

Вінницький національний технічний університет

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра теплоенергетики

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Теплохолодопостачання житлової будівлі з
використанням відновлюваних джерел енергії»

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-23м
спеціальності 144 - теплоенергетика

Д'яченко П.О.

Керівник

Степанов Д.В.

« 10 »

10 2023 р.

Опонент

Христич О.В.

« 18 »

18 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТЕ

Дмитро СТЕПАНОВ

« 17 » 17 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти II (магістерський)
Галузь знань 14 – електрична інженерія
Спеціальність 144 - теплоенергетика
Освітньо-професійна програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
Дмитро СТЕПАНОВ
19.09.2024 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Д'ЯЧЕНКУ ПАВЛУ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Теплохолодопостачання житлової будівлі з використанням відновлюваних джерел енергії»

керівник роботи Степанов Д.В., к.т.н., доцент,
(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 17.09.2024 р. № 310.

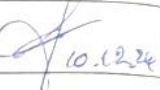
2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: опалювальна площа будинку $15\,586\text{ м}^2$; опалювальний об'єм $51\,434\text{ м}^3$; кількість поверхів – 9; розрахункова температура для опалення -21°C ; архітектурно-будівельні креслення будинку; внутрішня температура в приміщеннях в режимі опалення $17,3^\circ\text{C}$, а в режимі охолодження 24°C .

4. Зміст текстової частини: характеристика об'єкту проектування, аналітичний огляд літературної та патентної інформації; розробка математичної моделі для енергетичної сертифікації житлової будівлі; результати досліджень впливу енергоефективних заходів на показники енергоефективності та клас енергоефективності будівлі; технологія монтажу обладнання теплового пункту системи теплохолодопостачання житлового будинку; економічна частина

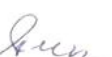
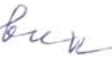
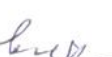
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) енергетичний сертифікат житлової будівлі; результати дослідження впливу енергоефективних заходів на показники енергоефективності та клас будівлі; схема монтажна аксонометрична; календарний план виконання монтажних робіт

6. Консультанти розділів роботи

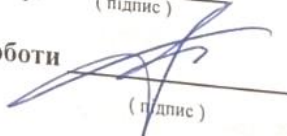
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ТЕП	Лялюк О.Г., доц. каф. БМГА		
Інші розділи	Степанов Д.В., зав.каф. ТЕ	 19.09	 10.12.24

7. Дата видачі завдання 19.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Характеристика об'єкту проектування, аналітичний огляд літературної та патентної інформації	19.09.2024 – 24.09.2024	
2	Розробка математичної моделі для енергетичної сертифікації житлової будівлі	25.09.2024 – 04.10.2024	
3	Результати дослідження впливу енергоефективних заходів на показники енергоефективності та клас енергоефективності житлової будівлі	05.10.2024 – 15.10.2024	
4	Технологія монтажу обладнання теплового пункту системи теплохолодопостачання житлової будівлі	16.10.2024 – 26.10.2024	
5	Техніко-економічні показники	27.10.2024 – 18.11.2024	
6	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	19.11.2024 – 06.12.2024	

Студент 
(підпис)

Керівник роботи 
(підпис)

Павло Д'ЯЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

Дмитро СТЕПАНОВ
(прізвище та ініціали)

Анотація

УДК 621.577

Д'яченко П.О. Теплохолодопостачання житлової будівлі з використанням відновлюваних джерел енергії. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 78 с.

Бібліогр.: 45 назв; рис.: 10; табл. 12.

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена проблемі підвищення енергоефективності системи теплохолодопостачання багатоповерхової житлової будівлі шляхом виконання енергетичної сертифікації та аналізу запропонованих заходів підвищення її енергоефективності.

В роботі проведено аналіз засобів використання відновлюваних джерел енергії для теплохолодопостачання будівель та заходи для підвищення енергоефективності будівлі. Розроблено математичну модель для енергетичної сертифікації та проведені числові дослідження впливу заходів на підвищення показників енергоефективності та клас енергоефективності будівлі. Виконано розробку технології монтажу обладнання теплового пункту системи теплохолодопостачання житлової будівлі; виконано розробку кошторису та розрахунок техніко-економічних показників роботи джерела енергії системи теплохолодопостачання житлової будівлі.

Ілюстративна частина складається з 5 аркушів.

Ключові слова: теплохолодопостачання, енергоефективність, клас енергоефективності будівлі, житлова будівля, енергетична сертифікація

Annotation

Dyachenko P.O. Heat and cold supply of a residential building with using renewable energy sources. Master's qualification work on specialty 144 - thermal power engineering, educational program - thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 78 p.

In Ukrainian language. Bibliography: 45 titles; Fig.: 10; table 12.

This master's thesis is devoted to the problem of increasing the energy efficiency of the heating and cooling system of a multi-story residential building by performing energy certification and analyzing the proposed measures to increase its energy efficiency.

The paper analyzes the means of using renewable energy sources for heating and cooling of buildings and measures to increase the building's energy efficiency. A mathematical model for energy certification was developed and numerical studies of the impact of measures on increasing energy efficiency indicators and the energy efficiency class of the building were carried out. The development of the technology for installing the equipment of the heating point of the heating and cooling system of a residential building was carried out; the development of the estimate and the calculation of the technical and economic performance indicators of the energy source of the heating and cooling supply system of the residential building have been carried out.

The illustrative part consists of 5 sheets.

Key words: heating and cooling supply, energy efficiency, building energy efficiency class, residential building, energy certification

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАЯВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	6
1.1 Характеристика об'єкту проєктування	6
1.2 Системи теплохолодопостачання будівель з використанням відновлюваних джерел енергії.....	11
1.3 Заходи для підвищення енергоефективності будівель	13
1.4 Висновки до розділу 1	16
2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ	17
2.1 Загальна характеристика моделі	17
2.2 Математичний опис моделі	18
2.3 Висновки до розділу 2	29
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ НА ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ	30
3.1 Результати енергетичної сертифікації житлової будівлі	30
3.2 Результати дослідження впливу енергоефективних заходів на показники енергоефективності будівлі та на її клас енергоефективності	35
3.3 Висновки до розділу 3	38
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОПУНКТУ СИСТЕМИ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ..	39
4.1 Аналіз об'єкту для виконання монтажу. Основні та допоміжні монтажні матеріали	39
4.2 Визначення складу і об'ємів робіт.....	47
4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань	50
4.4 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт	54
4.5 Висновки до розділу 4	57
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	59
5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання	59

5.2 Техніко-економічні показники роботи системи теплохолодопостачання будівлі	68
5.3 Висновки до розділу 5	71
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74
ДОДАТОК А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	79
ДОДАТОК Б. Технічне завдання	80
ДОДАТОК В. Ілюстративна частина	85

ВСТУП

Актуальність теми. Теплохолодопостачання житлового фонду України є одним з найбільших споживачів теплової та електричної енергії. Низькі показники енергоефективності будівель та теплових мереж вимагають пошуку шляхів енергомодернізації у комульній сфері.

Значна частина витрат природного газу – викопного вичерпного енергоресурсу використовується для покриття потреб тепло та електрозабезпечення, створення комфортних умов мікроклімату в приміщеннях.

Підвищення енергоефективності систем теплохолодопостачання житлових будівель є ключем до стійкості та надійності енергосистеми. Використання відновлюваних джерел енергії крім енергетичного ефекту має ефект покращення екології, зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище від парникових газів.

В даній роботі пропонується спочатку виконати енергетичну сертифікацію будівлі, перевірити відповідність її показників нормам щодо теплового опору, а також запропонувати та оцінити заходи для підвищення енергоефективності та екологічної ефективності цієї будівлі, в тому числі, шляхом використання енергії відновлюваних джерел енергії. Тому тема магістерської роботи є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана магістерська кваліфікаційна робота виконується у відповідності із кафедральною науково-дослідною держбюджетною роботою 82 КЗ «Теплообмін та гідродинаміка полікомпонентних, поліфазних середовищ і потоків в елементах теплобіотехнологічного устаткування; аналіз та синтез комбінованих теплоенергетичних установок, тепло- і біотехнологічних систем та устаткування», що виконується на кафедрі теплоенергетики.

Метою роботи є підвищення енергоефективності та екологічності теплохолодопостачання житлової будівлі шляхом її енергетичної сертифікації та використання відновлюваних джерел енергії.

Для досягнення вищенаведеної мети розв'язані такі **завдання**:

- аналіз об'єкту проєктування, аналітичний огляд наявної інформації щодо сучасного стану розвитку систем теплохолодопостачання житлових будівель з використанням відновлюваних джерел енергії;
- розробка математичної моделі для енергетичної сертифікації будівлі;
- дослідження впливу заходів на покращення показників енергоефективності будівлі та на її клас енергоефективності;
- розробка технології монтажу обладнання тепlopункту системи теплохолодопостачання жилової будівлі;
- розробка економічних показників джерела енергії системи теплохолодопостачання житлової будівлі.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є теплохолодопостачання житлової будівлі.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є ефективність системи теплохолодопостачання житлової будівлі.

Новизна одержаних результатів

Завдяки використанню розробленої математичної моделі визначено вплив енергоефективних заходів на показники енергоефективності житлової будівлі та на її клас енергоефективності.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Матеріал магістерської роботи був представлений та обговорений на науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ 2024 р. та МНТК «Інноваційні технології в будівництві» 2024 р.

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Результати роботи опубліковані у 2 тезах доповідей науково-технічних конференцій [1, 2].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАЯВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Характеристика об'єкту проєктування

Об'єктом енергетичної сертифікації є дев'ятиповерхова житлова будівля у м. Вінниця.

Конструктивні особливості будівлі

Зовнішні стіни – з червоної повнотілої цегли стандартних розмірів марки 100 на цементно-піщаному розчині марки 50. Товщина цегляної кладки 510 мм. Зовнішні стіни вкриті шаром теплоізоляційних пінополістирольних плит товщиною 150 мм та оздобленням фактурною штукатуркою з подальшим фарбуванням. Загальна площа стін, що контактують з зовнішнім повітрям 4622 м². Приведений опір теплопередачі становить 4,1 м²×K/Вт, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель".

Креслення фасадів будівлі наведено на рис. 1.1 та 1.2



Рисунок 1.1 – Південний та північний фасади



Рисунок 1.2 – Західний та східний фасади

План будівлі з позначеннями фасадів наведено на рис. 1.3.

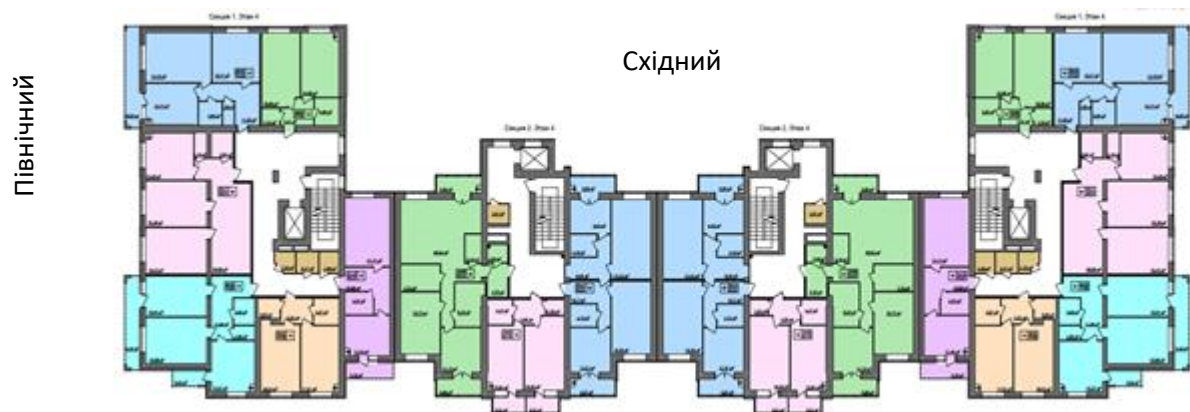


Рисунок 1.3 – План будівлі на відмітці 0.000

Загальна інформація про будівлю наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальна інформація про будівлю

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
1	Місцезнаходження		21000, Вінницька область, м. Вінниця, вулиця Монастирська, будинок 41
2	Функціональне призначення та назва		Житловий будинок з підземним паркінгом і вбудованими громадськими приміщеннями
3	Загальна площа	м ²	15586,2
4	Загальний об'єм	м ³	51434,46
5	Опалювана площа	м ²	15586,2
6	Опалюваний об'єм	м ³	51434,46
7	Кількість поверхів		9
8	Рік введення в експлуатацію	рік	-
9	Тип конструкції		важка
10	Кліматична зона		I
11	Умови експлуатації		Нормальні
12	Вітрозахист основи	-	Середньо захищений простір (передмістя)
13	Середня висота приміщення	м	3,3
14	Внутрішня теплоємність	Вт х год/(м ² х К)	80

Загальна інформація про внутрішні температурні умови в приміщеннях будівлі наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Внутрішні умови в приміщеннях будівлі

N з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
1	Графік опалення	год/тиждень	112
2	Графік охолодження	год/тиждень	112
3	Задана температура зони будівлі для опалення	°C	17,28
4	Задана температура зони будівлі для охолодження	°C	24
5	Температура чергового режиму охолодження	°C	-
6	Температура чергового режиму опалення	°C	-

Особливості системи теплопостачання, охолодження, вентиляції
та гарячого водопостачання

Система опалення

Опалення будівлі здійснюється від трьох реверсивних теплонасосних установок "грунт-вода" DYNACIAT LGP 350V, обладнання яких розташоване у тепловій пункті на поверсі паркінгу. В кондиціонованих приміщеннях встановлені внутрішні блоки (фанкойли), що забезпечують підтримання температурного режиму. Забезпечена можливість регулювання температури в приміщенні за допомогою пультів дистанційного керування. Діаметри розподільних трубопроводів 1/2" - 1". Теплоізоляція розподільних поліпропіленових трубопроводів відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013. Сезонний показ-

ник енергоефективності в режимі охолодження опалення 3,5. Середня температура в опалюваних приміщеннях 17,3°C.

Система охолодження в будівлі працює від реверсивних теплонасосних установок "грунт-вода" DYNACIAT LGP 350V, обладнання яких розташоване у приміщенні тепловпункту на території паркінгу. В приміщеннях встановлені внутрішні блоки (фанкойли), що забезпечують підтримання температурного режиму. Забезпечена можливість регулювання температури в приміщенні за допомогою пультів дистанційного керування. Діаметри розподільних поліпропіленових трубопроводів 1/2" - 2". Теплоізоляція розподільних трубопроводів відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013. Сезонний показник енергоефективності в режимі охолодження 5,0. Для відведення конденсату від внутрішніх блоків встановлені дренажні системи. Температура в житлових приміщеннях та громадських приміщеннях не вище 24°C. Вентиляція житлових приміщень природна витяжна каналами з санвузлів та кухонь, приплив свіжого повітря організований шляхом інфільтрації через прозорі огорожувальні конструкції. В громадських приміщеннях організована механічна припливно-витяжна вентиляція.

Джерело гарячої води – теплонасосна установка DYNACIAT LGP 350V та ємкісний водонагрівач з потужністю зміювика 100 кВт та об'ємом 3 м³. Температура гарячої води в будівлі – 55°C. Система розподілу виконана з поліпропіленових трубопроводів, теплова ізоляція трубопроводів відповідає діючим вимогам. Облік спожитої гарячої води проводиться за поквартирними лічильниками гарячої води та лічильниками, встановленими в громадських приміщеннях.

Для освітлення використовуються світлодіодні світильники, об'єднані в напівавтоматичну систему керування і згруповані поквартирно відповідно до потреби освітлення приміщень залежно від наявності природного освітлення.

1.2 Системи теплохолодопостачання будівель з використанням відновлюваних джерел енергії

Системи теплохолодопостачання з використанням відновлюваних джерел енергії стають все більш актуальними, оскільки вони сприяють зниженню викидів парникових газів, підвищенню енергоефективності будівель і скороченню залежності від викопного палива. Ось основні види систем теплохолодопостачання, які використовують відновлювані джерела енергії [3]

- геотермальні теплові насоси;
- атмосферні теплові насоси;
- сонячні теплові системи;
- сонячні електричні системи;
- установки використання енергії біомаси;
- вітрові установки;
- комбіновані системи.

Геотермальні теплові насоси використовують теплоту землі або підземних вод. В такому випадку є можливість влітку охолоджувати будівлю, передаючи тепло у ґрунт, а взимку нагрівати, забираючи тепло з ґрунту. Основними перевагами такого обладнання є висока енергоефективність, довговічність системи, відсутність шкідливих викидів під час експлуатації. Такі системи можуть використовуватись в приватних будинках, офісних, громадських та промислових будівлях [4].

Атмосферні теплові насоси викорисовують енергію атмосферного повітря для відбору з навколишнього середовища. Перевагою такого обладнання є необмежений доступ до низькотемпературного джерела енергії, але недолік – значні коливання температури повітря, суттєве її зниження взимку, що особливо робить тепловий насос малоефективним як раз у момент максимального споживання теплоти [5].

