

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

«На правах рукопису»

УДК 697.7

До захисту допущено

Завідувачка кафедри

\_\_\_\_\_ Ольга ЧЕРНОУСЕНКО  
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра  
за освітньо-професійною програмою  
«Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»  
спеціальності 144«Теплоенергетика»**

на тему: «Підвищення рівня енергоефективності чотириповерхової житлової будівлі в Луганській області за рахунок використання альтернативних джерел енергії»

Виконав: студент ІІ курсу, групи ТЕ-331мп

\_\_\_\_\_ Юрій ХРОПАТИЙ \_\_\_\_\_  
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Науковий керівник асистент, доктор філософії  
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

\_\_\_\_\_ Олена ЯЦЕНКО \_\_\_\_\_  
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Науковий керівник \_\_\_\_\_

Київ – 2024 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма

«Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

(підпис)

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Юрію Хропату

(Ім'я, Прізвище)

1. Тема дисертації: «Підвищення рівня енергоефективності чотириповерхової житлової будівлі в Луганській області за рахунок використання альтернативних джерел енергії».

Науковий керівник дисертації Олена Яценко, доктор філософії

(Ім'я, Прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р. № \_\_\_\_\_.

2. Термін подання студентом дисертації 02 грудня 2024 року.
3. Об'єкт дослідження Система енергозабезпечення житлової будівлі.
4. Вихідні дані до дисертації: поверхові плани з основними геометричними показниками будівлі, розміри вікон та дверей будівлі; опалювальний об'єм будівлі 5791,6 м<sup>3</sup>; теплове навантаження на систему опалення будівлі 117 кВт.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1) визначити теплотехнічні показники огорожувальних конструкцій, базовий рівень енергоспоживання та клас енергетичної ефективності будівлі за методиками діючих Державних стандартів України; 2) розробити розрахункову модель та дослідити потенціал впровадження класичних енергоефективних заходів; 3) провести оцінку ефективності використання альтернативних джерел енергії для енергозабезпечення будівлі у програмних продуктах Valentin Software; 4) розробити систему енергетичного менеджменту; 5) розробити стартап проєкт; 6) розробити заходи з охорони праці.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Фасад житлової будівлі (візуалізація геометрії будівлі) – 1 арк. ф. А1.

2. План проходження трубопроводів на типовому поверсі будівлі – 1 арк. ф.

А1.

3. Типові вузли утеплення фасадів – 1 арк. ф. А1.

4. Схема підключення теплового насосу до систем опалення та ГВП – 1 арк. ф.

А1.

5. Схема розміщення СЕС на даху будівлі – 1 арк. ф. А1.

6. Потенціал енергозбереження будівлі (плакат) – 1 арк. ф. А1.

7. Орієнтовний перелік публікацій: відсутні.

8. Консультанти розділів дисертації

| Розділ                                     | Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--|--|----------------|------------------|
|  |  | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Моделювання енергетичних процесів і систем | Ірина СУХОДУБ,<br>доцент                     |                |                  |

Дата видачі завдання «28» жовтня 2024р.

### Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації   | Строк виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1     | Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій та енергоефективності інженерних систем | 31.10.2024р                                     |          |
| 2     | Розрахунок показників енергоефективності житлової будівлі за методикою ДСТУ 9190:2022                   | 08.11.2024р.                                    |          |
| 3     | Визначення техніко-економічних показників заходів з енергозбереження                                    | 13.11.2024р.                                    |          |
| 4     | Розробка моделей з використанням альтернативних джерел енергії в програмних продуктах Valentin Software | 18.11.2024р.                                    |          |
| 5     | Енергетичний менеджмент та моніторинг   | 22.11.2024р.                                    |          |
| 6     | Розробка стартап проекту  | 22.11.2024р.                                    |          |
| 7     | Заходи з охорони праці  | 26.11.2024р.                                    |          |
| 8     | Графічна частина  | 30.11.2024р.                                    |          |
| 9     | Оформлення пояснювальної записки  | 01.12.2024р.                                    |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Юрій ХРОПАТИЙ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олена ЯЦЕНКО

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою підготовки «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем» на тему: «Підвищення рівня енергоефективності чотириповерхової житлової будівлі в Луганській області за рахунок використання альтернативних джерел енергії»: пояснювальна записка на 110 с., 34 рис., 45 табл., 11 бібліографічних найменувань; 6 кресленики ф. А1.

Об'єкт дослідження – система енергозабезпечення житлової будівлі.

Мета роботи – підвищення енергоефективності чотириповерхової житлової будівлі в Луганській області шляхом розробки та впровадження енергоефективних заходів та інженерних рішень, спрямованих на використання альтернативних джерел енергії, з урахуванням кліматичних умов регіону та економічної доцільності.

Проведено розрахунки показників енергоефективності, в тому числі класу енергоефективності, будівлі за методикою ДСТУ 9190:2022. На основі отриманих результатів визначено ряд енергоефективних заходів, які допоможуть покращити умови комфортності, підвищити клас енергоефективності та зменшити грошові витрати на енергетичні ресурси.

Окрім класичних заходів, які застосовуються для подібних будівель, запропоновано енергоефективні рішення, які передбачають використання альтернативних джерел енергії, таких як сонячна та геотермальна енергія. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення PV\*SOL та GeoT\*SOL проведено моделювання альтернативних джерел енергозабезпечення. Для системи теплозабезпечення підібрано геотермальні теплові насоси. Для підтримки їх роботи та покриття потреб в електроенергії циркуляційних насосів та системи освітлення місць загального користування запропоновано розмістити сонячний масив на даху будівлі. В ході розробки даного рішення виконано креслення схеми підключення теплового насосу до систем опалення та ГВП, а також схеми розміщення сонячної електростанції на даху будівлі.

Ключові слова: енергоефективність, житлова будівля, тепловий насос, сонячна електростанція, PV\*SOL, GeoT\*SOL.

## SUMMARY

Master's Thesis for the degree of Master of Science in the Educational and Professional Program "Energy Management and Engineering of Thermal Power System". Title «Improving the energy efficiency of a four-story residential building in the Luhansk region through the use of alternative energy sources». Thesis consists of 110 pages, 34 figures, 45 tables, 11 references, and 6 A1 format drawings.

The object of research: the energy supply system of a residential building.

The main purpose of the master's thesis is to enhance the energy efficiency of a four-story residential building in the Luhansk region by developing and implementing energy-efficient measures and engineering solutions focused on the use of alternative energy sources, considering the regional climatic conditions and economic feasibility.

The work includes calculations of energy efficiency indicators, including the building's energy efficiency class, based on the DSTU 9190:2022 methodology. Based on the results, a series of energy-efficient measures were proposed to improve comfort, increase the energy efficiency class, and reduce financial costs for energy resources.

In addition to conventional measures applied to similar buildings, energy-efficient solutions involving alternative energy sources such as solar and geothermal energy were proposed. Specialized software, *PV\*SOL and GeoT\*SOL*, was used to model alternative energy supply systems. Geothermal heat pumps were selected for the heating system. To support their operation and meet the electricity needs of circulation pumps and lighting in common areas, a solar array was proposed to be installed on the building's roof. During the development of this solution, the connection scheme for the heat pump to heating and hot water supply systems, as well as the layout of the solar power plant on the building's roof, were designed.

Keywords: energy efficiency, residential building, heat pump, solar power plant, *PV\*SOL, GeoT\*SOL*.

**Пояснювальна записка  
до магістерської дисертації**

на тему: Підвищення рівня енергоефективності чотириповерхової житлової  
будівлі в Луганській області за рахунок використання  
альтернативних джерел енергії

## ЗМІСТ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>ВСТУП.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>  | <b>14</b> |
| 1.1 Загальні відомості про будівлю .....  | 14        |
| 1.2 Геометрія та конструктивні особливості оболонки будівлі.....  | 15        |
| 1.3 Система теплопостачання будівлі .....   | 20        |
| 1.4 Система електропостачання будівлі .....   | 21        |
| 1.5 Споживання та облік енергоресурсів .....  | 21        |
| 1.6 Висновки до розділу 1.....  | 22        |
| <b>2 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БУДІВЛІ.....</b>  | <b>23</b> |
| 2.1 Теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій .....  | 23        |
| 2.2 Визначення енергетичних показників будівлі за ДСТУ 9190:2022 .....                                    | 26        |
| 2.3 Висновки до розділу 2.....  | 46        |
| <b>3 РОЗРАХУНОК ЗАХОДІВ З.....</b>  | <b>47</b> |
| <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДИНКУ .....</b>  | <b>47</b> |
| 3.1 Дослідження потенціалу впровадження класичних заходів для підвищення енергоефективності будівлі ..... | 47        |
| 3.2 Дослідження потенціалу впровадження заходів з використанням альтернативних джерел енергії.....        | 51        |
| 3.3 Висновки до розділу 3.....  | 69        |
| <b>4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ .....</b>   | <b>71</b> |
| 4.1 Необхідність впровадження заходів з енергоефективності .....  | 71        |
| 4.2 Служба енергоменеджменту та енергомоніторингу.....  | 73        |
| 4.3 Енергозберігаючі заходи для мешканців із мінімальними витратами....                                   | 74        |
| 4.4 Висновки до розділу 4.....  | 76        |

|           |             |          |        |      |  |                           |       |         |
|-----------|-------------|----------|--------|------|--|---------------------------|-------|---------|
|           |             |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ   |                           |       |         |
|           | Арк.        | № докум. | Підпис | Дата |  |                           |       |         |
| Розробив  | Хропатий    |          |        |      | Енергоефективність<br>житлового будинку.<br>Пояснювальна записка | Стадія                    | Аркуш | Аркушів |
| Перевірів | Яценко      |          |        |      |  | МДп                       | 6     | 116     |
| Т.контр.  | Буяк        |          |        |      |  | КПІ ім. Ігоря Сікорського |       |         |
| Н.контр.  | Боженко     |          |        |      |  | Кафедра ТАЕ, Гр. ТЕ-331мп |       |         |
| Зав.каф.  | Черноусенко |          |        |      |  |                           |       |         |



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

### УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$\alpha_{вн.}$  – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої сторони будівлі;

$\alpha_{зов.}$  – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої сторони будівлі;

$\lambda$  – теплопровідність матеріалу;

$\delta$  – товщина шару матеріалу;

$\Delta t$  – різниця температури в приміщенні та середньої температури зовнішнього повітря за опалювальний період;

$F_i$  – площа огорожувальної конструкції

$n$  – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур

$\Sigma\beta$  – параметр що враховує орієнтацію ОК відносно сторін світу

$H_{tr,adj}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, встановлений для різниці температур всередині-ззовні

$\theta_{int,set,H}$  – задана внутрішня температура в будівлі в опалювальний період

$\theta_e$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища

$t$  – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок

$H_D$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища

$H_G$  – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту

$H_U$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми

$H_A$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель

$b_{tr,x}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує некондиціоновані площі

$A_i$  – площа і-го елемента теплоізоляційної оболонки будівлі виміряна за внутрішніми розмірами, включно з площею внутрішніх дверних та віконних укосів

$H_{iu}$  – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі між кондиціонованим об'ємом/зоною та некондиціонованим об'ємом/ приміщенням оранжерейного типу

$b_u$  – поправочний коефіцієнт

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 8    |

$H_{ve,adj}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією для опалення

$\rho_a \cdot c_a$  – теплоємність одиниці об'єму повітря

$q_{ve,mn,H}$  – усереднена за часом витрата повітря для вентиляції для опалення та для охолодження відповідно

$b_{ve,H}$  – температурний поправковий коефіцієнт, що коригує коефіцієнт теплопередачі вентиляцією замість різниці температур у випадках, коли температура припливного повітря не дорівнює температурі зовнішнього середовища

$q_{inf,mn,H}$  – усереднена за часом витрата повітря для інфільтрації для опалення

$n_{inf}$  – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації

$V$  – об'єм зони (чи вентиляційної підзони)

$\Phi_{int,mn,k}$  – усереднена за часом щільність теплового потоку від  $k$ -го внутрішнього джерела залежно від призначення будівлі

$A_{f,k}$  – кондиціонована площа  $k$ -ї зони будівлі

$\Phi_{sol,mn,k}$  – усереднений за часом тепловий потік від  $k$ -го джерела сонячного випромінювання

$F_{sh,ob,k}$  - знижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції  $k$ -ої поверхні

$A_{sol,k}$  – еквівалентна площа інсоляції  $k$ -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі

$I_{sol,k}$  – сонячна радіація, значення середньомісячної дози сонячної радіації, осередненої для однієї години для сприймальної площі  $k$ -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності

$F_{r,k}$  – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом

$\Phi_{r,k}$  – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від  $k$ -го елемента будівлі

$R_{se}$  – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини

$U_c$  – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини

$A_c$  – площа проекції елемента

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 9    |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

$h_r$  – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні

$\Delta\theta_{er}$  – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери

$Q_{H,gn}$  – сумарна теплопередача для режиму опалення

$Q_{H,ht}$  – сумарні теплонадходження для режиму опалення

$\alpha_H$  – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі

$\alpha_{H,0}$  – довідковий безрозмірний числовий параметр

$\tau_{H,0}$  – довідкова часова константа

$\tau$  – часова константа зони будівлі

$C$  – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі

$f_{hydr}$  – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи

$Q_{H,em,out}$  – енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць

$f_{im}$  – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення

$f_{rad}$  – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку

$\eta_{em}$  – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні

$\eta_{str}$  – складова, яка враховує вертикальний профіль температури повітря в приміщенні

$\eta_{ctr}$  – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення

$\eta_{emb}$  – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень

$k$  – коефіцієнт для розрахунку утилізованої частини додаткової енергії впродовж і-го місяця

$Q_{H,em,out,i}$  – енергія виходу підсистеми тепловіддачі за і-й місяць

$W_{H,em,aux,i}$  – додаткова енергія впродовж і-го місяця

$Q_{H,em,ls,rvd,i}$  – утилізовані тепловтрати підсистем тепловіддачі впродовж і-го місяця

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 10   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

$Q_{H,em,ls,nrvd,i}$  – неутилізовані тепловтрати для підсистеми тепловіддачі впродовж  $i$ -го місяця

$\psi_{L,j}$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі  $j$ -го трубопроводу

$\theta_{m,i}$  – середня температура теплоносія в зоні впродовж  $i$ -го місяця

$\theta_i$  – температура навколишнього середовища

$L_j$  – довжина трубопроводу

$t_{op,an,i}$  – години опалення впродовж  $i$ -го місяця

$Q_{H,dis,out,i}$  – енергія виходу з підсистеми розподілення впродовж  $i$ -го місяця

$Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$  – неутилізована тепловтрата для підсистеми розподілення впродовж  $i$ -го місяця

$\eta_{H,gen}$  – ефективність підсистеми генерування теплоти

$Q_{C,dis,out}$  – енергія виходу підсистеми розподілення впродовж певного місяця

$\eta_{C,gen}$  – ефективність підсистеми генерування

$\eta_{pg}$  – ефективність генерації електроенергії

$EP_{use}$  – загальне питоме енергетичне споживання при опаленні, охолодженні

## СКОРОЧЕННЯ

ІТП – Індивідуальний тепловий пункт;

СЕС – Сонячна електростанція;

ГВП – Гаряче водопостачання;

ХВП – Холодне водопостачання;

АКБ – Акумуляторна батарея;

ФЕМ – Фотоелектричний модуль;

ФЕС – Фотоелектрична станція;

ОК – огорожувальні конструкції;

ДСТУ – державний стандарт України;

ДБН – державні будівельні норми;

LED – світлодіодні лампи;

ЖБК – житлово будівельний кооператив;

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 11   |

ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирного будинку;

МЗК – Місця загального користування;

ЕУ – електричне устаткування;

ТЕУ – техніко-електричне устаткування;

НГ – Не горючі;

ЗІЗ – Засоби індивідуального захисту;

## ТЕРМІНИ

*Стрінг* – послідовно з'єднані ланцюги сонячних панелей.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 12   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

## ВСТУП

Метою даного дослідження є аналіз енергетичної ефективності багатоквартирного житлового будинку ОСББ «Новоайдарський Дім» з розробкою рекомендацій щодо підвищення її рівня. Проект базується на комплексному підході до оцінки теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій, систем теплопостачання та електропостачання, а також споживання енергоресурсів.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення комфорту проживання мешканців у будівлях з низькими теплоізоляційними властивостями, скорочення тепловтрат та зниження витрат на енергоносії. Такі заходи є важливими з огляду на економічну доцільність та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Об'єктом дослідження є багатоквартирний будинок, розташований у смт. Новоайдар, який характеризується застарілими конструктивними рішеннями та енергетичними системами. Особливістю об'єкта є наявність індивідуального обліку споживання енергоресурсів мешканцями, що ускладнює визначення загальних енергетичних характеристик будівлі.

Основними завданнями роботи є:

1. Аналіз існуючого стану будівлі з точки зору теплотехнічних та енергетичних показників.
2. Проведення розрахунків тепловтрат через огороджувальні конструкції.
3. Визначення ефективності систем енергозабезпечення будівлі.
4. Розробка рекомендацій для підвищення енергоефективності, включаючи модернізацію інженерних систем та утеплення конструкцій.

Даний проєкт спрямований на вирішення актуальних проблем у галузі енергозбереження, що відповідає сучасним стандартам енергоефективності та вимогам екологічної стійкості.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 13   |

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про будівлю

Об'єктом дослідження дипломного проектування є багатоквартирна житлова будівля ОСББ «НОВОАЙДАРСЬКИЙ ДІМ» розташована за адресою: смт. Новоайдар, пров. Незалежності, буд. 7. Станом на 2024 р. смт. Новоайдар знаходиться під окупацією російської федерації. На рисунку 1.1 зображено місцезосташування будівлі.



