

УДК 621.57

Д. В. Степанов, к. т. н., доц.; Н. Д. Степанова, к. т. н., доц.; О. А. Гайдейчук

АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ У СХЕМІ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

Проаналізовано варіанти роботи системи теплохолодопостачання житлової будівлі з тепловими насосами та акумуляторами теплоти. Проведено дослідження впливу потужності теплового насосу на об'єм бака-акумулятора та добові витрати на електроенергію з урахуванням дво- та тризонних систем обліку споживання електроенергії. Отримано залежність об'єму бака-акумулятора теплоти для системи гарячого водопостачання від співвідношення потужностей гарячого водопостачання та холодопостачання. Виявлено межі доцільності впровадження когенераційних систем теплохолодопостачання будівель.

Ключові слова: акумулятор теплоти, система теплохолодопостачання, тепловий насос, зонний облік електроенергії.

Вступ, постановка завдання

Зменшення споживання імпортованого природного газу та підвищення енергоефективності об'єктів житлово-комунального господарства України є одними з основних завдань на сьогодні. У системах централізованого тепlopостачання природний газ доцільно заміщувати вугіллям та його сумішами з біомасою. Але в умовах децентралізації тепlopостачання найпрогресивнішими, на нашу думку, є системи з використанням теплонасосних технологій.

Таке обладнання дозволяє використовувати нетрадиційні джерела енергії, а саме: теплоту ґрунту, повітря, витяжного повітря, ґрунтових, річкових і стічних вод тощо [1]. При цьому забезпечується достатньо високий коефіцієнт використання палива, мінімальний вплив системи на навколишнє середовище, високий рівень безпеки, автоматизації та культури виробництва. Недоліками теплонасосних систем є значні капіталовкладення та значне споживання електричної енергії. Але теплові насоси можуть також виробляти холод у теплий період року для охолодження повітря в приміщеннях, тому така когенераційна система дозволяє зменшити собівартість виробленої теплоти та холоду.

За об'єкт дослідження обрано житлову будівлю з розрахунковою потужністю системи опалення 202,7 кВт, системи гарячого водопостачання 157,1 кВт, системи охолодження приміщень 94,7 кВт [2].

Для зменшення капіталовкладень у систему теплохолодопостачання та витрат електроенергії в теплий період року для виробництва холоду використано технічне рішення [3], що полягає в підключенні системи холодопостачання до випарників теплонасосних установок, що дозволяє одночасно виробляти теплову енергію на конденсаторах теплових насосів для системи гарячого водопостачання й холод на випарниках теплових насосів для системи холодопостачання (рис. 1). Таке рішення також дозволяє використовувати режим пасивного охолодження будівлі.

Одною з основних особливостей житлових будівель є значна нерівномірність споживання теплоти для системи гарячого водопостачання та холоду для кондиціонування приміщень.

Добове коливання теплового навантаження систем гарячого водопостачання (ГВП) та одночасне виробництво теплоти й холоду в теплий період року потребує використання систем акумулявання енергії, тому **метою цієї роботи** є оцінка ефективності акумулявання теплоти в системі теплохолодопостачання житлової будівлі.

