

УДК 697.9

**ВИБІР ЕФЕКТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ  
ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ**

Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, О. А. Гайдейчук

**THE CHOICE OF EFFICIENT SOURCE OF HEAT AND COOLING SUPPLY  
OF RESIDENTIAL BUILDING**

D. Stepanov, N. Stepanova, A. Gaydeychuk

*Вказано, що використання теплохолодильних машин дозволяє комплексно вирішити проблеми енергоефективного, екологічно чистого централізованого виробництва теплоти та холоду для житлової будівлі. Проаналізовано техніко-економічні показники теплохолодопостачання будівлі при використанні різних джерел енергії. Проведені розрахунки економічної ефективності використання теплоти ґрунту, атмосферного повітря та річкової води як низькотемпературного джерела для теплохолодильних машин. Запропоновано схемне рішення, що дозволяє зменшити капіталовкладення в систему, витрати електроенергії та термін окупності системи теплохолодопостачання.*

*Указано, что использование теплохолодильных машин позволяет комплексно решить проблемы энергоэффективного, экологически чистого централизованного производства теплоты и холода для жилого здания. Проанализированы технико-экономические показатели теплохладоснабжения здания при использовании различных источников энергии. Проведены расчеты экономической эффективности использования теплоты грунта, атмосферного воздуха и речной воды как низкотемпературного источника для теплохолодильных машин. Предложено схемное решение, которое позволяет уменьшить капиталовложения в систему, затраты электроэнергетики и срок окупаемости системы теплохладоснабжения.*

*Indicate the use of heatcold machines allow to solve the problems of energy-efficient, environmentally friendly centralized production of heat and cold for residential building. Technical and economic indicators of heat and cold supply the building with the use of various sources of energy is analyzed. Calculations of economic efficiency of using the heat of soil, air and river water as a low-temperature source for heatcold machines is performed. Schematic, that allows to reduce capital investment in the system, electricity costs and period of payback systems of heat supply and cooling is proposed.*

**Вступ, постановка задачі**

Енергоспоживання в комунальному секторі займає біля 30% загального енергоспоживання України. Зростання цін на імпортовані енергоносії, малий термічний опір будівель, неефективне котельне обладнання, великі втрати теплоти в мережах призвели до різкого погіршення економічної ситуації в галузі [1]. Одною з найважливіших проблем на даний час є пошук енергоефективних екологічно чистих джерел тепlopостачання будівель.

Зростання температурних показників в теплий період року і підвищення вимог до мікроклімату в приміщеннях викликає масове впровадження систем кондиціонування повітря з використанням штучного холоду не тільки в громадських, але й у житлових будівлях [2]. Масове використання автономних спліт-систем кондиціонування повітря призводить до погіршення зовнішнього вигляду багатоповерхівок, порушення цілісності будівельних конструкцій, перевантажень електричних мереж будівлі.

Тому питання дослідження і розробки енерго-, еколого- та економічноефективних джерел теплохолодопостачання будівель є актуальними. Все більше розповсюдження отримують теплонасосні технології, що використовують поновлювані джерела енергії і в реверсному режимі можуть виробляти штучний холод. Основною проблемою даного варіанта є вибір джерела низькотемпературної теплоти. Але незалежно від вибраного джерела, такі системи є потужним

споживачем електричної енергії, тому підвищення ефективності їх роботи є важливою задачею.

**Мета даної роботи** – підвищення ефективності системи теплохолодопостачання житлової будівлі за рахунок обґрунтованого вибору джерела теплоти та апаратурно-схемного оформлення системи.

### Основні дослідження

В якості приклада для проведення досліджень ефективності теплохолодопостачання використано житлову будівлю у м. Вінниця. Розрахована за [3, 4] потужність системи опалення склала 143 кВт, гарячого водопостачання – 147 кВт, холодопостачання для системи кондиціонування – 95 кВт. Таке співвідношення потужностей відповідає будівлі з достатньо високим термічним опором та рівнем комфорту із гарячого водопостачання.

Для вибору ефективного енергоносія для теплохолодопостачання будівлі розглянуті 3 варіанти: теплохолодильні машини (ТХМ); газова котельня та спліт-системи кондиціонування; електрокотельня та спліт-системи кондиціонування. Результати техніко-економічних розрахунків за укрупненими показниками наведені в табл. 1.

