 °С). За такого температурного режиму для південного регіону відведення тепла можливо тільки за допомогою мокрої градирні, а це викликає додаткові проблеми (залежність від відносної вологості повітря, підживлення та фільтрація води, тощо). У деяких випадках низькопотенційне тепло від АБХМ намагаються утилізувати в системах ГВП та басейнах. Але в системах ГВП це можливо тільки у 1-й ступені підігріву, та і кількість відведеного тепла значно більше ніж треба.

Вказані обставини значною мірою знижують привабливість використання АБХМ. Для виявлення доцільності застосування потрібно проводити техніко-економічні розрахунки у порівнянні з альтернативними рішеннями.

Метою дослідження є проведення аналізу та визначення найдоцільнішої з техніко-економічної точки зору схеми комбінованого тепло- та холодопостачання із застосуванням АБХМ будинків суспільного типу.

Для техніко-економічного аналізу варіантів тепло- та холодопостачання обрано декілька схем: традиційна, з використанням АБХМ, комбінована (рис. 1).

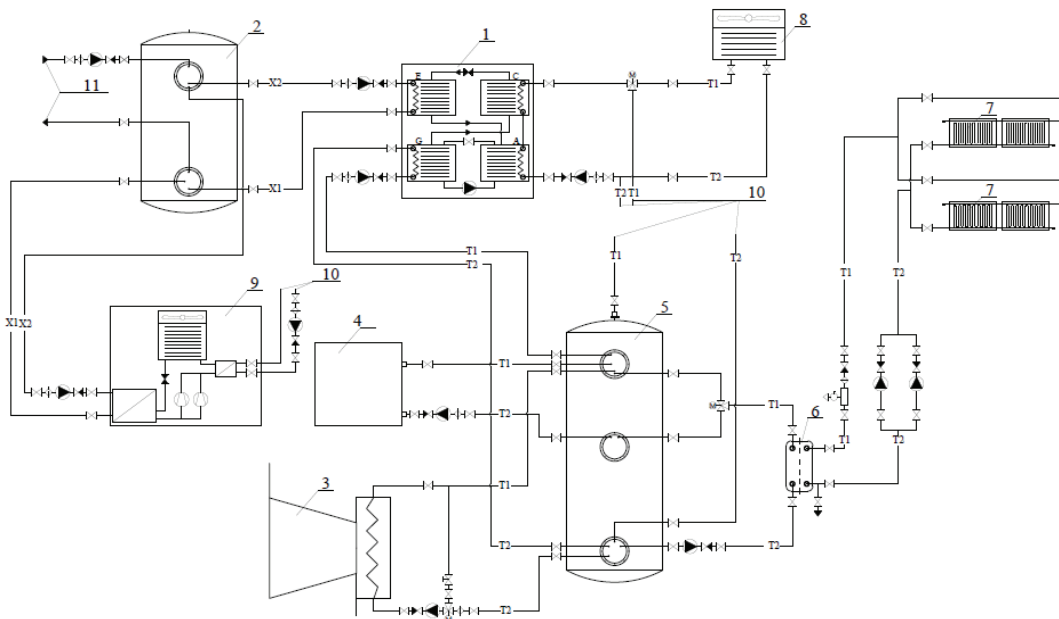


Рис. 1. Схема комбінованого тепло- та холодопостачання із застосуванням АБХМ:

- 1 – АБХМ; 2 – бак-акумулятор холоду; 3 – КУ; 4 – котел газовий (резерв);
- 5 – бак-акумулятор тепла; 6 – пластинчастий теплообмінний апарат; 7 – СК;
- 8 – градирня; 9 – ПКХМ; 10 – споживачі тепла; 11 – споживачі холоду

В традиційній схемі за джерело тепла використовується геліосистема та когенераційна установка, виробництво «холоду» здійснюється завдяки ПКХМ. В другій схемі застосовується АБХМ, потужність якої дорівнює потужності систем кондиціонування. В останній схемі застосовується комбіноване виробництво холоду АБХМ та ПКХМ, при цьому потужність абсорбційної холодильної машини розраховується на утилізацію тепла від геліосистем та когенераційної установки.

Техніко-економічний аналіз схем тепло- та холодопостачання

Техніко-економічне порівняння вищезгаданих схем проведено для 5-ти поверхової будівлі, що проектується — готель на 60 місць з кафе, пральною, адміністративними приміщеннями та відкритим басейном.

Основні технічні дані проекту:

- поглинаюча площа сонячних колекторів складає 278 м²;
- площа відкритого басейну 50 м²;
- необхідна теплова потужність на підготовку гарячої води для всієї будівлі за добу 1531 кВт·год.
- потреба у електроенергії на комунальні та виробничі потреби 50 кВт·год.

Інші проекти дані наведені у табл. 1.