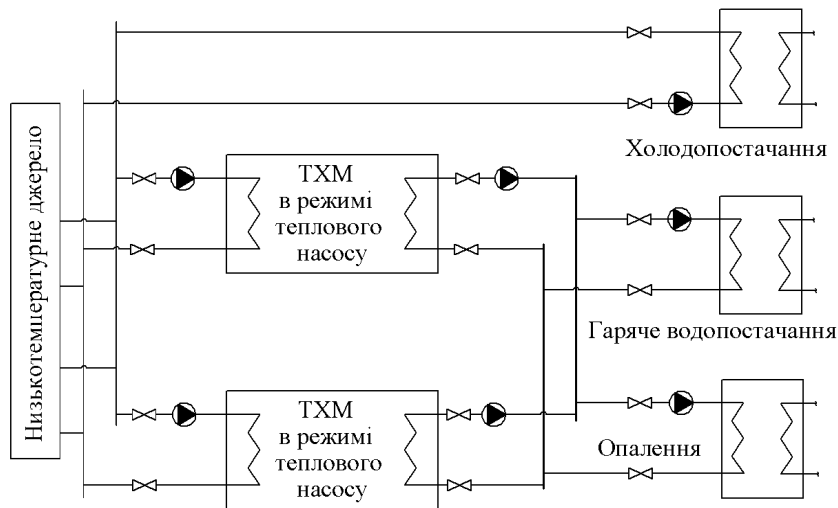


Рис. 1. Схема енергоефективної системи теплохолодопостачання будівлі

Основні дослідження

Для вирівнювання добових коливань навантаження на ГВП зазвичай використовують акумулятори гарячої води. Такий спосіб дозволяє спростити регулювання теплонасосної установки та зменшити її пікові навантаження. З урахуванням розрахункової потужності системи ГВП та характерного розподілу потужності протягом доби [3] визначено, що середньодобова потужність системи складає 100,1 кВт, якщо теплонасосна установка працює цілодобово з такою потужністю, необхідний об'єм бака-акумулятора складає 6,51 м³.

Теплонасосна установка є потужним споживачем електроенергії, а останнім часом усе більше уваги приділяють упровадженню систем двозонного обліку спожитої електроенергії. Для зменшення витрат на електроенергію в такому випадку доцільно в період нічного мінімального споживання електроенергії (з 23 год. до 7 год.) [4] збільшувати потужність теплового насоса. На рис. 2 показано, як впливає потужність теплового насоса в нічний період на об'єм бака-акумулятора теплоти та витрати на електроенергію (повний тариф на електроенергію прийнятий 1,4 грн/(кВт·год)). При цьому враховані два варіанти тарифу на електроенергію в нічний час – 0,7 та 0,5 від повного тарифу. Для тризонного обліку споживання електроенергії в нічний час коефіцієнт 0,4, у напівпіковий період – 1,0, у піковий – 1,5.

Для отримання результатів, наведених на рис. 2, проведено числові дослідження при збільшенні теплової потужності теплового насоса для ГВП у нічний період з 100,1 до 170 кВт, при цьому необхідна потужність у денний період (для двозонного обліку), відповідно, зменшилася зі 100 до 65,5 кВт. Для таких умов об'єм бака-акумулятора теплоти зростає у 2,43 рази,

Для системи із тризонним обліком електроенергії потужність теплового насоса підбирали в піковий та напівпіковий період за умов забезпечення мінімальних витрат на електроенергію. Перегин графіка витрат на електроенергію на рис. 2 для системи з тризонним обліком можна пояснити тим, що за потужності теплового насоса в нічний період більшої за 126 кВт найдорожчою "піковою" електроенергією можна не користуватися.

Згідно з даними на рис. 2, встановлення дво- та тризонних систем обліку електроенергії дозволяє зменшити витрати на неї: для двозонних систем із нічним тарифним коефіцієнтом 0,7 – на 10%; для двозонних систем із нічним тарифним коефіцієнтом 0,5 – на 16,7%; для тризонних систем із нічним тарифним коефіцієнтом 0,4 – на 9,6%.