Сонячні теплові системи (колектори) використовуються для нагріву води або повітря, які можуть бути використані для опалення або гарячого во-

допостачання. Їх основними перевагами є безкоштовність енергії Сонця та екологічність (проста конструкція та використані матеріали). Ключовими недоліками є суттєва залежність від погодних умов, складність акумулювання теплоти. Такі системи використовують для об'єктів з значним споживанням гарячої води, наприклад, лікарні, готелі тощо [6].

Системи з використанням біомаси ґрунтуються на спалюванні органічних матеріалів (деревини, гранул, біогазу, органічних відходів рослинництва) для отримання теплової і навіть електричної енергії. Основними перевагами таких систем є достатня доступність біомаси в нашому регіоні, замкнений вуглецевий цикл, тобто біомаса є CO_2 збалансованим паливом, адже вся вуглекислота, що генерується при спалюванні, потім споживається рослинами під час зростання. Суттєвими недоліками впровадження такого обладнання є утворення зольних частинок, сажі, диму, що потребує серйозного очищення в місцях щільної міської забудови. Таке обладнання може ефективно застосовуватись для віддалених приватних чи громадських будівель, промислових об'єктів тощо [7].

Вітрові установки дозволяють генерувати механічну або електричну енергію. Така енергія може або безпосередньо використовуватись в будівлі на потреби освітлення, функціонування електроприладів тощо, або може бути використана для приводу теплових насосів. Перевагою такого відновлюваного джерела енергії є його екологічність. Натомість недоліком є нестабільність і невисока інтенсивність вітру в нашому регіоні, а також висока початкова вартість обладнання [8].

Комбінування різних джерел відновлюваної енергії та використання акумуляції енергії дозволяє значно підвищити енергоефективність процесів вироблення енергії. Перевагами комбінованих систем є більша гнучкість, диверсифікація отримання енергії, підвищена надійність та стійкість системи [9].

Використання відновлюваних джерел енергії для теплохолодопостачання дозволяє зменшити витрати на вироблення енергії в довгостроковій перспективі, мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище,

підвищити автономність будівель. Але ефективне впровадження систем з використанням відновлюваних джерел енергії вимагає ретельного аналізу умов, включаючи клімат, доступність енергоресурсів і фінансові можливості.

1.3 Заходи для підвищення енергоефективності будівель

Проблема термомодернізації наявного житлового фонду та впровадження заходів для підвищення енергоефективності будівель на етапі проектування виходить на одне з перших місць в зв'язку з складною ситуацією в енергетиці, на ринку природного газу і низькою енергоефективністю в житлово-комунальному секторі.

Згідно державної програми підтримки термомодернізації будівель до 2030 року [10] понад 80% будівель збудовані до 1991 року, їх середній питомий показник енергоспоживання становить близько 163 кВт·год/м², що вдвічі вище показників європейських країн. Енергоспоживання житлових будівель сягає 31,7% загального споживання енергії.

Проблеми термомодернізації будівель пропонується розв'язати шляхом виконання таких завдань [10]: стимулювання громадян до підвищення енергоефективності будинків шляхом відшкодування частини кредиту на здійснення заходів; надання підтримки на будівництво будинків з нульовим рівнем енергоспоживання; стимулювання до встановлення теплових насосів; впровадження систем енергоменеджменту; забезпечення здійснення сертифікації енергетичної ефективності; впровадження заходів з використанням відновлюваних джерел енергії; стимулювання громадян до впровадження систем вентиляції з рекуперацією теплоти; сприяння розвитку виробництва енергоефективного обладнання.

Для оцінювання енергоефективності будівель згідно Закону України «Про енергоефективність будівель» [11] використовується енергетична сертифікація, яка включає перевірку відповідності таких показників:

– приведених термічних опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій вимогам ДБН [12]:

– питомого енергоспоживання будівлі на опалення та охолодження «Мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель» [13].

Основні вимоги до проведення оцінювання енергоефективності будівель наведені в [14-17].

Крім питомого енергоспоживання і відповідного класу енергоефективності будівлі важливими є показники питомого споживання первинної енергії і питомих викидів парникових газів, оскільки відбувається вичерпання природних ресурсів та значне навантаження на навколишнє середовище в процесі спалювання викопного палива

Клас енергоефективності будівлі визначається відповідно до відсоткової різниці між загальним показником питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні EP_{use} та граничним значенням питомого енергоспоживання EP_p [13]

$$\Delta_{EP} = [(EP_{use} - EP_p) / EP_p] \cdot 100\%. \quad (1.1)$$

Як відомо, для нового будівництва мінімальною вимогою щодо енергетичної ефективності будівлі є клас «С», що відповідає виразу $-20 \leq \Delta_{EP} \leq 0$.

Крім того, приведені опори теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі повинні відповідати вимогам ДБН [12].

Для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання багатопверхових житлових будівель останнім часом широко використовуються децентралізовані системи на основі газових котлів з закритою камерою згорання, що розміщуються в опалювальних приміщеннях. Сезонний коефіцієнт ефективності такого обладнання на перевищує 77% [15].

В Україні відбувається систематичне підвищення вимог щодо приведених опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі. З 2016 до 2021 року нормативний приведений опір теплопередачі стін збільшився на 21%, а суміщених покриттів на 16,6%.

Україна має розгалужену систему газопостачання з власними свердловинами і підземними газосховищами, що дає можливість безперебійного забезпечення житлового фонду природним газом. З іншого боку, поступове вичерпання цього ресурсу і значні викиди парникових газів вимагають підвищення енергоефективності газового опалювального обладнання. Авторами [5] виявлено, що конденсаційні газові котли із сезонним коефіцієнтом ефективності 95% на даний момент мають кращі показники оцінки життєвого життєвого циклу, ніж, наприклад, теплові насоси.

Ефективним заходом збереження енергії в будівлі є використання рекуперації теплоти витяжного повітря. Авторами [18] вказано, що суттєвий вплив на рекуперацію теплоти вентиляції в житлових приміщеннях має вологість повітря. Крім того, застосування таких рекуператорів теплоти пов'язано із ускладненням організації руху повітря в житлових приміщеннях.

Високий рівень енергоефективності будівлі може бути досягнений шляхом використання теплонасосного обладнання як джерела теплоти, але для широкого впровадження такого устаткування потрібні суттєві інвестиції та державна підтримка.

Теплові насоси з ґрунтовими теплообмінниками мають недоліки, що обмежують їх використання для теплопостачання багатоквартирних житлових будинків. Це значна територія для розміщення зондів [19], вплив характеристик ґрунту на теплообмін, зміна термомеханічної структури ґрунту.

Авторами розглянуті два варіанти теплонасосного обладнання з використанням теплоти атмосферного повітря, а саме теплові насоси «повітря-вода» та «повітря-повітря». Ефективність таких систем суттєво залежить від клімату, інвестицій, співвідношення цін на паливо і електроенергію та якості регулювання [20 - 22].

Теплові насоси «повітря-вода» з температурним графіком теплоносія 55/45°C мають нижче значення сезонної ефективності (2,6), ніж повітряні теплові насоси (3,0), проте можуть використовуватись для підготовки гарячої води в будівлі.

1.4 Висновки до розділу 1

В даному розділі магістерської роботи виконано аналіз об'єкту проектування МКР – дев'ятиповерхової житлової будівлі. Проаналізовано інформацію щодо приведених термічних опорів її прозорих та непрозорих огорожувальних конструкцій проаналізовано обладнання систем вентиляції, опалення, охолодження та гарячого водопостачання. Виявлено, що для оцінки показників енергоефективності такої будівлі необхідно провести її енергеичну сертифікацію.

Проаналізована інформація щодо сучасного стану ефективності впровадження відновлюваних джерел енергії для теплохолодопостачання будівель, в тому числі, житлових. Виконана загальна характеристика доступних заходів для підвищення енергоефективності житлової будівлі і їх вплив на інвестиційні та експлуатаційні особливості впровадження такого обладнання.

Аналіз об'єкту проектування та наявної інформації дозволяє сформулювати наступні задачі дослідження:

- розроблення математичної моделі для проведення енергетичної сертифікації житлової будівлі;
- дослідження впливу заходів на покращення показників енергоефективності будівлі та на її клас енергоефективності;
- розробка технології монтажу обладнання тепlopункту системи теплохолодопостачання жилової будівлі;
- розробка економічних показників джерела енергії системи теплохолодопостачання житлової будівлі.

2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

2.1 Загальна характеристика моделі

Розроблена модель для енергетичної сертифікації житлової будівлі є нелінійною, вона складається з 123 лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь. Параметри моделювання для даної моделі є детермінованими, дискретними і кількісними. Дана модель є структурною, за використаними рівняннями статичною та одновимірною. Характер моделі дескриптивний (описовий), вона може бути розв'язана алгебраїчним аналітичним способом [23 - 25].

Розроблена математична модель енергетичної сертифікації житлової будівлі реалізована в середовищі Microsoft Excel.

В основі математичного опису цієї моделі лежать рівняння, наведені в [15, 16], а саме вираз основного рівняння теплопередачі, теплові баланси тепло через огорожувальні конструкції, залежності для розрахунку приведених термічних опорів прозорих та непрозорих огорожень, рівняння для розрахунку інтенсивності сонячного випромінювального теплообміну, вирази для визначення затінення тощо.

Початковими даними для проведення моделювання є:

- температурні режимні показники роботи приміщень будівлі для опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання;
- значення щодо величини кратності повітрообміну в окремих приміщеннях будівлі та норми витрати повітря на одну людину і один метр квадратний будівлі, особливості функціонування систем вентиляції, попереднього нагрівання та охолодження приміщень;
- конструктивні характеристики будівлі, а саме кількість поверховість,
- геометричні розміри досліджуваної будівлі та окремих її частин;
- тощо.

Кінцевими результатами, що можуть бути отримані під час моделювання є :

- розрахункова енергопотреба житлової будівлі для опалення, охолодження, гарячого водопостачання;
- енергоспоживання багатоповерхової житлової будівлі на опалення, охолодження, освітлення, вентиляцію та гаряче водопостачання;
- клас будівлі за енергоефективністю;
- питома витрата первинної енергії;
- питома маса викидів парникових газів.

Під час складання моделі для енергетичної сертифікації житлової будівлі були прийняті такі допущення та спрощення [25]:

- не береться до уваги різна температура для деяких категоріях приміщень;
- до розрахунку береться осереднена кратність повітрообміну по всій будівлі;
- тощо.

2.2 Математичний опис моделі

Математичний опис моделі складається з загальновідомих рівнянь, що наведені в [12 - 16], а її особливістю є врахування конструктивних та режимних характеристик даної дев'ятиповерхової житлової будівлі та відповідного складу обладнання систем опалення, освітлення, охолодження, гарячого водопостачання та вентиляції.

Енергоспоживання при охолодженні / опаленні

$$Q_{C \text{ use}} = Q_{C \text{ gen out}} + Q_{C \text{ gen ls}} \cdot \quad (2.1)$$

Загальні втрати теплоти підсистемами виробництва/генерування та

акумулювання при охолодженні/опаленні

$$Q_{C \text{ gen ls}} = Q_{C \text{ gen out}} \cdot (1 - \eta_{C \text{ gen}}) / \eta_{C \text{ gen}} , \quad (2.2)$$

де $\eta_{C \text{ gen}}$ – коефіцієнт ефективності підсистеми виробництва/генерування та акумулювання енергії.

Енергія, що супроводжує вихід з підсистеми виробництва та акумулювання при охолодженні/опаленні

$$Q_{C \text{ gen out}} = Q_{C \text{ dis in}} / \eta_{C \text{ ac}} , \quad (2.3)$$

де $\eta_{C \text{ ac}}$ – ефективність автоматизованого керування/регулювання системи.

Енергія, що супроводжує вхід для підсистеми розподілення в системі охолодження/опалення

$$Q_{C \text{ dis in}} = \Sigma Q_{C \text{ dis out}} / 1000 + Q_{C \text{ dis ls}} . \quad (2.4)$$

Додаткова енергія, що витрачена на роботу підсистем розподілення енергії з використанням нерегульованого нагнітача система охолодження/опалення

$$W_{C \text{ dis aux an}} = (1,44 \cdot A_f - 35) \cdot t_{\text{op}} / 5000 \quad (2.5)$$

Теплові втрати в підсистемах розподілення енергії систем охолодження/опалення

$$Q_{C \text{ dis ls}} = Q_{C \text{ nd}} \cdot \left((1 - \eta_{C \text{ ce}}) + (1 - \eta_{C \text{ ce sens}}) + (1 - \eta_{C \text{ d}}) \right) ,$$

$$Q_{H\ dis\ ls} = \sum \psi_{L,i} (\vartheta_m - \vartheta_i) \cdot L_j \cdot t_{op\ an\ i} , \quad (2.6)$$

де $\eta_{C\ ce}$ – ступінь утилізації теплоти при охолодженні;

$\eta_{C\ ce\ sens}$ – ступінь явної утилізації теплоти при охолодженні;

$\eta_{C\ d}$ – ступінь утилізації підсистеми розподілення;

$\sum \psi_{L,i}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі;

ϑ_m, ϑ_i – середня температура теплоносія та повітря;

L_j – довжина трубопроводу системи опалення.

Утилізаційні втрати в системі охолодження не враховують через малий перепад температур з повітрям в приміщенні, а для опалення враховують з поправкою.

Додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі охолодження/опалення включає електроенергію для вентиляторів фанкойлів, циркуляційних насосів тощо

$$W_{C\ em\ aux} = f_{C\ em\ aux} \cdot Q_{C\ nd} \cdot t_{C\ op} / 1000 \quad (2.9)$$

де $f_{C\ em\ aux}$ – відносна енергопотреба вторинних вентиляторів системи охолодження або циркуляційних насосів;

$t_{C\ op}$ – тривалість часу на охолодження / опалення.

Енергопотреба для охолодження/опалення будівлі

$$Q_{C,nd} = Q_{c,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht} , \quad (2.10)$$

Коефіцієнт ефективності використання втрат енергії для охолодження/опалення будівлі

$$\eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}}, \quad (2.11)$$

Безрозмірний числовий параметр, що враховує конструкцію будівлі

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}}, \quad (2.12)$$

де $a_{C,0}$ – табличний безрозмірний числовий параметр житлової будівлі;

$\tau_{C,0}$ – довідкова часова константа житлової будівлі;

Часова константа для даної житлової будівлі

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}, \quad (2.13)$$

де $H_{ve,extra,adj} = 0$ – коефіцієнт теплової передачі додаткової вентиляції (в разі наявності).

Внутрішня теплоємність даної житлової будівлі

$$C_m = C \cdot A_f, \quad (2.14)$$

Загальні теплові надходження житлової будівлі для режиму охолодження/опалення

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}, \quad (2.15)$$

Загальні сонячні теплонадходження в житлову будівлю

$$Q_{\text{sol}} = \left(\sum_k \Phi_{\text{sol,mn,k}} \right) \cdot t, \quad (2.16)$$

Теплонадходження від Сонця через даний елемент огороження житлової будівлі

$$\Phi_{\text{sol,k}} = F_{\text{sh,ob,k}} \cdot A_{\text{sol,k}} \cdot I_{\text{sol,k}} - F_{\text{r,k}} \cdot \Phi_{\text{r,k}}, \quad (2.17)$$

де $F_{\text{sh,ob,k}}$ – знижуючий коефіцієнт для затінення будівлі перешкодами для даної житлової будівлі площі інсоляції поверхні;

$I_{\text{sol,k}}$ – сонячна радіація, що визначена для енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхні житлової будівлі за середніх умов хмарності, Вт/м²;

$F_{\text{r,k}}$ – коефіцієнт, що враховує взаємний вплив між елементом житлової будівлі та небосхилом для незатіненої вертикальної стіни житлової будівлі.

Еквівалентна площа інсоляції зашкленних елементів даної житлової будівлі (вікна або двері)

$$A_{\text{sol}} = F_{\text{sh,gl}} \cdot g_{\text{gl}} \cdot (1 - F_{\text{F}}) \cdot A_{\text{w,p}}, \quad (2.18)$$

де $F_{\text{sh,gl}}$ – знижувальний коефіцієнт при затіненні за відсутності засобів рухомого затінення вікон житлової будівлі;

F_{F} – частка площі обрамлення світлопрозорого огороження житлової будівлі;

$A_{\text{w,p}}$ – загальна площа зашкленого елемента житлової будівлі, м²;

Загальний коефіцієнт пропускання наявної падаючої сонячної енергії для умов світлопрозорої частини елемента даної будівлі

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n, \quad (2.19)$$

де F_w – уточнювальний коефіцієнт для нерозсіяного скління прийнятого для даної будівлі;

g_n – коефіцієнт загального пропускання падаючої сонячної енергії для випадку нормального кута падіння для варіанту потрійного скління (задані умови).

Еквівалентна площа інсоляції для непрозорих елементів житлової будівлі

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (2.20)$$

де $\alpha_{s,c}$ – коефіцієнт, що обирається для умов поглинання сонячної радіації непрозорою частиною житлової будівлі.

