

## ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 621.57

## ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

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

*Вказано, що використання теплонасосного обладнання є найбільш перспективним варіантом для теплохолодопостачання будівель, оскільки дозволяє комплексно з високою енергоефективністю вирішити проблеми виробництва теплоти та холоду для житлової будівлі. Проаналізовано фактори, що мають найбільший вплив на потужність системи гарячого водопостачання та системи холодопостачання для кондиціонування повітря в приміщеннях будівлі. Для теплового періоду року запропоновано використати відібрану теплоту в системі кондиціонування повітря як низькотемпературне джерело для випарника теплового насоса, що працює на гаряче водопостачання. Визначені межі доцільності використання такого апаратурно-схемного рішення для системи теплохолодопостачання будівлі. Проведені дослідження щодо вибору оптимального варіанту ув'язування теплових потужностей систем холодопостачання та гарячого водопостачання. Виявлено, що найбільш доцільним варіантом є встановлення водяного бака-акумулятора в системі гарячого водопостачання.*

**Ключові слова:** теплопостачання, холодопостачання, енергоефективність, тепловий насос, кондиціонування, гаряче водопостачання.

## ЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

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

*Указано, что использование теплонасосного оборудования является наиболее перспективным вариантом для теплохладоснабжения зданий, поскольку позволяет комплексно с высокой энергоэффективностью решить проблемы производства теплоты и холода для жилого здания. Проанализированы факторы, оказывающие наибольшее влияние на мощность системы горячего водоснабжения и системы холодоснабжения для кондиционирования воздуха в помещениях здания. Для теплого периода года предложено использовать отобранную теплоту в системе кондиционирования воздуха как низкотемпературный источник для испарителя теплового насоса, работающего на горячее водоснабжение. Определены границы целесообразности использования такого апаратурно-схемного решения системы теплохладоснабжения здания. Проведены исследования по выбору оптимального варианта увязки тепловых мощностей систем холодоснабжения и горячего водоснабжения. Выявлено, что наиболее целесообразным вариантом является установка водяного бака-аккумулятора в системе горячего водоснабжения.*

**Ключевые слова:** теплоснабжение, холодоснабжения, энергоэффективность, тепловой насос, кондиционирования, горячее водоснабжение.

## EFFECTIVE SYSTEM OF HEAT AND COLD SUPPLY OF RESIDENTIAL BUILDING

D. Stepanov, N. Stepanova, A. Gaydeychuk

*Indicate that the use of heat pump equipment is the most promising option for heat and cooling supply of buildings, because it allows to solve complex with high efficiency the problems of heat and cold production for residential buildings. Analyzed the factors that have the greatest impact on the capacity of the hot water system and a cooling system for air conditioning in the building. It is proposed for the warm period of the year the selected heat in the air conditioning system as the low-temperature source for the evaporator of a heat pump operating on hot water to use. The boundaries of the feasibility of using such apparatus and of the system of heat supply and cooling of the building are defined. Researches for choosing the best option of linking heat capacity of air conditioning systems and hot water supply are conducted. Revealed that the most feasible option is to install a water tank in the hot water supply system.*

**Keywords:** heating, cooling, energy efficiency, heat pump, air conditioning, hot water.

### Вступ, постановка задачі

В житлово-комунальному секторі України споживається до 40 % енергоносіїв. Основна частина їх витрачається на виробництво теплоти для систем опалення та гарячого водопостачання житлового фонду. Переважна частина теплогенерувального обладнання працює на природному газі, широке використання якого негативно впливає на енергетичну незалежність України. Впровадження систем спалювання вугілля, мазуту та біомаси в місцях з щільною забудовою є ускладненим. Використання електроопалювального обладнання ні з економічної точки зору, ні тим більше, з поглядів термодинаміки не є доцільним. Тому найбільш прогресивними на даний момент, є теплонасосні системи [1].

Одночасно, підвищуються вимоги до комфорту житлових приміщень, в теплий період року широко використовуються системи охолодження з застосуванням фреонових парокомпресійних машин в складі так званих спліт-систем кондиціонування. Така техніка вимагає великих витрат електроенергії на своє функціонування [2]. Нами запропоноване апаратурно-схемне оформлення ефективної системи теплохолодопостачання житлової будівлі (рис. 1), яка дозволяє зменшити витрати електроенергії, скоротити капіталовкладення в систему та собівартість виробництва теплоти та холоду [3].