Рисунок 1.1 – Місцезосташування будівлі

Рік вводу в експлуатацію житлового будинку – 1992. З 2005 у будинку було організовано об'єднання співвласників багатоквартирного будинку “Новоайдарський Дім”. Будівля має 4 поверхи. Загальна кількість квартир – 32. Конфігурація секцій – лінійна. На рисунку 1.2 зображено фото будівлі.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 14   |



Рисунок 1.2 – Об’єкт дослідження ОСББ “Новоайдарський Дім”

## 1.2 Геометрія та конструктивні особливості оболонки будівлі

Житловий будинок складається з трьох типових чотириповерхових секцій, розташованих лінійно. В будівлі наявний неопалювальний підвал та неопалювальне горище. Дах чотирьохскатний. Присутні неопалювальні площі у вигляді зашкленних балконів. Інформація щодо розмірних характеристик будівлі наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розмірні характеристики будівлі

|                                    |        |                           |       |
|------------------------------------|--------|---------------------------|-------|
| Площа забудови, м <sup>2</sup>     | 651,1  | Кількість поверхів        | 4     |
| Опалювальна площа, м <sup>2</sup>  | 2173,2 | Середня висота поверху, м | 2,5   |
| Опалювальний об’єм, м <sup>3</sup> | 5791,6 | Висота будівлі, м         | 10,95 |

### Характеристики зовнішніх стін

Зовнішні стіни виконані із залізобетонних панелей товщиною 350 мм. По периметру фасаду наявне клаптикове утеплення окремих квартир. В таблиці 1.2 наведено загальні характеристики зовнішніх стін будівлі. На рисунку 1.3 зображено стан фасадів будівлі.

Таблиця 1.2 – Характеристики зовнішніх стін будівлі.

| Найменування   | Одиниця        | Величина   |       |       |       |
|--|----------------|--|-------|-------|-------|
| Загальна площа зовнішніх стін  | м <sup>2</sup> | 1023,3   |       |       |       |
| Площа зовнішніх стін, що межує з зовнішнім повітрям                          | м <sup>2</sup> | 775,1  |       |       |       |
| Площа зовнішніх стін, що межує з неопалювальними приміщеннями                | м <sup>2</sup> | 248,2  |       |       |       |
| Матеріал   | -              | – залізобетонні панелі 350 мм;<br>– розчин цементно-піщаний 20 мм. |       |       |       |
| Орієнтація зовнішніх стін за сторонами світу                                 | -              | Пн-Сх  | Пд-Сх | Пд-Зх | Пн-Зх |
| Площа зовнішніх стін, що межує з зовнішнім повітрям за орієнтацією           | м <sup>2</sup> | 95,3   | 280,2 | 101,4 | 277,1 |
| Площа зовнішніх стін, що межує з неопалювальними приміщеннями за орієнтацією | м <sup>2</sup> | 3,1  | 12,4  | -     | 21,6  |



Рисунок 1.3 – Фасади житлового будинку

### Характеристики світлопрозорих конструкцій

Значна кількість дерев'яних віконних блоків були замінені мешканцями самостійно у ході експлуатації будівлі. Замінені віконні блоки складаються з ПВХ профілю та двокамерного склопакету. Не замінені вікна складаються з дерев'яного профілю та однокамерного склопакету. В таблиці 1.3 наведено загальні характеристики світлопрозорих конструкцій будівлі.



## Характеристика зовнішніх дверей

Будівля має 3 вхідні групи обладнані металевими дверми. В таблиці 1.4 наведено загальні характеристики зовнішніх дверей будівлі.

Таблиця 1.4 – Характеристика зовнішніх дверей будівлі

| Найменування                         | Одиниця        | Величина |
|--------------------------------------|----------------|----------|
| Загальна площа вхідних дверей        | м <sup>2</sup> | 282,1    |
| Матеріал дверних конструкцій         | -              | Метал    |
| Орієнтація дверей за сторонами світу | -              | Пн-Зх    |

На рисунку 1.5 зображено стан зовнішніх дверей будівлі.



Рисунок 1.5 – Зовнішні двері житлового будинку

## Характеристика покрівлі (даху, горищного перекриття)

Дах житлового будинку виконаний у вигляді чотирьохскатної крівлі вкритої шифером. Перекриття між неопалювальним горищем та опалювальними приміщеннями виконано із залізобетонної плити товщиною 200 мм, яка додатково утеплена шаром керамзитового гравію товщиною 150 мм. Стан гідроізоляції покриття незадовільний. Загальні характеристики перекриття над неопалювальним горищем представлені в таблиці 1.5.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 18   |

Таблиця 1.5 – Характеристика перекриття над неопалювальним горищем

| Найменування                        | Одиниця        | Величина  |
|-------------------------------------|----------------|---|
| Тип даху                            | -              | Чотирихскатний  |
| Загальна площа горищного перекриття | м <sup>2</sup> | 775,1   |
| Конструкція горищного перекриття    | -              | – цементно-піщана стяжка 10 мм;<br>– залізобетонна плита 200 мм;<br>– гравій керамзитовий 150 мм. |
| Висота горищного поверху            | м              | 3,6   |

На рисунку 1.6 зображено стан з неопалювального горища будівлі.



Рисунок 1.6 – Горище житлового будинку

### Характеристика перекриття над неопалювальним підвалом

Під всією площею будівлі присутній неопалювальний підвал зі світловими прорізами в стінах. Перекриття виконане із залізобетонних панелей товщиною 400 мм. Загальна характеристика перекриття представлена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Характеристика перекриття над неопалювальним підвалом

| Найменування  | Одиниця        | Величина  |
|---|----------------|---|
| Загальна площа перекриття над неопалювальним підвалом | м <sup>2</sup> | 543,3   |
| Конструкція перекриття над неопалювальним підвалом    | -              | – покриття підлоги 10 мм;<br>– цементно-піщана стяжка 10 мм;<br>– залізобетон 400 мм. |
| Середня висота підвалу, м                             | м              | 2,2   |

На рисунку 1.7 зображено стан цоколю будівлі.



Рисунок 1.7 – Цоколь житлового будинку

### 1.3 Система теплопостачання будівлі

У 1996 р. відбулася реконструкція системи теплопостачання внаслідок якої було ліквідовано централізоване теплопостачання та встановлено індивідуальні квартирні двоконтурні газові котли, які працюють на потреби опалення та ГВП. У якості опалювальних приладів використовуються чавунні та сталеві радіатори, встановлені під вікнами зовнішніх стін без радіаційного захисту. Система розподілення: двотрубна, горизонтальна.

Регулювання температури здійснюється індивідуально мешканцями. Усереднений температурний режим становить 18-22 °С.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 20   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

## 1.4 Система електропостачання будівлі

Будинок підключено до міської електромережі через понижуючий трансформатор 0,4/10 кВ. На вводі в будинок встановлено загальнобудинковий лічильник. Також встановлено квартирні лічильники для забезпечення індивідуального обліку споживання електроенергії. В другій секції встановлено загальнобудинкову електрощитову. В місцях загального користування на житлових поверхах встановлено розподільчі щитові з лічильниками на декілька квартир. Фото розподільчої щитової зображено на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Розподільча електрощитова

## 1.5 Споживання та облік енергоресурсів

Оскільки в будинку організовано індивідуальний облік споживання усіх енергоресурсів, інформація стосовно загальнобудинкового споживання відсутня.

В таблиці 1.7 наведено тарифи на енергоресурси. Оскільки в даний момент смт. Новоайдар знаходиться під окупацією, тарифи на енергоресурси прийматимемо аналогічними до сусідніх регіонів.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 21   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

Таблиця 1.7 – Тарифи на енергоресурси в Луганській області

| Енергоресурси | Газ                | Електроенергія | Водопостачання     | Водовідведення     |
|---------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Одиниця       | грн/м <sup>3</sup> | Грн/кВт·год    | грн/м <sup>3</sup> | грн/м <sup>3</sup> |
| Вартість      | 9,84               | 4,32           | 24,92              | 15,26              |

### 1.6 Висновки до розділу 1

Будівля ОСББ «Новоайдарський дім» характеризується низькими теплоізоляційними властивостями, зумовленими конструктивними особливостями, старими матеріалами стін та частково заміненими вікнами. Наявність неопалюваного підвалу та горища також сприяє значним тепловтратам. Система опалення представлена індивідуальними котлами, що ускладнює оцінку загального енергоспоживання. Для підвищення енергоефективності рекомендовано утеплення фасадів, заміну дерев'яних вікон та модернізацію систем енергозабезпечення. Реалізація цих заходів дозволить скоротити тепловтрати та підвищити комфорт мешканців.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 22   |

## 2 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БУДІВЛІ

### 2.1 Теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій

Для розрахунку енергоефективності житлового будинку першочергово потрібно визначити теплотехнічні характеристики існуючих огорожувальних конструкцій. В даному випадку нас першочергово цікавлять наступні параметри: опір теплопередачі, коефіцієнт теплопровідності та тепловтрати через огорожувальні конструкції житлового будинку. Вихідними даними для визначення даних параметрів є інформація щодо геометричних характеристик огорожувальних конструкцій будівлі, їх матеріал та температурні характеристики зовнішнього та внутрішнього середовища. За ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» [1] визначимо кліматичні характеристики для населеного пункту де розташовується будинок. Результати зображено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Кліматичні характеристики для смт. Новоайдар

| Характеристика   | Одиниця | Величина |
|--|---------|----------|
| Температурна зона регіону                                      | -       | I        |
| Розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення       | °C      | -25      |
| Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період | °C      | -0,4     |
| Тривалість опалювального періоду                               | доба    | 172      |
| Розрахункове значення внутрішньої вологості                    | %       | 55       |
| Переважаючий напрям вітру                                      | -       | Сх       |

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [2] визначаємо що нормативна температура для житлових приміщень становить 20°C.

Інформацію стосовно геометричних характеристик будівлі було взято з існуючої будівельної документації на будівлю. Матеріал та розміри огорожувальних конструкцій було наведено в розділі 1.1.

За формулою (2.1) можна визначати питомий опір теплопередачі огорожувальних конструкцій,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ :

$$R_{\text{ок}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{зов}}}, \quad (2.1)$$

де  $\alpha_{\text{вн}}$  – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої сторони будівлі,  $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  за ДСТУ 9191:2022 [3];

$\alpha_{\text{зов}}$  – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої сторони будівлі,  $\alpha_{\text{зов}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  за [3];

$\lambda$  – теплопровідність матеріалу, визначається за [3],  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$\delta$  – товщина шару матеріалу, м.

За формулою (2.2) визначаємо коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  [3]:

$$K_{\text{ок}} = \frac{1}{R_{\text{ок}}} \quad (2.2)$$

За формулою (2.3) визначаємо тепловтрати огорожувальної конструкції з урахуванням її орієнтації відносно сторін світу, кВт [4]:

$$Q_{\text{ок}} = K_{\text{ок}} \cdot F_i \cdot \Delta t \cdot (1 + \Sigma\beta) \cdot n \quad (2.3)$$

де  $\Delta t$  – різниця температури в приміщення та середньої температури зовнішнього повітря за опалювальний період,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$F_i$  – площа огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>;

$n$  – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур;

$\Sigma\beta$  – параметр що враховує орієнтацію ОК відносно сторін світу.

За формулою (2.4) визначимо сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції, кВт [4]:

$$Q_{\text{ок}} = Q_{\text{окПн}} + Q_{\text{окПд}} + Q_{\text{окСх}} + Q_{\text{окЗх}}, \quad (2.4)$$

Результати розрахунків теплотехнічних показників наведено в таблиці 2.2.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 24   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

Таблиця 2.2 – Теплотехнічні характеристики ОК будівлі

| ОК                 | Одиниця                                 | Зовнішні стіни | Світлопрозорі конструкції | Зовнішні двері | Дах    | Підлога |
|--------------------|---|----------------|---------------------------|----------------|--------|---------|
| $R$                | $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ | 0,82           | 0,66                      | 0,6            | 1,1    | 0,41    |
| $K$                | $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ | 1,22           | 1,52                      | 1,67           | 0,91   | 2,44    |
| $Q_{\text{пн-сх}}$ | кВт                                     | 2658,9         | 153,0                     | 0,0            | 6045,4 | 16219,5 |
| $Q_{\text{пд-сх}}$ | кВт                                     | 7513,7         | 3494,7                    | 0,0            |        |         |
| $Q_{\text{пд-зх}}$ | кВт                                     | 2648,8         | 146,0                     | 0,0            |        |         |
| $Q_{\text{пн-зх}}$ | кВт                                     | 7937,7         | 4284,0                    | 568,5          |        |         |
| $Q^{\text{сум}}$   | кВт                                     | 20759,1        | 8077,8                    | 568,5          | 6045,4 | 16219,5 |
| $Q_0$              | кВт                                     | 51670,2        |                           |                |        |         |

Для розуміння рівня енергоефективності огорожувальних конструкцій порівняємо отримані значення опорів теплопередачі та коефіцієнта теплопровідності з нормативними за ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція. Отримані результати заносимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняння теплотехнічних характеристик ОК

| ОК                        | $R_{\text{існ.}}$                       | $R_{\text{норм.}}$                      | $K_{\text{існ.}}$                       | $K_{\text{норм.}}$                      |
|---------------------------|---|---|---|---|
| Одиниця                   | $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ | $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ | $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ | $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ |
| Зовнішні стіни            | 0,82                                    | 4,00                                    | 1,22                                    | 0,25                                    |
| Світлопрозорі конструкції | 0,66                                    | 0,90                                    | 1,52                                    | 1,11                                    |
| Зовнішні двері            | 0,6                                     | 0,70                                    | 1,67                                    | 1,43                                    |
| Дах                       | 1,1                                     | 6,00                                    | 0,91                                    | 0,17                                    |
| Підлога                   | 0,41                                    | 5,00                                    | 2,44                                    | 0,20                                    |

З таблиці чітко видно, що усі існуючі огорожувальні конструкції не відповідають нормативним значенням та потребують термомодернізації.

Для графічної візуалізації балансу тепловтрат через огорожувальні конструкції на основі отриманих даних побудуємо кругову діаграму. Кругова діаграма зображена на рисунку 2.1.

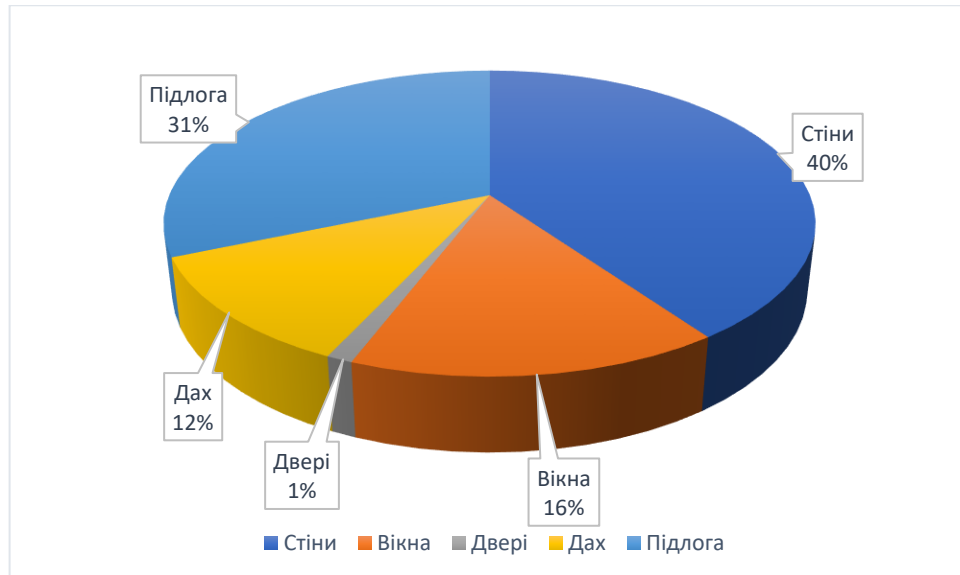


Рисунок 2.1 – Баланс тепловтрат через ОК

## 2.2 Визначення енергетичних показників будівлі за ДСТУ 9190:2022

Для визначення енергетичних показників будівлі використано методику розрахунку, представлену в ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання» [4]. Оскільки розрахунок за [4] проводиться на квазістаціонарному рівні, тепловтрати та теплонадходження визначаються помісячно.

### 2.2.1 Теплопередача трансмісією та вентиляцією

За формулою (2.5) розраховуємо загальну теплопередачу трансмісією, кВтгод [4]:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.5)$$

де  $H_{tr,adj}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, встановлений для різниці температур всередині-ззовні, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$  – задана внутрішня температура в будівлі в опалювальний період, °С;

$\theta_e$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

$t$  – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год.

Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією розраховуємо за формулою (2.6), Вт/К [4]:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_G + H_U + H_A, \quad (2.6)$$

де  $H_D$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

$H_G$  – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

$H_U$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

$H_A$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

За формулою (2.7) розраховуємо узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К [4]:

$$H_D = b_{tr,x} \sum_{i=1}^n A_i \cdot U_i, \quad (2.7)$$

де  $b_{tr,x}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує некондиціоновані площі;

$A_i$  – площа  $i$ -го елемента теплоізоляційної оболонки будівлі виміряна за внутрішніми розмірами, включно з площею внутрішніх дверних та віконних укосів, м<sup>2</sup>;

$H_U$  – приведений коефіцієнт теплопередачі  $i$ -го елемента теплоізоляційної оболонки будівлі, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Оскільки в даній будівлі опалювальний об'єм не межує з підлогою по ґрунту, значення коефіцієнту теплопередачі до ґрунту приймаємо рівним 0.

За формулою (2.8) розраховуємо узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К [4]:

$$H_U = H_{iu} \cdot b_u, \quad (2.8)$$

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 27   |

де  $H_{iu}$  – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі між кондиціонованим об’ємом/зоною та некондиціонованим об’ємом/ приміщенням оранжерейного типу, Вт/К;

$b_u$  – поправочний коефіцієнт.

Оскільки в даній будівлі опалювальний об’єм не межує з суміжними опалювальними будівлями, значення коефіцієнту  $H_A$  приймаємо рівним 0.

Результати розрахунків трансмісійних тепловтрат через оболонку будівлі заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Теплопередача трансмісією через оболонку будівлі під час опалювального періоду.

| Місяць            | $\theta_e$ ,<br>°C | $t$ ,<br>дні | $H_D$ ,<br>Вт/К | $H_{U \text{ гор.}}$ | $H_{U \text{ х. підв.}}$ | $H_{U \text{ неконд.}}$ | $H_{tr}$ ,<br>Вт/К | $Q_{trH}$ ,<br>кВтгод |
|-------------------|--------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|
| 1                 | -5                 | 744          | 1285,72         | 445,92               | 393,10                   | 330,12                  | 2454,85            | 45660,26              |
| 2                 | -4,2               | 672          |                 |                      |                          |                         |                    | 39921,80              |
| 3                 | 1,1                | 744          |                 |                      |                          |                         |                    | 34519,16              |
| 4                 | 10,1               | 144          |                 |                      |                          |                         |                    | 3499,64               |
| 10                | 8,2                | 360          |                 |                      |                          |                         |                    | 10428,21              |
| 11                | 2,2                | 720          |                 |                      |                          |                         |                    | 31461,39              |
| 12                | -2,5               | 744          |                 |                      |                          |                         |                    | 41094,23              |
| $\Sigma Q_{tr} =$ |                    |              |                 |                      |                          |                         |                    | 206584,69             |

Теплопередачу вентиляцією, кВтгод, можна розрахувати за формулою (2.9) [4]:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.9)$$

де  $H_{ve,adj}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією для опалення, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$  – задана температура зони будівлі для опалення та для охолодження відповідно, °C;

$\theta_e$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °C;

$t$  – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год.

Загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К, для опалення розраховується за формулою (2.10) [4]:

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot (q_{ve,mn,H} \cdot b_{ve,H} + q_{inf,mn,H}), \quad (2.10)$$

де  $\rho_a \cdot c_a$  – теплоємність одиниці об’єму повітря, дорівнює 0,336 Вт·год/(м·К);

$q_{ve,mn,H}$  – усереднена за часом витрата повітря для вентиляції для опалення та для охолодження відповідно, м<sup>3</sup>/год;

$b_{ve,H}$  – температурний поправковий коефіцієнт, що коригує коефіцієнт теплопередачі вентиляцією замість різниці температур у випадках, коли температура припливного повітря не дорівнює температурі зовнішнього середовища;

$q_{inf,mn,H}$  – усереднена за часом витрата повітря для інфільтрації для опалення, м<sup>3</sup>/год.

За формулою (2.11) розрахуємо усереднена за часом витрата повітря для інфільтрації для опалення, м<sup>3</sup>/год [4]:

$$q_{inf,mn,H} = n_{inf}V, \quad (2.11)$$

де  $n_{inf}$  – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, год<sup>-1</sup>;

$V$  – об’єм зони (чи вентиляційної підзони), призначений для вентиляції. Для однозонного розраховування та якщо весь об’єм будівлі призначений для вентиляції, то дорівнює кондиціонованому об’єму будівлі, м<sup>3</sup>.

Результати помісячних розрахунків зображено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Теплопередача вентиляцією у житловій будівлі

| Місяць          | $\theta_e$ | $t$ | $H_{ve}$ | $Q_{veH}$ |
|-----------------|------------|-----|----------|-----------|
| Одиниця         | °С         | дні | Вт/К     | кВт·год   |
| 1               | -5         | 744 | 981,44   | 18254,72  |
| 2               | -4,2       | 672 |          | 15960,51  |
| 3               | 1,1        | 744 |          | 13800,57  |
| 4               | 10,1       | 144 |          | 1399,14   |
| 10              | 8,2        | 360 |          | 4169,14   |
| 11              | 2,2        | 720 |          | 12578,09  |
| 12              | -2,5       | 744 |          | 16429,25  |
| $\sum Q_{ve} =$ |            |     |          | 82591,41  |

За формулою (2.12) розрахуємо сумарну помісячну теплопередачу будівлі, кВтгод [4]:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}. \quad (2.12)$$

В таблиці 2.6 зображені розрахунку сумарної теплопередачі для кожного місяця під час опалювального періоду.

Таблиця 2.6 – Розрахунок сумарної теплопередачі для режиму опалення.

| Місяць  | $Q_{tr}$  | $Q_{ve}$ | $Q_{ht}$  |
|---------|-----------|----------|-----------|
| Одиниця | кВтгод    | кВтгод   | кВтгод    |
| 1       | 45660,26  | 18254,72 | 63914,98  |
| 2       | 39921,80  | 15960,51 | 55882,31  |
| 3       | 34519,16  | 13800,57 | 48319,73  |
| 4       | 3499,64   | 1399,14  | 4898,78   |
| 10      | 10428,21  | 4169,14  | 14597,35  |
| 11      | 31461,39  | 12578,09 | 44039,48  |
| 12      | 41094,23  | 16429,25 | 57523,48  |
| Разом   | 206584,69 | 82591,41 | 289176,10 |

На рисунку 2.2 зображено діаграма балансу теплопередачі трансмісійним та вентиляційним шляхом.

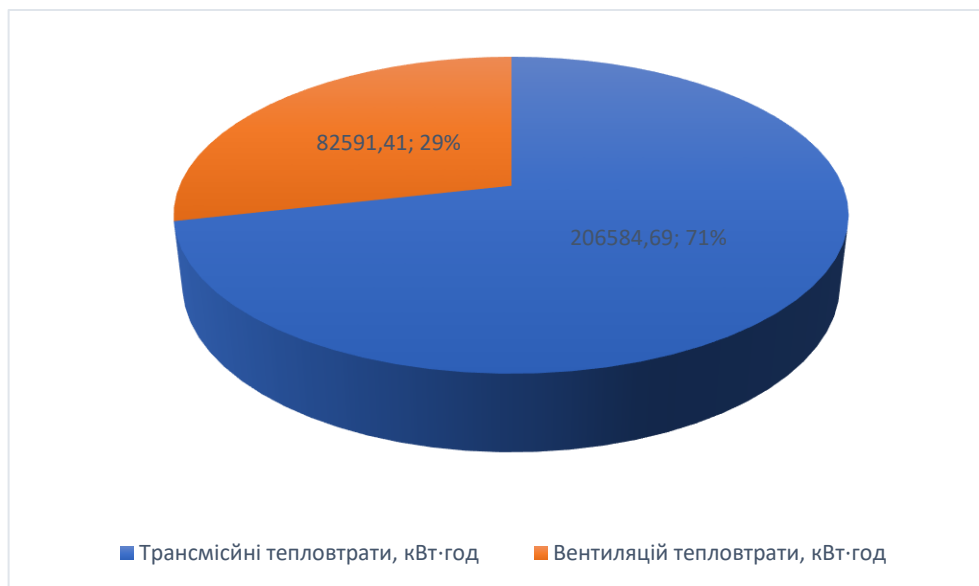


Рисунок 2.2 – Баланс теплопередачі будівлі

З діаграми бачимо, що теплопередача через оболонку будівлі значно вища, порівняно з вентиляцією, що свідчить про значний потенціал енергозбереження при впровадженні заходів спрямованих на підвищення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

## 2.2.2 Теплонадходження від сонця та внутрішніх джерел

За ДСТУ 9190:2022 при розрахунку внутрішніх теплонадходжень у будівлі враховуються:

- внутрішній тепловий потік від людей  $\Phi_{int,Oc}$ ;
- внутрішній тепловий потік від освітлення  $\Phi_{int,L}$ ;
- внутрішній тепловий потік від обладнання  $\Phi_{int,A}$ .

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядають,  $Q_{int}$ , розраховують для кожного місяця за формулою (2.13), Вт·год [4]:

$$Q_{int} = \left( \sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_{f,k} \right) \cdot t, \quad (2.13)$$

де  $H_{ve,adj}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією для опалення, Вт/К;

$\Phi_{int,mn,k}$  – усереднена за часом щільність теплового потоку від  $k$ -го внутрішнього джерела залежно від призначення будівлі, що може бути прийнята згідно з таблицею 6 як сума метаболічної теплоти, освітлення та обладнання, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_{f,k}$  – кондиціонована площа  $k$ -ї зони будівлі, м<sup>2</sup>;

$t$  – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год.

За формулою (2.14) визначимо усереднений за часом тепловий потік, Вт/м<sup>2</sup> [4]:

$$\Phi_{int,mn,k} = \frac{N}{168} \cdot (\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,L} + \Phi_{int,A}), \quad (2.14)$$

де  $N$  – графік використання, залежно від призначення будівлі, год/тиждень.

Відповідно до формул наведених вище проведемо розрахунок внутрішніх теплонадходжень за кожен місяць протягом опалювального сезону. Отримані результати зображені в таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Внутрішні теплонадходження протягом опалювального періоду.

| Місяць             | $\theta_e, ^\circ\text{C}$ | $t, \text{дні}$ | $\Phi_{int}, \text{Вт/м}^2$ | $Q_{intH}, \text{кВт}\cdot\text{год}$ |
|--------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| 1                  | -5                         | 744             | 3,87                        | 6251,86                               |
| 2                  | -4,2                       | 672             |                             | 5646,84                               |
| 3                  | 1,1                        | 744             |                             | 6251,86                               |
| 4                  | 10,1                       | 144             |                             | 1210,04                               |
| 10                 | 8,2                        | 360             |                             | 3025,09                               |
| 11                 | 2,2                        | 720             |                             | 6050,19                               |
| 12                 | -2,5                       | 744             |                             | 6251,86                               |
| $\Sigma Q_{int} =$ |                            |                 |                             | 392536                                |

Джерелом теплових надходжень від сонця є сонячна радіація, режим якої характерний у даній місцевості, та її визначають орієнтацією сприймальних поверхонь, постійним чи рухомим затіненням, пропусканням та поглинанням сонячної енергії й характеристиками теплопередачі сприймальних поверхонь. Величину, що містить характеристики та площу сприймальних поверхонь (включно з впливом затінення), називають еквівалентною площею інсоляції.

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядають, для кожного місяця  $Q_{sol}$ , розраховують за формулою (2.15), Вт·год [4]:

$$Q_{sol} = (\sum_k \Phi_{sol,mn,k}) \cdot t \cdot 10^{-3}. \quad (2.15)$$

де  $\Phi_{sol,mn,k}$  – усереднений за часом тепловий потік від  $k$ -го джерела сонячного випромінювання, Вт;

$t$  – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год.

Сонячні теплові надходження через  $k$ -ий елемент будівлі розрахуємо за формулою (2.16), кВт [4]:

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}, \quad (2.16)$$

де  $F_{sh,ob,k}$  - знижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції  $k$ -ої поверхні;

$A_{sol,k}$  – еквівалентна площа інсоляції  $k$ -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м<sup>2</sup>;

$I_{sol,k}$  – сонячна радіація, значення середньомісячної дози сонячної радіації, осередненої для однієї години для сприймальної площі  $k$ -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_{r,k}$  – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають:  $F_r = 1$  – для незатіненого горизонтального даху,  $F_r = 0,5$  – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$  – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від  $k$ -го елемента будівлі, Вт.

Еквівалентну площу інсоляції застекленого елемента оболонки  $A_{sol}$ , розраховують за формулою (2.17), м<sup>2</sup> [4]:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (2.17)$$

де  $F_{sh,gl}$  – знижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів;

$g_{gl}$  – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента.

Через те, що осереднений за часом загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії – це параметр, значення якого дещо нижче за  $g_n$ , то для його обчислення використовують поправковий коефіцієнт  $F_w$ , як наведено у формулі (2.18) :

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n, \quad (2.18)$$

де  $F_w$  – поправковий коефіцієнт для нерозсіювального скління, приймають  $F_w = 0,9$ .

Для застеклених елементів оболонки з нерозсіювальним склінням коефіцієнт пропускання сонячної енергії для випромінювання, перпендикулярного до скління  $g_n$  необхідно розраховувати з урахуванням оптичних властивостей багат шарового скління або приймати згідно з даними таблиці.

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі  $\Phi_r$ , Вт, визначають за формулою (2.19) [4]:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (2.19)$$

де  $R_{se}$  – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м<sup>2</sup>·К/Вт;

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 33   |

$U_c$  – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$A_c$  – площа проекції елемента, м<sup>2</sup>;

$h_r$  – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\Delta\theta_{er}$  – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °С.

За формулами (2.15) – (2.19) проводимо розрахунок теплонадходжень від сонячного випромінювання. Результати розрахунку зображені в таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Теплові надходження від сонячного випромінювання.

| Місяць  | $t$ | $\Phi_{sol\text{ вік}}$ | $\Phi_{sol\text{ ст}}$ | $\Phi_{sol\text{ дах}}$ | $Q_{sol}$ |
|---------|-----|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------|
| Одиниця | дні | Вт                      | Вт                     | Вт                      | кВтгод    |
| 1       | 744 | 1800,29                 | 0,00                   | 0,00                    | 1339,41   |
| 2       | 672 | 3360,16                 | 0,00                   | 0,00                    | 2258,03   |
| 3       | 744 | 5016,49                 | 407,43                 | 0,00                    | 4035,40   |
| 4       | 144 | 6393,55                 | 762,46                 | 0,00                    | 1030,46   |
| 10      | 360 | 4033,32                 | 171,04                 | 0,00                    | 1513,57   |
| 11      | 720 | 1946,04                 | 0,00                   | 0,00                    | 1401,15   |
| 12      | 744 | 1486,47                 | 0,00                   | 0,00                    | 1105,93   |

Сумарні теплові надходження, кВтгод, для кожної зони будівлі для кожного місяця знаходиться за формулою (2.20) [4]:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}. \quad (2.20)$$

В таблиці 2.9 зображені розрахунку сумарних теплонадходжень для кожного місяця під час опалювального періоду.

Таблиця 2.9 – Розрахунок сумарної теплопередачі для режиму опалення.

| Місяць  | $Q_{intH}$ | $Q_{sol}$ | $Q_{gn}$ |
|---------|------------|-----------|----------|
| Одиниця | кВт·год    | кВт·год   | кВт·год  |
| 1       | 6251,86    | 1339,41   | 7591,28  |
| 2       | 5646,84    | 2258,03   | 7904,87  |
| 3       | 6251,86    | 4035,40   | 10287,26 |
| 4       | 1210,04    | 1030,46   | 2240,50  |
| 10      | 3025,09    | 1513,57   | 4538,66  |
| 11      | 6050,19    | 1401,15   | 7451,34  |
| 12      | 6251,86    | 1105,93   | 7357,79  |
| Разом   | 34687,75   | 12683,95  | 47371,70 |

На рисунку 2.2 зображено діаграма балансу внутрішніх та сонячних теплонадходжень до будівлі.

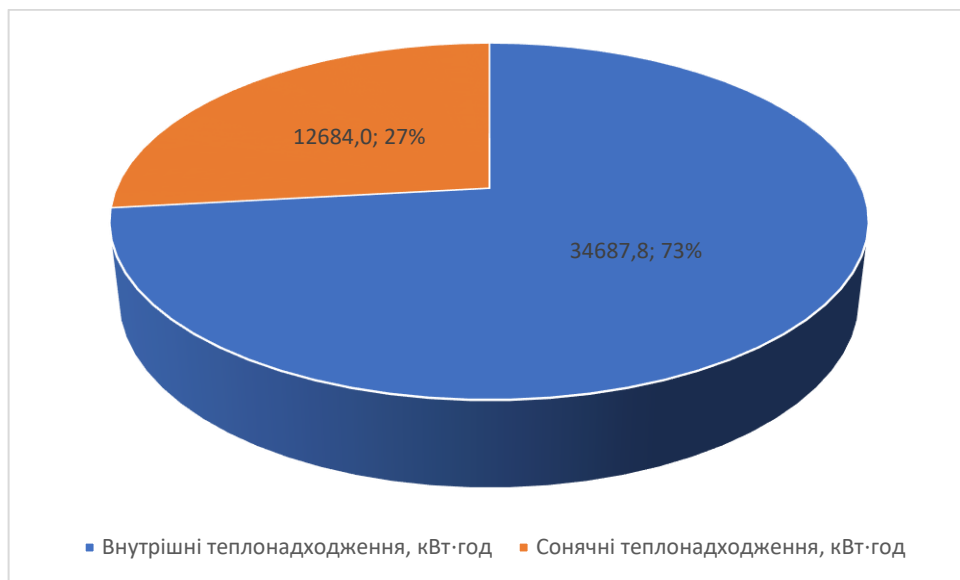


Рисунок 2.3 – Баланс теплонадходжень будівлі

З діаграми бачимо, що внутрішні теплонадходження значно перевищують сонячні.

### 2.2.3 Розрахункова енергопотреба на опалення будівлі

Безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення визначимо за формулою (2.21) [4]:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad (2.21)$$

де  $Q_{H,gn}$  – сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт·год;

$Q_{H,ht}$  – сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт·год.

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення розраховується за формулою (2.22) [4]:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{\alpha_H}}{1 - \gamma_H^{\alpha_H + 1}}, \quad (2.22)$$

де  $\alpha_H$  – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі,  $\tau_H$ ;

Часова константа будівлі розраховується за формулою (2.23):

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}, \quad (2.23)$$

де  $\alpha_{H,0}$  – довідковий безрозмірний числовий параметр, приймаємо за 1;

$\tau_{H,0}$  – довідкова часова константа, рівна 15 год;

$\tau$  – часова константа зони будівлі.

Часова константа зони будівлі  $\tau$ , год, характеризує внутрішню теплову інерцію кондиціонованої зони розраховується за формулою (2.24) [4]:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}. \quad (2.24)$$

Внутрішню теплоємність будівлі або зони будівлі,  $Bm \cdot год/K$ , розраховують за формулою (2.25):

$$C_m = C \cdot A_f, \quad (2.25)$$

де  $C$  – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Втгод/(м<sup>2</sup>·К);

$A_f$  – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м<sup>2</sup>.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 36   |

За формулою (2.26) визначимо сумарну енергопотребу на опалення, кВт [4]:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}. \quad (2.26)$$

Результати розрахунків помісячної енергопотреби на опалення зображено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Енергетична потреба на опалення.

| Місяць  | $Q_{ht}$ | $\eta_{H,gn}$ | $Q_{gn}$ | $Q_{H,nd}$ |
|---------|----------|---------------|----------|------------|
| Одиниця | кВтгод   |               | кВтгод   | кВтгод     |
| 1       | 63914,98 | 0,999         | 7591,28  | 56332,61   |
| 2       | 55882,31 | 0,998         | 7904,87  | 47992,99   |
| 3       | 48319,73 | 0,994         | 10287,26 | 38098,69   |
| 4       | 4898,78  | 0,950         | 2240,50  | 2769,63    |
| 10      | 14597,35 | 0,982         | 4538,66  | 10142,24   |
| 11      | 44039,48 | 0,997         | 7451,34  | 36612,91   |
| 12      | 57523,48 | 0,999         | 7357,79  | 50176,44   |
| Разом   |          |               |          | 242125,5   |

#### 2.2.4 Розрахункове енергоспоживання на опалення будівлі

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі визначається помісячно,  $Втгод$ , за формулою (2.27) [4]:

$$Q_{H,em,ls,i} = \left( \frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H,em,out}, \quad (2.27)$$

де  $Q_{H,em,out} = Q_{H,nd}$  – енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць,  $Втгод$ ;

$f_{hydr}$  – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи;

$f_{im}$  – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення;

$f_{rad}$  – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку;

$\eta_{em}$  – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні.