Додатковий потік теплоти за рахунок випромінювання від огороження будівлі в атмосферу Землі

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (2.21)$$

де R_{se} – поверхневий тепловий опір теплообміну непрозорої частини будівлі;

U_c – загальний коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини даного огороження житлової будівлі, Вт/(м²·К);

A_c – площа елемента непрозорого огороження житлової будівлі в залежності від її орієнтації за сторонами світу, м²

$\Delta\theta_{er}$ – температурна різниця між зовнішнім повітря та умовною температурою атмосфери.

Розрахунковий коефіцієнт теплопередачі шляхом випромінювання

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3, \quad (2.22)$$

де ε – безрозмірний коефіцієнт випромінювання для стін наприклад, $\varepsilon = 0,94$ – для вікон та дверей;

σ – стала Стефана–Больцмана;

θ_{ss} – осереднена поверхнева температура та умовна температура атмосфери.

Тоді внутрішні теплонадходження в житловій будівлі

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_f \right) \cdot t, \quad (2.23)$$

де A_f – розрахункова площа житлової будівлі, що кондиціонується/опалюється;

t – тривалість розрахункового місяця охолодження/опалення, год.

Внутрішні теплонадходження в будівлю

Середній внутрішній тепловий потік теплонадходжень

$$\sum \Phi_{int,mn,k} = \Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,L} + \Phi_{int,A}, \quad (2.24)$$

де $\Phi_{int,Oc}$ – потік теплових надходжень від людей;

$\Phi_{int,L}$ – тепловий потік теплонадходжень від освітлення;

$\Phi_{int,A}$ – тепловий потік теплонадходжень від обладнання.

Сумарна теплопередача в житловій будівлі

$$Q_{C,ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, \quad (2.25)$$

Сумарна теплопередача системи вентиляції будівлі для режиму охолодження/опалення

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) \cdot t + \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^{24} f_{ve,extra,j,k} \cdot H_{ve,extra,j,k} \cdot (\theta_{int,set,C,z} - \theta_{e,j}) \right), \quad (2.26)$$

Загальний розрахунковий коефіцієнт теплопередачі шляхом вентиляції

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot (\sum b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn}), \quad (2.27)$$

де $\rho_a \cdot c_a$ – величина теплоємності повітря, віднесений до одиниці об'єму;

$q_{ve,k,mn}$ – середня витрата вентилязованого повітря;

$b_{ve,k}$ – температурний поправковий коефіцієнт для вентиляції.

Сумарна теплопередача шляхом трансмісії в режимі охолодження/опалення для кожного розрахункового місяця року

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_C) \cdot t, \quad (2.28)$$

де $\theta_{int,set,C}$ – середня температура зони будівлі для умов охолодження/опалення;

θ_C – середньомісячна температура зовнішнього повітря для режиму охолодження/опалення, °C;

t – тривалість розрахункового місяця для охолодження/опалення, год;

Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією для охолодження/опалення

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (2.29)$$

Стаціонарний узагальнений коефіцієнт передачі теплоти для охолодження/опалення трансмісією до ґрунту через підлогу

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \psi_g, \quad (2.30)$$

де ψ_g – орієнтовний лінійний коефіцієнт теплопередачі через теплопровідне включення вузла сполучення підлоги на ґрунті із зовнішньою стіною житлової будівлі.

Еквівалентна товщина підлоги на ґрунті для даної житлової будівлі

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (2.31)$$

де w – загальна товщина шарів зовнішніх стін житлової будівлі;

λ – теплопровідність ґрунту в районі будівництва;

R_f – термічний опір підлоги на ґрунті згідно проектних даних

R_{se} – зовнішній тепловий поверхневий опір стіни;

Якщо $d_t < B'$, то коефіцієнт теплопередачі від підлоги житлової будівлі до ґрунтів

$$U = \frac{2\lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right), \quad (2.32)$$

Характерний еквівалентний розмір підлоги на ґрунті житлової будівлі

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}, \quad (2.33)$$

де A – площа підлоги житлової будівлі;

P – периметр підлоги будівлі.

Приведений коефіцієнт теплопередачі елемента огороження будівлі

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{ex}}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{int}}}} + \Delta U_{\text{tb}} \quad (2.34)$$

де α_{ex} , α_{int} – коефіцієнти інтенсивності теплопередачі на зовнішній та внутрішній поверхні огороження житлової будівлі, м^2 ;

δ , λ – товщини та коефіцієнти теплопровідності елементів огорожувальної оболонки будівлі, м , $\text{Вт/м}\cdot\text{К}$

ΔU_{tb} – уточнювальний коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта теплової передачі огороження, враховується для існуючих будівель.

Взагалі значення коефіцієнту теплопередачі трансмісією H_x , що відображається окремо для стін, ґрунту та прозорих огорожень H_D , H_g , H_U або H_A , визначається для кожного з трьох доданків за виразом

$$H_x = b_{\text{tr},x} \sum A_i \cdot U_i, \quad (2.35)$$

де A_i – площа даного елемента огороження житлової будівлі, м^2 ;

U_i – приведений розрахунковий коефіцієнт теплопередачі даного елемента огороження будівлі, $\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$ визначений відповідно до вимог [27]

$b_{\text{tr},x} = 1$ – поправковий коефіцієнт для всіх випадків розрахунків.

Енергоспоживання вентиляторів системи вентиляції визначається

$$Q_{V \text{ use}} = P_{Lh} \cdot t_{Vh} + P_{LC} \cdot t_{VC}, \quad (2.36)$$

де P_{Lh} , P_{LC} – електрична потужність вентиляторів для періоду опалення/охолодження, кВт .

Ці величини визначається

$$P_{Lh} = q_{veh} \cdot SFP/3600, \quad (2.37)$$

де SFP – питома потужність вентиляторів механічної вентиляції.

Енергопотреба гарячого водопостачання

$$Q_{DHW} = q_{DHW} \cdot A_f, \quad (2.38)$$

де q_{DHW} – питома витрата теплоти на підготовку гарячої води.

Тепловтрати в підсистемі підготовки гарячої води

$$Q_{Hdisls} = \sum \psi_{W,i} (\vartheta_W - \vartheta_{amb}) \cdot L_W t_{Wi}. \quad (2.39)$$

Енергоспоживання освітлення

$$Q_{WL} = (P_n \cdot F_C) \cdot [(t_D \cdot F_o \cdot F_D) + (t_N \cdot F_o)] \cdot A_f / 1000, \quad (2.40)$$

де P_N – питома потужність встановленого штучного освітлення;

F_C , F_o , F_D – постійні коефіцієнти яскравості освітлення, коефіцієнт використання освітлення, коефіцієнт природного освітлення.

Витрата первинної енергії

$$E_p = E_{del} \cdot f_{pdel}, \quad (2.41)$$

де E_{del} – поставлена енергія в будівлю, кВт·год;

f_{pdel} – фактор первинної енергії, що використана.

Маса викидів парникових газів для забезпечення будівлі

$$m_{\text{CO}_2} = E_{\text{del}} \cdot K_{\text{del}}, \quad (2.42)$$

Отже, математичний опис даної моделі для дев'ятиповерхової житлової будівлі складається з наведених в [22] залежностей. В результатів моделювання визначаються показники питомого енергоспоживання для опалення і охолодження та порівнюється результат розрахунку з мінімальними вимогами до будівель такого типу. Процент відхилення від мінімальних вимог дозволя оцінити клас енергоефективності даної будівлі.

Крім того визначаються питомі витрати первинної енергії та питомі викиди парникових газів для даної будівлі.

2.3 Висновки до розділу 2

В цьому розділі наведена загальна характеристика математичної моделі для енергетичної сертифікації житлової.

Охарактеризовано початкові дані та кінцеві результати моделювання, проаналізовані можливі допущення та спрощення.

Представлена математична модель дозволяє виконувати енергетичну сертифікацію житлової будівлі та числові дослідження для визначення впливу різних енергоефективних заходів та показники енергоефективності житлової будівлі та на її клас за енергоефективністю.

З РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ НА ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ

З використанням розробленої вище математичної моделі проведена енергетична сертифікація багатоповерхової житлової будівлі і виконано дослідження впливу різних заходів на показники енергоефективності будівлі та на клас її енергоефективності.

3.1 Результати енергетичної сертифікації житлової будівлі

На рис. 3.1 представлений енергетичний сертифікат багатоповерхової житлової будівлі.

Далі розміщені отримані під час сертифікації результати щодо характеристик будівлі, показників її відповідності нормативним вимогам, розподілу енергоспоживання різними системами забезпечення даної будівлі.

Форма представлення енергетичного сертифікату відповідає вимогам, що наведені в нормативних документах «Методика визначення енергетичної ефективності будівель», «Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності» та ряду інших нормативів та стандартів, що регулюють процес енергетичної сертифікації.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ															
Адреса (місцезнаходження) будівлі:	21000, Вінницька область, м. Вінниця, вулиця Монастирська, будинок 41														
Ідентифікатор об'єкта будівництва:	-														
Відомості про об'єкт сертифікації	нове будівництво														
Функціональне призначення та назва будівлі:	Житловий будинок з підземним паркінгом і вбудованими громадськими приміщеннями														
Відомості про конструкцію будівлі															
Загальна площа, (м²):	15586,2														
Загальний об'єм, (м³):	51434,5														
Опалювана площа, (м²):	15586,2														
Опалюваний об'єм, (м³):	51434,5														
Кількість поверхів:	9														
Рік прийняття в експлуатацію:	-														
Кількість під'їздів або входів:	11														
															
Шкала класів енергоефективності	Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання														
<table border="1"> <tr><td>A</td><td><42,5</td></tr> <tr><td>B</td><td><68</td></tr> <tr><td>C</td><td>≤85</td></tr> <tr><td>D</td><td>≤102</td></tr> <tr><td>E</td><td>≤114,8</td></tr> <tr><td>F</td><td>≤127,5</td></tr> <tr><td>G</td><td>>127,5</td></tr> </table>	A	<42,5	B	<68	C	≤85	D	≤102	E	≤114,8	F	≤127,5	G	>127,5	35,3 A
A	<42,5														
B	<68														
C	≤85														
D	≤102														
E	≤114,8														
F	≤127,5														
G	>127,5														
Питоме споживання первинної енергії:	150														
															
Питомі викиди парникових газів:	25,2														
															
Дані енергоаудитора:	Номер та дата реєстрації:														
Д'яченко Павло Олександрович	ES01:6725-5249-4019-5415														

Рисунок 3.1 – Форма енергетичного сертифікату багатоповерхової житлової будівлі

Визначальні величини приведених термічних опорів теплопередачі прозорих та непрозорих неоднорідних огорожувальних конструкцій, визначені згідно вимог ДСТУ, наведені на рис. 3.2.

I. Характеристики огорожувальних конструкцій будівлі			
Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, ($\text{m}^2 \times \text{K}/\text{Вт}$)		Площа А, (m^2)
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальними вимогами до енергетичної ефективності	
Зовнішні стіни	4,1	4	4622,2
Суміщені покриття			
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	6,7	6,0	1732
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами			
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,9	0,9	2737,3
Зовнішні двері	0,71	0,7	31,2

Рисунок 3.2 – Значення приведенного опору огорожувальних конструкцій будівлі та мінімальні вимоги згідно ДБН

Як видно з рис. 3.2 величини приведених опорів огорожувальних конструкцій даної житлової будівлі відповідають мінімальним вимогам нормативу ДБН 2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність».

Визначено також ключові показники енергоефективності багатоповерхової житлової будівлі. На рис. 3.3 показано відповідні результати розрахунку енергопотреб та енергоспоживання окремих систем створення мікроклімату та комфорту в приміщенні.

II. Показники енергетичної ефективності та фактичного енергоспоживання будівлі		
Показники енергетичної ефективності будівлі		
Назва показника енергетичної ефективності будівлі	Значення показника енергетичної ефективності будівлі	
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальні вимоги
Питома енергопотреба (кВт·год/м ² або [кВт·год/м ²])	30,2	Не встановлено
Питоме енергоспоживання (кВт·год/м ² або [кВт·год/м ²])	35,3	85
Питоме споживання первинної енергії (кВт·год/м ² або [кВт·год/м ²])	150,0	Не встановлено
Питомі викиди парникових газів (кг/м ²)	25,2	Не встановлено

Рисунок 3.3 – Розрахункові показники енергоефективності багатоповерхової житлової будівлі

Як видно з рис. 3.3, питома енергопотреба будівлі 30,2 кВт·год/м², що є задовільним значенням, хоча вона і не нормується.

Проте питоме енергоспоживання на опалення та охолодження складає всього 35,3 кВт·год/м², хоча мінімальне значення для забезпечення дозволу на будівництво складає 85 кВт·год/м². Таким чином забезпечена висока енергоефективність даної будівлі і, відповідно, клас «А» для даної будівлі.

Розподіл величин річного та питомого енергоспоживання окремих систем опалення, охолодження, вентиляції, та гарячого водопостачання показані на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Річні показники енергоспоживання та величина питомого енергоспоживання окремих систем багатоповерхової житлової будівлі

Як видно з рис. 3.4, найбільша складова енергоспоживання припадає на систему опалення 35,2 кВт·год/м². На другому місці по енергоспоживанню знаходиться системи освітлення 12,6 кВт·год/м², на третьому система гарячого водопостачання 6,6 кВт·год/м².

Річне сумарне розрахункове енергоспоживання даної будівлі складає 935,2 тис. кВт·год.

3.2 Результати дослідження впливу енергоефективних заходів на показники енергоефективності будівлі та на її клас енергоефективності

Для виявлення впливу різних факторів на клас енергетичної ефективності будівлі та її екологічність використана математична модель, побудована на основі «Методики визначення енергетичної ефективності будівель». За основу взято варіант з газовими котлами та забезпеченням нормативних значень термічних опорів огорожувальних конструкцій. Для такого варіанту питоме енергоспоживання склало $158,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, а її клас енергоефективності «G». Результати моделювання показані на рис. 3.5 – 3.7.

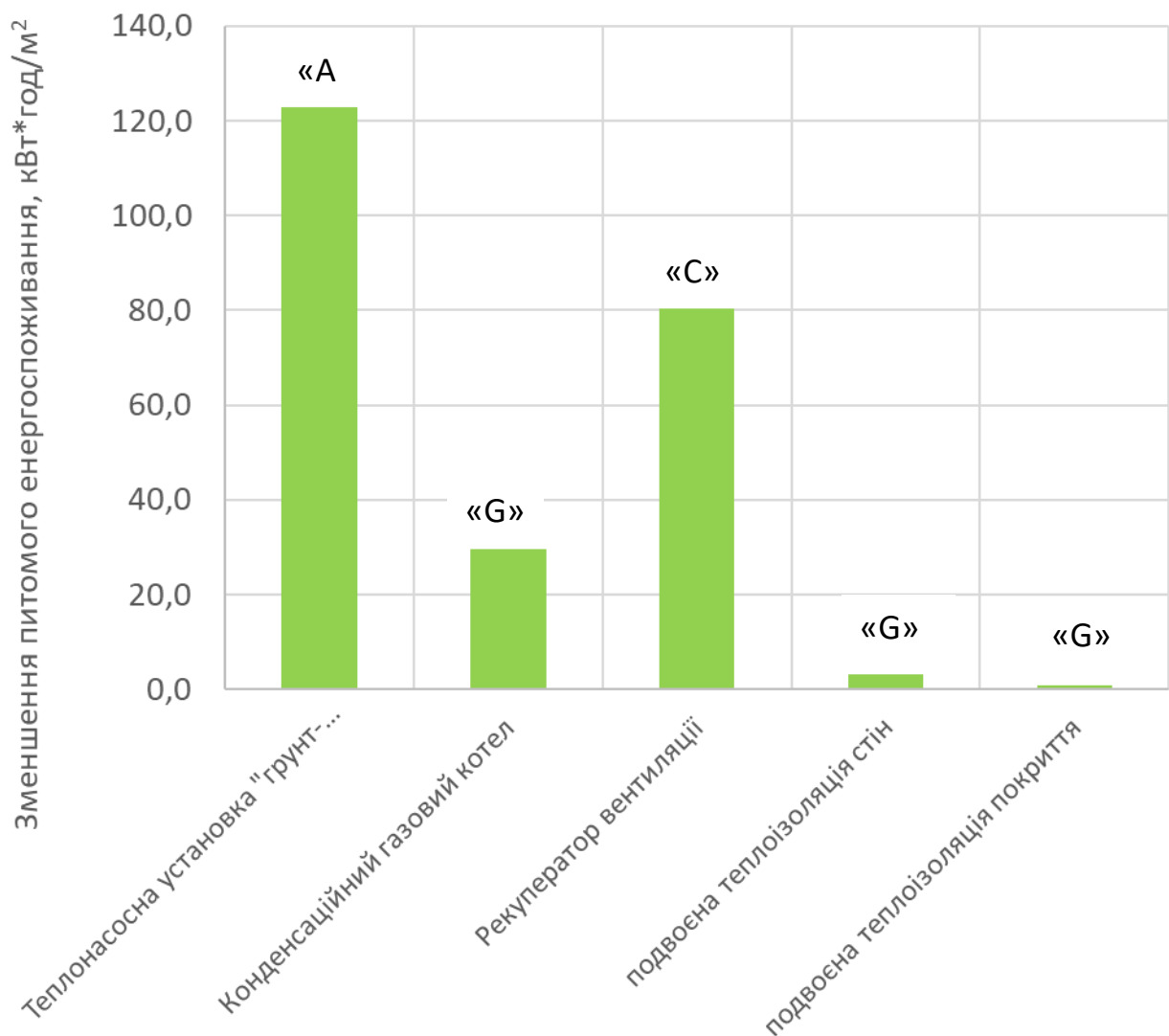


Рисунок 3.5 – Результати дослідження впливу різних факторів на показники питомого енергоспоживання та клас енергоефективності будівлі

Як видно з рис. 3.5, застосування теплового насосу «грунт-вода» дозволяє досягти значного зменшення енергоспоживання будівлі (з 158 до 35 кВт·год/м² і відповідно досягти класу «А» енергоефективності будівлі.

