

Д. В. Степанов  
Н. Д. Степанова

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

Вінницький національний технічний університет

*В роботі обґрунтовано актуальність більш широкого використання альтернативних джерел енергії – енергії біомаси, ґрунту, Сонця – для теплохолодопостачання будівель, наведено схеми комбінування традиційних та альтернативних енергоресурсів, проведено техніко-економічний аналіз та оцінку техногенного навантаження протягом життєвого циклу систем комбінування традиційних та альтернативних джерел енергії для теплохолодопостачання адміністративної будівлі. Виявлений варіант схеми із достатньо високими економічними та екологічними показниками.*

**Ключові слова:** теплохолодопостачання, техніко-економічний аналіз, техногенне навантаження, оцінка життєвого циклу, тепловий насос, геліоколектор

### Вступ

Впровадження альтернативних джерел енергії динамічно зростає в Україні та в світі завдяки підвищенню їх енергетичної і економічної ефективності та інвестиційної привабливості [1].

Зростання температурних показників в теплий період року і підвищення вимог до мікроклімату в приміщеннях викликає масове впровадження систем кондиціонування повітря з використанням штучного холоду в громадських будівлях. Традиційні системи охолодження ґрунтуються на парокомпресійних холодильних машинах із значним споживанням електроенергії. В той же час системи тепlopостачання будівель живляться від котельень на викопних непоновлюваних енергоресурсах, вартість яких неухильно і стрімко зростає.

Останнім часом для тепло- і холодопостачання широко використовуються реверсивні холодильні машини, які можуть працювати в режимі теплового насосу. Впровадження такого обладнання в поєднанні із ґрунтовими теплообмінниками, системами утилізації теплоти витяжного повітря, геліосистемами дозволить зменшити витрати викопних палив в котельнях та на ТЕС та, відповідно, техногенне навантаження на навколишнє середовище при їх спалюванні.

Автори [2] оцінюють, що капіталовкладення в теплонасосні технології в 2,5 рази вище, ніж в котельні на викопному паливі. Причому системи відбору низькотемпературної теплоти вимагають до 20% первинних витрат на створення всієї системи. З іншого боку теплонасосні технології з використанням альтернативних поновлюваних джерел енергії як джерела низькотемпературної теплоти або як пікового джерела енергії дозволяють значно зменшити витрати природного газу та шкідливі викиди в місці встановлення. Це особливо актуально в містах з щільною забудовою.

Тому питання дослідження і розробки варіантів комбінування традиційних і альтернативних джерел енергії для систем теплохолодопостачання будівель з високою енергетичною, екологічною та економічною ефективністю є актуальними.

Мета роботи – оцінювання ефективності комбінування традиційних енергоресурсів та альтернативних джерел енергії в системі теплохолодопостачання.

### Результати досліджень

Для проведення досліджень обрана будівля з такими характеристиками: розрахункова потужність опалення 104,85 кВт, вентиляції 22,67 кВт, гарячого водопостачання 19 кВт, розрахункова потреба в холоді 90 кВт.

Для вибору раціонального апаратурно-схемного рішення проведена оцінка технічних, економічних та екологічних показників базового варіанта – котельні із газовими котлами для потреб тепlopостачання та холодильної станції з парокомпресійною холодильною машиною типу “повітря-вода” – та чотирьох варіантів схем комбінування традиційних та альтернативних джерел енергії (рис. 1)[3-6]:

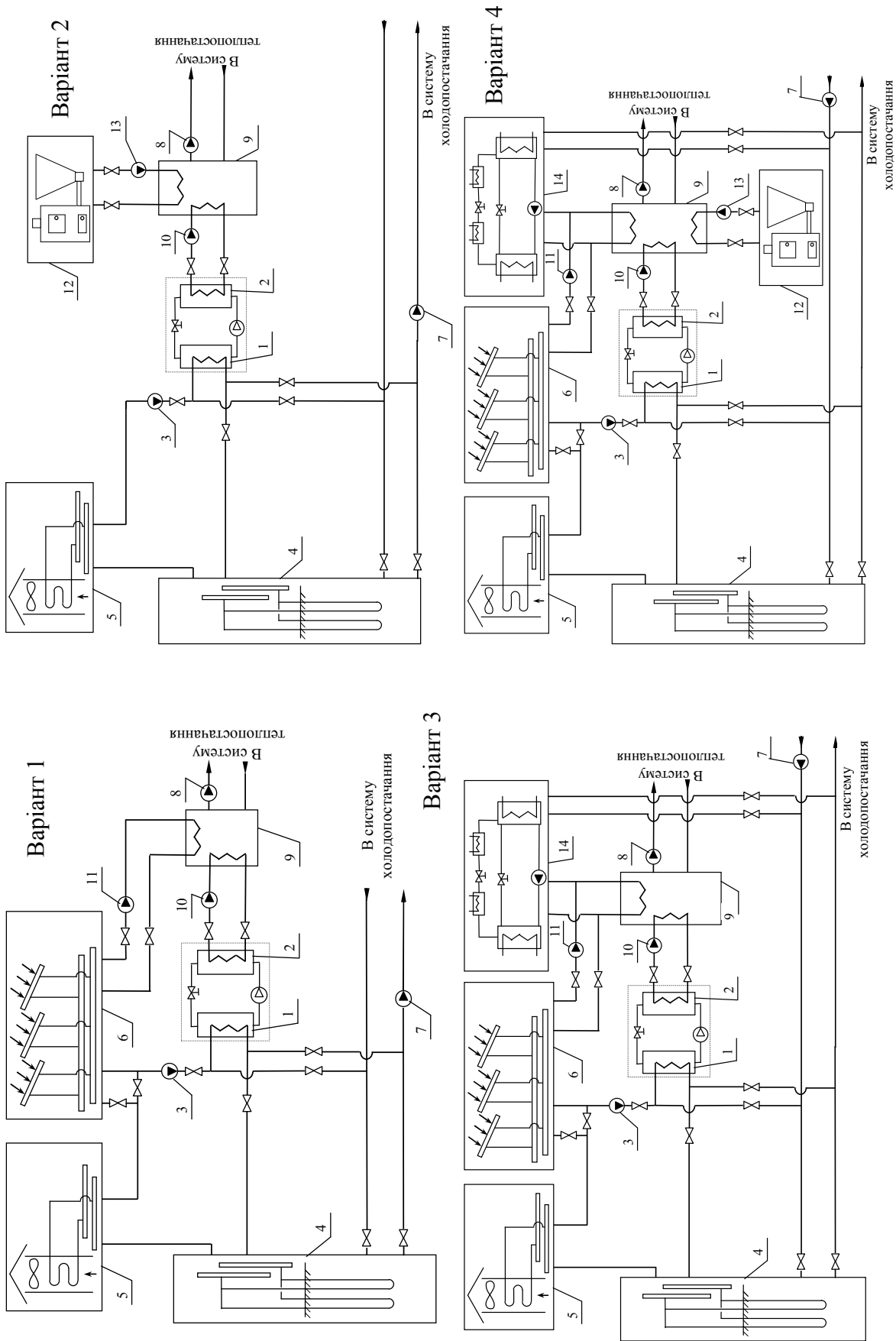


Рис. 1. Схеми комбінування традиційних та альтернативних джерел енергії для системи теплохолодопостачання: 1, 2 – випарник та конденсатор теплонасосної установки; 3, 7, 8, 10, 11, 13 – циркуляційні насоси; 4 – система відбирання низькотемпературної теплоти ґрунту; 5 – система утилізації теплоти скидного вентиляційного повітря; 6 – система сонячних колекторів; 9 – система теплових акумуляторів; 12 – котел на біомасі; 14 – абсорбційна холодильна машина

- 1) альтернативний варіант 1 [3] – джерело теплохолодопостачання, що містить тепловий насос, ґрунтовий теплообмінник, утилізатор теплоти витяжного повітря, систему сонячних колекторів та акумулятор теплоти (рис. 1а);
- 2) альтернативний варіант 2 [4] – джерело теплохолодопостачання, що містить тепловий насос, ґрунтовий теплообмінник, утилізатор теплоти витяжного повітря, котел на біомасі та акумулятор теплоти (рис. 1б);
- 3) альтернативний варіант 3 [5] – джерело теплохолодопостачання, що містить тепловий насос, ґрунтовий теплообмінник, утилізатор теплоти витяжного повітря, систему сонячних колекторів, абсорбційну холодильну машину та акумулятор теплоти (рис. 1в);
- 4) альтернативний варіант 4 [6] – джерело теплохолодопостачання, що містить тепловий насос, ґрунтовий теплообмінник, утилізатор теплоти витяжного повітря, систему сонячних колекторів, абсорбційну холодильну машину, котел на біомасі та акумулятор теплоти (рис. 1г).

Річне виробництво теплоти джерелом теплохолодопостачання складає 319 МВт·год, а холоду – 95 МВт·год. Після розробки теплових схем та вибору обладнання за рекомендаціями [7] оцінені техніко-економічні показники систем, які наведені на рис. 2.