За формулою (2.28) визначимо загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні [4]:

$$\eta_{em} = \frac{1}{4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})}, \quad (2.28)$$

де  $\eta_{str}$  – складова, яка враховує вертикальний профіль температури повітря в приміщенні;

$\eta_{ctr}$  – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення;

$\eta_{emb}$  – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень.

Складову, яка враховує вертикальний профіль температури повітря в приміщенні визначимо за формулою (2.29) [4]:

$$\eta_{str} = \frac{\eta_{str1} + \eta_{str2}}{2}, \quad (2.29)$$

де  $\eta_{str1}, \eta_{str2}$  – табличне значення за ДСТУ 9190:2022.

Енергію входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі/виділення, розраховують за формулою (2.30) [4]:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out,i} - k \cdot W_{H,em,aux,i} - Q_{H,em,ls,rvd,i} + Q_{H,em,ls,nrvd,i}, \quad (2.30)$$

де  $k$  – коефіцієнт для розрахунку утилізованої частини додаткової енергії впродовж  $i$ -го місяця;

$Q_{H,em,out,i}$  – енергія виходу підсистеми тепловіддачі за  $i$ -й місяць, Вт·год;

$W_{H,em,aux,i}$  – додаткова енергія впродовж  $i$ -го місяця, Вт·год;

$Q_{H,em,ls,rvd,i}$  – утилізовані тепловтрати підсистем тепловіддачі впродовж  $i$ -го місяця, Вт·год;

$Q_{H,em,ls,nrvd,i}$  – неутілізовані тепловтрати для підсистеми тепловіддачі впродовж  $i$ -го місяця, Вт·год.

Загальні тепловтрати підсистеми розподілення визначаються помісячно, кВт·год, за формулою (2.31) [4]:

$$Q_{H,dis,ls,i} = \sum \psi_{L,j} \cdot (\theta_{m,i} - \theta_i) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i}. \quad (2.31)$$

де  $\psi_{L,j}$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі  $j$ -го трубопроводу, Вт/(м·К);

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 38   |

$\theta_{m,i}$  – середня температура теплоносія в зоні упродовж  $i$ -го місяця, °С;

$\theta_i$  – температура навколишнього середовища, °С;

$L_j$  – довжина трубопроводу, м;

$t_{op,an,i}$  – години опалення упродовж  $i$ -го місяця, год.

Енергію входу для підсистеми розподілення розрахуємо за формулою (2.32) [4]:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,out,i} + Q_{H,dis,ls,nrvd,i}, \quad (2.32)$$

де  $Q_{H,dis,out,i}$  – енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж  $i$ -го місяця, Вт·год;

$Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$  – неутилізована тепловтрата для підсистеми розподілення упродовж  $i$ -го місяця, Вт·год.

Загальні тепловтрати підсистеми генерування теплоти, кВт·год, розраховуємо за формулою (2.33) [4]:

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i} \cdot \frac{1-\eta_{H,gen}}{\eta_{H,gen}}, \quad (2.33)$$

де  $Q_{H,gen,out,i}$  – енергія виходу з підсистем генерування упродовж  $i$ -го місяця, Вт·год,  $Q_{H,gen,out,i} = Q_{H,dis,in,i}$

$\eta_{H,gen}$  – ефективність підсистеми генерування теплоти, що є табличною величиною та визначається за ДСТУ 9190:2022.

Результати розрахунків енергоспоживання на опалення будівлі представлені в таблицях 2.11-2.12.

Таблиця 2.11 – Результати розрахунків підсистеми тепловіддачі

| Міс.    | $t_{op}$ | $Q_{H,em,ls}$ | $Q_{H,em,ls.rvd}$ | $Q_{H,em,ls.nrvd}$ | $Q_{H,em,in} = Q_{H,dis,out}$ |
|---------|----------|---------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|
| Одиниця | год      | кВт·год       | кВт·год           | кВт·год            | кВт·год                       |
| 1       | 744      | 7599,27       | 6072,28           | 1526,98            | 63931,88                      |
| 2       | 672      | 6474,25       | 5169,21           | 1305,04            | 54467,25                      |
| 3       | 744      | 5139,51       | 4085,14           | 1054,37            | 43238,20                      |
| 4       | 144      | 373,62        | 284,04            | 89,58              | 3143,26                       |
| 10      | 360      | 1368,19       | 1074,40           | 293,78             | 11510,42                      |
| 11      | 720      | 4939,08       | 3938,13           | 1000,95            | 41551,99                      |
| 12      | 744      | 6768,80       | 5407,13           | 1361,68            | 56945,24                      |

Таблиця 2.12 – Результати розрахунків підсистеми розподілення

| Місяць  | $t_{op}$ | $Q_{H,gen,ls}$ | $Q_{H,use}$ | $q_{H,use}$            | $q_{H,use}$            |
|---------|----------|----------------|-------------|------------------------|------------------------|
| Одиниця | год      | кВт·год        | кВт·год     | кВт·год/м <sup>2</sup> | кВт·год/м <sup>3</sup> |
| 1       | 2        | 3              | 4           | 5                      | 6                      |
| 1       | 744      | 19096,53       | 83028,41    | 38,21                  | 14,34                  |
| 2       | 672      | 16269,44       | 70736,68    | 32,55                  | 12,21                  |
| 3       | 744      | 12915,31       | 56153,51    | 25,84                  | 9,70                   |
| 4       | 144      | 938,89         | 4082,15     | 1,88                   | 0,70                   |
| 10      | 360      | 3438,18        | 14948,60    | 6,88                   | 2,58                   |
| 11      | 720      | 12411,63       | 53963,62    | 24,83                  | 9,32                   |
| 12      | 744      | 17009,62       | 73954,86    | 34,03                  | 12,77                  |
| Σ       |          |                | 356867,84   | 164,21                 | 61,62                  |

### 2.2.5 Розрахункова енергопотреба на охолодження будівлі

Сумарну теплопередачу трансмісією за формулою (2.34) розраховують для кожного місяця та для кожної зони, кВт·год [4]:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,c} - \theta_e) \cdot t. \quad (2.34)$$

В таблиці 2.13 наведено результати розрахунків сумарної теплопередачі трансмісією під час охолодження.

Таблиця 2.13 – Розрахунок теплопередачі трансмісією для режиму охолодження

| Місяць       | $\theta_e, ^\circ\text{C}$ | $t$ , год | $H_{tr,adj}$ , Вт/К | $Q_{tr}$ , кВтгод |
|--------------|----------------------------|-----------|---------------------|-------------------|
| 6            | 23,7                       | 386       | 2150,4              | 1909,13           |
| 7            | 25,11                      | 465       |                     | 889,95            |
| 8            | 24,68                      | 403       |                     | 1143,93           |
| <b>Разом</b> |                            |           |                     | <b>3943,01</b>    |

Сумарну теплопередачу вентиляцією для кожного місяця та для кожної зони, кВтгод, розраховують за формулою (2.35) [4]:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,c} - \theta_e) \cdot t. \quad (2.35)$$

Результати розрахунку теплопередачі вентиляцією помісячно наведено у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Розрахунок теплопередачі трансмісією для режиму охолодження

| Місяць       | $\theta_e$       | $t$ | $H_{ve,adj}$ | $Q_{ve}$       |
|--------------|------------------|-----|--------------|----------------|
| Одиниця      | $^\circ\text{C}$ | год | Вт/К         | кВтгод         |
| 1            | 2                | 3   | 4            | 5              |
| 6            | 23,7             | 386 | 981,4        | 871,32         |
| 7            | 25,11            | 465 |              | 406,17         |
| 8            | 24,68            | 403 |              | 522,08         |
| <b>Разом</b> |                  |     |              | <b>1799,57</b> |

В таблиці 2.15 наведені розрахунки сумарної тепловтрати будівлі для режиму охолодження.

Таблиця 2.15 – Розрахунок сумарної теплопередачі для режиму охолодження

| Місяць       | $Q_{tr}$       | $Q_{ve}$       | $Q_{ht}$       |
|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Одиниця      | кВтгод         | кВтгод         | кВтгод         |
| 6            | 1909,13        | 871,32         | 2780,45        |
| 7            | 889,95         | 406,17         | 1296,11        |
| 8            | 1143,93        | 522,08         | 1666,02        |
| <b>Разом</b> | <b>3943,01</b> | <b>1799,57</b> | <b>5742,59</b> |



Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для охолодження  $\eta_{c,ls}$  – є функція співвідношення надходжень та втрат теплоти  $\gamma_c$ , й числового параметра  $\alpha_c$ , який залежить від інерції будівлі.

Безрозмірне співвідношення надходжень та витрат теплоти для охолодження визначимо за формулою (2.36) [4]:

$$\gamma_c = \frac{Q_{c,gn}}{Q_{c,ht}}. \quad (2.36)$$

За формулою (2.37) визначимо безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для охолодження [4]:

$$\eta_{c,ls} = \frac{1 - \gamma_c^{-\alpha_c}}{1 - \gamma_c^{-(\alpha_c + 1)}}, \quad (2.37)$$

де  $\alpha_c$  – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі [4]:

$$\alpha_c = \alpha_{c,0} + \frac{\tau}{\tau_{c,0}}, \quad (2.38)$$

де  $\alpha_{c,0}$  – довідковий безрозмірний числовий параметр.

Результати розрахунків зображено в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Розрахунок безрозмірного коефіцієнту для кожного місяця періоду охолодження

| Місяць  | $\gamma_c$ | $C_m$   | $\tau$ | $\alpha_c$ | $\eta_{c,ls}$ |
|---------|------------|---------|--------|------------|---------------|
| Одиниця | -          | Втгод/К | год    | -          | -             |
| 6       | 2,56       | 173856  | 55,51  | 4,70       | 0,993         |
| 7       | 6,61       |         |        |            | 1,000         |
| 8       | 4,22       |         |        |            | 0,999         |

За формулою (2.39) визначимо сумарну енергопотребу на охолодження [4]:

$$Q_{c,nd} = Q_{c,gn} - \eta_{c,ls} \cdot Q_{c,ht}. \quad (2.39)$$

Результати розрахунків зображено в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Енергопотреба для охолодження

| Місяць       | $Q_{ht}$ | $\eta_{C,ls}$ | $Q_{gn}$ | $Q_{C,nd}$     |
|--------------|----------|---------------|----------|----------------|
| Одиниця      | кВтгод   | -             | кВтгод   | кВтгод         |
| 6            | 2780,45  | 0,993         | 7107,67  | 4347,84        |
| 7            | 1296,11  | 1,000         | 8568,05  | 7272,09        |
| 8            | 1666,02  | 0,999         | 7023,18  | 5358,63        |
| <b>Разом</b> |          |               |          | <b>16978,6</b> |

### 2.2.6 Розрахункове енергоспоживання на охолодження будівлі

Втрати теплоти підсистемою розподілення охолодження, кВтгод, визначимо за формулою (2.40) [4]:

$$Q_{C,dis,ls} = Q_{C,nd} \cdot ((1 - \eta_{C,ce}) + (1 - \eta_{C,ce,sens}) + (1 - \eta_{C,d})). \quad (2.40)$$

Енергію входу для підсистеми розподілення, кВтгод, визначається за формулою (2.41) [4]:

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,dis,out} + Q_{C,dis,ls}, \quad (2.41)$$

де  $Q_{C,dis,out}$  – енергія виходу підсистеми розподілення упродовж певного місяця;

Енергія виходу для підсистеми генерування, кВтгод, розраховується за формулою (2.42) [4]:

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac}. \quad (2.42)$$

Загальні тепловтрати підсистеми генерування, кВтгод, розраховується за формулою (2.43) [4]:

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} \cdot \frac{1 - \eta_{C,gen}}{\eta_{C,gen}}, \quad (2.43)$$

де  $\eta_{C,gen}$  – ефективність підсистеми генерування, яка визначається шляхом множення сезонного коефіцієнта енергоефективності на ефективність генерування енергії для установки (2.44):

$$\eta_{C,gen} = 2,25 \cdot \eta_{pg}, \quad (2.44)$$

де  $\eta_{pg} = 1$  – ефективність генерації електроенергії при відсутності електрогенератора.

Енергоспоживання для охолодження визначаємо за формулою (2.46) [4]:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,ls} \quad (2.46)$$

Результати розрахунків зображено в таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Енергоспоживання для охолодження

| Місяць       | $Q_{C,dis,ls}$ | $Q_{C,dis,in}$ | $Q_{C,gen,out}$ | $Q_{C,gen,ls}$ | $Q_{C,use}$    |
|--------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Од.вим.      | кВтгод         | кВтгод         | кВтгод          | кВтгод         | кВтгод         |
| 6            | 1000,00        | 5347,85        | 5750,38         | -3354,39       | 2395,99        |
| 7            | 1672,58        | 8944,66        | 9617,92         | -5610,45       | 4007,47        |
| 8            | 1232,48        | 6591,11        | 7087,22         | -4134,21       | 2953,01        |
| <b>Разом</b> |                |                |                 |                | <b>9356,46</b> |

### 2.2.7 Визначення класу енергоефективності будівлі

Клас енергоефективності будівлі визначаємо за даними, наведеними в таблиці 1 Наказу №261 [5]. Залежно від показника  $\Delta_{EP}$ , який є відсотковою різницею між загальним показником питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні,  $EP_{use}$ , кВтгод/м<sup>2</sup>, (кВтгод/м<sup>3</sup>) та граничним питомим енергоспоживання при опаленні та охолодженні,  $EP_p$ , кВтгод/м<sup>2</sup>, (кВтгод/м<sup>3</sup>).

Показник  $\Delta_{EP}$ , %, визначимо за формулою:

$$\Delta_{EP} = \frac{EP_{use} - EP_p}{EP_p} \cdot 100, \quad (2.47)$$

де  $EP_{use}$  – загальне питоме енергетичне споживання при опаленні, охолодженні, кВтгод/м<sup>2</sup>, (кВтгод/м<sup>3</sup>):

$$EP_{use} = EP_{H,use} + EP_{C,use}, \quad (2.48)$$

де  $EP_{H,use}$ ,  $EP_{C,use}$  – питоме енергетичне споживання при опаленні, охолодженні, кВтгод/м<sup>2</sup>, (кВтгод/м<sup>3</sup>);

Підставимо значення у формулу (2.48):

$$EP_{use} = 164,21 + 4,31 = 168,52 \left( \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2} \right).$$

Відповідно до Додатку до Наказу №260 [6] для житлових будівель від 4 до 9 поверхів, розміщених у першій температурній зоні України  $EP_p$  становить 85 кВтгод/м<sup>2</sup>.

Підставимо значення у формулу (2.47):

$$\Delta_{EP} = \frac{168,52 - 85}{85} \cdot 100 = 98,26\%.$$

За таблицею 1 Наказу №261 клас енергетичної ефективності будівлі – **G**.

### 2.3 Висновки до розділу 2

У результаті проведених розрахунків відповідно до методики, визначеної стандартом ДСТУ 9190:2022, клас енергоефективності житлової будівлі оцінено як **G**, що є найнижчим можливим рівнем. Це свідчить про значні тепловтрати та неефективне споживання енергії для забезпечення комфортних умов проживання.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 46   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

### 3 РОЗРАХУНОК ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДИНКУ

#### 3.1 Дослідження потенціалу впровадження класичних заходів для підвищення енергоефективності будівлі

Згідно з чинним законодавством України мінімальне значення питомого споживання теплової енергії на потреби опалення для житлових будівель від 4 до 9 поверхів становить 85 кВт·год/м<sup>2</sup>. Для підвищення класу енергоефективності, покращення рівня комфортності та зниження енергоспоживання на потреби опалення до розгляду пропонуються наступні “класичні” заходи з енергомодернізації, які перш за все впроваджуються у подібних будівлях:

- теплова ізоляція зовнішніх стін на основі мінеральної вати з базальтового волокна;
- теплова ізоляція перекриття над неопалювальним підвалом на основі мінеральної вати з базальтового волокна;
- утеплення перекриття неопалювального горища на основі мінеральної вати з базальтового волокна;
- застосування незаскленних балконів.

Разом з вищевказаними заходами пропонується використання нетрадиційних джерел енергії, що допоможе не тільки знизити витрати на енергопостачання, а й зменшити негативний вплив на навколишнє середовище:

- встановлення теплового насосу на потреби опалення та ГВП по моновалентній схемі;
- встановлення сонячної електростанції з підключенням по гібридній схемі на потреби освітлення та підтримки роботи теплового насосу.

|     |      |          |        |      |                    |            |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк.<br>47 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |            |

Для заходів з утеплення необхідну товщину шару теплоізоляції розрахуємо за формулою (3.1):

$$R_{\text{модерн.}} = R_{\text{існ.}} + \frac{\delta_{\text{мін.ват.}}}{\lambda_{\text{мін.ват.}}}, \quad (3.1)$$

де  $\delta_{\text{мін.ват.}}$  – товщина шару теплоізоляції;

$\lambda_{\text{мін.ват.}}$  – коефіцієнт теплопередачі матеріалу.

Економічні показники визначаються за формулами (3.2)-(3.4).

Загальні капіталовкладення впровадження заходу розраховуються за формулою (3.2):

$$K = B \cdot A, \quad (3.2)$$

де  $B$  – питомі капіталовкладення, грн;

$A$  – площа, м<sup>2</sup>.

Щорічну фінансову економію розраховуємо за формулою (3.3):

$$\Delta E = E \cdot T, \quad (3.3)$$

де  $E$  – щорічне енергозаощадження, кВт;

$T$  – тариф на енергію, грн/кВт.

Простий термін окупності розраховується за формулою (3.4) :

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E}. \quad (3.4)$$

### Теплова ізоляція зовнішніх стін

Щоб зменшити тепловтрати через зовнішні стіни, рекомендується облаштувати додатковий шар теплоізоляції. Для цього слід використовувати мінеральну вату на основі базальтового волокна, щільність якої перевищує 150 кг/м<sup>3</sup>, а коефіцієнт теплопровідності становить 0,045 Вт/м·К. Такий матеріал відповідає вимогам теплоізоляції та нормам пожежної безпеки (НГ). Перед укладанням плит з мінеральної вати необхідно відновити стикові шви між панелями зовнішніх стін. Монтаж теплоізоляції потрібно здійснювати відповідно до рекомендацій виробника, забезпечуючи правильну гідроізоляцію.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 48   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

За формулами (3.2) – (3.4) проведемо розрахунки економічних показників. Результати внесемо до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу

|                          |                             |                |                             |
|--------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| Економія енергії         | Теплова енергія на опалення | 37,17          | кВт·год/м <sup>2</sup> ·рік |
|                          |                             | 80769          | кВт·год/рік                 |
| Інвестиції               |                             | 3 487 500,00 ₴ | грн                         |
| Чиста економія           |                             | 122 053,5      | грн/рік                     |
| Простий термін окупності |                             | 28,57          | років                       |

### **Теплова ізоляція перекриття над неопалювальним підвалом на основі мінеральної вати з базальтового волокна**

Для зменшення тепловтрат через перекриття над неопалювальним підвалом передбачається облаштування додаткового шару теплоізоляції. Як ізоляційний матеріал рекомендується використовувати мінеральну вату на основі базальтового волокна з густиною від 140 кг/м<sup>3</sup> і коефіцієнтом теплопровідності 0,047 Вт/м·К. Мінеральна вата забезпечує високі теплоізоляційні характеристики та відповідає вимогам пожежної безпеки (клас НГ).