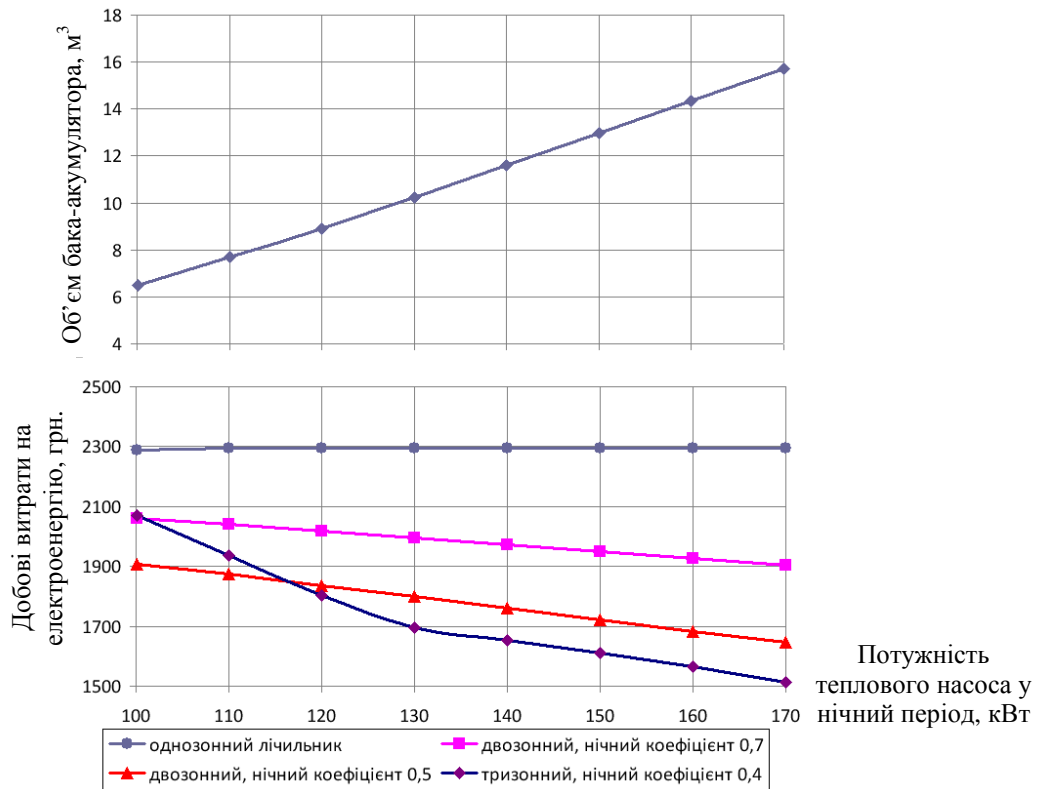


Рис. 2. Уплив потужності теплового насоса для ГВП у нічний період на об'єм бака-акумулятора та на добові витрати на електроенергію

Сумарна економія витрат на електроенергію за встановлення її зонного обліку та баків-акумуляторів теплоти системи гарячого водопостачання складає: для двозонного тарифу з нічним коефіцієнтом 0,7 – 16,9%; для двозонного тарифу з нічним коефіцієнтом 0,5 – 28,2%; для тризонного тарифу з нічним коефіцієнтом 0,4 – 33,9%.

Слід зауважити, що за умов використання додаткових пікових джерел теплоти, наприклад, електронагрівників [5], отримані економічні ефекти можуть бути дещо підвищені. Отже, акумулювання теплоти для систем ГВП може забезпечувати суттєву економію витрат на електроенергію, але потребує більших первинних витрат через збільшення встановленої потужності обладнання та масогабаритних показників усієї системи.

Для запропонованої в [3] схеми поєднання виробництва теплоти і холоду в теплий період року основною особливістю є необхідність узгодження потужностей системи ГВП, під'єднаної до конденсатора, та системи холодостачання, під'єднаної до випарника теплонасосної установки.

Обидві системи мають нерівномірний добовий графік потужності, тому для узгодженої роботи систем запропоновано використовувати баки-акумулятори. Виявлено, що більш доцільно використовувати акумулятори гарячої води, тому що вони мають набагато менший об'єм ($3,6 \text{ м}^3$), ніж водяні акумулятори холоду (24 м^3). На практиці використовують також інші варіанти акумулювання холоду [6], які характеризуються меншими масогабаритними показниками, але значні капіталовкладення в такі системи значною мірою нівелюють ефективність їх застосування.

На рис. 3 показано як впливає співвідношення потужностей ГВП та холодостачання на об'єм акумулятора гарячої води.

Із наведеного на рис. 3 графіка можна визначити межі найефективнішого використання запропонованої схеми системи теплохолодостачання будівлі. Як видно, за умов співвідношення розрахункових потужностей ГВП та холодостачання більше за 2,4 така

когенераційна система працює найбільш ефективно й акумулятор теплоти не потрібний, оскільки потужності на випарнику теплового насоса, що працює на систему ГВП, буде достатньо, аби забезпечити потреби в холоді. За співвідношення потужностей ГВП та холодопостачання нижче за 1,5...1,6 використання запропонованої схеми потребує встановлення баків-акумуляторів гарячої води значного об'єму.