Прийняті дані для порівняльного розрахунку:

- теплотворна здатність палива 32,7 МДж/м³;
- вартість природного газу 3,44 грн/м³;
- вартість електроенергії 1 грн/кВт год;
- коефіцієнт перетворення ПКХМ 4,5.

Таблиця 1

Основні технічні дані проекту

Характеристика	Одиниця вимірювання	Червень	Липень	Серпень	Всього
Отримана кількість тепла від СК	кВт·год/міс	17208,2	18548,16	17564,04	17773,47
Отримана кількість тепла від КУ	кВт·год/міс	29160	30132	30132	89424
Загальна кількість тепла від СК та КУ.	кВт·год/міс	46368,2	48680,16	47696,04	107197,5
Необхідна кількість «холоду» для кондиціонування	кВт·год/міс	71280	81840	76632	229752
Необхідна кількість «холоду» для припливного повітря	кВт·год/міс	65160	81720	73440	220320
Загальна потреба у «холоді»	кВт·год/міс	136440	163560	150072	450072
Необхідна кількість тепла для ГВП	кВт·год/міс	47461	45930	45930	139321
Необхідна кількість тепла для басейну	кВт·год/міс	19800	20460	20460	60720
Загальна потреба тепла влітку	кВт·год/міс	67261	66390	66390	200041

За поданими вихідними даними проведено порівняльний техніко-економічний розрахунок для трьох систем тепло- та холодопостачання. Результати розрахунків подано в табл. 2—4 та на рис. 2, 3.

Таблиця 2

Техніко-економічні показники традиційної схеми холодопостачання

Характеристика	Одиниця вимірювання	Червень	Липень	Серпень	Всього
Кількість спожитої електричної енергії на виробництво «холоду»	кВт·год/міс	30320	36346,67	33349,33	100016
Загальна вартість електроенергії на виробництво «холоду»	грн.	30320	36346,67	33349,33	100016
Питома вартість енергоносіїв для виробництва «холоду»	грн/кВт·год	0,22	0,22	0,22	0,22
Кількість тепла відведено у конденсаторі ПКХМ	кВт·год/міс	166760	199906,7	183421,3	550088
Надлишок тепла від ПКХМ	кВт·год/міс	99499	133516,7	117031,3	350047
Питома вартість енергоносіїв для виробництва «тепла»	кВт·год/міс	0	0	0	0
Загальна питома вартість енергоносіїв на виробництво тепла та «холоду»	грн/кВт·год	0,22	0,22	0,22	0,22

Техніко-економічні показники схеми холодопостачання із застосуванням АБХМ

Характеристика	Одиниця вимірювання	Червень	Липень	Серпень	Всього
Необхідна кількість тепла для виробництва «холоду»	кВт·год/міс	272880	327120	300144	900144
Нестача тепла від СК і КУ для виробництва «холоду»	кВт·год/міс	226511,8	278439,8	252448	792946,5
Додаткова витрата газу	м ³ /міс	24937,08	30653,93	27792,44	83383,44
Питома вартість енергоносіїв для виробництва «холоду»	грн/кВт·год	0,63	0,64	0,64	0,64
Кількість тепла відведене від АБХМ	кВт·год/міс	409320	490680	450216	1350216
Надлишок тепла від АБХМ	кВт·год/міс	342059	424290	383826	1150175
Кількість тепла для догріву в системі ГВП	кВт·год/міс	23730,5	22965	22965	69660,5
Додаткова витрата газу для догріву гарячої води	м ³ /міс	2612,53	2528,26	2528,26	7669,05
Питома вартість енергоносіїв для виробництва «тепла»	кВт·год/міс	0,13	0,13	0,13	0,13
Загальна питома вартість енергоносіїв на виробництво тепла та «холоду»	грн/кВт·год	0,7623	0,7757	0,7681	0,7692

Таблиця 4

Техніко-економічні показники комбінованої схеми холодопостачання

Характеристика	Одиниця вимірювання	Червень	Липень	Серпень	Всього
Кількість холоду отримана від утилізації тепла СК і КУ	кВт·год/міс	23184,1	24340,08	23848,02	53598,73
Нестача «холоду» компенсована ПКХМ	кВт·год/міс	113255,9	139219,9	126224	396473,3
Кількість спожитої електроенергії на виробництво «холоду»	кВт·год/міс	25167,98	30937,76	28049,77	88105,17
Питома вартість енергоносіїв для виробництва «холоду»	грн/кВт·год	0,184462	0,189152	0,186909	0,186841
Кількість тепла відведене від АБХМ	кВт·год/міс	69552,3	73020,24	71544,06	160796,2
Кількість тепла відведене від ПКХМ	кВт·год/міс	138423,9	170157,7	154273,8	484578,4
Кількість утилізованого тепла від АБХМ	кВт·год/міс	43530,5	43425	43425	130380,5
Кількість утилізованого тепла від ПКХМ	кВт·год/міс	23730,5	22965	22965	69660,5
Питома вартість енергоносіїв для виробництва «тепла»	кВт·год/міс	0	0	0	0
Загальна питома вартість енергоносіїв на виробництво тепла та «холоду»	грн/кВт·год	0,1845	0,1892	0,1869	0,1868