За формулами (3.2) – (3.4) проведемо розрахунки економічних показників. Результати внесемо до таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу

|                          |                             |           |                             |
|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|
| Економія енергії         | Теплова енергія на опалення | 19,92     | кВт·год/м <sup>2</sup> ·рік |
|                          |                             | 43 285    | кВт·год/рік                 |
| Інвестиції               |                             | 1 714 545 | грн                         |
| Чиста економія           |                             | 65 409,8  | грн/рік                     |
| Простий термін окупності |                             | 26,2      | років                       |

### **Утеплення перекриття неопалювального горища**

Для зменшення тепловтрат через горищне перекриття передбачається облаштування додаткового шару теплоізоляції. Як ізоляційний матеріал

рекомендується використовувати мінеральну вату на основі базальтового волокна з густиною не менше 45 кг/м<sup>3</sup> і коефіцієнтом теплопровідності 0,047 Вт/м·К. Мінеральна вата забезпечує високі теплоізоляційні характеристики та відповідає вимогам пожежної безпеки (клас НГ).

Перед проведення утеплення слід провести технічне обстеження стану гідроізоляції покриття над горищним поверхом та, за необхідності, відремонтувати або замінити покриття.

За формулами (3.2) – (3.4) проведемо розрахунки економічних показників. Результати внесено до таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу

|                          |                             |           |                             |
|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|
| Економія енергії         | Теплова енергія на опалення | 19,96     | кВт·год/м <sup>2</sup> ·рік |
|                          |                             | 43376     | кВт·год/рік                 |
| Інвестиції               |                             | 1 589 152 | грн                         |
| Чиста економія           |                             | 65 547,3  | грн/рік                     |
| Простий термін окупності |                             | 24,24     | років                       |

### **Засклення незасклених балконів**

Пропонується виконати засклення існуючих балконів, які не обладнані світлопрозорими огорожувальними конструкціями. Балкон слугує тепловим бар'єром, що знижує проникнення холодного повітря з вулиці до будинку. Завдяки цьому тепловтрати через огорожувальні конструкції, які межують із неопалюваним простором балкону або лоджії, значно нижчі порівняно з прямими втратами в зовнішнє середовище. Додатковою перевагою засклених балконів або лоджій є захист стінових конструкцій, оскільки зменшуються деформації, спричинені перепадами температур та впливом погодних умов. Крім того, засклення покращує шумоізоляцію приміщень.

У межах заходу заплановано засклення 17 балконів.

За формулами (3.2) – (3.4) проведемо розрахунки економічних показників. Результати внесемо до таблиці 3.4

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 50   |

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу

|                          |                             |         |                             |
|--------------------------|-----------------------------|---------|-----------------------------|
| Економія енергії         | Теплова енергія на опалення | 2,67    | кВт·год/м <sup>2</sup> ·рік |
|                          |                             | 5 800   | кВт·год/рік                 |
| Інвестиції               |                             | 735 500 | грн                         |
| Чиста економія           |                             | 8 764,6 | грн/рік                     |
| Простий термін окупності |                             | 83,9    | років                       |

### 3.2 Дослідження потенціалу впровадження заходів з використанням альтернативних джерел енергії

#### 3.2.1 Розробка заходу з використання теплового насосу для теплопостачання будівлі у програмному середовищі GeoTSol

Енергозбереження та підвищення ефективності використання енергії є одними з ключових завдань сучасної енергетики. Одним із перспективних рішень для забезпечення теплопостачання будівель є застосування теплових насосів, які використовують відновлювану енергію з навколишнього середовища. Геотермальні теплові насоси (ГТН) особливо ефективні, оскільки вони використовують тепло землі, що характеризується стабільністю температур протягом року, незалежно від кліматичних умов.

У даному розділі розглянуто процес розробки заходу з теплопостачання будівлі за допомогою геотермального теплового насосу. Для проведення розрахунків та моделювання системи теплопостачання використовується програмне середовище GeoTSol, яке є спеціалізованим інструментом для аналізу та оптимізації роботи теплових насосів і гібридних енергетичних систем.

GeoTSOL – це спеціалізоване програмне забезпечення, розроблене німецькою компанією Valentin Software для моделювання, аналізу та оптимізації систем теплопостачання з використанням теплових насосів, сонячних колекторів

і інших відновлюваних джерел енергії. Програма дозволяє проектувальникам і інженерам оцінювати ефективність, енергетичні витрати та екологічний вплив систем теплопостачання, що забезпечує зручність і точність на етапі планування.

#### Основні можливості GeoTSOL:

1. Моделювання систем теплопостачання: GeoTSOL дозволяє створювати детальні моделі систем опалення та гарячого водопостачання, враховуючи потреби будівлі, кліматичні умови та параметри обладнання.

2. Розрахунок роботи теплових насосів: Програма підтримує широкий спектр теплових насосів, включаючи геотермальні, повітряні та водяні системи. Вона враховує їх коефіцієнт продуктивності (COP), потужність і вплив температур навколишнього середовища на ефективність.

3. Аналіз енергоефективності: GeoTSOL розраховує річний баланс енергоспоживання та енергозбереження, дозволяючи порівняти кілька варіантів систем опалення з метою вибору оптимального рішення.

4. Врахування кліматичних даних: Програма використовує базу даних кліматичних умов, що дозволяє точно моделювати роботу системи в різних географічних регіонах.

5. Екологічна оцінка: GeoTSOL допомагає оцінити зниження викидів CO<sub>2</sub> завдяки використанню відновлюваних джерел енергії, що важливо для проєктів, орієнтованих на сталий розвиток.

6. Інтеграція з іншими програмами: GeoTSOL може експортувати дані в інші продукти компанії Valentin Software, такі як PV\*SOL (для моделювання сонячних фотоелектричних систем) і T\*SOL (для сонячного теплопостачання).

Основною метою розрахунків є оцінка енергетичної ефективності запропонованого обладнання, визначення його впливу на скорочення споживання традиційних енергоресурсів і зниження викидів вуглекислого газу. У цьому контексті використання геотермального теплового насосу представляє не лише технологічну, а й екологічну цінність, що відповідає принципам сталого розвитку.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 52   |

## Проектування теплового насосу для теплопостачання будівлі у програмному середовищі GeoTSol

Заходом передбачено встановлення теплового насосу (ТН) на потреби опалення та гарячого водопостачання в моновалентному режимі (100% енергопотреби на опалення та ГВП покривається тепловим насосом). Поквартирні газові котли залишаються в резерві у схемі опалення. Оскільки дані умови потребують значної та стабільності потужності пропонується застосувати геотермальний ТН з вертикальним зондом. На рисунку 3.1 зображено принципову теплову схему, що було обрано в програмному середовищі GeoT SOL.

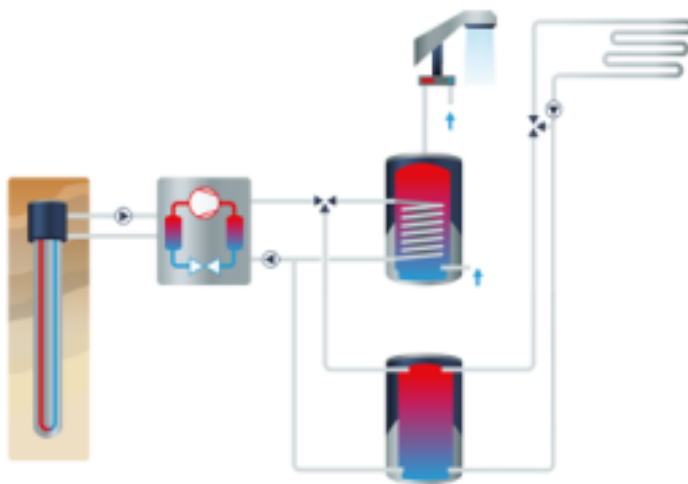


Рисунок 3.1 – Принципова теплова схема роботи системи

З рисунку бачимо, що в схемі також використовуються 3-х ходовий клапан, баки акумулятори та регулююча арматура на опалювальних приладах споживача. Дані елементи допоможуть оптимізувати та збільшити ефективність роботи ТН.

Для проведення підбору ТН в програмі GeoT SOL потрібно попередньо заповнити необхідні параметри системи опалення та ГВП. На рисунку 3.2 зображено параметри системи опалення, що використовуються для підбору обладнання.



### Domestic Hot Water

#### Consumption

DHW consumption known

Average daily usage: 1 280 l

No. Persons: 32

Consumption per person and day: 40 l

Annual energy consumption: 21 804 kWh

Spec. annual energy consumpt 30 115,4 Wh/m<sup>2</sup>

#### Temperatures

DHW target temperature: 50 °C

Calculate cold water temperature based on climate data

Cold water temperature in February: 5,5 °C

Cold water temperature in August: 13,5 °C

#### DHW Recirculation Loop

DHW recirculation loop used

Single length of pipes: 10 m

Temperature spread feed/return: 5,0 K

Spec. losses: 0,30 W/(m\*K)

Operating times: 6 - 21

Volume flow: ---

Resulting losses (approx.): ---

Рисунок 3.3 – Параметри системи ГВП

Для покриття даного навантаження пропонується використати геотермальний тепловий насос Т 640-2 виробництва компанії Bosch Thermotechnik GmbH з номіальною тепловою потужністю 63,9 кВт. Пропонований тепловий насос зображений на рисунку 3.4

Окрім власне ТН необхідно підібрати додаткові компоненти та параметри роботи системи. Для цього скористаємося налаштуваннями системи запропоновані програмним забезпеченням GeoT SOL. На рисунку 3.5 зображені параметри додаткових компонентів ТН.



Рисунок 3.4 – Тепловий насос Bosch Thermotechnik GmbH Т 640-2

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МД 24 144 33 03 ПЗ

Арк.

55

На рисунку 3.5 зображені параметри додаткових компонентів ТН.

**Heat Source**

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>Heat pump</b>                |            |
| Power input on the cold side:   | 50,5 kW    |
| <b>Brine</b>                    |            |
| Nominal output of brine pump:   | 750 W      |
| Flow rate:                      | 14 608 l/h |
| Glycol:                         | 30 %       |
| <b>Ground</b>                   |            |
| Undisturbed ground temperature: | 10,0 °C    |

|  |                 |
|--|-----------------|
| <b>Geothermal probe</b>                      |                 |
| Borehole diameter:                           | 150 mm          |
| Construction type:                           | Double U-Pipe   |
| Infill:                                      | Simple grouting |
| <b>Length of the borehole heat exchanger</b> |                 |
| Spec. extraction rate:                       | 20,0 W/m        |
| Maximum drilling depth:                      | 99 m            |
| Required heat probe length:                  | 2 526 m         |

Calculate size

Number of wells: 26 at 97,1 m

Рисунок 3.5 – Параметри роботи системи теплового насосу

Для забезпечення додаткового джерела теплової енергії під час роботи системи при температурах нижчих від точки бівалентності пропонується використати нагрівальний елемент номінальною потужністю 35 кВт. За точку бівалентності обираємо запропоновану програмою температуру 2,5 °C нижче нуля. Тепловий насос та нагрівальний елемент працюватимуть у бівалентному режимі.

Далі обираємо ємності баків акумуляторів для системи опалення та ГВП. В даному випадку пропонується використати 3-х кратні значення об'єму баків від запропонованих програмою. На рисунку 3.6 зображено характеристики системи баків акумуляторів.

Після внесення всіх необхідних параметрів системи теплового насосу проводимо моделювання за допомогою програмного середовища GeoT SOL. GeoT SOL має власну температурну базу даних, відповідно до якої обирає температурні значення для попередньо зазначеного регіону (в даному випадку Луганська обл.) Результати моделювання зображені на рисунках 3.7 та 3.8.



## Simulation Results

Seasonal Heat Performance Factor (SPF) Energies

### Energy generated / Year

|                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| Supplied by heat pump:         | 75 015 kWh (90 %) |
| Supplied by boiler:            | --- kWh           |
| Supplied by solar system:      | --- kWh           |
| Supplied by elec. heating rod: | 8 426 kWh (10 %)  |

### Utilized energy / Year

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Space Heating:      | 61 574 kWh (74 %) |
| Domestic hot water: | 21 924 kWh (26 %) |

### Power consumption / Year

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| Heat pump:        | 18 177 kWh (66 %) |
| Heating element:  | 8 426 kWh (31 %)  |
| Auxiliary energy: | 1 008 kWh (4 %)   |
| Solar loop pump:  | --- kWh           |
| Boiler (fuel):    | --- kWh           |

### Losses / Year

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Tank losses:                      | 551 kWh |
| ...fraction of solar tank losses: | --- kWh |
| DHW recirculation loop:           | --- kWh |
| Solar loop piping indoors:        | --- kWh |
| Solar loop piping outdoors:       | --- kWh |

### Solar loop

|  |         |
|--|---------|
| Solar fraction:                        | --- %   |
| Solar fraction DHW:                    | --- %   |
| Efficiency of solar system:            | --- %   |
| Irradiation onto active solar surface: | --- kWh |
| Energy delivered by collectors:        | --- kWh |

Рисунок 3.8 – Результати симулювання енергетичного балансу роботи системи ТЕПЛОВОГО НАСОСУ

На рисунку 3.9 зображено графік споживання та генерації теплової енергії протягом року. Даний графік побудовано за допомогою програмного забезпечення GeoT SOL.

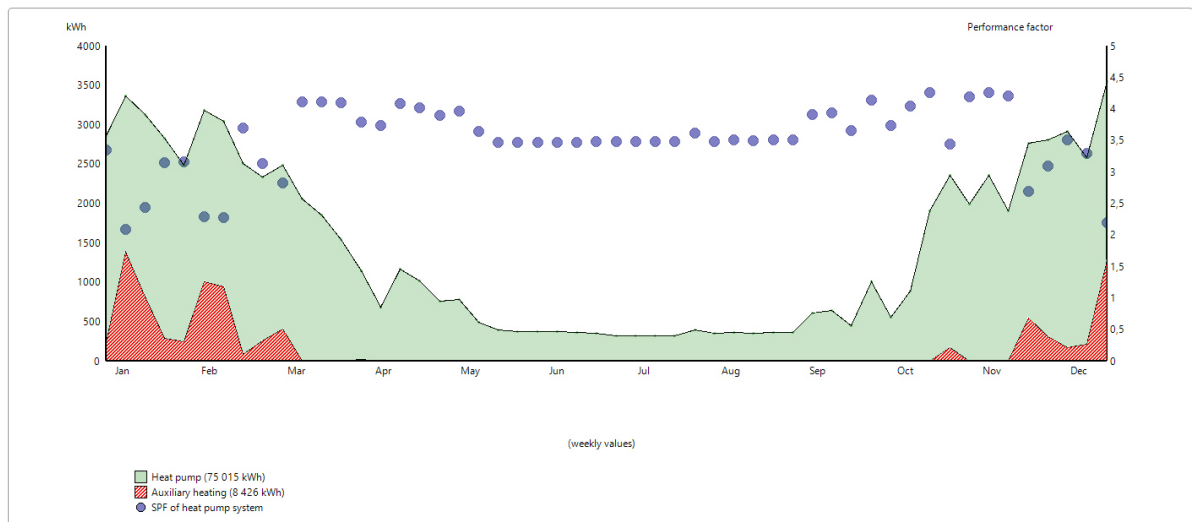


Рисунок 3.9 – Графік річного споживання та генерації теплової енергії

Згідно рисунку 3.9, як і очікувалося, найвище споживання спостерігається протягом опалювального періоду. Споживання теплової енергії на потреби опалення та ГВП протягом року співвідноситься у пропорції 3:1. На рисунку 3.10 зображено річний температурний графік роботи системи.

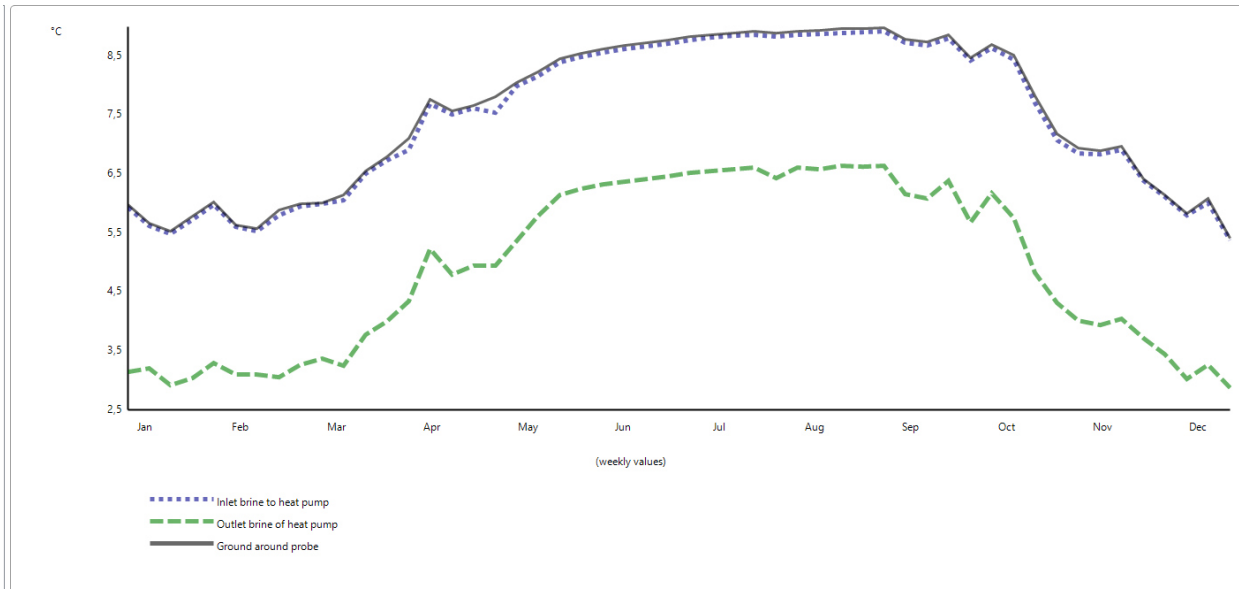


Рисунок 3.10 – Річний температурний графік роботи системи

### 3.2.2 Розробка заходу з використання фотоелектричної системи на даху будівлі у програмному середовищі PV\*SOL premium

Розвиток відновлюваних джерел енергії є одним із ключових напрямів сучасної енергетики, що обумовлено зростанням енергоспоживання, виснаженням викопних ресурсів та необхідністю зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Серед технологій відновлюваної енергетики особливе місце займають фотоелектричні системи (ФЕС), які використовують сонячну енергію для генерації електроенергії. Вони є екологічно чистими, економічно вигідними та мають значний потенціал для інтеграції в інфраструктуру будівель.