Таблиця 1

### Результати техніко-економічних розрахунків ефективності різних джерел енергії для теплохолодопостачання

Показник	Розмірність	Варіанти теплохолодопостачання		
		тепло-холодильні машини	газова котельня та спліт-системи	електро-котельня та спліт-системи
Капіталовкладення в джерело теплохолодопостачання	тис. грн	2048,1	460,8	229,2
Річне виробництво теплоти	ГДж/рік	4288		
Річне виробництво холоду	ГДж/рік	479		
Загальні річні експлуатаційні витрати	тис. грн/рік	637,8	558,2	1231,3
Собівартість енергії	грн/ГДж	133,8	117,1	258,3
Розрахунковий термін окупності	років	8,72	1,83	не окупається

В результаті розрахунків техніко-економічної ефективності виявлено, що вибір електрокотлів як джерела теплопостачання є неефективним як з енергетичної, так і з економічної точки зору. Найнижчу собівартість теплоти і холоду забезпечує варіант із газовою котельнею та спліт-системами кондиціонування. Але в перспективі слід очікувати різкого здорожчання імпортованого природного газу в зв'язку із його вичерпанням. Газова котельня є джерелом небезпеки, потребує кваліфікованого обслуговування, має суттєві обмеження за місцем встановлення. Натомість ТХМ є сучасним екологічно чистим енергоефективним обладнанням, що може використовувати поновлювані джерела енергії (теплоту ґрунту, атмосферного повітря, поверхневих, ґрунтових, стічних вод, вторинних енергоресурсів тощо). Тому на даному етапі досліджень як джерел теплохолодопостачання доцільно вибрати теплохолодильні машини.

Ефективність роботи ТХМ залежить від низькотемпературного джерела теплоти.

Під час вибору низькотемпературного джерела теплоти для теплохолодильних машин слід враховувати [5]:

- повітря є найбільш ефективним у перехідний період, або у теплих регіонах, де розрахункова температура для опалення не перевищує (-10 °С), при низьких температурах зовнішнього повітря ефективність таких систем падає у 1,5...2 рази і бажано мати резервне джерело теплоти, наприклад, газову котельню або електронагрівники;
- при використанні води як джерела теплоти потрібна наявність у безпосередній близькості відкритої водойми великого об'єму, виконання значного об'єму робіт із влаштування системи забору та транспортування річкової води;
- використання ґрунтових теплообмінників потребує великої площі вільної території з обмеженим використанням біля будівлі та значних капіталовкладень на влаштування свердловин.

Результати техніко-економічних розрахунків за укрупненими показниками для різних джерел низькотемпературної теплоти наведені в табл. 2.

Таблиця 2

**Результати розрахунків ефективності використання низькотемпературних джерел теплоти для теплохолодильних машин**

Показник	Розмірність	Джерела низькотемпературної теплоти		
		вертикальні ґрунтові теплообмінники	атмосферне повітря	річкова вода
Капіталовкладення в джерело теплохолодопостачання	тис. грн	2048,1	1436,9	1486,8
Встановлена електрична потужність	кВт	115	152	141
Річне виробництво теплоти	ГДж/рік	4288		
Річне виробництво холоду	ГДж/рік	479		
Загальні річні експлуатаційні витрати	тис. грн/рік	637,8	774,2	703,5
Собівартість енергії	грн/ГДж	133,8	162,4	147,6
Розрахунковий термін окупності	років	8,72	14,6	8,79

Як видно з табл. 2 техніко-економічні показники для різних джерел низькотемпературної теплоти мають близькі значення. Використання повітря як джерела має найбільший термін окупності, але не потребує значних капіталовкладень для влаштування системи відбору низькотемпературної теплоти. Варіант з ґрунтовими теплообмінниками має найвищі капіталовкладення, але найнижчу собівартість виробництва теплоти і холоду, що можна вважати більш перспективним.

В результаті аналізу енергетичних показників будівлі виявлено, що співвідношення потужностей гарячого водопостачання та холодопостачання дає можливість підвищити енергоефективність системи теплохолодопостачання за рахунок використання оригінального схемного рішення (рис. 1).