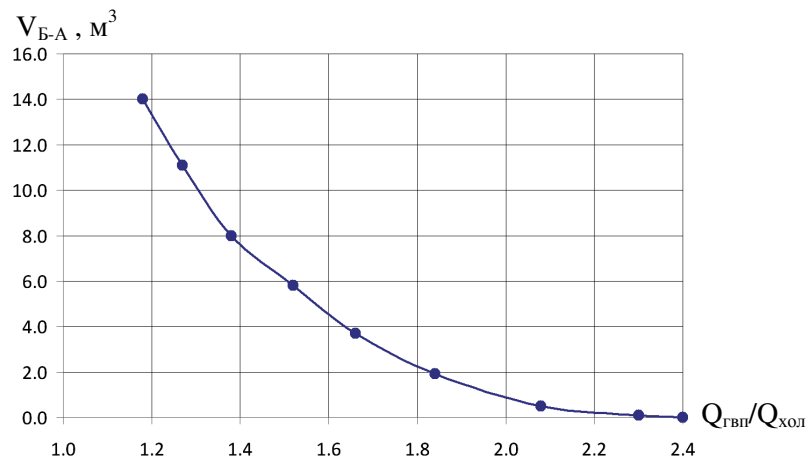


Рис. 3. Залежність необхідного об'єму бака-акумулятора гарячої води від співвідношення потужностей ГВП та холодопостачання

Отже, упровадження запропонованої енергоефективної схеми системи теплохолодопостачання буде найефективнішим для житлових будівель, лазень, санаторних і басейнових комплексів та інших об'єктів із значним споживанням гарячої води й невеликими потужностями систем холодопостачання.

Висновки

1. Перспективним напрямком скорочення споживання викопного палива в системах децентралізованого теплопостачання, на нашу думку, є використання теплонасосного обладнання, що дозволяє ефективно використовувати альтернативні джерела енергії. Значні капіталовкладення та споживання електроенергії можна компенсувати одночасним виробництвом на тому ж обладнанні теплоти та холоду. Оскільки споживання теплоти та холоду в житлових будівлях протягом доби має значну нерівномірність, такі системи потребують встановлення системи акумуляування енергії. Доведено, що більш доречно з метою заощадження в житлових будівлях встановлювати акумулятори теплоти, а не акумулятори холоду.

2. Виявлено, що сумарна економія витрат на електроенергію за умови встановлення систем зонного обліку електроенергії та систем акумуляування теплоти складає 16,9...33,9% залежно від тарифних коефіцієнтів. При чому заощадження коштів від упровадження самих зонних систем обліку складає 9,6...16,7%.

3. Виявлено закономірність впливу співвідношення потужностей гарячого водопостачання та холодопостачання на об'єм бака-акумулятора й межі доцільності використання когенераційних систем теплохолодопостачання. Вказано, що найкращі показники ефективності така система матиме для об'єктів із значним споживанням гарячої води й відносно невеликими потужностями систем холодопостачання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Амерханов Р. А. Тепловые насосы / Р. А. Амерханов. – М. : Энергоатомиздат, 2005. – 160 с.
2. Степанов Д. В. Вибір ефективного джерела теплохолодопостачання житлової будівлі / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, О. А. Гайдейчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2013. – № 1. – С. 149 – 152.

3. Степанов Д. В. Ефективна система теплохолодопостачання житлової будівлі / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, О. А. Гайдейчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2014. – № 2. – С. 151 – 154.
4. Постанова НКРЕКП про внесення змін до Порядку застосування тарифів на електроенергію. Зареєстрована 02.02.2015. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0236-15>.
5. Степанов Д. В. Суміщення теплохолодильних машин та електронагрівника в схемі джерела теплохолодопостачання. / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, А. А. Керн // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 6. – С. 49 – 53.
6. Пуховий І. І. Акумулятори холоду з використанням фазового переходу. / І. І. Пуховий, М. О. Кривошеєв // Вісник ВПІ. – 2013. – № 1. – С. 74 – 79.

Степанов Дмитро Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, тел. 598339, StepanovDV@mail.ru.

Степанова Наталія Дмитрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, тел. 598339, StepanovaND@mail.ru.

Гайдейчук Олександр Анатолійович – студент кафедри теплоенергетики.
Вінницький національний технічний університет.