Застосування фотоелектричних систем на дахах будівель дозволяє ефективно використовувати доступні площі, знижуючи залежність споживачів від традиційних джерел енергії. При цьому важливим аспектом є розробка оптимального проєкту таких систем з урахуванням кліматичних умов, географічного розташування, технічних характеристик обладнання та економічної доцільності.

Одним із інструментів, який дає змогу моделювати, аналізувати та оптимізувати роботу ФЕС, є програмне середовище PV\*SOL premium. Цей програмний продукт дозволяє оцінювати потенціал сонячної генерації, економічні показники, а також вплив системи на екологію, що робить його незамінним інструментом для проєктування.

PV\*SOL premium — це сучасне програмне забезпечення, створене для моделювання, аналізу та оптимізації фотоелектричних систем. Воно надає потужний інструментарій для проєктування сонячних електростанцій різного масштабу — від невеликих дахових установок до промислових систем. Програма дозволяє враховувати всі ключові фактори, що впливають на ефективність таких систем, і надає зручні засоби для створення оптимальних рішень.

Однією з основних функцій PV\*SOL premium є можливість 3D-моделювання. Ця функція дозволяє створювати детальні тривимірні моделі дахів і будівель для оптимального розміщення сонячних модулів. У процесі враховуються особливості даху, такі як його форма, нахил та орієнтація, а також можливе затінення від сусідніх об'єктів чи дерев. Аналіз затінення дає змогу оцінити, як зміни освітлення протягом дня чи року впливатимуть на генерацію електроенергії.

Програма має розширену базу даних, що включає тисячі моделей сонячних модулів, інверторів, акумуляторів та іншого обладнання від провідних виробників. Це дозволяє користувачам працювати з актуальними компонентами, адаптуючи систему до конкретних технічних вимог.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 60   |

Однією з ключових переваг є функція точного розрахунку продуктивності системи. PV\*SOL враховує кліматичні дані регіону, рівень інсоляції, кут нахилу модулів і вплив температури, що дозволяє оцінити потенціал генерації енергії. Програма також розраховує втрати енергії в системі через кабелі, інвертори чи інші елементи.

Окрім технічного аналізу, PV\*SOL надає можливості для оцінки економічної ефективності. Користувачі можуть розрахувати термін окупності проєкту, оцінити рентабельність інвестицій, проаналізувати можливі варіанти фінансування та передбачити економію витрат на електроенергію.

Програма також дозволяє моделювати гібридні системи з використанням акумуляторів, що забезпечує автономну роботу та покращує енергетичну незалежність об'єкта. Візуалізація результатів у вигляді графіків, звітів та 3D-моделей допомагає користувачам легко зрозуміти ефективність системи, а також представити її потенційним клієнтам чи інвесторам.

PV\*SOL premium забезпечує гнучкість у налаштуваннях, дозволяючи експериментувати з різними конфігураціями обладнання, щоб знайти оптимальне рішення для конкретного проєкту. Інтеграція з глобальними кліматичними базами даних, такими як Meteonorm, гарантує високу точність розрахунків.

Ця програма є незамінним інструментом для розробки ефективних та економічно вигідних фотоелектричних систем. Її використання спрощує процес проєктування, економить час і допомагає створювати екологічно сталу енергетику.

### **Проєктування фотоелектричної системи на даху будівлі у програмному середовищі PV\*SOL premium**

Головним завданням встановлення сонячної електростанції (СЕС) є підключення загальнобудинкових споживачів електричної енергії, що знаходяться на балансі ОСББ. В даному випадку такими споживачами є

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 61   |

Освітлення в місцях загального користування, геотермальний тепловий насос та циркуляційні насоси, що працюю на потреби опалення та ГВП.

Оскільки генерація сонячної відбувається лише в протягом сонячного періоду доби, а споживачі працюю протягом всієї доби, пропонується використання гібридної схеми СЕС з використанням акумуляторів. Принципова схема СЕС зображена на рисунку 3.11

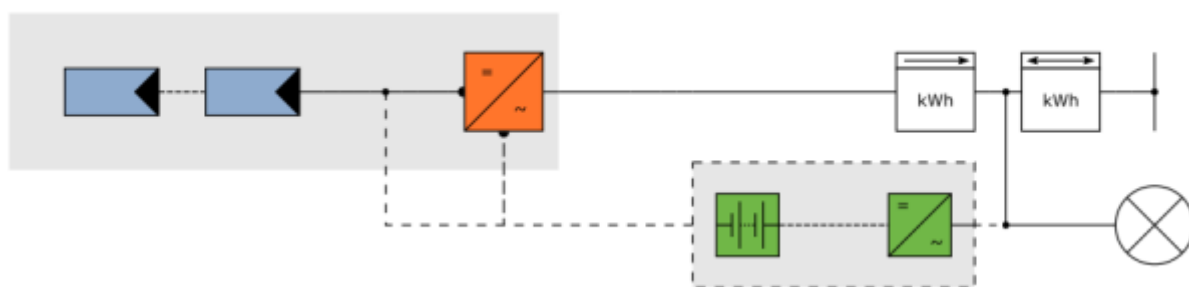


Рисунок 3.11 – Принципова схема СЕС

Далі, для продовження роботи з програмою, необхідно вказати споживачів, що будуть приєднані до СЕС, їх навантаження та режим роботи. Гарантованих споживачів, що будуть приєднані до СЕС, було перераховано вище. З розрахунку ТН в програмному забезпеченні GeoT SOL знаємо, орієнтовне навантаження теплового насосу та загальне споживання протягом року. Обираємо один з запропонованих програмним забезпеченням PV\*SOL графік роботи теплового насосу. Аналогічним методом вносимо дані про інших споживачів. Сумарний річний графік споживання електроенергії системою зображено на рисунку 3.12.

Наступним кроком є створення 3D моделі житлової будівлі за допомогою програмного середовища PV\*SOL. Створюємо геометрію будівлі та вказуємо її орієнтацію в просторі відносно сторін світу. Для коректності симуляції значну увагу приділяємо деталізації кривлі, де будуть розташовані фотоелектричні елементи, щоб врахувати затінення від них. В даному випадку такими елементами є димоходи.



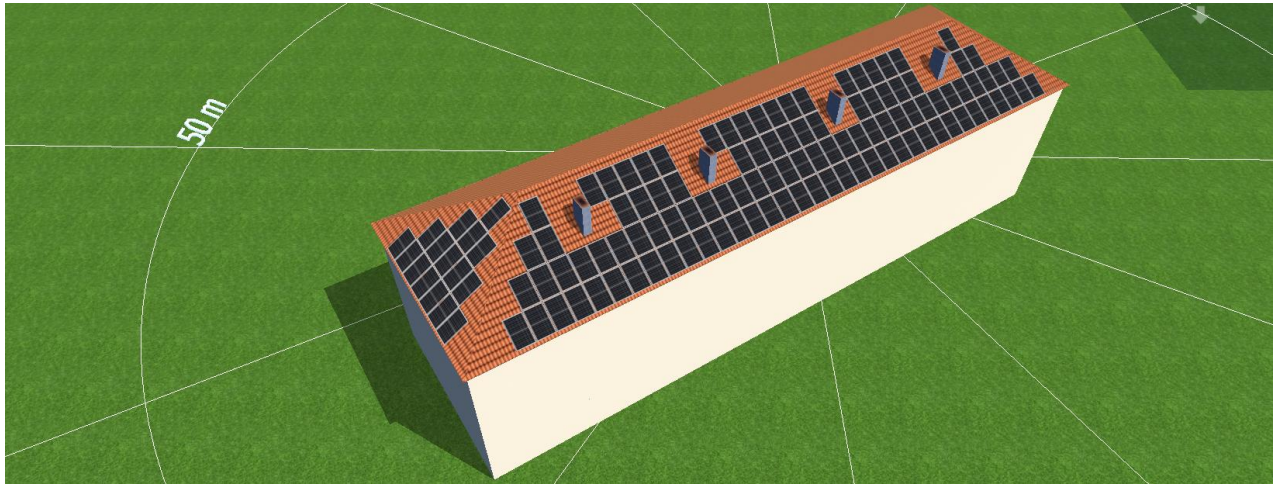


Рисунок 3.13 – 3D модель будівлі з встановленою СЕС

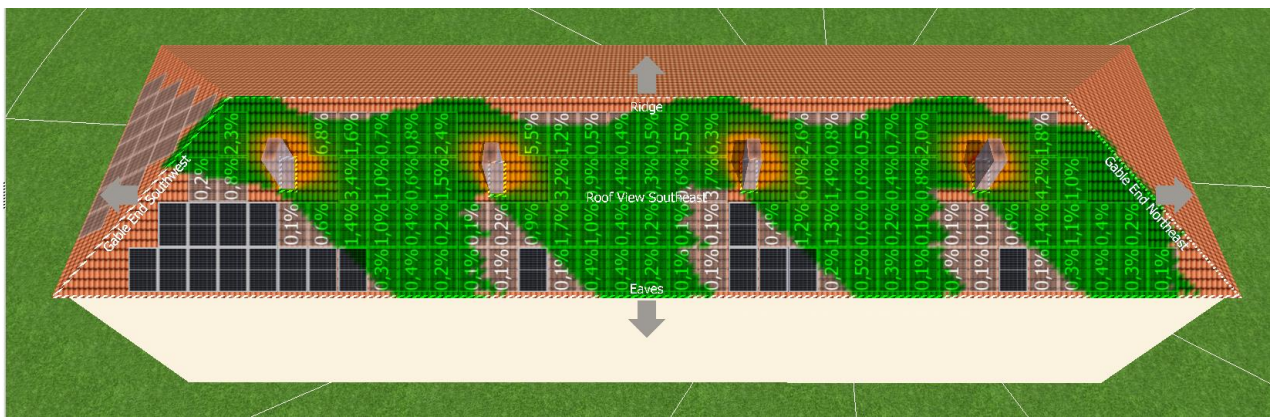


Рисунок 3.14 – Розрахунок затінення фотоелектричних модулів

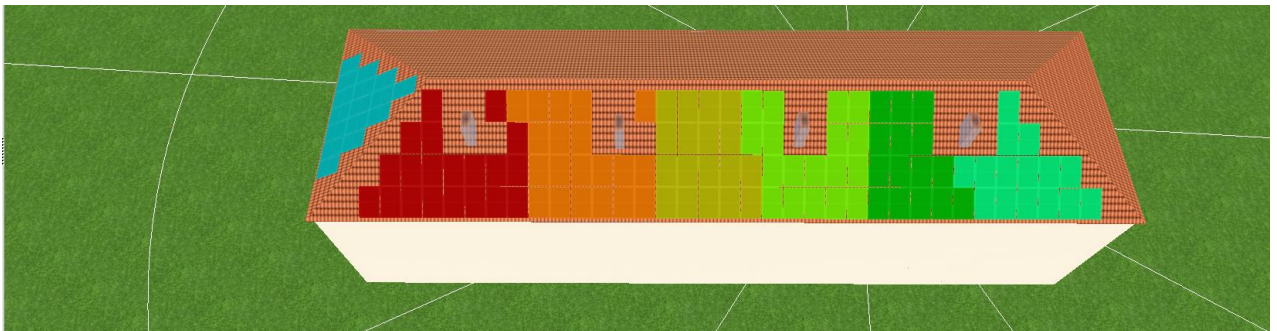


Рисунок 3.15 – Візуалізація пропонованої схеми розбиття модулів по стрінгах

Загальна кількість фотоелектричних модулів в результаті моделювання становить 122 шт. загальною номінальною потужністю 50,02 кВт.

Після остаточного визначення з кількістю та потужністю панелей програма пропонує перелік інверторів, що підходять під задані параметри системи. Серед

запропонованих обираємо інвертор виробництва Huawei Technologies модель SUN2000-50KTL-M3-380V номінальною потужністю 50 кВт. Конфігурацію системи зображені на рисунку 3.17.

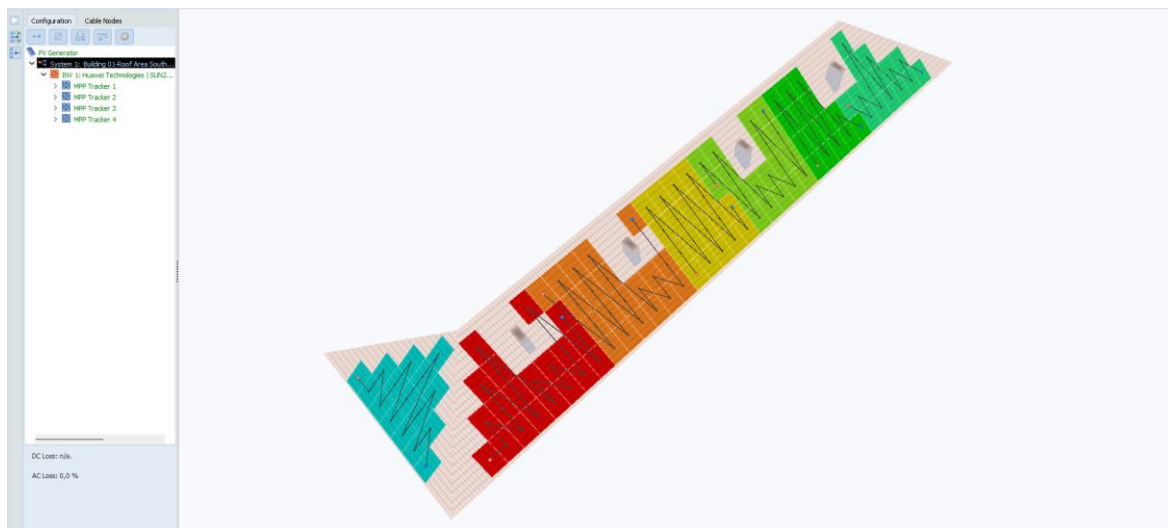


Рисунок 3.16 – Пропонована схема підключення фотоелектричних модулів

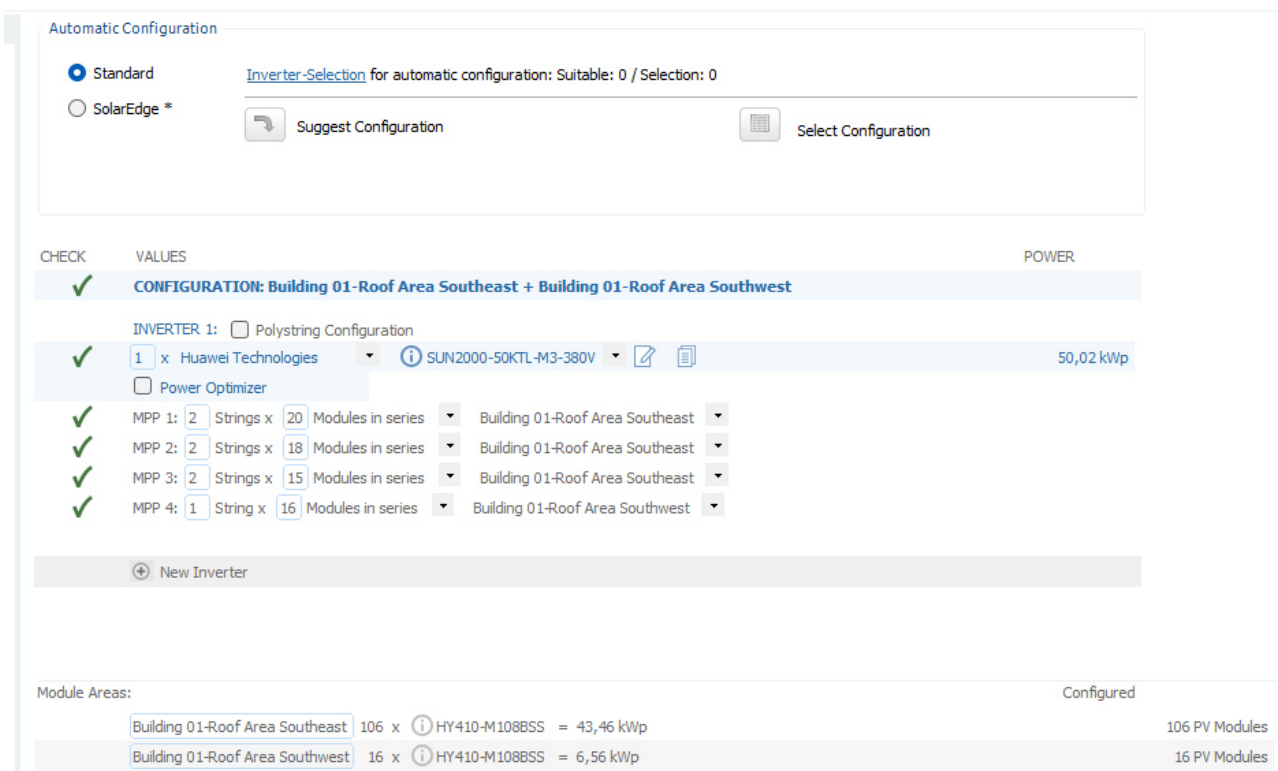


Рисунок 3.17 – Конфігурація системи



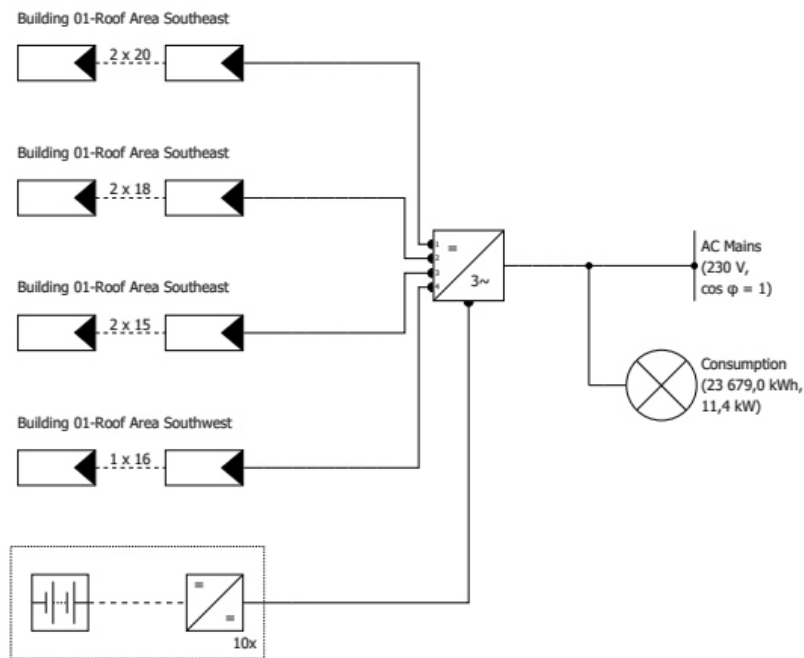


Рисунок 3.19 – Принципова схема змодельованої СЕС

Після внесення всіх необхідних параметрів СЕС проводимо моделювання за допомогою програмного середовища PV\*SOL. PV\*SOL має власну температурну базу даних, відповідно до якої обирає температурні значення для попередньо зазначеного регіону (в даному випадку Луганська обл.) Результати симуляції зображені на рисунках 3.20 – 3.22.