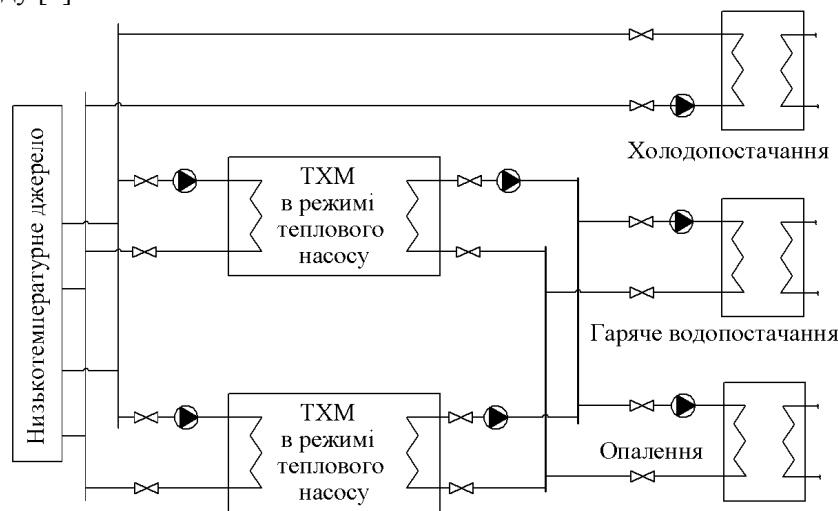


Рисунок 1 – Схема енергоефективної системи теплохолодопостачання будівлі

Важливою особливістю розробленої системи є необхідність ув'язування для теплого періоду року відпуску теплоти на гаряче водопостачання (ГВП) від конденсатора теплового насоса та холоду для кондиціонування повітря в приміщеннях від випарника теплового насоса. Тому **метою** даної роботи є аналіз факторів, що впливають на ефективність теплохолодопостачання будівлі та визначення меж доцільності використання такої системи.

### Основні дослідження

Використовуючи нормативні методики розрахунків потужності системи гарячого водопостачання [4, 5], необхідної потужності холодопостачання будівлі, інформацію щодо розподілу сонячного випромінювання в м. Вінниці для липня місяця та споживання гарячої води протягом доби, визначено графіки споживання теплоти на ГВП та холоду на кондиціонування приміщень.

Як можна побачити з рис. 2, потужність випарника теплового насоса, що працює на потреби ГВП більшу частину доби достатня для забезпечення холоду, окрім відрізка від 8 до 17 години. Нестача холоду в цей період складає біля 92 кВт·год., решта доби є надлишок холоду, який необхідно віддати в навколишнє середовище в ґрунтовому теплообміннику.

Проаналізовано вплив основних факторів на потужність системи ГВП та холодопостачання будівлі. Такими факторами для системи холодопостачання є: температура внутрішнього повітря, термічні опори огорожувальних конструкцій, відносна площа застелення, кількість людей в приміщеннях.

Аналіз результатів розрахунків показав, що найбільш впливовим фактором є температура внутрішнього повітря. Так зменшення розрахункової температури в приміщенні на 1,1 °С вимагає збільшення максимальної потужності на 7,28 %. Термічний опір стін та покриттів має набагато

менший вплив – при збільшенні опору цих огорожень на 5 % максимальна потужність по холоду зменшується всього на 0,14 %. Зміна площі застосування фасадів по різному впливає на розрахункову холодопотужність в залежності від сторін світу. При збільшенні площі застосування на 5 % потужність системи холодопостачання зростає на 0,5...2,5 %.

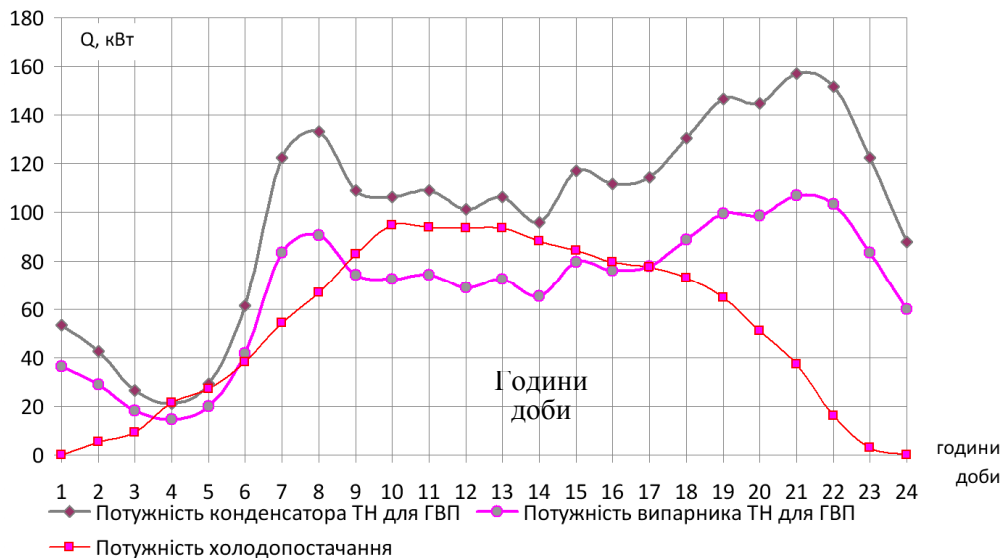


Рис. 2 – Графік виробництва теплоти для забезпечення потреб ГВП та холоду для кондиціонування повітря

Аналогічні дослідження проведені для системи гарячого водопостачання. Основними впливовими факторами є: кількість споживачів ГВП, норми витрат гарячої води на 1 мешканця. Виявлено, що вплив цих факторів однаковий: при їх збільшенні на 5% теплова потужність системи ГВП зростає на 2,87 %.