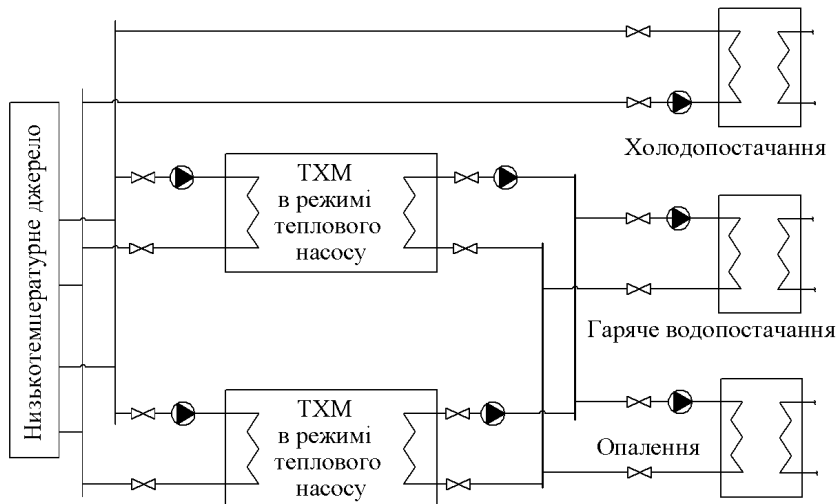


Рис. 1. Схема енергоефективної системи теплохолодопостачання будівлі

У теплий період року у житлових будівлях низькотемпературним джерелом для теплохолодильної машини, що забезпечує потреби гарячого водопостачання, може служити вода системи холодопостачання будівлі. Тобто надлишкова теплота будівлі, відібрана системою холодопостачання, використовується для підігріву ГВП. Така схема роботи дозволить знизити енергоспоживання системи теплохолодозабезпечення в цілому і капіталовкладення у основне

обладнання. Таке технічне рішення може бути ефективно використане в житлових будівлях з великим споживанням гарячої води і невеликим споживанням холоду.

Оскільки споживання гарячої води у будинку є нерівномірним протягом доби, в схемі забезпечення теплотою для ГВП і холодом для кондиціонування повітря доцільно встановити акумулятори теплоти та холоду.

Техніко-економічні розрахунки показали, що при використанні запропонованої схеми джерела теплохолодопостачання капіталовкладення зменшуються на 23,2 %, річні витрати на електроенергію – на 15,2 %, собівартість теплоти і холоду – на 16,9 % і термін окупності скорочується до 4,7 року.

### Висновки

- Сучасний стан систем теплопостачання потребує пошуку енергоефективних екологічно чистих джерел теплозабезпечення будівель. Підвищення вимог до мікроклімату в приміщеннях є потужним стимулом до впровадження систем кондиціонування повітря з використанням штучного холоду. Комплексне вирішення проблем теплохолодопостачання полягає у використанні теплонасосних технологій, що можуть працювати в реверсному режимі для холодопостачання і використовують альтернативні поновлювані джерела енергії: теплоту ґрунту, води, повітря.
- За результатами техніко-економічних розрахунків виявлено, що, не дивлячись на більші капіталовкладення, застосування теплохолодильних машин є більш перспективним в зв'язку із очікуваним суттєвим зростанням цін на імпортовані енергоносії.
- Порівняння різних джерел низькотемпературної теплоти показало, що використання вертикальних ґрунтових теплообмінників має більші капіталовкладення, але за рахунок більш високого коефіцієнта перетворення досягається нижча собівартість виробництва теплоти та холоду.
- Для підвищення ефективності роботи системи теплохолодопостачання запропоновано схемне рішення, яке полягає у підключенні системи холодопостачання будівлі як низькотемпературне джерело теплохолодильної машини, що працює для підігріву води на ГВП. Впровадження такого схемного рішення дозволяє зменшити капіталовкладення на 23,2 %, річні витрати на електроенергію на 15,2 %, собівартість теплоти та холоду на 16,9 %. Термін окупності капіталовкладень для такої системи теплохолодопостачання складає 4,7 року.

### Використана література

1. Адам О. Комунальна теплоенергетика України. Режим доступу: <http://vgoles.com.ua/economic/290.html>.
2. Белова Е. М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами / Е. М. Белова. – М.: Евроклимат, 2003. – 400 с.
3. ДБН В.2.6–31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель / Мінбуд України. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2006. – 66 с.
4. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація / Мінрегіон України. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2013. – 113 с.
5. Степанов Д. В. Ефективність роботи системи кондиціонування повітря в режимі пасивного охолодження / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, О. О. Цуканов, О. А. Гайдейчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2012. – № 2. – С. 142-144.

**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;

**Гайдейчук О. В.** – студент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.