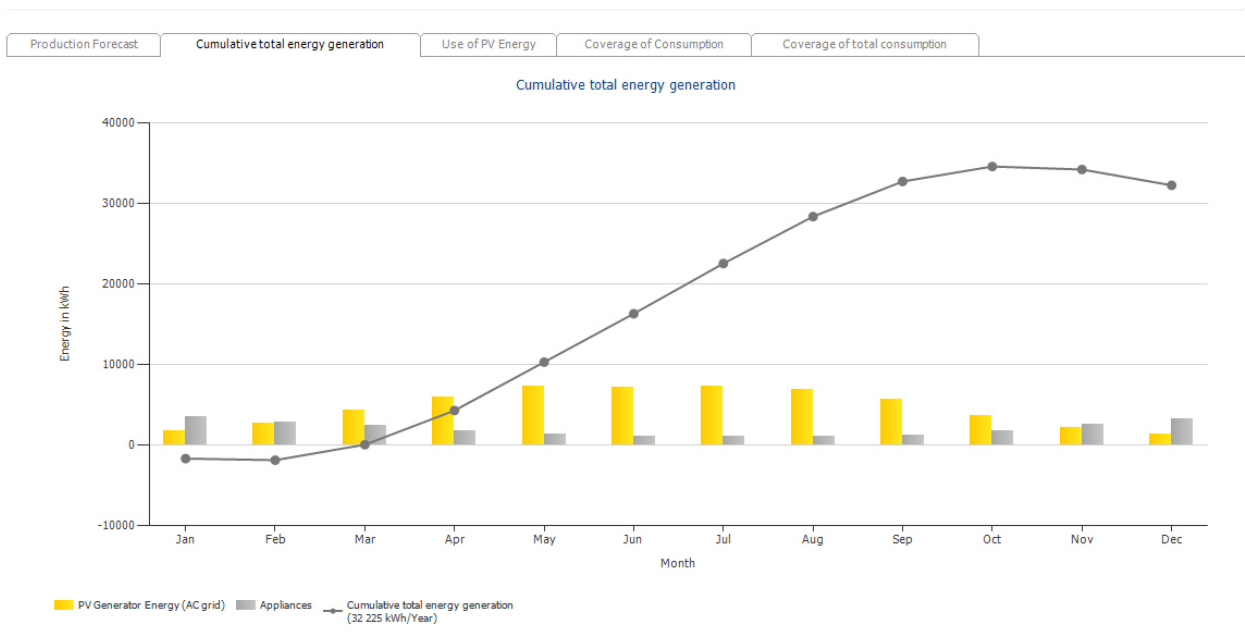


Рисунок 3.20 – Графік кумулятивного виробництва енергії

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|





свою ефективність у зниженні споживання традиційних енергоресурсів і підвищенні екологічної стійкості.

Основні результати:

1) Теплоізоляційні заходи. Використання мінеральної вати для ізоляції зовнішніх стін, підвалу та горищного перекриття дозволило значно скоротити тепловтрати будівлі. Економічний аналіз показав, що хоча термін окупності деяких заходів є тривалим, вони забезпечують стабільну ефективність.

2) Тепловий насос. Геотермальний тепловий насос, змодельований у програмному середовищі GeoTSOL, забезпечує 90% енергетичних потреб будівлі в режимі опалення та гарячого водопостачання. Розрахунковий коефіцієнт продуктивності (COP) 4,37 свідчить про високу ефективність системи навіть у складних кліматичних умовах.

3) Фотоелектрична система (ФЕС). Моделювання в PV\*SOL premium дозволило оптимізувати конфігурацію ФЕС, підібрати відповідні компоненти та врахувати затінення елементів. Запропонована система потужністю 50,02 кВт із гібридною схемою (використання акумуляторів) забезпечує значну частку потреб будинку в електроенергії, зменшуючи навантаження на загальну електромережу.

4) Енергетичний баланс. Результати симуляції підтвердили, що встановлення ФЕС і теплового насоса дозволяє покривати більшу частину потреб будівлі в енергії з відновлюваних джерел, зменшуючи споживання традиційних енергоносіїв.

5) Економічна ефективність. Аналіз показав, що впровадження описаних заходів сприяє зниженню експлуатаційних витрат будівлі, хоча потребує значних початкових інвестицій.

Запропоновані рішення є доцільними з точки зору енергозбереження та екологічної сталості. Їх реалізація сприяє скороченню викидів CO<sub>2</sub>, зниженню енергетичної залежності та створенню умов для сталого розвитку.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 70   |

## 4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

У попередніх частинах були представлені обчислення, які засвідчили ефективність впровадження заходів для покращення енергетичної продуктивності. Цей розділ присвячується управлінським рішенням, спрямованим на вдосконалення енергоефективності житлового будинку.

### 4.1 Необхідність впровадження заходів з енергоефективності

Питання раціонального використання енергії набуло великої популярності в економічно розвинених державах. Постійне підвищення вартості енергоресурсів, погіршення стану навколишнього середовища та вичерпання традиційних енергетичних ресурсів стимулюють як населення, так і уряди країн працювати над підвищенням енергетичної ефективності. У цих країнах звичка раціонального споживання енергії є невід'ємною частиною повсякденного життя, а міждержавні угоди часто включають положення про покращення енергетичної продуктивності.

В Україні тема енергозбереження поки що перебуває на початковому етапі розвитку, але державні інституції вже протягом кількох років стимулюють громадян до ефективнішого використання енергії. Водночас рівень обізнаності українців щодо енергозбереження залишається суттєво нижчим, ніж у більшості європейських країн. Це пояснюється впливом соціалістичної системи управління ресурсами, що діяла в Радянському Союзі, коли питання економії енергії не вважалося пріоритетним. Адміністративно-планова економіка сприяла утриманню штучно низьких тарифів на енергоресурси для населення, створюючи ілюзію добробуту.

Після здобуття незалежності в 1991 році нові політичні еліти, сформовані здебільшого з колишніх радянських кадрів, продовжили практику дотацій для

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 71   |

стримування тарифів на енергію. Це негативно позначилося на вигідності інвестицій в енергозберігаючі заходи, збільшивши терміни окупності таких проектів через відсутність зв'язку між тарифами та зростанням цін на обладнання й матеріали. Як наслідок, населення втратило мотивацію активно брати участь у покращенні енергоефективності.

Міжнародний досвід демонструє, що держава не здатна забезпечити сталий розвиток за таких умов, і в майбутньому ця система потребує змін. Однак навіть зараз, згідно з розрахунками, наведеними раніше, заходи з покращення енергоефективності мають фінансову доцільність.

Окрім економічної вигоди, впровадження таких рішень сприяє підвищенню рівня комфорту проживання. Наразі умови мікроклімату в багатьох житлових будинках не відповідають санітарно-технічним стандартам. Серед основних проблем виділяють:

- нерівномірність температурного розподілу. Температура в кімнатах залежить від їх розташування та поверху, що створює дискомфорт і підвищує ризик пожеж при використанні додаткових обігрівачів;
- недостатній повітрообмін. Це може призводити до головного болю, запаморочення та інших ознак кисневого голодування;
- висока вологість. Сприяє розвитку цвілі, що викликає алергії та інші захворювання;
- значний шум. Погіршує якість відпочинку та сну мешканців;
- температурні коливання між поверхнями та повітрям у приміщенні викликають незручності та дискомфорт.

Модернізація житлового будинку дозволяє вирішити перелічені проблеми, одночасно продовжуючи термін його експлуатації.

Окрім того, з початком повномасштабних військових дій РФ актуальність енергозбереження значно зросла. Унаслідок пошкодження енергетичної інфраструктури мешканці багатьох будинків стикаються з проблемами у

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 72   |

функціонуванні комунікацій. Заходи з енергомодернізації підвищують стійкість і автономність будівель.

Зокрема, утеплення фасадів і перекриттів дозволяє довше утримувати тепло в разі відключення опалення. Встановлення сонячних електростанцій (СЕС) на дахах забезпечує електрикою зони загального користування, насоси опалювальної системи та ліфти, включно з їхньою безпечною зупинкою при аваріях. Заміна старих труб гарячого і холодного водопостачання знижує ризик проривів, підвищуючи якість і стабільність подачі води.

#### 4.2 Служба енергоменеджменту та енергомоніторингу

Одним із поширених способів організації роботи з підвищення енергоефективності є створення відділу енергетичного управління. Такий відділ зазвичай входить до складу адміністративної структури і відповідає за спостереження та оцінку витрат енергоресурсів, розробку, впровадження та контроль виконання заходів щодо оптимізації споживання енергії.

Однак у випадку ОСББ створення такого підрозділу не є доцільним через низку обставин:

- обсяги споживаної енергії значно менші, ніж у великих промислових компаній;
- відсутність складного спеціалізованого обладнання, яке потребує висококваліфікованого персоналу;
- тарифи на енергетичні ресурси для ЖБК зазвичай нижчі, ніж для інших споживачів;
- обсяг завдань занадто малий, щоб виправдати функціонування окремого відділу.

З огляду на ці аспекти, створення такого підрозділу в межах одного житлового будинку є нерентабельним, оскільки фінансування ОСББ

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 73   |

здійснюється за рахунок внесків його мешканців. Ці внески, як правило, обмежені, що робить такий підхід нераціональним витрачанням коштів.

Більш ефективним рішенням є організація навчання для представників управління ОСББ, щоб вони отримали базові знання про енергозбереження. Завдання, які зазвичай виконує відділ енергоменеджменту, можуть реалізовувати залучені спеціалісти на умовах договору. Це дозволить оптимізувати процеси впровадження енергозберігаючих заходів у будинку.

Окрім того, важливо організовувати семінари, тренінги та інші освітні заходи для мешканців, спрямовані на підвищення їхньої обізнаності про ефективне споживання енергії.

До пасивних заходів енергозбереження можна віднести такі роботи, як утеплення фасадів, заміна вікон, ізоляція трубопроводів. Вони не потребують активної участі мешканців, але забезпечують стабільну економію. Натомість економія від активних рішень, таких як установка термостатів на батареї, впровадження погодозалежного регулювання системи опалення або встановлення розподільників теплової енергії, безпосередньо залежить від свідомого підходу мешканців до використання ресурсів.

Особливу увагу слід приділяти раціональному використанню кожного виду енергоресурсів. Значна частка втрат енергії пов'язана саме з нераціональною поведінкою користувачів.

#### **4.3 Енергозберігаючі заходи для мешканців із мінімальними витратами**

В умовах постійного зростання вартості енергоресурсів і загострення екологічних проблем важливим стає впровадження енергозберігаючих заходів, доступних для кожного мешканця без значних фінансових вкладень. Навіть прості дії, які не потребують великих капіталовкладень, можуть сприяти

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 74   |

значному скороченню споживання енергії та зниженню витрат на комунальні послуги.

Одним із найбільш ефективних заходів є правильне регулювання опалення у приміщеннях. Установлення термостатичних клапанів на батареях дозволяє підтримувати комфортну температуру в кімнатах і уникати перегріву. Також важливо дотримуватися правила раціонального провітрювання: відкривати вікна на короткий час для швидкого повітрообміну, замість тривалого тримання їх відчиненими.

Економію енергії можна забезпечити шляхом використання сучасних освітлювальних приладів. Перехід на енергоефективні LED-лампи значно знижує споживання електроенергії. При цьому доцільно вимикати освітлення в приміщеннях, де ніхто не перебуває, або встановити датчики руху, які автоматично вимикають світло за відсутності людей.

Ще одним важливим аспектом є збереження тепла в приміщенні. Для цього рекомендується ущільнити вікна та двері за допомогою спеціальних стрічок або герметиків, що запобігають утраті тепла через щілини. Взимку можна використовувати теплоізоляційні штори або плівку для вікон, яка знижує тепловтрати.

Раціональне використання побутової техніки також сприяє зменшенню енергоспоживання. Мешканцям рекомендується вимикати прилади з розеток, коли вони не використовуються, адже багато з них продовжують споживати електроенергію в режимі очікування. Крім того, варто обирати техніку з високим класом енергоефективності (A++ і вище) під час планової заміни.

Важливою є і свідомість споживачів. Освітні заходи, такі як семінари або інформаційні кампанії, допоможуть мешканцям усвідомити значення енергозбереження. Навіть такі прості дії, як зменшення використання гарячої води або оптимізація роботи опалювальних пристроїв, можуть суттєво вплинути на загальне споживання енергії.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 75   |

Загалом, впровадження цих заходів не лише знижує витрати на комунальні послуги, але й підвищує комфорт проживання, сприяє захисту навколишнього середовища та формує культуру енергоефективного способу життя серед населення.

#### 4.4 Висновки до розділу 4

Енергоменеджмент і моніторинг у багатоквартирних будинках України є не лише інструментами підвищення енергоефективності, але й запорукою енергетичної стійкості та незалежності. Умови воєнного часу вимагають нових підходів до управління енергією, які включають активну участь мешканців, впровадження сучасних технологій та залучення фінансування через державні та міжнародні програми.

Підвищення енергетичної стійкості будівель — це інвестиція у майбутнє України. Кожна модернізована будівля стає кроком до стабільної енергетичної системи країни, де ресурси використовуються ефективно, а мешканці відчувають захищеність.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 76   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

## 5 СТАРТАП-ПРОЄКТ

### 5.1 Поняття стартапу та його основні характеристики

Енергоефективність житлових будинків є однією з найактуальніших глобальних проблем. Зміни клімату, дефіцит ресурсів та високі витрати на енергію вимагають переходу до більш екологічно чистих та ефективних методів будівництва. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), будівельний сектор споживає близько 36% світової енергії та відповідає за 39% викидів CO<sub>2</sub>. Тому розвиток інноваційних матеріалів, що знижують енерговитрати, є важливим кроком у вирішенні цієї проблеми.

Традиційні будівельні матеріали, такі як бетон, сталь та дерево, є основою сучасного будівництва. Однак їх застосування супроводжується значним споживанням ресурсів і утворенням викидів. Наприклад, виробництво цементу відповідає за 8% світових викидів CO<sub>2</sub>. Також вони часто мають обмежені енергоефективні властивості, що знижує загальну ефективність будівель.

Основним завданням даного розділу є провести детальний аналіз потенціалу стартапів, що займаються розробкою інноваційних будівельних матеріалів, а також оцінити їхній вплив на підвищення енергоефективності житлових будівель.

**Поняття стартапу та його основні характеристики.** Стартап — це молоде підприємство, що розробляє новаторські рішення, орієнтовані на ринок, і прагне зайняти нішу у певній галузі, найчастіше використовуючи передові технології. Стартапи мають певні особливості.

**Інноваційність.** Стартапи мають пропонувати новий продукт, технологію або бізнес-модель. Це може бути як кардинально нове рішення, так і вдосконалення існуючого підходу.

**Гнучкість.** Стартапи відрізняються здатністю швидко адаптуватися до змін ринку.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 77   |

**Обмеженість ресурсів.** Переважно стартапи мають обмежене фінансування, що стимулює ефективне використання ресурсів.

**Високий ризик та потенціал зростання.** Хоча ризик невдачі високий, успішний стартап може забезпечити великий дохід та швидке зростання.

У будівельній галузі стартапи часто зосереджуються на нових матеріалах (наприклад, біобетоні, нанокompозитах) або технологіях (3D-друк, автоматизоване будівництво), що сприяють зменшенню витрат ресурсів і підвищенню енергоефективності.

**Енергоефективність будівель: визначення, фактори, що на неї впливають.** Енергоефективність будівель – це здатність споруд мінімізувати енергоспоживання для підтримання комфортних умов проживання чи роботи. Вона залежить від:

- **теплових характеристик матеріалів.** Будівельні матеріали мають забезпечувати низьку теплопровідність і високий рівень ізоляції;
- **енергоефективності систем обігріву, охолодження та вентиляції.** Сучасні технології дозволяють використовувати розумні термостати, системи рекуперації тепла та енергоефективні кондиціонери;
- **дизайну та планування.** Розташування вікон, використання сонячного світла, зелених дахів і фасадів може значно знизити витрати енергії;
- **автономності.** Інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі, вітрові турбіни або геотермальні системи, дозволяє забезпечити енергетичну незалежність будівель.

Скорочення споживання енергії без втрати комфорту має вирішальне значення в умовах глобальних змін клімату та зростання цін на енергоресурси.

**Аналіз світових трендів у будівництві та розробці нових матеріалів.** Будівельна галузь активно трансформується під впливом технологічних інновацій. Головні тренди включають:

- **розумні матеріали.** Наприклад, самовідновлюваний бетон, який здатний "загоювати" тріщини, або термоадаптивні матеріали, що змінюють свої властивості залежно від температури;

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 78   |

- **3D-друк.** Ця технологія дозволяє будувати складні конструкції швидше, з меншими витратами матеріалів і робочої сили;
- **модульне будівництво.** Збірні конструкції, виготовлені з високоточних енергоефективних матеріалів, скорочують час будівництва й забезпечують низькі експлуатаційні витрати;
- **біокомпозити.** Використання природних матеріалів (наприклад, льону, коноплі) у будівельних конструкціях зменшує вуглецевий слід.