Впровадження рекуператорів в системі вентиляції з коефіцієнтом корисної дії 0,75 дозволяє зменшити на 80 кВт·год/м² питоме енергоспоживання будівлі і досягти класу «С».

Заміна низькотемпературного газового котла на конденсаційний, а також подвоєння шару теплоізоляції стін та покриття дещо зменшує питоме енергоспоживання, але не дозволяє покращити клас енергоефективності будівлі.

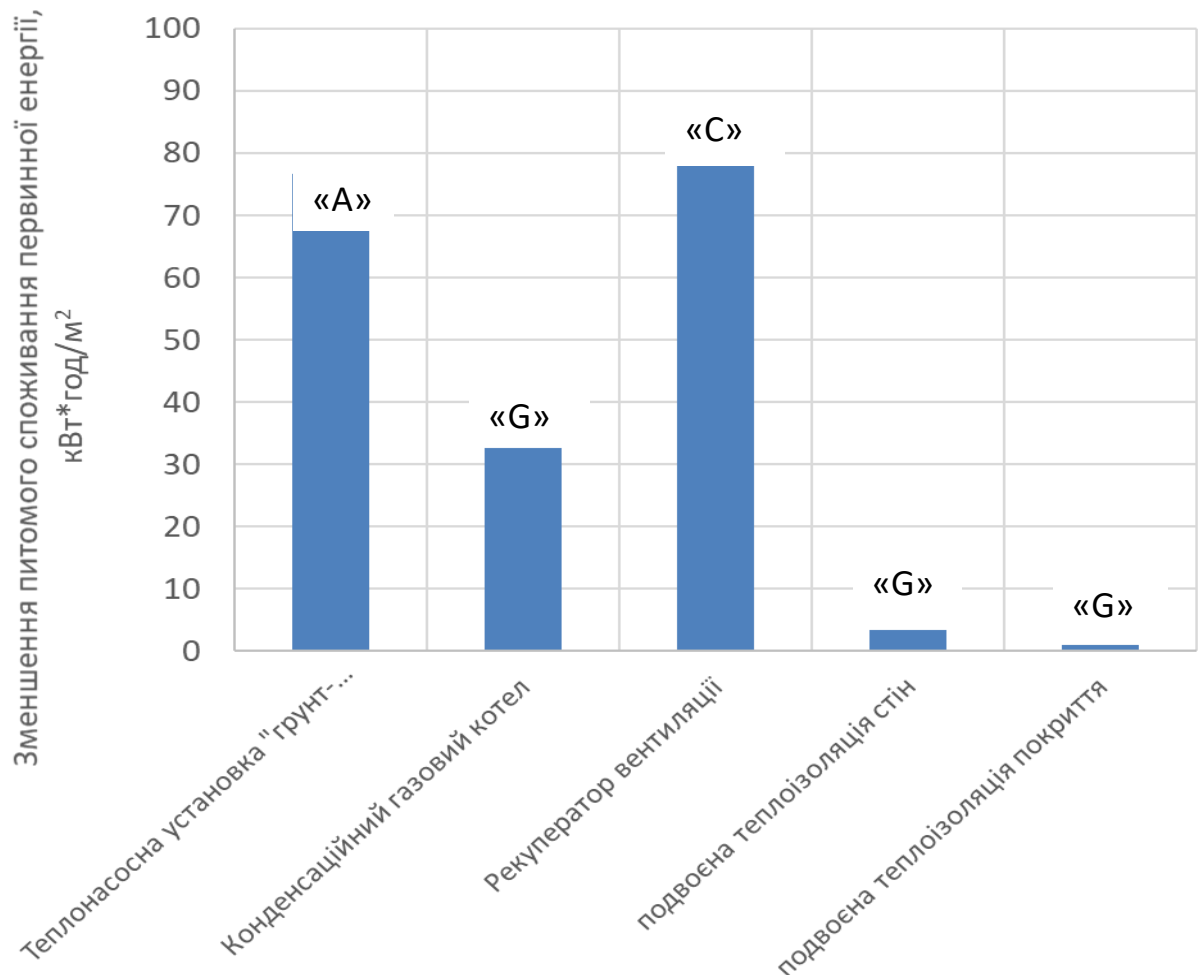


Рисунок 3.6 – Результати дослідження впливу різних енергоефективних заходів на показники питомого споживання первинної енергії та клас енергоефективності будівлі

Для базового варіанту (газовий котел та нормативні термічні опори огорожень) питоме споживання первинної енергії склало 226,7 кВт·год/м².

Найбільший ефект по зменшенню питомої витрати первинної енергії має варіант використання рекуператорів в системі вентиляції (на 88 кВт·год/м²).

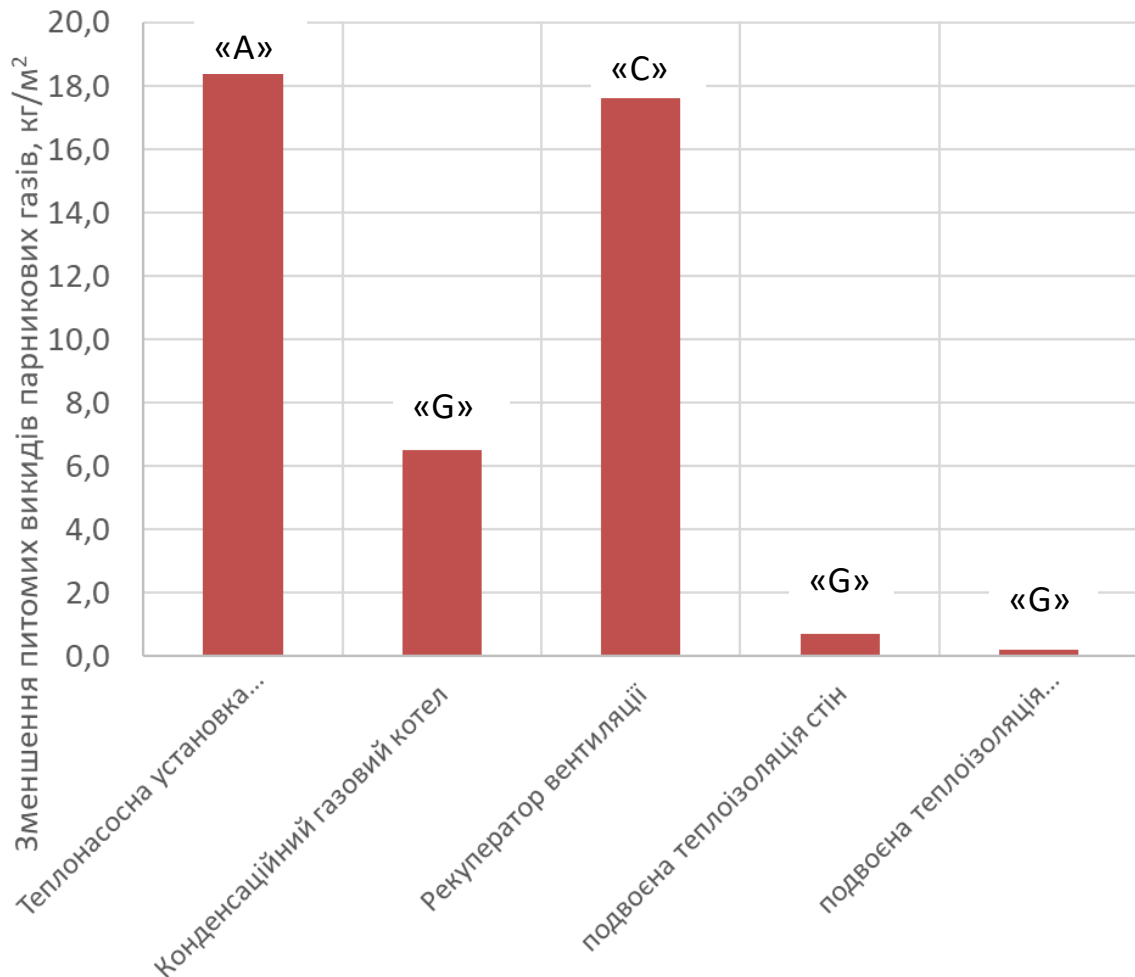


Рисунок 3.7 – Результати дослідження впливу енергоефективних заходів на питомі викиди парникових газів

Як видно з результатів досліджень, встановлення теплового насосу «грунт-вода» та встановлення рекуператорів в системі вентиляції дозволяють майже однаково зменшити питомі викиди парникових газів (17,5...18,5 кг/м²).

Таким чином, забезпечення нормативних опорів огорожувальних конструкцій та використання газового низькотемпературного котла не дозволяє досягти мінімально допустимого класу енергоефективності «С».

Подвоєння шару утеплювача стін або перекриття не дозволяє покращити клас енергоефективності будівлі вище «G».

Встановлення рекуператорів в системах вентиляції дозволяє забезпечити клас енергоефективності «С» і найбільше з запропонованих рішень зменшує витрати первинної енергії.

Заміна низькотемпературного газового котла на тепловий насос «грунт-вода» дозволяє забезпечити клас енергоефективності будівлі «А» та зменшити на 123 кВт·год/м² енергоспоживання будівлі та на 18,5 кг/ м² зменшити питомі викиди парникових газів.

Отже, для покриття потреб опалення, охолодження та гарячого водопостачання пропонується використати реверсивну теплонасосну установку «грунт-вода» та систему фанкойлів для підтримання оптимальних температур в приміщеннях.

3.3 Висновки до розділу 3

Для багатоповерхової житлової будівлі виконано енергетичну сертифікацію. Результати показали, що питоме енергоспоживання на опалення та охолодження складає 89,1 кВт·год/м², що відповідає класу «D» при встановленні газових котлів.

Виконано дослідження впливу п'яти заходів для підвищення енергоефективності будівлі на її показники питомого енергоспоживання на опалення та охолодження, питомої витрати первинної енергії та питомих викидів парникових газів.

Виявлено, що подвійна товщина утеплення стін та покриття зменшує питоме енергоспоживання на 1...3%, і не дозволяє досягти нормативного класу енергоефективності «С».

Мінімальних вимог до енергоефективності будівлі можна досягти шляхом встановлення конденсаційних газових котлів або рекуперації теплоти в системі вентиляції вбудованих громадських приміщень. Зменшення енергоспоживання при цьому становить 18,8% та 13,4%.

Впровадження теплонасосного устаткування типу «повітря-вода» та «повітря-повітря» дозволяє досягти класу «А» енергоефективності будівлі і зменшити на 70...74,2% питоме енергоспоживання будівлі на опалення та охолодження. Для використання такого устаткування необхідно залучати значні інвестиції та державну підтримку.

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОПУНКТУ СИСТЕМИ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

4.1 Аналіз об'єкту для виконання монтажу. Основні та допоміжні монтажні матеріали

В даній роботі виконується монтаж реверсивних чіллерів у тепловому пункті житлового будинку в м. Вінниця з системою підготовки гарячого водопостачання на основі бойлера непрямого нагріву, допоміжним обладнанням, та комунікаціями.

Реверсивні чіллери DYNACIAT 360 типу “вода - вода” мають відмінну енергоефективність EER та ESEER завдяки високоефективному холодоагенту та високопродуктивним теплообмінникам і компресорам, використовують холодоагент, який не руйнує озоновий шар, створюють дуже низький рівень шуму, відсутня вібрація під час роботи. Можуть бути встановлені на невеликій відстані від будівельних конструкцій. Поставляються у повністю зібраному вигляді готовими до використання. У тепловому пункті житлового будинку монтується три реверсивних чіллери, кожен з яких має максимальну теплову потужність 137 кВт, номінальна споживана потужність 23,22 кВт, габаритні розміри : 880 × 1583 × 1574 мм [26].

Для забезпечення потреб гарячого водопостачання у тепловому пункті встановлюється бойлер непрямого нагріву OPEKS-2-3000-CS-HNW-L, що має максимальну площу поверхні теплообміну 3,3 м², ємність 3000 літрів, габаритні розміри : Ø1560 мм (у тепловій ізоляції), Н = 2280 мм [27]. Бойлер являє собою вертикальну зварну конструкцію, що складається з циліндричної обічайки, верхнього і нижнього еліптичного днища, фітингу для підведення та відведення робочого середовища та дренажу системи, а також фітингу згідно проекту або за вказівкою. До нижнього днища приварені опори для надійного монтажу за місцем експлуатації.

Реверсивні чіллери підключені до ґрунтового теплообмінника. Циркуляція теплоносія (етиленгліколю) через ґрунтовий теплообмінник виконується за допомогою трьох насосів Grundfos Magna 3 40-100 з характеристиками : подача 12,16 м³/год, напір 6,797 м вод. ст., потужність 0,359 кВт, монтажна довжина – 220 мм, тип з'єднання – фланцеве [28].

Циркуляція теплоносія від розподільчих гребінок до теплообмінника гарячого водопостачання здійснюється за допомогою насосу Grundfos Magna 3 32-60, що має характеристики: подача 4,71 м³/год, напір 4,77 м вод. ст., потужність 0,103 кВт, монтажна довжина 180 мм, тип з'єднання – муфтове [29].

Циркуляція теплоносія у контурі гарячого водопостачання для забезпечення сталої температури гарячої води здійснюється циркуляційним насосом Grundfos UPS 25-40. Насос має такі характеристики : максимальна подача - 3 м³/год, максимальний напір – 4 м вод. ст., максимальна споживана потужність – 45 Вт, монтажна довжина – 180 мм. Приєднання насосу до мережі здійснюється за різьби.

Циркуляція теплоносія у системі опалення забезпечується циркуляційним насосом Grundfos Magna 3 40-150. Даний насос має такі характеристики : номінальна подача - 16,03 м³/год, напір – 9,189 м, максимальна споживана потужність – 608 Вт, монтажна довжина – 250 мм. Приєднання насосу до мережі здійснюється за допомогою фланцевого з'єднання DN 40.

Транспортування теплоносіїв виконується сталевими електрозварними трубами за ДСТУ 8943:2019 [30]. Для забезпечення можливості ремонту обладнання передбачені засувки типу «Баттерфляй». Для перемикання режиму роботи реверсивних чіллерів передбачені триходові клапани.