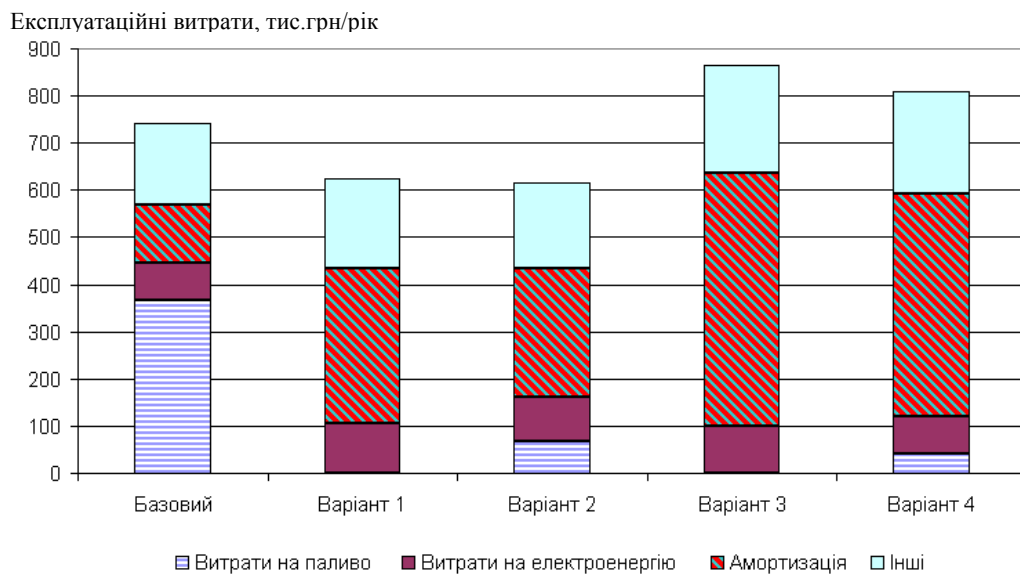


Рис. 2. Порівняння техніко-економічних показників джерел теплохолодопостачання

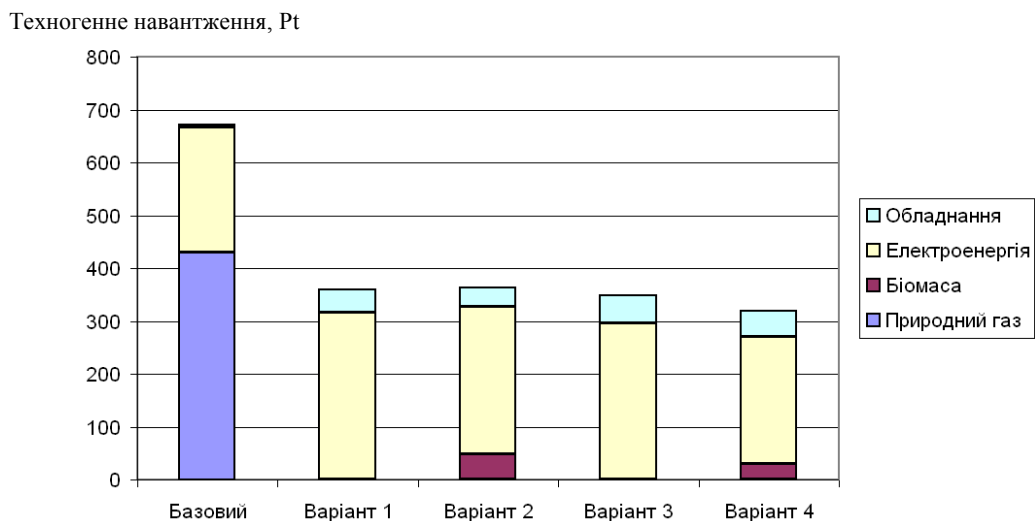


Рис. 3. Порівняння техногенного навантження джерел теплохолодопостачання

Для ґрунтового вибору ефективного варіанту побудови джерела теплохолодопостачання проведено оцінювання життєвого циклу систем з використанням програмного продукту Sima Pro [8]. (рис. 3).

Ефективність системи (рис. 3) визначається у одиницях техногенного навантаження на навколишнє середовище  $P_t$ . Дана методика дозволяє оцінювати шкідливі впливи на навколишнє середовище на етапах створення обладнання, його функціонування та утилізації [9].

Співставлення техніко-економічного показника – собівартості виробництва теплоти та холоду та екологічного показника для різних варіантів систем теплохолодопостачання показано в табл. 1.

Таблиця 1

**Співставлення результатів техніко-економічного та екологічного аналізу варіантів апаратурно-схемного рішення джерел теплохолодопостачання**

Показник	Базовий варіант	Варіант комбінування 1	Варіант комбінування 2	Варіант комбінування 3	Варіант комбінування 4
Собівартість виробництва теплоти і холоду, грн/ГДж	497,8	419,3	412,8	580,2	542,5
Техногенне навантаження протягом життєвого циклу системи, $P_t$	670,7	360,1	362,8	348,7	319,9

Аналіз даних, показаних в табл. 1, виявив, що раціональним варіантом теплохолодопостачання як з позицій техніко-економічних показників, так і з позицій екології є варіант 2. Тобто система теплохолодопостачання, що містить ґрунтові колектори, тепловий насос, утилізатор теплоти витяжного повітря, котел на біомасі і систему акумулювання теплоти, дозволить виробляти теплоту та холод з низькою собівартістю, невисоким терміном окупності капіталовкладень і відносно низьким техногенним навантаженням на навколишнє середовище протягом життєвого циклу системи.