Співставлення потужностей систем ГВП та холодопостачання дозволяє зробити такі висновки:

- впровадження теплонасосних технологій вимагає обов'язкового попереднього утеплення будівлі, оскільки ці технології є капіталоємними;

- в будь-якому випадку для теплонасосних систем необхідно забезпечити можливість відбору теплоти з навколишнього середовища – переважно ґрунтові системи або відбір теплоти річкової чи ґрунтової води;

- для житлової будівлі використання запропонованої системи є доцільним, оскільки холод виробляється переважну частину теплого періоду без використання додаткового обладнання і споживання додаткової енергії.

- використання такого схемного рішення для офісних будівель не є оптимальним, оскільки така будівля характеризується значним коефіцієнтом застосування, великою кількістю людей і, відповідно, значною потужністю по холоду, а норми споживання гарячої води незначні і, відповідно, мала потужність гарячого водопостачання;

- розроблене апаратурно-схемне рішення є найбільш ефективним в системах з великим споживанням теплоти на гаряче водопостачання і дещо меншою споживаною потужністю по холоду.

Для ув'язування споживання та виробництва теплоти та холоду у інженерній практиці використовують акумулятори. В схемі [3] можна акумулювати теплоту та холод з використанням води або водного розчину етилен-гліколю. Через високу вартість останнього до розгляду прийняті водяні акумулятори.

В даній роботі проаналізовані акумулятори холоду (вода з температурою 5 °С) та акумулятори теплоти для ГВП (вода з температурою 55 °С). Розрахункова потужність системи ГВП складає 157,1 кВт, а максимальна потужність системи холодопостачання 93 кВт. Дійсний коефіцієнт перетворення визначений за паспортними даними обладнання СІАТ [6] і складає 3,13.

Ємності акумуляторів визначені виходячи із рівнянь теплового та матеріального балансів системи протягом доби, термодинамічних характеристик води.

Результати досліджень показали, що для вищенаведених початкових даних розрахунковий об'єм бака-акумулятора холоду склав  $24 \text{ м}^3$ , а об'єм бака-акумулятора гарячої води  $3,6 \text{ м}^3$ .

Значно більший об'єм бака-акумулятора холодної води пояснюється малим температурним напором акумулювання.

### Висновки

- Найбільш перспективним на даний момент, на нашу думку, є використання теплонасосних технологій для тепло- і холодопостачання будівель. Такі системи дозволяють виробляти теплоту і холод за допомогою того ж набору обладнання. При цьому може використовуватись теплота ґрунту, річкової та ґрунтової води.
- Виявлено основні фактори, що впливають на потужність системи холодопостачання та гарячого водопостачання будівлі. Встановлено, що найбільший вплив на максимальну потужність системи холодопостачання спричиняють кількість людей, що знаходяться в приміщенні та відносна площа застелення будівлі. Для системи ГВП найбільший вплив мають кількість мешканців та норма споживання гарячої води на 1 людину.
- Співставлення потужностей гарячого водопостачання та холодопостачання дозволило виявити умови доцільності використання запропонованої ефективної системи теплохолодопостачання.
- Для вирівнювання нерівномірності споживання теплоти на ГВП та холоду запропоновано використання баків-акумуляторів. Виявлено, що більш доцільним за економічними та масогабаритними показниками є встановлення водяних баків-акумуляторів в системі ГВП.

### Використана літератури

1. Белова Е. М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами / Е. М. Белова. – М. : Евроклимат, 2003. – 400 с.
2. 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.
3. 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.
4. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування / Мінрегіон України. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2013. – 141 с.
5. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація / Мінрегіон України. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2013. – 113 с.
6. Паспорт водяних чіллерів CIAT. Режим доступу: <http://eptec.no/images/Marketing/Teknisk%20datablad/DynaCiat%20LG-LGP-ILG%20NA13538B.pdf>.

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

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

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

**Степанов Д. В.** – к.т.н., доцент, доцент кафедри теплоенергетики Винницького национального технического университета.

**Степанова Н. Д.** – к.т.н., доцент, доцент кафедры теплоенергетики Винницького национального технического университета.

**Гайдейчук А. В.** – студент Винницького национального технического университета.

**Stepanov D.** – PhD., associate Professor of thermal power Vinnytsia National Technical University.

**Stepanova N.** – PhD., associate Professor of thermal power Vinnytsia National Technical University.

**Gaydeychuk A.** – student of Vinnytsia National Technical University.