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Таблиця 4.1 – Відомість монтажних матеріалів і виробів

№ п.п	Найменування монтажного матеріалу	Один. вимір.	Кільк. один.	Маса одної один., кг	Маса загаль- на, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних монтажних матеріалах					
1	Реверсивний чіллер DYNACIAT 360A	шт.	3	707	2121
2	Бойлер непрямого нагріву 3000 літрів OPEKS-2-3000-CS-HHW-L	шт.	1	405	405
3	Бак розширювальний Aquasystem VRV 200 з ніжками	шт	2	34,5	69
4	Насос Grundfoss Magna 3 40-100	шт.	3	18,1	
5	Насос Grundfoss Magna 3 40-150	шт.	1	17,6	17,6
6	Насос Grundfoss Magna 3 32-60	шт.	1	5,89	5,89
7	Насос Grundfoss UPS 25-40 N	шт.	1	2,8	2,8
8	Гребінка розподільча Ø200 мм, L=1м	шт.	2	32	64
9	Засувка типу «Баттерфляй» Genebre 2103 09, Dy50	шт	8	2,8	22,4
10	Засувка типу «Баттерфляй» Genebre 2103 09, Dy80	шт	20	3,8	76
11	Засувка типу «Баттерфляй» Genebre 2103 09, Dy100	шт	2	5,8	11,6
12	Клапан триходовий фланцевий ESBE 3F Dy80	шт	13	16,2	210,6

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
13	Клапан триходовий фланцевий ESBE 3F Dy50	шт.	1	9,1	9,1
14	Клапан зворотний фланцевий Brandoni F5.000, Dy80	шт.	4	9,8	39,2
15	Клапан зворотний фланцевий Brandoni F5.000, Dy50	шт.	2	5,6	11,2
16	Кран шаровий муфтовий Dy25	шт	1	0,301	0,301
17	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 57×3 мм	м	9	4	36
18	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 89×3,5 мм	м	25,6	7,3	186,65
19	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 133×4 мм	м	10,6	12,7	134,24
20	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 108×4 мм	м	12	10,2	122,55
21	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, 32×2,5 мм	м	6,7	1,76	11,79
22	Теплоізоляційний циліндр марки ТехИ- зол , діаметром 89 мм товщиною 40 мм	м	25,6	0,65	16,62
23	Теплоізоляційний циліндр марки ТехИ- зол , діаметром 57 мм товщиною 40 мм	м	9	0,49	4,37
	Теплоізоляційний циліндр марки ТехИ- зол , діаметром 108 мм товщиною 40 мм	м	12	0,73	8,77
	Теплоізоляційний циліндр марки ТехИ- зол , діаметром 133 мм товщиною 40 мм	м	10,6	0,91	9,62

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Потреба у допоміжних монтажних матеріалах					
Для монтажу насосів Grundfoss [31]					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	6	0,00039	2,34
2	Прокладки гумові (пластина гумова технічна пресована)	кг	6	0,07	0,42
3	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	6	0,00127	7,62
4	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбою (в комплекті з шайбами та гайками або без них), такі, що поставляються окремо	т	6	0,0022	13,2
5	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м3	6	0,014	151,2
6	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см2], діаметр 40 мм	шт	8	1,71	13,68
Для монтажу баків розширювальних Aquasystem VRV 200 [31]					
7	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	2	0,00008	0,16
8	Оліфа натуральна	кг	2	0,4	0,8
9	Вода	м ³	2	0,31	620
10	Очіс льняний	т	2	0,00004	0,08
Для монтажу реверсивних чіллерів DYNACIAT 360A [32]					
11	Шпали дерев'яні не просочені для залізничі широкої колії, І тип, довжина 2,75 м,	шт	3	85	255

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
12	Скоби будівельні	кг	3	0,6	1,8
Для монтажу клапанів і засувок фланцевих Ø50, 80, 100 [33]					
13	Болти з гайками з шестигранною головкою діаметром 12 (14) мм	т	1,2 4,4 0,2	0,017 0,071 0,071	347
14	Пластина гумова рулонна вулкані- зована	кг	1,2 4,4 0,2	0,8 1,7 1,7	8,78
15	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа, діаметр 50 мм	шт	23	2,06	47,38
16	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа, діаметр 80 мм	шт	87	3,19	277,53
17	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа, діаметр 100 мм	шт	4	3,96	15,84
для монтажу трубопроводу Ду25 з муфтовою арматурою [31]					
18	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,067	0,0046	0,03
19	Вода	м³	0,067	1,76	11,79
20	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М100	м³	0,067	0,008	0,965
для монтажу розподільчих гребінок Ø200, L=1 м [31]					
21	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	2	0,00042	0,84
22	Оліфа натуральна	кг	2	0,02	0,04

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
23	Розчин готовий складковий важкий цементний, марка М50	м ³	2	0,008	28,8
24	Очіс льняний	т	2	0,00002	0,04
25	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	2	0,00002	0,04
для монтажу бойлера непрямого нагріву V=3000 л [31]					
26	Азбестовий картон загального призначення (КА-ОН-1), товщина 2 мм	т	1	0,00468	4,68
27	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,00006	0,06
28	Масло індустрієне И-20А	т	1	0,0001	0,1
29	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,00074	0,74
30	Оліфа натуральна	кг	1	0,03	0,03
31	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,17	0,17
32	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00322	3,22
33	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа, діаметр 50 мм	шт.	5	2,06	10,3
34	Очіс льняний	т	1	0,00003	0,03
35	Вода	м ³	1	2,4	2400
36	Пароніт	т	1	0,0001	0,1
для гідравлічного випробування трубопроводів [31]					
37	Сурик залізний, мумія, фарба земляна густотерта олійна	т	0,329 0,711	0,00005	0,052

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
38	Натуральна оліфа	кг	0,329 0,711	0,02	0,021
39	Очіс льняний	т	0,329 0,711	0,00002	0,021
40	Вода	м ³	0,329 0,711	1 3,8	3024,74
Для монтажу трубопроводів [33]					
41	Круги армовані абразивні зачисні ø 180 х 6 мм	шт	0,036*0,8128 0,187*0,635 0,123*0,508	0,36	0,36
42	Пароніт	т	0,036 0,187 0,123	0,007 0,003 0,003	1,182
43	Електроди , діаметр 4 мм, марка E55	т	0,036 0,187 0,123	0,006 0,005 0,005	1,766
Для влаштування теплової ізоляції трубопроводів [34]					
	Стрічка сталева пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7 мм х (20 мм - 50 мм	т	1,57 3,76	0,0011 0,0016	7,74
	Пряжки	кг	5,33	0,09	0,48

Маса основного обладнання і матеріалів – 3650,6 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 1204,64 кг.

Маса матеріалів для доставки

$$M_{\text{дост}} = 3650,6 + 1204,64 + 300,09 = 5188,33 \text{ (кг)}.$$

4.2 Визначення складу і об'ємів робіт

Склад монтажних робіт [35, 36]:

1. Доставка реверсивних чіллерів, допоміжного обладнання та трубопроводів до місця монтажу та їх складування.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів.
3. Монтаж реверсивних чіллерів DYNACIAT 360A.
4. Монтаж бойлер непрямого нагріву OPEKS-2-3000-CS-HHW-L.
5. Монтаж баків розширювальних Aquasystem VRV 200.
6. Встановлення гребінок розподільчих $\varnothing 219 \times 6$ мм, $L = 1000$ мм.
7. Прокладання трубопроводів діаметром $133 \times 4,0$ мм.
8. Прокладання трубопроводів діаметром $108 \times 4,0$ мм.
9. Встановлення засувки Genebre 2103 фланцевих DN 100.
10. Прокладання трубопроводів діаметром $89 \times 3,5$ мм.
11. Встановлення засувки Genebre 2103, зворотних клапанів Brandoni F5.000, клапанів триходових ESBE 3F фланцевих DN 80.
12. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos Magna 3 40-100.
13. Прокладання трубопроводів діаметром 57×3 мм.
14. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos Magna 3 40-150, Magna 3 32-60, UPS 25-40 N.
15. Встановлення засувки Genebre 2103, зворотних клапанів Brandoni F5.000, клапанів триходових ESBE 3F фланцевих з DN 50.
16. Прокладання трубопроводів діаметром $32 \times 2,5$ мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м.
17. Випробування трубопроводів обв'язки теплових насосів.
18. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 133 мм, 108 мм та 89 мм і товщиною 40 мм.
19. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 32 мм та 57 мм, товщиною 40 мм.
20. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.

21. Повернення допоміжного обладнання на склад.

Об'єми монтажних робіт

1. Доставка реверсивних чіллерів, допоміжного обладнання та трубопроводів до місця монтажу та їх складування. Одиниці вимірювання – тони. Загальна маса всього обладнання і матеріалів 5155,33 кг (5,16 т). Приймаємо об'єм $V = 5,16$.

2. Розмітка місць прокладання трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки реверсивних чіллерів складає $L = 63,9$ м. Приймаємо $V = 0,639$.

3. Монтаж реверсивних чіллерів DYNACIAT 360A. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 3 реверсивних чіллера. Отже, приймаємо $V = 3$.

4. Монтаж бойлер непрямого нагріву OPEKS-2-3000-CS-HHW-L. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 1 бойлер. Отже, приймаємо $V = 1$.

5. Монтаж баків розширювальних Aquasystem VRV 200. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 2 розширювальних баки. Отже, приймаємо $V = 2$.

6. Встановлення гребінок розподільчих $\varnothing 219 \times 6$ мм, $L = 1000$ мм. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 2 розподільчі гребінки $\varnothing 219 \times 6$ мм. Отже, приймаємо $V = 2$.

7. Прокладання трубопроводів діаметром $133 \times 4,0$ мм. Одиниці вимірювання – тони. Маса трубопроводів даного типорозміру складає 134,24 кг. Приймаємо $V = 0,134$.

8. Прокладання трубопроводів діаметром $108 \times 4,0$ мм. Одиниці вимірювання – тони. Маса трубопроводів даного типорозміру складає 122,55 кг. Приймаємо $V = 0,123$.

9. Встановлення засувки Genebre 2103 фланцевих DN 100. Одиниці вимірювання – 10 штук. В тепловому пункті монтується 2 фланцевих засувки. Приймаємо $V=0,2$

10. Прокладання трубопроводів діаметром $89 \times 3,5$ мм. Одиниці вимірювання – тони. Маса трубопроводів даного типорозміру складає 186,65 кг. Приймаємо $V=0,187$.

11. Встановлення засувки Genebre 2103, зворотних клапанів Brandoni F5.000, клапанів триходових ESBE 3F фланцевих DN 80. Одиниці вимірювання – 10 штук. В тепловому пункті монтується 37 фланцевих запірний елементів. Приймаємо $V=3,7$.

12. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos Magna 3 40-100. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 3 насоси вказаних марок. Приймаємо $V=3$.

13. Прокладання трубопроводів діаметром 57×3 мм. Одиниці вимірювання – тони. Маса трубопроводів даного типорозміру складає 36 кг. Приймаємо $V=0,036$.

14. Монтаж циркуляційних насосів Grundfos Magna 3 40-150, Magna 3 32-60, UPS 25-40 N. Одиниці вимірювання – штуки. В тепловому пункті монтується 3 насоси вказаних типів. Приймаємо $V=3$.

15. Встановлення засувки Genebre 2103, зворотних клапанів Brandoni F5.000, клапанів триходових ESBE 3F фланцевих з DN 50. Одиниці вимірювання – 10 штук. В тепловому пункті монтується 11 запірних елементів вказаного умовного проходу. Приймаємо $V=1,1$.

16. Прокладання трубопроводів діаметром $32 \times 2,5$ мм з муфтовою арматурою. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів даного типорозміру складає 6,7 м. Приймаємо $V=0,067$.

17. Випробування трубопроводів обв'язки теплових насосів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки складає $L=63,9$ м. Приймаємо $V=1,04$.

18. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 133 мм, 108 мм та 89 мм і товщиною 40 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводів вказаних типорозмірів складає 48,2 м. Приймаємо $V=4,82$.

19. Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 32 мм та 57 мм, товщиною 40 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводу 15,7 м. Приймаємо $V=1,57$.

20. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки складає $L=63,9$ м. Приймаємо $V=0,639$.

21. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання – тони. Загальна маса допоміжного обладнання 300,09 кг (0,3т). Приймаємо $V=0,3$.

4.3 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Обладнання для теплохолодопостачання та допоміжні матеріали завозяться централізовано вантажним автомобілем Dongfeng DFH 1160 B . Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.2.

Оскільки витрата пально вантажним автомобілем згідно із технічними характеристиками складає $Q = 18$ л/100 км, а база забезпечення обладнання знаходиться на відстані $l = 70$ км від даної котельні, то необхідна кількість пального для доставки обладнання

$$Q_{\text{п}}=Q \cdot 2 \cdot n \cdot l, \quad (4.1)$$

$$Q_{\text{п}}= 0,18 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 70= 25,2 \text{ (л)}.$$

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики Dongfeng DFH 1160 B [37]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Внутрішній об'єм бортової платформи	м ³	35,8
Колісна база	мм	4500
Повна дозволена маса	кг	16000
Габарити бортової платформи:		
Довжина	мм	6100
Ширина		23505
Висота		2400
Максимальна швидкість	км/год	105
Витрата пального	л/100 км	18
Споряджена маса	кг	5150

Зварювальні роботи виконуються за допомогою зварювального апарату IGBT Dnipro-M M-16PW з технічними характеристиками [38]:

- максимальна споживана потужність, кВА – 6,15;
- діапазон регулювання струму, А – 20-160;
- напруга мережі живлення, В – 220;
- діаметр електродів, мм – 1,6 – 4,0;
- робота без втрати потужності від, В – 130;
- габаритні розміри, мм - 270x140x230;
- маса – 3,8 кг.

Затрати електроенергії для роботи зварювального апарата $\tau = 21,84$ год;
 $P = 6,15$ кВт;

$$E_{\text{за}} = 6,15 \cdot 21,84 = 134,32 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для монтажу шліфувальних робіт під час монтажу трубопроводів застосовується кутова шліфмашина Dnipro-M GL-190S [39], з наступними технічними характеристиками:

- діаметр круга 180 мм;
- максимальна потужність, Вт – 1900;
- робоча потужність, Вт – 1650;
- кількість обертів, об/хв – 2500 – 8500;
- номінальна напруга, В – 220 – 230;
- розмір, мм – 473x200x140;
- маса, кг - 4,24.

Затрати електроенергії для роботи кутової шліфмашини Makita GA7020RF $\tau = 0,97$ год; $P = 1,65$ кВт;

$$E_{\text{за}} = 1,65 \cdot 0,97 = 1,6 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Випробування трубопроводів та бойлера непрямого нагріву виконуємо за допомогою опресувальника електричного AQUA WORD DSY-60, що має такі технічні характеристики [40]:

- Максимальний тиск, бар – 60;
- продуктивність, м³/хв - 0,003 ;
- електрична потужність, кВт – 0,25;
- габарити, мм – 400x290x300;
- напруга мережі, В – 220;
- маса 16 кг.

Затрати електроенергії для роботи опресувальника електричного $\tau = 2,2$ год; $P = 0,25$ кВт;

$$E_{\text{пк}} = 0,25 \cdot 2,2 = 0,55 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для монтажу чіллерів, бойлера непрямого нагріву та комунікацій використовуємо лебідку будівельну електричну швидкісну JK 1 т 100 м [41], технічні характеристики якої наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики лебідки з електроприводом
JK 1 т 100 м [41]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля	кг	1000
Швидкість намотування	м/с	0,25
Діаметр троса	мм	9,3
Довжина троса	м	100
Потужність двигуна	кВт	5,5
Габарити:		
Довжина	мм	850
Ширина	мм	8200
Висота	мм	400
Маса	кг	260

Затрати електроенергії для роботи електричної лебідки $\tau = 17,75$ год;

$P = 5,5$ кВт;

$$E_{\text{пк}} = 5,5 \cdot 17,75 = 97,63 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для встановлення гребінок використовуємо перфоратор бочковий Dnipro-M BH-14S характеристиками [42]:

- рекомендований діаметр буріння, мм – 6 – 20;
- номінальна потужність, Вт – 1050;
- кількість ударів, уд/хв – 0 – 4500;
- сила удару, Дж – 4;
- вага – 4,3 кг.

Затрати електроенергії для роботи перфоратора бочкового $\tau = 0,18$ год;

$P = 1,05$ кВт;

$$E_{\text{пк}} = 1,05 \cdot 0,18 = 0,19 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Загальна маса допоміжного обладнання складає 300,09 кг.

Загальна витрата електроенергії для роботи електроінструменту

$$E_{\Sigma} = 134,32 + 1,6 + 0,55 + 97,63 + 0,19 = 234,29 \text{ (кВт·год)}.$$

4.4 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість виконання робіт із монтажу теплових насосів і системи транспортування теплоносія визначається на підставі об'ємів робіт, розрахованих у розділі 3, п. 3.2 даної роботи.

Трудомісткість монтажних робіт [43]

$$Q = V \cdot H_{\text{ч}} / B \text{ [люд·дні]}, \quad (4.2)$$

де V – об'єм робіт;

$H_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю виміру, люд/год [33 – 37];

B – кількість годин в зміні, год.

У даній роботі передбачається виконання монтажних робіт у одну зміну. Тривалість зміни визначається у відповідності із трудовим законодавством України і приймається 8 годин.

Тривалість виконання монтажних робіт [43]

$$T = Q / n \text{ [дні]}, \quad (4.3)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд.-дні

n – кількість робітників, люд

Кількість робітників (n), необхідних для виконання певної роботи з монтажу обладнання системи забезпечення паливом парогенератора та їх кваліфікація наведена у розділі 5 даної роботи.