### Висновки

- В роботі проведено техніко-економічний та екологічний аналіз чотирьох варіантів комбінування альтернативних та традиційних джерел енергії для теплохолодопостачання адміністративної будівлі.
- Виявлено, що економічну ефективність визначають в першу чергу капіталовкладення і, відповідно, амортизаційні відрахування. Основне техногенне навантаження протягом життєвого циклу систем спричиняє спалювання традиційних палив для виробництва теплоти та електроенергії.
- При порівнянні отриманих результатів встановлено, що як з економічної, так і з екологічної точки зору варіант джерела теплохолодопостачання із тепловим насосом, ґрунтовими колекторами, котлом на біомасі, утилізатором теплоти витяжного повітря є найбільш ефективним.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кудін Б. П. Обрання інноваційного шляху розвитку і енергоефективність //Тези міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві 2016». Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2016/paper/viewFile/1659/1355>.
2. Васильев Г. П. Использование нетрадиционных источников энергии в системах энергообеспечения объектов городского хозяйства. Режим доступу: [http://esco.co.ua/journal/2008\\_4/art188.htm](http://esco.co.ua/journal/2008_4/art188.htm).
3. Патент України на корисну модель № 101612, МПК<sup>7</sup> F24D11/02. Система теплохолодопостачання / Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Гайдейчук О. А. //Промислова власність. – К. : Український інститут промислової власності. – 2015, бюл. № 18, опубл. 25.09.2015 р.
4. Патент України на корисну модель № 101178, МПК<sup>7</sup> F24D11/02. Система теплохолодопостачання / Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Буянов А. О. //Промислова власність. – К. : Український інститут промислової власності. – 2015, бюл. № 16, опубл. 28.08.2015 р.
5. Патент України на корисну модель № 103307, МПК<sup>7</sup> F24D11/02. Система теплохолодопостачання / Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Ковтонюк В. О. //Промислова власність. – К. : Український інститут промислової власності. – 2015, бюл. № 23, опубл. 10.12.2015 р.

6. Патент України на корисну модель № 104011, МПК7 F24D11/02. Система теплохолодопостачання / Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Панчук М. Л. //Промислова власність. – К. : Український інститут промислової власності. – 2016, бюл. № 1, опубл. 12.01.2016 р.
7. Степанова Н. Д. Теплові мережі : навчальний посібник / Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов. – Вінниця : ВНТУ, 2009.– 135 с.
8. Система оцінки життєвого циклу виробів SimaPro. Режим доступу: <https://simapro.com/licences/analyst/>.
9. 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 Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет.

**Степанова Наталія Дмитрівна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет.

**D. Stepanov**

**N. Stepanova**

## EFFICIENCY EVALUATION OF ENERGY SOURCES FOR HEATING AND COOLING SYSTEMS

Vinnitsia National Technical University

*This work suggests the relevance of wider use of alternative energy sources – biomass, soil, Sun – heat cooling of buildings, diagrams of the combining of traditional and alternative energy conducted a feasibility analysis and estimation of technogenic load during the life cycle of the systems combining conventional and alternative sources of energy for heat and cooling of the building. Discovered a variant of the scheme with a sufficiently high economic and environmental indicators.*

**Keywords:** heat and cold supply, technic-economical analysis, human impact, life cycle assessment, heat pump, solar collector.

**Stepanov Dmitry** – candidate of technical sciences, associate professor, Department of power engineering, Vinnitsia national technical university.

**Stepanova Natalia** – candidate of technical sciences, associate professor, Department of power engineering, Vinnitsia national technical university.

**Д. В. Степанов**

**Н. Д. Степанова**

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ

Винницкий национальный технический университет

*Эта работа предполагает актуальность более широкого использования альтернативных источников энергии – биомассы, почвы, солнечного теплового охлаждения зданий, диаграмм объединения традиционной и альтернативной энергии, проведенных технико-экономического анализа и оценки техногенной нагрузки в течение жизненного цикла систем, объединяющих традиционные и альтернативные источники энергии для отопления и охлаждения здания. Получен вариант схемы с достаточно высокими экономическими и экологическими показателями.*

**Ключевые слова:** тепло- и холодоснабжение, технико-экономический анализ, воздействие человека, оценка жизненного цикла, тепловой насос, солнечный коллектор.

**Степанов Дмитрий** – кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики, Винницкий национальный технический университет.

**Степанова Наталья** – кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики, Винницкий национальный технический университет.