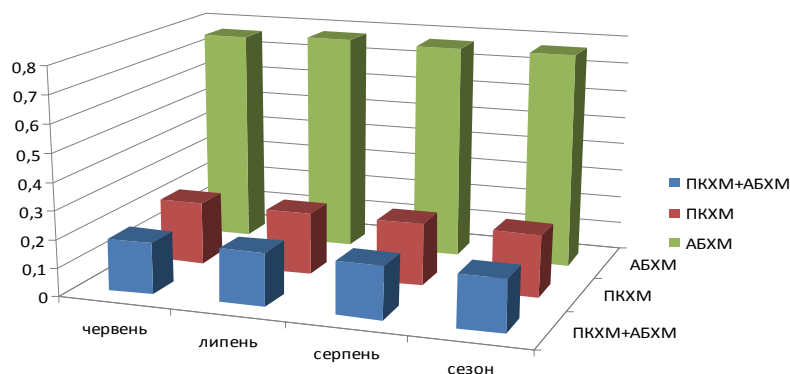


Рис. 2. Графік залежності питомих витрат енергоносіїв на виробництво тепла та холоду від місяця літа у разі застосування різних схем тепло- та холодопостачання

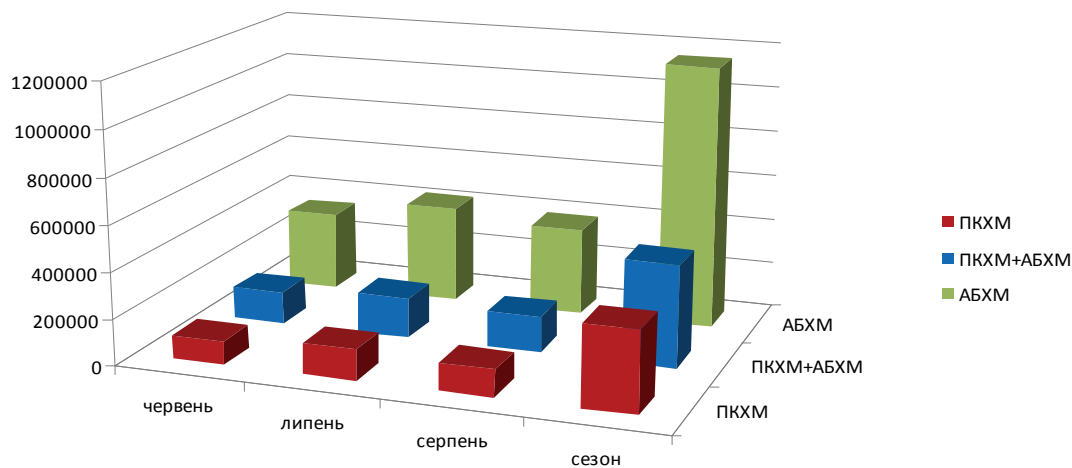


Рис. 3. Графік залежності кількості викидного тепла від місяця літа у разі застосування різних схем тепло- та холодопостачання

Як випливає із результатів розрахунків, використання абсорбційної холодильної машини в системах кондиціонування потребує додаткової витрати енергоносіїв (природний газ) або встановлення додаткового поля геліосистем. Також від АБХМ треба постійно відводити велику кількість низько потенційного тепла. Окрім цього необхідно додатково витратити частину палива для підігріву гарячої води до потрібних температур (50–55 °С).

Такі обставини роблять варіант з використанням лише АБХМ в системах тепло- та холодопостачання менш привабливим ніж традиційна схема.

Висновки

Із проведеного техніко-економічного аналізу можна зробити такі висновки:

- наявної кількості тепла від СК та КУ недостатньо для забезпечення АБХМ повної продуктивності системи кондиціонування;
- найдоцільнішим з техніко-економічної точки зору є комбіноване використання АБХМ та ПКХМ в системах тепло- та холодопостачання, при цьому потужність абсорбційної холодильної машини розраховується на максимальну утилізацію тепла СК та КУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горин А. Н. Альтернативные холодильные системы и системы кондиционирования воздуха / А. Н. Горин, А. В. Дорошенко. — Донецк : Норд-Пресс, 2006. — 341 с
2. Галимова Л. В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы / Л. В. Галимова. — Астрахань : АГТУ, 1997. — 226 с.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики

Стаття надійшла до редакції 26.01.12
Рекомендована до друку 31.01.12

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

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

Юрковський Станіслав Юрійович — головний інженер ПП «ECO POWER», Одеса