Результати розрахунку за формулами (4.2) та (4.3) наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Найменування монтажних робіт	Один. вимірюв	Об'єм монт. робіт	Стан. норма часу, люд/год	Розрах.. трудомісткість люд/дні	Виконавці		Тривалість робіт, дні
					кількість, чол	Склад бригади	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставка реверсивних чіллерів, допоміжного обладнання та трубопроводів до місця монтажу та їх складування	т	5,16	4,4	2,84	3	2 робітник 1 водій	0,95
Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	0,639	1,6	0,128	6р-1 3р-1	Монтажники 4,5 розряд	0,064
Монтаж реверсивних чіллерів DYNACIAT 360A	шт.	3	44,8	16,8	6р-1 5р.-1 4р-1 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	4,2
Монтаж бойлера непрямого нагріву OPEKS-2-3000-CS-ННВ-L	шт.	1	35,22	4,4	5р.-1 3р-2	Монтажники 4,2 розряд	1,47
Монтаж баків розширювальних Aquasystem VRV 200	шт.	2	6,84	1,71	4р.-1 3р-1	Монтажники 3,3 розряд	0,86
Встановлення гребінок розподільчих Ø219×6 мм, L = 1 м	шт.	2	16,68	4,17	5р.-1 4р-1 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	1,39

Продовження табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Прокладання трубопроводів діаметром 133×4 мм	т	0,134	183,2	3,07	4р-2 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	1,02
Прокладання трубопроводів діаметром 108×4 мм	т	0,123	227,3	3,49	4р-2 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	1,16
Встановлення засувки Genebre 2103 фланцевих DN 100	10 шт.	0,2	64	1,6	4р-1 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	0,8
Прокладання трубопроводів діаметром 89×3,5 мм	т	0,187	264,4	6,18	4р-2 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	2,06
Встановлення засувки Genebre 2103, зворотних клапанів Brandoni F5.000, клапанів триходових ESBE 3F фланцевих DN 80	10 шт.	3,7	64	29,6	4р-2 3р-2	Монтажники 4,2 розряд	7,4
Монтаж циркуляційних насосів Grundfos Magna 3 40-100	шт.	3	24,52	9,2	5р-2 3р-2	Монтажники 3,7 розряд	2,3
Прокладання трубопроводів діаметром 57×3 мм	т	0,036	410,2	1,85	4р-2 3р-1	Монтажники 4,2 розряд	0,62
Монтаж циркуляційних насосів Grundfos Magna 3 40-150, Magna 3 32-60, UPS 25-40 N.	шт.	3	24,52	9,2	5р-2 3р-2	Монтажники 4,2 розряд	2,3
Прокладання трубопроводів діаметром 32×2,5 мм з муфтовою арматурою	100 м	0,067	104,29	0,87	4р-2 3р-1	Монтажники 4,1 розряд	0,29

Продовження табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Випробування трубопроводів обв'язки реверсивних чіллерів	100 м	0,639	11,18	0,89	5р.-1 4р-1 3р-1	Монтажники 5,3 розряд	0,3
Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 133 мм, 108 мм та 89 мм і товщиною 40 мм	10 м	4,82	3,66	2,21	4р-1 2р-2	Ізолювальники 3,6 розр	0,735
Ізоляція трубопроводів мінераловатними циліндрами діаметром 32 мм та 57 мм, товщиною 40 мм	10 м	1,57	3,02	0,59	4р-1 2р-2	Ізолювальники 3,6 розр	0,2
Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	0,639	2,4	0,19	6р-1 5р.-1	Монтажники 4,2 розряд	0,1
Повернення допоміжного обладнання на склад	т	0,3	4,4	0,165	2	1 робітник 1 водій	0,083

4.5 Висновки до розділу 4

В даному розділі розроблено монтажну схему тепlopункту, що містить 3 реверсивних чіллери, бойлер непрямого нагріву, розширювальні баки, насоси та комунікації з запірною та регулювальною арматурою.

Складено відомість основних та допоміжних матеріалів, необхідних для монтажу обладнання та комунікацій тепlopункту. При цьому основного обладнання і матеріалів склала 3650,6 кг, а допоміжного – 1204,64 кг.

Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах. Так для транспортування матеріалів використовується автомашинa Dongfeng DFH 1160 B,

для зварювання використовується зварювальний апарат IGBT Dnipro-M M-16PW, для шліфувальних робіт під час монтажу трубопроводів застосовується кутова шліфмашина Dnipro-M GL-190S, для підйомних робіт – лебідку будівельну електричну швидкісну JK 1 т 100 м, для випробування трубопроводів на міцність та щільність – опресувальник електричний AQUA WORD DSY-60, для встановлення гребінок – перфоратор бочковий Dnipro-M BH-14S.

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи. Загальна маса обладнання – 300,09 кг.

Визначено затрати паливно-енергетичних ресурсів для виконання монтажних робіт. Так витрата електроенергії на роботу електроінструменту складає 234,3 кВт год, а витрата пального для доставки та підйомних робіт вантажу 25,2 л.

Визначено трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт. Так загальна трудомісткість складає 129,57 люд-дні. Розроблено календарний план виконання монтажних робіт, згідно з яким загальна тривалість виконання монтажних робіт складає 25 діб.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання

Для розрахунку кошторисної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог КНУ Настанова з визначення вартості будівництва і використовували кошторисну програму “Будівельні технології”.

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання розробляємо локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об’єктний коштрис за допомогою програмного комплексу (табл. 5.1-5.3) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН), на монтаж обладнання; поточних кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до Настанови.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітну плату будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатацію будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат [44, 45].

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

Таблиця 5.1 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 06-001-001

на Монтаж обладнання та матеріалів.
 (найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість 1184.558 тис. грн.
 Кошторисна трудомісткість 3.21364 тис. люд.-год
 Кошторисна заробітна плата 250.508 тис. грн.
 Середній розряд робіт 3.7 розряд

Складений в поточних цінах станом на 2024 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда ро- бітників, люд.год. не зайнятих обслу- гову- ванням машин	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробіт- ної плати	експлуа- тації машин		
					заробіт- ної плати	в тому числі заробіт- ної плати			в тому числі заробіт- ної плати	тих, що обслуго- вують машини	
										на оди- ницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	KM4-375-3	Монтаж Реверсивний чіллер DYNACIAT 360A	шт	3.0	112807.99	51896.87	338424	138719	155691	643.2000	1929.60
					46239.65	15704.92			47115	178.4352	535.31
2	KB18-3-4	Установлення Бойлер непря- мого нагріву 3000 літрів OPEKS-2-3000-CS-HHW-L	1 водо- підігрів- ник	1.0	11962.38	1691.80	11962	2833	1692	38.0500	38.05
					2832.82	419.26			419	5.5717	5.57
3	C130-16	Бойлер непрямого нагріву 3000 літрів OPEKS-2-3000- CS-HHW-L	шт	1.0	35872.91		35873				
4	KB18-10-6	Установлення баків розши- рювальних Aquasystem VRV 200 з ніжками	1 бак	2.0	25068.91	109.60	50138	1948	219	14.2200	28.44
					974.07	30.49			61	0.3917	0.78
5	KB18-13-1	Установлення насосів	1 насос	6.0	2565.60	162.55	15394	9196	975	21.3200	127.92
					1532.69	38.80			233	0.5002	3.00
6	2415-1199	Гребінка розподільча 200 мм, L=1м	шт	2.0	1451.95		2904				
7	KB18-15-1	Установлення гребінок	1 гребінка	2.0	5593.00	100.13	11186	1675	200	11.2500	22.50
					837.56	23.62			47	0.3054	0.61
8	23071-12108	Засувка типу "Баттерфляй" Genebre 2103 09, Dy50	шт	8.0	2644.81		21158				
9	23071-12109	Засувка типу "Баттерфляй" Genebre 2103 09, Dy80	шт	20.0	4033.13		80663				
10	KB18-14-5	Установлення Засувка типу "Баттерфляй" Genebre 2103 09, Dy80	1 вставка	20.0	1554.43	76.64	31089	3436	1533	2.3900	47.80
					171.82	16.06			321	0.2125	4.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	КБ18-14-3	Установлення Засувка типу "Баттерфляй" Genebre 2103 09, Dy50	1 вставка	8.0	1414.33	48.41	11315	983	387	1.7100	13.68
					122.93	9.52			76	0.1279	1.02
12	КБ18-14-6	Установлення Засувка типу "Баттерфляй" Genebre 2103 09, Dy 100 мм	1 вставка	2.0	1875.38	90.91	3751	405	182	2.8200	5.64
					202.73	19.16			38	0.2542	0.51
13	23071-12109	Засувка типу "Баттерфляй" Genebre 2103 09, Dy100	шт	2.0	5053.13		10106				
14	КБ16-17-3	Установлення клапанів триходовий фланцевий ESBE 3F Dy50	шт	1.0	720.90	45.58	721	219	46	3.0500	3.05
					219.26	10.27			10	0.1380	0.14
15	КБ16-17-4	Установлення Клапан триходовий фланцевий ESBE 3F Dy80	шт	13.0	1331.00	80.13	17303	4453	1042	4.8200	62.66
					342.51	18.76			244	0.2488	3.23
16	23071-12085	Клапан триходовий фланцевий ESBE 3F Dy50	шт	1.0	19639.50		19640				
17	23071-12086	Клапан триходовий фланцевий ESBE 3F Dy80	шт	13.0	22162.32		288110				
18	2307-10793	Клапан зворотний фланцевий Brandoni F5.000, Dy50	шт	2.0	3773.60		7547				
19	2307-10795	Клапан зворотний фланцевий Brandoni F5.000, Dy80	шт	4.0	7547.46		30190				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	КБ16-15-2	Установлення вентилів, засувок, затворів, клапанів зворотних, кранів прохідних на трубопроводах із сталевих труб діаметром до 50 мм	шт	2.0	434.05	82.50	868	351	165	2.4100	4.82
					175.28	14.38			29	0.1814	0.36
21	КБ16-15-3	Установлення клапанів зворотних, на трубопроводах із сталевих труб діаметром до 80 мм	шт	4.0	844.14	135.89	3377	1225	544	4.2600	17.04
					306.25	29.23			117	0.3809	1.52
22	КБ16-15-1	Установлення вентилів, засувок, затворів, клапанів зворотних, кранів прохідних на трубопроводах із сталевих труб діаметром до 25 мм	шт	1.0	421.88	58.72	422	175	59	2.4100	2.41
					175.28	11.62			12	0.1561	0.16
23	С130-469	Кран шаровий муфтовий Ду25	шт	1.0	467.27		467				
24	КБ16-10-1	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електрозварних труб діаметром до 40 мм	100 м трубопроводу	0.067	44207.30	2644.36	2962	459	177	90.6900	6.08
					6852.54	470.08			31	6.2497	0.42
25	КБ16-10-3	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електрозварних труб діаметром 65 мм	100 м трубопроводу	0.09	77965.80	2633.51	7017	732	237	107.5800	9.68
					8128.74	520.39			47	6.9058	0.62

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	КБ16-10-5	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електрозварних труб діаметром 89*3,5 мм	100 м трубопроводу	0.256	115209.50	3467.68	29494	2300	888	118.9000	30.44
					8984.08	682.46			175	9.0482	2.32
27	КБ16-10-6	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електрозварних труб діаметром 108*4 мм	100 м трубопроводу	0.12	142885.09	4433.37	17146	1489	532	170.5600	20.47
					12404.83	914.98			110	12.0859	1.45
28	КБ16-10-7	Прокладання трубопроводів опалення і водопостачання зі сталевих електрозварних труб діаметром 133*4 мм	100 м трубопроводу	0.106	169629.60	4433.37	17981	1315	470	170.5600	18.08
					12404.83	914.98			97	12.0859	1.28
29	КБ26-1-3	Ізоляція трубопроводів діаметром від 89 до 133 мм [циліндрами][напівциліндрами][сегментами з пінопласту], товщина ізоляційного шару 40 мм	10м трубопроводу	5.72	2024.70	56.95	11581	1281	326	3.2300	18.48
					223.94	15.84			91	0.2128	1.22
Разом прямих витрат по кошторису							1078789	173194	165365		2406.84
									49273		563.77
Разом прямі витрати						грн.	1078789				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	740230				
вартість ЕММ						грн.	165365				
в т.ч. заробітна плата в ЕММ						грн.		49273			
заробітна плата робітників						грн.		173194			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		всього заробітна плата				грн.		222467			
		Загальновиробничі витрати				грн.	105769				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					243.03
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		28041			
		Всього по кошторису				грн.	1184558				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					3213.64
		Кошторисна заробітна плата				грн.		250508			

Керівник
проектної ор-
ганізації

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Прийняв

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 5.2 - Локальний кошторисний розрахунок на придбання устаткування, меблів та інвентарю № 2

придбання. чиллер

(вид устаткування, меблів, інвентарю і робіт, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА: креслення(специфікації) № _____, відомості тощо
Кошторисна вартість 1 146,428 тис. грн.

Складений в поточних цінах станом на 2024 р.

№ Ч.ч.	Документ, що обґрунтовує ціну	Найменування і характеристика устаткування, меблів та інвентарю, маса одиниці устаткування	Одиниця виміру	Кількість	Вартість оди- ниці, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	2406-2020	Реверсивний чіллер Реверсивний чіллер DYNACIAT 360A	шт	3.0	238638.12	715914
2	1504-19122	Насос Grundfoss Magna 3 40-150	шт	1.0	88183.70	88184
3	1504-19123	Насос Grundfoss Magna 3 40-100	шт	3.0	82922.45	248767
4	1504-19123	Насос Grundfoss Magna 3 32-60	шт	1.0	42122.45	42122
5	1504-19123	Насос Grundfoss UPS 25-40 N	шт	1.0	8122.45	8122
Разом						1103109
Транспортні та заготівельно-складські витрати						43319
Всього по кошторису						1146428

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів _____

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 5.3 - Об'єктний кошторис № 12-001

на будівництво	чиллер
(найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)	
Кошторисна вартість	2330.986 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	3.21364 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата	250.508 тис. грн.
Вимірник одиничної вартості	

Складений в поточних цінах станом на 2024 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудо-місткість, тис. люд.год	Кошторисна заробітна плата, тис.грн.	Показники одиничної вартості
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	12-001-001	монтаж	1184.558		1184.558	3.21364	250.508	
2	12-001-002	придбання		1146.428	1146.428	-		
		Всього по кошторису	1184.558	1146.428	2330.986	3.21364	250.508	

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

5.2 Техніко-економічні показники роботи системи теплохолодопостачання будівлі

Загальні витрати проекту представлені в таблиці 5.4, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості влаштування обладнання (значення приймається із об'єктного кошторису таблиці 5.3).

Таблиця 5.4 – Перелік інноваційних витрат

Орієнтовна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	23,31
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	4,66
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	34,96
Проектування	2,5	4	58,27
Експертиза інноваційного рішення	1	1	23,31
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	46,62
Виготовлення нового виробу	100	6	2330,986
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	69,93
Витрати на підготовку кадрів	5	2	116,55
Всього		21	2708,61

Показники комерційної ефективності проекту (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-191,14	-2648,46	1087,86	1097,58	1104,89	1110,59	901,97
2	Сальдо реальних грошей	-191,14	-2179,44	1087,86	1055,35	1062,66	1072,48	867,98
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-191,14	-2370,59	-1282,73	-227,38	835,28	1907,76	2775,74
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість (п.1×п.4)	-221,72	-2648,46	937,81	815,68	707,86	613,37	429,44
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п 5 ((t)+(t-1))	-221,72	-2870,19	-1932,38	-1116,70	-408,85	204,52	633,96

З таблиці 5. 5 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на 3-4 році реалізації проекту.

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чистими грошовими надходженнями визначаються за формулою [54]:

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (5.1)$$

де NCF_t - чистий грошовий потік на t -ому році;

R_t - результат виручки у t -й рік;

Z_t - витрати у t -й рік;

N_t - податки у t -й рік;

K_t – інвестиції у t -й рік;

T_p - розрахунковий період.

$$NV = 2743,88 \text{ тис. грн.}$$

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (5.2)$$

де η_t - коефіцієнт дисконтування, при нормі дисконта 16%.

$$NPV = 633,96 \text{ тис. грн.}$$

Якщо $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації;

якщо $NPV < 0$, то проект необхідно відхилити;

$NPV = 0$, то в разі прийняття рішення про реалізацію проекту інвестори не отримають доходів на вкладений капітал.

Висновок. Оскільки NPV та NV є додатними, тобто за розрахунковий період грошові надходження перевищують суму капітальних вкладень, що призведе до зростання доходів інвестора, то проект вважається ефективним.

Термін окупності

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t. \quad (5.3)$$

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (5.4)$$

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок t -го періоду, грн.,

CIF_t – чисті грошові надходження $(t+1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-221,72	-2648,46	937,81	815,68	707,86	613,37	429,44
Кумулятивна	-221,72	-2870,19	-1932,38	-1116,70	-408,85	204,52	633,96

Як видно з таблиці 5.6 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 3 та 4 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T = 3 + 408,85/613,52 = 3,66 \text{ років.}$$

5.3 Висновки до розділу 5

Склали кошторисні документи: локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об'єктний коштрис. В кошторисах пораховано:

- Кошторисна вартість $K_v = 2330,986$ тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 250,508 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість $T = 3,21$ тис. люд – год
- Вартість матеріалів – 413,773 тис. грн.

Розраховували основні показники ефективності інвестицій в проект:

- Чисті грошові надходження – 2463,28 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість – 633,96 тис. грн.;
- Термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 3,66 роки.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглянута проблема підвищення ефективності теплохолодопостачання житлової будівлі шляхом її енергетичної сертифікації та аналізу заходів для підвищення її класу енергоефективності за рахунок використання відновлюваних джерел енергії.

Проаналізовано об'єкт дослідження щодо характеристик огорожувальних конструкцій, як прозорих так і непрозорих, розглянуті особливості встановленого обладнання систем опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання.

Розроблено математичну модель для енергетичної сертифікації будівлі. Виконано енергетичну сертифікацію житлової будівлі визначено питоме енергоспоживання систем опалення і охолодження будівлі, яке склало 35,3 кВт·год/м². Визначено, що будівля відноситься до класу «А» за енергоспоживанням. Визначено питому енергопотребу на опалення та охолодження, яка склала 30,2 кВт·год/м². За рахунок шару утеплювача товщиною 200 мм вдалось досягнути нормативний термічний опір зовнішніх стін. Для забезпечення нормативного опору теплопередачі покриття використано 250 мм пінополістиролу.

Досліджено вплив п'яти енергоефективних заходів на показники енергетичної та екологічної ефективності будівлі. Виявлено, що заміна газового котла на тепловий насос з ґрунтовим теплообмінником дозволяє забезпечити клас «А» енергоефективності будівлі і відповідне зменшення енергоспоживання (на 123 кВт·год/м²), витрат первинної енергії (на 72 кВт·год/м²) і викидів парникових газів (18,5 кг/м²). Подвійне утеплення стін та покриття, заміна низькотемпературного газового котла на конденсаційний не дозволяють покращити клас енергоефективності будівлі.

Розроблено монтажну схему тепlopункту, що містить 3 реверсивних чіллери, бойлер непрямого нагріву, розширювальні баки, насоси та комунікації з запірною та регулювальною арматурою.

Складено відомість основних та допоміжних матеріалів, необхідних для монтажу обладнання та комунікацій тепlopункту. При цьому основного обладнання і матеріалів склала 3650,6 кг, а допоміжного – 1204,64 кг. Також визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах. Загальна маса обладнання – 300,09 кг. Визначено затрати паливно-енергетичних ресурсів для виконання монтажних робіт. Так витрата електроенергії на роботу електроінструменту складає 234,3 кВт год, а витрата пального для доставки та підйомних робіт вантажу 25,2 л.

Визначено трудомісткість виконання монтажних робіт 129,57 люд-дні і тривалість монтажних робіт 25 діб.

В роботі складений локальний кошторис на будівельні роботи із створення системи теплохолодopостачання житлової будівлі з використанням відновлюваних джерел енергії. Виявлено, що кошторисна вартість складає 2 331 тис. грн., з яких вартість матеріалів, конструкцій, обладнання 1 646 тис. грн, а кошторисна трудомісткість робіт склала 3,21 тис. люд.–год.

Розрахунки техніко-економічних показників показали, що чисті грошові надходження 2,33 млн. грн., чиста поточна вартість 633,96 тис. грн., термін окупності за кумулятивним методом складає 3,66 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Д'яченко П.О., Степанов Д. В. Енергоефективність житлового будинку у місті Вінниця // Доповідь на Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінниця, 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/paper/view/21042/17452> (дата звернення: 10.12.2024)
2. Д'яченко П.О., Степанов Д. В. Заходи підвищення енергоефективності житлової будівлі у місті Вінниця // Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "Інноваційні технології в будівництві", Вінниця, 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/viewFile/22615/18679> (дата звернення: 10.12.2024)
3. Відрновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відрновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
4. Морозов Ю. П. Видобування геотермальної енергії: монографія Київ: ІВЕ, 2022. 245 с.
5. Naumanna G., Schroppa E., Gaderera M. Life Cycle Assessment of an Air-Source Heat Pump and a Condensing Gas Boiler Using an Attributional and a Consequential Approach 29th CIRP Life Cycle Engineering Conference, P. 351–356. 2022.
6. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціювання повітря. К.: Мінрегіонбуд України, 2014 р.
7. Степанов Д. В., Боднар Л. А. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності. Монографія. Вінниця : Універсум, 2011. 132с.
8. Сиротюк С.В., Боярчук В.М., Гальчак В.П. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру : Навч. посіб. Львів : "Магнолія 2006", 2018. 182 с.
9. Закон України «Про альтернативні джерела енергії». – Відомості Верховної Ради, 2003. - №24. – С. 155.

10. Концепція Державної цільової економічної програми підтримки термомодернізації будівель до 2030 року URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2023-%D1%80#Text> (дата звернення 10.12.2024).

11. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Відомості Верховної Ради. – Офіц. вид. Київ : Парлам. вид-во, 2017. 359 с.

12. ДБН В.2.6-31:2021 - Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ. Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 23 с.

13. Наказ Мінрегіону України № 260 від 27.10.2010 Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text> (дата звернення 24.10.2024)

14. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. Київ. Мінрегіон України, 2016. 47 с.

15. Наказ Мінрегіону України №169 від 11.07.2018 Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text> (дата звернення 24.10.2024)

16. ДСТУ 9190 : 2022 – Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. ДП «УкрНДНЦ», 2022. 152 с.

17. ДСТУ 9191 : 2022 – Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. ДП «УкрНДНЦ», 2023. 60 с.

18. Prozuments A., Zemitis J., Bulanovs A. Cold Climate Challenges: Analysis of Heat Recovery Efficiency in Ventilation Systems *Energies*, №16, 7483. 2023.

19. Yozy Kepdib M.F, Singh R.M, Madiyai C., Facciorusso J.A. Heating and cooling geothermal systems in urban settings: The potential of energy micropiles *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V.208, 2025.

20. Masiukiewicz M., Tanczuk M., Anweiler S., Streckiene G., Boldyryev S. Long-term climate-based sizing and economic assessment of air-water heat pumps for residential heating *Applied Thermal Engineering*, V.258, 2025.

21. Liang H., Xie X., Liu M., Niu S., Su H. Research on Strategies for Air-Source Heat Pump Load Aggregation to Participate in Multi-Scenario Demand Response Energies, 17, 2471. 2024.
22. Serey N., Ahmad D., Jouhara H. Air-to-air heat pump: review of recent advances and future potential E3S Web of Conferences , 116, 00074. 2019.
23. Степанов Д.В., Степанова Н.Д. Математичні методи і моделі теплоенергетичного обладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 81 с.
24. Математичне моделювання: навчальний посібник / В.Г. Маценко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. 519 с.
25. Радченко С.Г. Математичне моделювання і оптимізація технологічних систем. Київ : Вища шк., 2001. 315 с.
26. DYNACIAT™ LG. Water chillers and water-to-water heat pumps. URL: <https://www.ciat.com/en/eu/products-systems/heat-pumps-and-chillers/water-cooled-units/dynaciat-lg/> (дата звернення: 10.12.2024 р.).
27. Бойлер непрямого нагріву 3000 літрів OPEKS-2-3000-CS-HHW-L. URL: <https://opeks.ua/ua/bojler-nepryamogo-nagrivu-3000-litriv-opeks-2-3000-cs-hhw-l/> (дата звернення: 10.12.2024 р.).
28. Циркуляційні насоси MAGNA3 40-100 F. URL: <https://product-selection.grundfos.com/ua/products/magna/magna3/magna3-40-100-f-97924269?pumpsystemid=2258303491&tab=variant-specifications> (дата звернення: 10.12.2024 р.).
29. Циркуляційні насоси MAGNA3 32-60. URL: <https://product-selection.grundfos.com/ua/products/magna/magna3/magna3-32-60-97924255?pumpsystemid=2258314670&tab=variant-curves> (дата звернення: 10.12.2024 р.).
30. ДСТУ 8943:2019. Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. : Чинний від 2021-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 20 с. (Національні стандарти України). URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86389. (дата звернення: 10.12.2024 р.).

31. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірники 15. Внутрішні санітарно-технічні роботи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 143 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/725f1280-5274-11ec-aebf-af65aba18177.pdf> (дата звернення: 10.12.2024 р.).

32. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 57 с. URL : <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/c464e588-eedb-417b-8d9f-83a4e5d3df86.pdf> (дата звернення: 10.12.2024 р.).

33. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 406 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-12-28/503fe171-e113-488b-8d73-9f8ce5e9de05.pdf> (дата звернення: 10.12.2024).

34. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26). - [Чинний від 2022-01-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 83 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/471a6f20-68a8-41de-a118-abb6654bd31a.pdf> (дата звернення: 10.12.2024 р.).

35. Технології заготівельних і монтажних робіт систем обігрівання та вентиляції [Текст] : навчальний посібник / В. М. Желих, О. Т. Возняк, О. М. Довбуш [та ін.] ; НУ "Львівська політехніка". Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2019. 276 с.

36. Степанова Н. Д., Степанов Д. В. Монтаж теплоенергетичного та тепло-технологічного обладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 119 с.

37. Бортовий автомобіль DFH 1160 B. URL: <https://dongfeng-trucks.com.ua/uk/bortovi-avtomobili/bortovyj-avtomobil-dfh-1160-b> (дата звернення: 28.12.2023 р.).

38. Зварювальний апарат IGBT Dnipro-M M-16PW. URL: <https://dnipro-m.ua/tovar/svarochnyj-apparat-igbt-m-16pw-2021/?tab=characteristics> (дата звернення: 10.12.2024 р.).

39. Кутова шліфмашина Dnipro-M GL-190S. URL: <https://dnipro-m.ua/tovar/ushm-gl-190s/>. (дата звернення: 10.12.2024 р.).

40. Опресувальник електричний AQUA WORD DSY-60. URL: https://termosvit.com.ua/ua/p1241511580-opressovschik-elektricheskij-aqua.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAqsitBhDIARIIsAGMR1RhyLxCkU5DsJEm9dUJcNKbSLl0HS8olCwwRRna-M_txTgcQu3eJjbgaAiZ9EALw_wcB. (дата звернення: 10.12.2024 р.).

41. Лебідка будівельна електрична швидкісна JK 1 т 100 м. URL: <https://lebedka.ua/lebidka-budivelna-elektrichna-shvidkisna-jk-1-t-100-m#specification> . (дата звернення: 10.12.2024 р.).

42. Перфоратор бочковий Dnipro-M BH-14S. URL: <https://dnipro-m.ua/tovar/perforator-bochkovoj-bh-14s/?tab=characteristics> (дата звернення: 10.12.2024 р.).

43. Ратушняк Г. С., Попова Г.С. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.092108 - «Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції» Вінниця: ВДТУ, 2003. 122 с

44. Економіка енергетики : підручник / Є. Г. Скловська [та ін.] ; НТУУ “КПІ”. 2-ге вид., випр. та доп. - Київ : Каравела, 2019. 492 с.

45. Скловська С.Г., Сердюк Б.М., Бахмачук С.В., Шевченко Т.С. Економіка Енергетики: Підручник. – К.: Каравела, 2020. 492 с.

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Теплохолодопостачання житлової будівлі з використанням відновлювальних джерел енергії

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ, група ТЕ-23М

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Керівник к.т.н., доцент Степанов Д.В.

(прізвище, ініціали, посада)

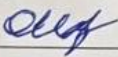
Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність	81%
Загальна схожість	9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор 

(підпис)

Дяченко П.О.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

Експерт

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

ДОДАТОК Б

ПОГОДЖЕНО

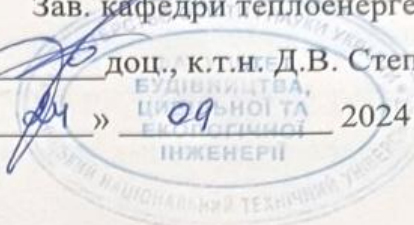
« _____ » _____ 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри теплоенергетики

доц., к.т.н. Д.В. Степанов

« 04 » 09 2024 р.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

тема:

«Теплохолодопостачання житлової будівлі з
використанням відновлюваних джерел енергії»

Керівник к.т.н., доц.

Д. В. Степанов

(підпис)

Розробив студент гр. ТЕ-23м

П. О. Д'яченко

(підпис)

Вінниця 2024

1 Тематика розробки та галузі застосування

Розробка стосується комунальної теплоенергетики і призначена вирішенню проблеми підвищення енергоефективності системи теплохолодопостачання житлової будівлі та зменшенню споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів. Підставою для виконання роботи є наказ ректора та виконаний аналіз показників роботи теплопункту системи теплохолодопостачання житлової будівлі.

2 Мета та призначення розробки

Метою є підвищення енергоефективності та екологічності теплохолодопостачання житлової будівлі шляхом її енергетичної сертифікації та використання відновлюваних джерел енергії.

3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є геометричні характеристики будівлі, режимні параметри роботи системи опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання, а також нормативні дані по методиках визначення енергоефективності будівель, допустимих термічних опорах зовнішніх огорожень, наведених в теплоенергетичних літературних джерелах:

1. Бабенко О. В., Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Моделювання енергоефективності житлової будівлі за умов різних джерел теплової енергії. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки»*. 2024. №3, т. 2. С. 27-32.
2. Степанов Д. В., Степанова Н.Д., Оникієнко С. М., Мартиненко В.В., Показники енергоефективності громадської будівлі. *Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві*, вип. 34, вип. 1, с. 134–139, Сер 2023.

3. Степанов Д. В., Степанова Н.Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплохолодопостачання. *Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві*. 2017. №1. С.118-122.
4. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ №169 від 11.07.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/Laws/show/ru/z0822-18#Text>. (дата звернення: 11.12.2022)
5. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : Мінрегіон України, 2014.
6. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель. К.: Мінрегіонбуд України, 2022 р.

4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 310 від 17.09.2024 р. Основою для розробки є детальний аналіз конструктивних та технологічних особливостей даної житлової будівлі, температурних режимів її роботи та можливостей впровадження реверсивних теплонасосних установок для опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання. Це дозволить зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів та техногенного навантаження на навколишнє середовище.

5 Технічні вимоги

Запроектована система повинна виконувати такі функції:

- забезпечення мінімальної енергопотреби, енергоспоживання будівлі та високого рівня її енергоефективності;
- забезпечення житлової будівлі теплотою та холодом з відповідними параметрами (витрата та температура енергоносія);
- розробка заходів для підвищення ефективності та екологічної чистоти енергопостачання житлової будівлі;

Проектні роботи включають розробку технології монтажу обладнання тепlopункту житлової будівлі, але не обмежуються даними видами робіт.

Необхідно зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів для забезпечення теплохолодопостачання житлової будівлі шляхом використання реверсивних теплових насосів типу «грунт-вода».

Технічні вимоги до виконання розрахунків енергоспоживання будівлі приймаються згідно ДСТУ 9190 – «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

6 Економічні показники

На підставі техніко-економічних розрахунків, проаналізувавши набір обладнання тепlopункту, витрати матеріалів та енергоресурсів для виконання монтажних робіт, затрати на обґрунтування, експертизу, пусконаладжувальні роботи та підготовку кадрів обрати найбільш раціональний варіант.

Необхідно оцінити доцільність впровадження енергоефективних заходів для підвищення класу енергоефективності житлової будівлі.

7 Заходи з енергозбереження

При розробці проектних рішень в магістерській роботі розглянуто такі заходи з енергозбереження:

- виконано оцінку впливу заходів для підвищення показників енергоефективності та класу енергоефективності житлової будівлі;
- виконано енергетичну сертифікацію житлової будівлі;
- виконано розробку технології монтажу обладнання тепlopункту системи теплохолодопостачання житлової будівлі, що супроводжується мінімальними витратами механізмів, матеріалів та енергоресурсів;

- на всіх трубопроводах подавання теплоти та холоду передбачено теплову ізоляцію із забезпеченням вимог ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря.

8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість ремонту чи заміни деталей та вузлів обладнання системи, вони повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими.

Вимоги з надійності

На надійність та довговічність обладнання системи теплохолодопостачання житлової будівлі впливають якість проекту, якість монтажу та якість обслуговування. Параметри показників надійності та безпечності встановлюють у відповідних державних стандартах, нормативах, Правилах.

9 Стадії і етапи розробки

- характеристика об'єкту проектування;
- аналітичний огляд наявної інформації щодо впровадження відновлюваних джерел енергії для теплохолодопостачання житлової будівлі;
- розробка математичної моделі для енергетичної сертифікації житлової будівлі;
- результати моделювання та дослідження впливу заходів на показники енергоефективності та клас енергоефективності житлової будівлі;
- розробка технології монтажу обладнання тепlopункту системи теплохолодопостачання житлової будівлі;
- розробка економічних показників джерела теплохолодопостачання житлової будівлі.

ДОДАТОК В

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ
З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

21000, Вінницька область, м. Вінниця, вулиця Монастирська, будинок 41

Ідентифікатор об'єкта будівництва:

-

Відомості про об'єкт сертифікації

нове будівництво

Функціональне призначення та назва будівлі:

Житловий будинок з підземним паркінгом і вбудованими громадськими приміщеннями

Відомості про конструкцію будівлі

Загальна площа, (м²):

15586,2

Загальний об'єм, (м³):

51434,5

Опалювана площа, (м²):

15586,2

Опалюваний об'єм, (м³):

51434,5

Кількість поверхів:

9

Рік прийняття в експлуатацію:

-

Кількість під'їздів або входів:

11



Шкала класів енергоефективності

A

B

C

D

E

F

G

<42,5

<68

≤85

≤102

≤114,8

≤127,5

>127,5

Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання

35,3

A

Питоме споживання первинної енергії:

150

0

50

100

150

200

250

300

350

400

>450

0

10

20

30

40

50

60

70

80

>90

Питомі викиди парникових газів:

25,2

Дані енергоаудитора:

Д'яченко Павло Олександрович

Номер та дата реєстрації:

ES01:6725-5249-4019-5415

I. Характеристики огорожувальних конструкцій будівлі

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, (м²×К/Вт)		Площа А, (м²)
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальними вимогами до енергетичної ефективності	
Зовнішні стіни	4,1	4	4622,2
Суміщені покриття			
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	6,7	6,0	1732
Перекрытия над проездами та неопалюваемыми подвалами			
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,9	0,9	2737,3
Зовнішні двері	0,71	0,7	31,2

Опис виявленого стану огорожувальних конструкцій

Зовнішні стіни:

Стіни - самонесучі з повнотілої керамічної цегли 510 мм, всередині опоряджені цементно-піщаною штукатуркою, ззовні утеплені шаром пінополістиролу товщиною 150 мм, опоряджені декоративною штукатуркою. Загальна площа стін, що контактують з зовнішнім повітрям 4622 м². Стан зовнішніх стін задовільний. Термічний опір зовнішніх стін становить 4,1 м²·К/Вт, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021.

Світлопрозорі конструкції (віконні, балконні блоки та ін.):

Загальна площа віконних та балконних блоків складає 1732 м², коефіцієнт скління фасаду 0,37. Вікна виконані в металопластикових рамах товщиною 80 мм та мають потрійний склопакет, причому 2 скла мають енергозбережні покриття. Термічний опір вікон складає 0,9 м²·К/Вт, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021.

Зовнішні двері:

Технічний стан зовнішніх дверей задовільний. Зовнішні двері - металопластикові енергозбережні. Приведений опір теплопередачі дверей відповідає мінімальним вимогам, оскільки існуюче значення цього опору становить 0,71 м2×К/Вт, що не менше ніж мінімально допустиме значення 0,7 м2×К/Вт відповідно ДБН В.2.6-31:2021.

Дах:

Будівля має холодний технічний поверх, що провітрюється. Перекрытия виконані з залізобетонних плит. Наявний шар керамзитового гравію товщиною 100 мм. Та два шари пінолістиролу загальною товщиною 250 мм. Стан горищного перекрытия задовільний. Дах будівлі плоский, розташований над технічним поверхом. Приведений коефіцієнт теплопередачі становить 6,7 м2×К/Вт, що відповідає мінімальним вимогам відповідно до ДБН В.2.6-31:2021.

Підвал:

Неопалюваний підвал знаходиться під всією площею першого поверху будівлі. В підвалі розміщені розведення трубопроводів системи опалення, холодного водопостачання, а також системи каналізації. Теплоізоляція перекрытия підвалу відсутня. Існуюче загальне значення опору теплопередачі перекрытия неопалюваного підвалу становить 1,06 м2×К/Вт, що не відповідає мінімальному значенню згідно ДБН В.2.6-31:2021.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

II. Показники енергетичної ефективності та фактичного енергоспоживання будівлі				
Показники енергетичної ефективності будівлі				
Назва показника енергетичної ефективності будівлі	Значення показника енергетичної ефективності будівлі			
	Визначене за результатами сертифікації		Встановлені мінімальні вимоги	
Питома енергопотреба (кВт×год/м² або [кВт×год/м³])	30,2		Не встановлено	
Питоме енергоспоживання (кВт×год/м² або [кВт×год/м³])	35,3		85	
Питоме споживання первинної енергії (кВт×год/м² або [кВт×год/м³])	150,0		Не встановлено	
Питомі викиди парникових газів (кг/м²)	25,2		Не встановлено	
Показники енергоспоживання будівлі				
Вид енергоспоживання	Обсяг енергоспоживання за рік			
	Визначений за показами відповідних приладів обліку		Визначений за результатами сертифікації	
	тис. кВт×год	кВт×год/м² [кВт×год/м³]	тис. кВт×год	кВт×год/м² [кВт×год/м³]
Види енергоспоживання, за якими визначається клас енергетичної ефективності будівлі				
Енергоспоживання при опаленні			549,4	35,2
Енергоспоживання при охолодженні			86,9	1,7
Енергоспоживання при постачанні гарячої води			102,2	6,6
Енергоспоживання при вентиляції			0,6	0,04
Обсяг енергоспоживання при освітленні			196,1	12,6
УСЬОГО:			935,2	56,14

Діаграма річного енергоспоживання будівлі

Система	Відсоток
Енергоспоживання систем опалення	59
Енергоспоживання систем вентиляції	21
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	11
Енергоспоживання систем охолодження	0,1

Причини відхилення обсягів споживання визначених за результатами сертифікації від обсягів споживання визначених за показами відповідних приладів обліку

-

III. Характеристики інженерних систем будівлі

Системи опалення

Теплопостачання будівлі здійснюється від теплового пункту, який розміщений на поверсі паркінгу, і містить три теплових насоси "грунт - вода" DYNACIAT LGP 350V, регулювання теплового потоку погодне. Фактичний температурний графік системи опалення 55/45°C. Система опалення налагоджена. Термостатичні клапани на фанкойлах наявні. Система розподілу теплоносія виконана з поліпропіленових трубопроводів. Загальна протяжність трубопроводів системи опалення – 14,4 тис. п.м. Теплоізоляція розподільних трубопроводів відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013.

Системи охолодження, кондиціювання, вентиляції

Система охолодження в будівлі забезпечується реверсивними тепловими насосами "грунт - вода" DYNACIAT LGP 350V. Вентиляція житлових приміщень неорганізована, відбувається в природній спосіб за рахунок перепаду тиску зовнішнього та внутрішнього повітря та повітропроникності огорожень через відкриття та нещільності віконних блоків. Видалення повітря з приміщень відбувається через вентиляційні канали, розміщені в несучих стінах будівлях. Вихід вентиляційних шахт розташований на даху будівлі. Приміщення громадського призначення та паркінг забезпечені припливно-витяжною вентиляцією.

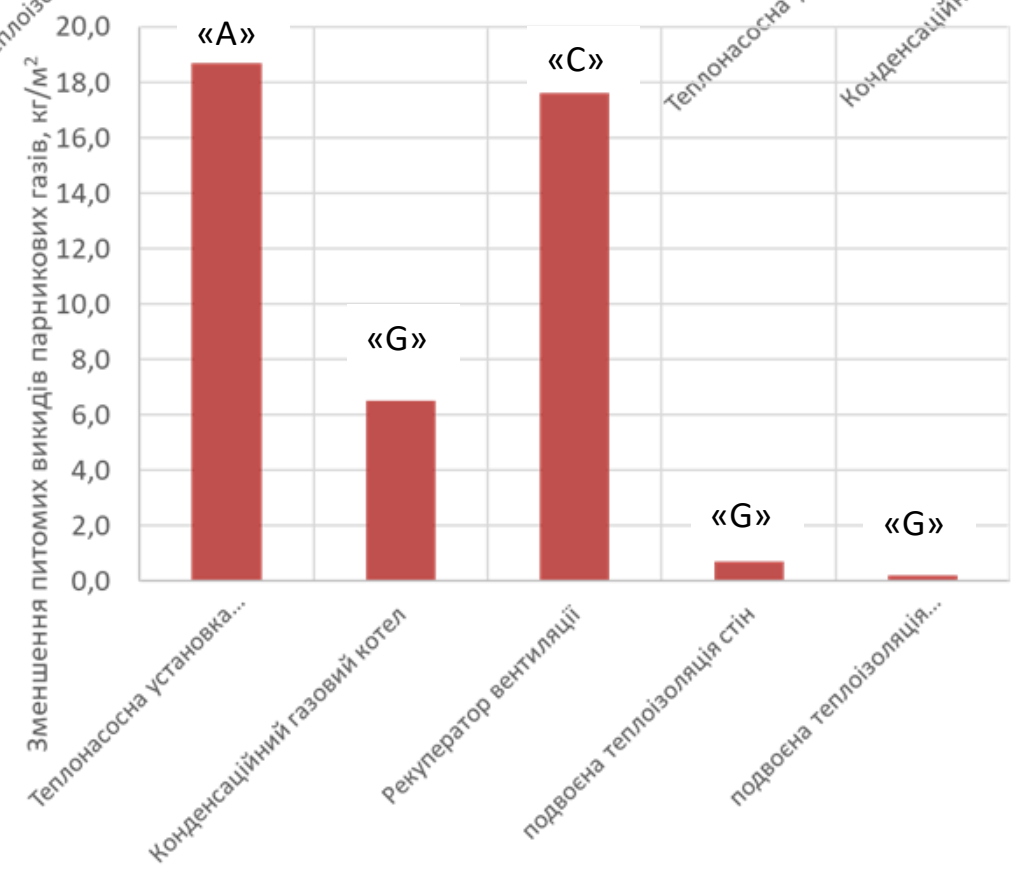
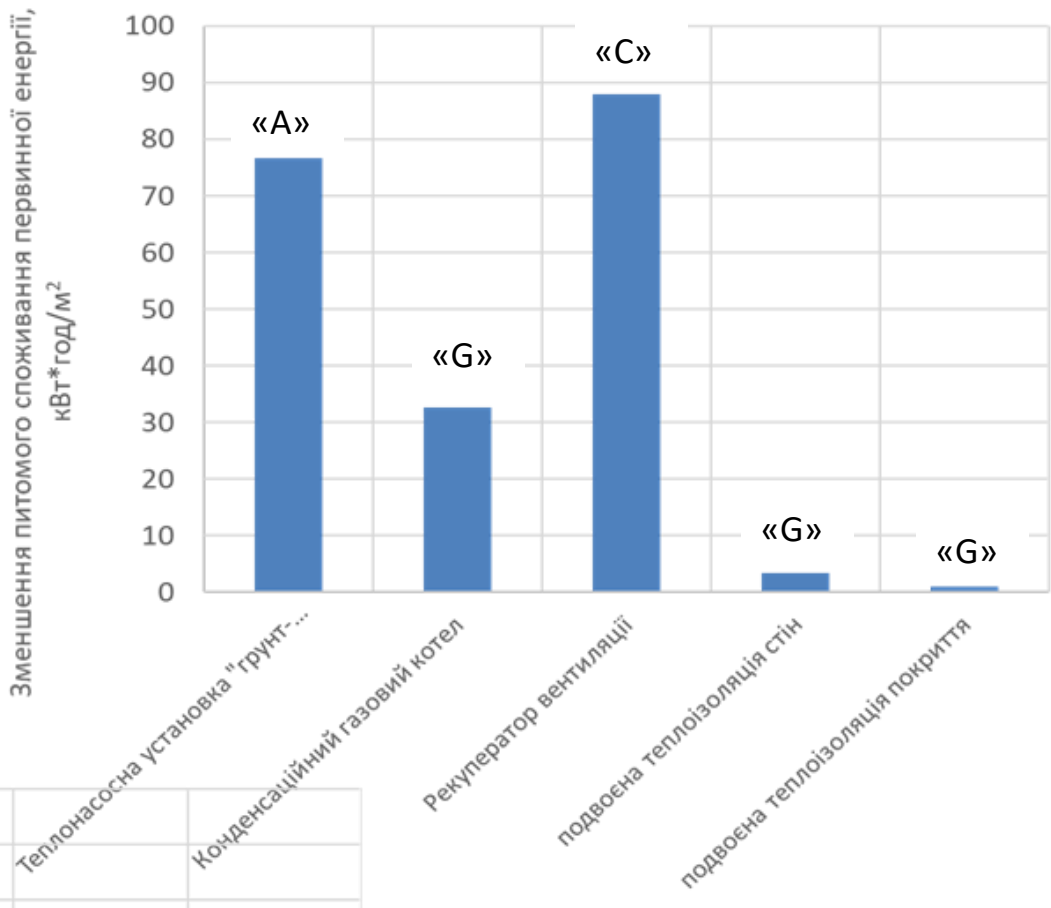
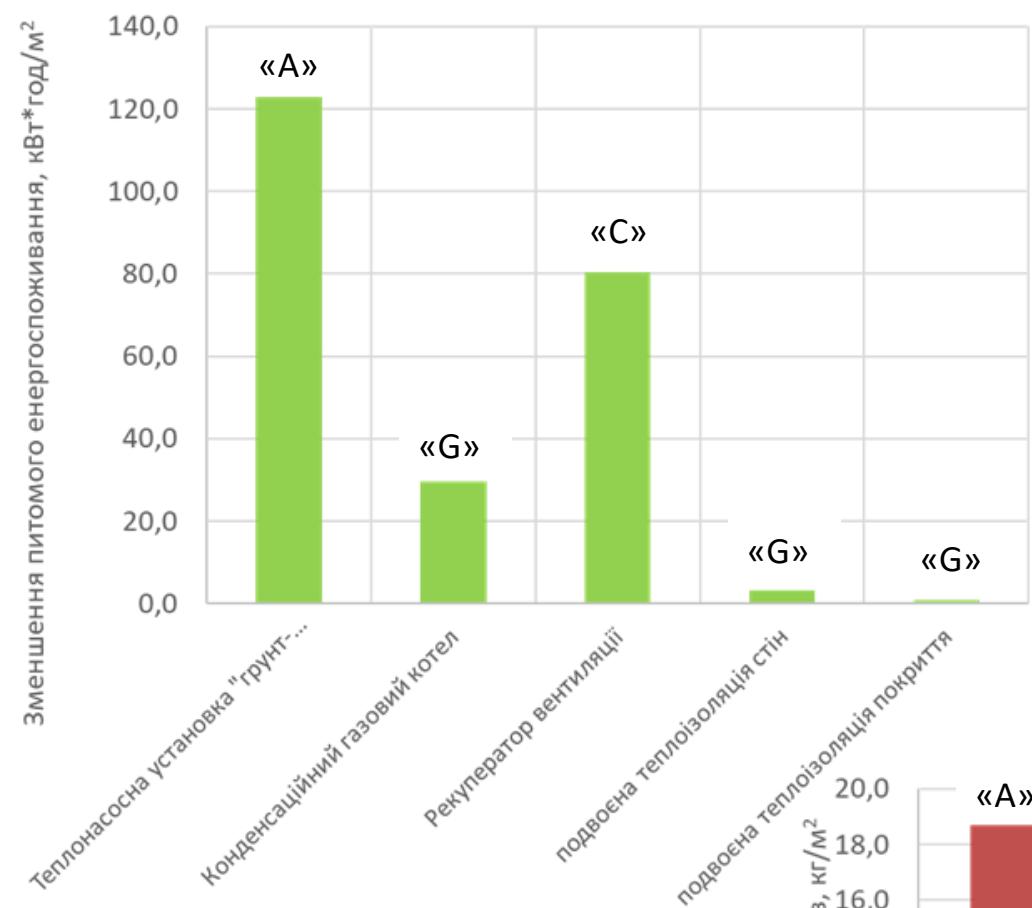
Системи постачання гарячої води

Температура гарячої води 50°C. Гаряче водопостачання - централізоване, від теплових насосів "грунт - вода" DYNACIAT LGP 350V, розміщених в тепловій станції на рівні паркінгу. Теплоізоляція трубопроводів відповідає вимогам ДБН. Циркуляційний контур системи гарячого водопостачання відсутній. Труби водопровідні поліпропіленові для гарячого водопостачання по ДСТУ Б В.2.7-144:2007. Довжина трубопроводів 2,2 тис. п.м.

Системи освітлення

Для освітлення житлових приміщень та місць загального користування є світильники з світлодіодними лампами. Система керування освітленням – ручна. Датчики присутності людей – відсутні.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ НА ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА КЛАС БУДІВЛІ



Перш. викор.	Справ. №	Поз. позначення	Найменування				Кіль.	Примітка				
		Обладнання										
		1	Груповий циклон ЦН-15-1000-Пр+Л-8У-СП-стЗ-сЗ-У1				1	шт				
		2	Бункер циклона пірамідальний з робочим об'ємом 38,32 м ²				1	шт				
		3	Опорна конструкція під циклон з бункером				1	шт				
		4	Димосос ДН-19 з електродвигуном АІР315М8				1	шт				
		5	Самонесуча димова труба D=1800 мм, Н=36 м				1	шт				
		6	Дросель-клапан ДКП 900 600				1	шт				
		7	Перехід (900 600) / (2000 1000) мм				1	шт				
		8	Секція газоходу 2000 1000 мм, L = 380 мм				1	шт				
		9	Секція газоходу 2000 1000 мм, L = 1000 мм				19	шт				
		10	Відвід 90° 2000 1000				3	шт				
		11	Перехід (2000 1000) / (2316 666)				2	шт				
		12	Відвід 90° 1000 2000				2	шт				
		Підп. і дата	На зам. інв. № інв. № дубл.	13	Секція газоходу 2000 1000 мм, L = 1075 мм				1	шт		
14	Перехід (2000 1000) / 1235 мм				1	шт						
15	Перехід (2000 1000) / 1800 мм				1	шт						
Підп. і дата	інв. № орг								08-15.МКР.006.02.00.000			
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Монтажна схема системи очищення газів			Літ.	Арк	Аркушів
		Розроб.	Оникієнко С.М.								1	1
		Перев.	Степанов Д.В.									
		ОпONENT	Андрухов В.М.									
		Н.контр.	Степанов Д.В.									
								ВНТУ гр. ТЕ-23м				