**Огляд існуючих інноваційних матеріалів для будівництва.** До новітніх матеріалів належать:

- **Аерогелі.** Ці матеріали мають одну з найнижчих теплопровідностей серед існуючих і застосовуються для теплоізоляції;
- **Фазоперехідні матеріали.** Вони здатні накопичувати й віддавати тепло, забезпечуючи стабільну температуру у приміщеннях;
- **Супергідрофобні покриття.** Забезпечують водонепроникність і захищають будівлі від корозії та впливу води;
- **Перероблені матеріали.** Наприклад, бетон з додаванням відходів промисловості або переробленого пластику.

## 5.2 Аналіз потенціалу стартапів в галузі інноваційних будівельних матеріалів

**Типи інноваційних матеріалів.** Сучасний ринок будівельних матеріалів постійно оновлюється новими рішеннями, які пропонують стартапи. Їхні розробки спрямовані на підвищення енергоефективності, зменшення екологічного впливу та створення матеріалів із додатковими функціональними можливостями. Основними напрямками інновацій є:

- **розумні матеріали.** Це матеріали, здатні змінювати свої властивості залежно від зовнішніх умов. Наприклад, електрохромне скло регулює прозорість залежно від рівня освітлення, зменшуючи навантаження на системи

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 79   |

кондиціонування. Інші приклади включають самовідновлюваний бетон, який відновлює тріщини завдяки спеціальним мікрокапсулам із розчином цементу, або фотокаталітичні покриття, що очищають повітря, розкладаючи шкідливі речовини;

- **матеріали для 3D-друку.** Технологія 3D-друку швидко набуває популярності у будівництві завдяки можливості створювати складні геометричні конструкції з мінімальними відходами. Для друку використовують спеціальні композитні матеріали, які забезпечують міцність, довговічність та стійкість до впливу зовнішнього середовища. Наприклад, бетонні суміші для 3D-друку дозволяють будувати будівлі без потреби у традиційній опалубці;

- **інноваційні теплоізоляційні матеріали.** До таких матеріалів належать аерогелі, полімерні наноструктури та вакуумні панелі. Аерогелі мають низьку теплопровідність, що робить їх ідеальними для теплоізоляції в умовах екстремальних кліматичних умов. Вакуумні панелі створюють ефективний бар'єр для тепловтрат, займаючи мінімальний обсяг, що дозволяє використовувати їх у будівництві компактних енергоефективних будівель;

- **екологічні матеріали.** Біокомпозити, створені на основі рослинних волокон, наприклад, коноплі чи льону, є екологічно чистими й мають низький вуглецевий слід. Такі матеріали забезпечують добру теплоізоляцію, регулюють вологість і можуть бути повністю перероблені. Інший приклад — використання переробленого пластику для створення міцних панелей чи модульних конструкцій.

**Переваги та недоліки кожного типу матеріалів.** Інноваційні матеріали пропонують численні переваги, однак мають і певні недоліки, які слід враховувати при їхньому впровадженні. В таблиці 5.1 наведено переваги та недоліки даних матеріалів.

Таблиця 5.1 – Переваги та недоліки іноваційних матеріалів

| Матеріал                  | Переваги   | Недоліки  |
|---------------------------|--|---|
| Розумні матеріали         | Адаптивність до змін навколишнього середовища, покращення енергоефективності | Висока вартість, складність виробництва         |
| 3D-друковані матеріали    | Мінімізація відходів, гнучкість у проектуванні                               | Необхідність спеціального обладнання            |
| Теплоізоляційні матеріали | Високі теплоізоляційні властивості, довговічність                            | Висока ціна, складність монтажу                 |
| Екологічні матеріали      | Зменшення впливу на довкілля, можливість переробки                           | Обмежена довговічність, чутливість до вологості |

### **Економічна ефективність використання іноваційних матеріалів.**

Економічна ефективність іноваційних матеріалів має дві ключові складові: початкові інвестиції у їх придбання та довгострокові вигоди від їх використання.

Початкові інвестиції. Вартість іноваційних матеріалів зазвичай є вищою порівняно з традиційними. Наприклад, ціна аерогелів у 5–10 разів перевищує вартість традиційних ізоляційних матеріалів. Однак ці витрати виправдовуються за рахунок економії на енергоресурсах та зниження витрат на ремонт будівель.

Довгострокова економія. Енергоефективні будівлі, побудовані із застосуванням іноваційних матеріалів, скорочують витрати на опалення та кондиціонування на 30–50%. У масштабах 10–20 років це забезпечує значну економію, яка компенсує початкові витрати.

Ринкова вартість будівель. Будівлі, збудовані із застосуванням новітніх технологій, мають вищу ринкову ціну, що робить їх привабливішими для інвесторів. Крім того, у багатьох країнах передбачені субсидії чи податкові пільги для екологічних проєктів.

**Екологічний аспект використання нових матеріалів.** Впровадження екологічних будівельних матеріалів сприяє досягненню глобальних цілей сталого розвитку. Основними перевагами є:

- **Зменшення вуглецевого сліду.** Виробництво традиційних будівельних матеріалів, таких як цемент, супроводжується значними викидами CO<sub>2</sub>.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Наприклад, перехід на матеріали з використанням переробленого пластику або біокомпозитів знижує рівень викидів на 30–50%;

- **Мінімізація відходів.** Інноваційні матеріали, зокрема ті, що створені за допомогою 3D-друку, значно зменшують кількість будівельних відходів. У деяких випадках такі матеріали можуть бути виготовлені з перероблених компонентів, що зменшує навантаження на полігони;

- **Сприяння циркулярній економіці.** Використання матеріалів, які можна переробляти, стимулює розвиток циркулярної економіки. Наприклад, біокомпозити або матеріали на основі натуральних волокон можуть бути перероблені після завершення життєвого циклу будівлі;

- **Поліпшення здоров'я людей.** Екологічні матеріали зазвичай не містять шкідливих речовин, таких як леткі органічні сполуки, що зменшує ризик захворювань у мешканців будівель.

Таким чином, стартапи, які впроваджують інноваційні матеріали, не лише сприяють підвищенню енергоефективності будівель, а й позитивно впливають на довкілля та здоров'я людей, створюючи нові можливості для сталого розвитку.

### 5.3 Огляд успішних кейсів

Інноваційні стартапи у сфері будівельних матеріалів демонструють високий потенціал не лише в розробці нових продуктів, але й у створенні нових бізнес-моделей, орієнтованих на сталий розвиток. Досвід успішних компаній свідчить про важливість стратегічного планування, інноваційних ідей і здатності залучати інвестиції.

**Аналіз найбільш відомих стартапів.** На сьогодні існує низка стартапів, які досягли значних успіхів у галузі інноваційних будівельних матеріалів. Розглянемо декілька прикладів.

CarbonCure Technologies. Цей канадський стартап спеціалізується на впровадженні технологій, що дозволяють уловлювати CO<sub>2</sub> і впроваджувати його

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 82   |

у бетон під час виробництва. Такий підхід знижує вуглецевий слід бетону, що є одним із найбільш поширених матеріалів у будівництві. Завдяки своїй інновації компанія отримала міжнародне визнання та зуміла залучити інвестиції від провідних венчурних фондів.

**C3Nano.** Американський стартап, який розробляє прозорі електропровідні покриття для вікон. Ці покриття не лише підвищують теплоізоляцію, але й можуть використовуватися у фотогальванічних системах, перетворюючи сонячне світло на електроенергію. Це рішення сприяє підвищенню енергоефективності будівель і зменшує їх залежність від традиційних джерел енергії.

**GreenMagicHomes.** Стартап пропонує модульні будинки, покриті зеленими дахами, які забезпечують чудову тепло- та звукоізоляцію. Використовуючи сучасні композити, компанія створює конструкції, що легко монтуються, мають високий рівень екологічності та гармонійно інтегруються в природне середовище.

**Cool Roofs.** Цей стартап спеціалізується на створенні покрівельних матеріалів, що відбивають сонячне випромінювання та знижують температуру всередині будівлі. Впровадження таких матеріалів допомагає суттєво скоротити витрати на кондиціонування, особливо в жарких регіонах.

**Продукти, бізнес-моделі та досягнення.** Аналізуючи діяльність цих стартапів, можна виділити ключові особливості їхніх продуктів та бізнес-моделей:

- **інноваційність продуктів.** Продукти, створені успішними стартапами, базуються на нових технологіях і підходах, що дозволяють вирішувати актуальні проблеми у сфері будівництва. Наприклад, рішення CarbonCure допомагає зменшити екологічний вплив одного з найбільш використовуваних матеріалів у будівництві — бетону;

- **орієнтація на сталий розвиток.** Більшість стартапів спрямовують свої зусилля на створення продуктів, що відповідають принципам сталого розвитку: зменшення енергоспоживання, використання відновлюваних ресурсів, зниження рівня відходів;

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 83   |

- **глобальний підхід.** Стартапи активно виходять на міжнародний ринок, адаптуючи свої продукти до специфіки різних регіонів. Наприклад, Cool Roofs успішно працює у країнах із спекотним кліматом, таких як Індія та африканські держави;

- **залучення інвестицій.** Успішні стартапи демонструють здатність залучати значні інвестиції для розвитку своїх ідей. CarbonCure, наприклад, отримав фінансову підтримку від Amazon та інших великих компаній. Це свідчить про важливість правильної презентації ідеї та її потенційного впливу на ринок;

- **партнерство з великими компаніями.** Багато стартапів співпрацюють із великими корпораціями, інтегруючи свої розробки у вже існуючі процеси. Наприклад, CarbonCure працює з будівельними компаніями для впровадження своїх технологій на заводах із виробництва бетону.

Аналіз діяльності успішних компаній дозволяє виділити кілька спільних факторів, які сприяють їхньому розвитку.

**Фокус на інноваціях.** Успішні стартапи інвестують значні ресурси у дослідження та розробки, прагнучи створити рішення, які кардинально змінюють існуючий ринок. Інновації в їхніх продуктах є ключовим фактором конкурентоспроможності.

**Орієнтація на екологічність.** Сучасний ринок активно підтримує екологічні ініціативи, і стартапи, що розробляють екологічно чисті матеріали, отримують більшу підтримку від споживачів, інвесторів і державних програм.

**Розуміння ринку.** Стартапи, які досягають успіху, глибоко розуміють потреби та проблеми цільового ринку. Наприклад, Cool Roofs зосередився на розв'язанні проблем перегріву будівель у тропічних регіонах, що робить їхній продукт особливо затребуваним у цих зонах.

**Гнучкість і адаптивність.** Успішні компанії швидко адаптуються до змін ринкових умов і вимог клієнтів, що дозволяє їм зберігати конкурентоспроможність навіть у мінливих умовах.

Ефективна комунікація. Потужний маркетинг і здатність чітко комунікувати цінність свого продукту є важливими складовими успіху. CarbonCure, наприклад, активно демонструє екологічну ефективність своєї технології, залучаючи підтримку як інвесторів, так і споживачів.

Доступ до фінансування. Підтримка інвесторів і наявність стабільного фінансового ресурсу дозволяють стартапам зосередитися на розробках і масштабуванні своїх проєктів.

Таким чином, успіх стартапів у сфері інноваційних будівельних матеріалів залежить від комплексного підходу до вирішення екологічних та енергетичних проблем, ефективної бізнес-стратегії та здатності впроваджувати інноваційні рішення на практиці. Вивчення цих кейсів є цінним досвідом для майбутніх розробників і підприємців, які прагнуть змінити обличчя будівельної галузі.

#### 5.4 Бар'єри та виклики для розвитку стартапів в галузі інноваційних будівельних матеріалів

Розвиток стартапів у галузі інноваційних будівельних матеріалів стикається з численними перешкодами. Вони пов'язані з фінансовими, регуляторними, технологічними та ринковими аспектами. Оскільки галузь будівництва має традиційний характер, впровадження нових матеріалів і технологій вимагає значних зусиль для подолання інерції ринку.

**Фінансові бар'єри.** Фінансування є однією з основних перешкод для стартапів у галузі інноваційних будівельних матеріалів.

Основні проблеми включають:

- **високі витрати на дослідження та розробки (R&D).** Розробка нових матеріалів вимагає значних інвестицій у лабораторне обладнання, випробування, моделювання та оптимізацію виробничих процесів. Для малих компаній ці витрати можуть стати критичними;

- **складність залучення інвестицій.** Стартапи у будівельній сфері мають справу з тривалими циклами окупності. Інвестори часто надають перевагу більш технологічним або IT-сферам, де окупність настає швидше;
- **ризик інноваційних продуктів.** Інвестори можуть бути обережними через ризики, пов'язані з довговічністю, ефективністю та прийняттям нового матеріалу на ринку;
- **доступ до державних грантів.** У багатьох країнах існують державні програми підтримки, але вони можуть бути обмеженими або складними для отримання через бюрократичні процедури.

**Регуляторні бар'єри.** Регуляторні питання є одними з найбільш суттєвих перешкод для впровадження інновацій у будівельній галузі.

**Сертифікація матеріалів.** Нові матеріали повинні відповідати численним стандартам і нормативам, які часто не адаптовані до інноваційних продуктів. Процес сертифікації може тривати роками, що стримує швидке впровадження на ринок.

**Будівельні норми.** У більшості країн існують жорсткі будівельні норми, які базуються на традиційних матеріалах. Наприклад, у багатьох регіонах використання нових матеріалів, таких як 3D-друкований бетон або біокомпозити, досі не врегульоване.

**Міжнародна стандартизація.** Для виходу на міжнародний ринок стартапи повинні враховувати відмінності у вимогах та стандартах між різними країнами, що ускладнює процес глобальної експансії.

**Екологічне законодавство.** Деякі країни вимагають, щоб нові матеріали відповідали додатковим вимогам щодо екологічності, що створює додатковий тиск на розробників.

**Технологічні бар'єри.** Розробка, масштабування виробництва та впровадження нових матеріалів пов'язані з технологічними викликами.

**Складність виробничих процесів.** Інноваційні матеріали часто потребують використання передового обладнання або складних технологій, які можуть бути недоступними для стартапів через високу вартість. Наприклад, виробництво

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 86   |

аерогелів чи нанокompозитів вимагає особливих умов, що підвищує вартість продукції.

Інтеграція у будівельні процеси. Нові матеріали потребують адаптації існуючих технологій будівництва. Наприклад, використання 3D-друку вимагає навчання персоналу та закупівлі спеціального обладнання.

Масштабування виробництва. Пілотні партії матеріалів можуть мати високу якість, але масштабування виробництва часто супроводжується складнощами, такими як нестабільність властивостей або зростання витрат.

Відсутність інфраструктури. Для багатьох інноваційних матеріалів (наприклад, композитів для 3D-друку) не існує достатньої інфраструктури постачання, що ускладнює їхнє поширення.

**Ризики, пов'язані з інноваціями.** Інновації завжди супроводжуються високими ризиками, які особливо відчутні у консервативних галузях.

Невизначеність щодо довговічності. Деякі інноваційні матеріали мають обмежену історію використання, що викликає сумніви щодо їхньої довговічності та надійності у довгостроковій перспективі. Наприклад, розумні матеріали або фазоперехідні покриття потребують тривалих випробувань.

Сприйняття ринку. Консерватизм будівельної галузі та недовіра до нових матеріалів можуть стати серйозною перешкодою для їх поширення. Наприклад, підрядники та забудовники часто віддають перевагу традиційним рішенням через страх можливих збоїв у роботі нових технологій.

Конкуренція з традиційними матеріалами. Традиційні матеріали, такі як бетон і сталь, мають стабільну логістику, перевірені характеристики та нижчу вартість. Це ставить інноваційні матеріали у складну конкурентну ситуацію.

Ризик технічних збоїв. Нові матеріали можуть демонструвати непередбачені недоліки під час експлуатації, що може спричинити додаткові витрати на ремонт або навіть втрату репутації стартапу.

Таким чином, розвиток стартапів у галузі інноваційних будівельних матеріалів потребує системної роботи над подоланням бар'єрів та викликів. Це

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 87   |

включає залучення інвестицій, адаптацію регуляторних вимог, оптимізацію виробництва та формування довіри до нових рішень серед споживачів.

## 5.5 Перспективи розвитку

Ринок інноваційних будівельних матеріалів демонструє значний потенціал зростання завдяки посиленню запиту на екологічні та енергоефективні рішення. У цьому розділі розглянуто ключові тенденції, перспективи досліджень, а також роль новітніх технологій у розвитку галузі.

**Тенденції розвитку ринку інноваційних будівельних матеріалів.** Сучасний ринок інноваційних матеріалів орієнтований на вирішення таких глобальних завдань, як підвищення енергоефективності будівель, зменшення вуглецевого сліду, мінімізація будівельних відходів і використання відновлюваних ресурсів.

Зростання попиту на екологічно чисті матеріали. Уряди багатьох країн запроваджують жорсткі екологічні стандарти, стимулюючи використання матеріалів із низьким вуглецевим слідом. Наприклад, європейська ініціатива Green Deal спрямована на те, щоб до 2050 року будівельна галузь стала повністю вуглецево-нейтральною.

Інтеграція принципів циркулярної економіки. Циркулярна економіка передбачає повторне використання матеріалів і мінімізацію відходів. Стартапи активно досліджують можливості створення будівельних матеріалів із вторинної сировини, таких як перероблений пластик, відходи металургії чи біомаси.

Підвищення попиту на інноваційні теплоізоляційні матеріали. Зростання цін на енергоресурси стимулює попит на матеріали, які знижують витрати на опалення та охолодження. Аерогелі, вакуумні панелі та нанокompозити стають все більш популярними серед забудовників.

Швидке поширення 3D-друку. 3D-друк у будівництві дозволяє створювати складні геометричні форми, скорочувати витрати на матеріали й робочу силу, а

також зменшувати час будівництва. Очікується, що ця технологія стане одним із ключових драйверів розвитку будівельної галузі у найближчі десятиліття.

Розвиток розумних матеріалів. Інноваційні матеріали з інтегрованими сенсорами, самовідновлюваними властивостями чи можливістю змінювати свої характеристики залежно від умов навколишнього середовища привертають все більше уваги.

**Потенційні напрямки досліджень та розробок.** Майбутні дослідження у сфері інноваційних будівельних матеріалів спрямовані на розв'язання технічних, екологічних і економічних викликів.

Розробка матеріалів із нульовим впливом на довкілля. Ці матеріали повинні бути повністю біорозкладними або такими, що можуть бути перероблені. Наприклад, дослідники працюють над створенням бетонів на основі грибкових культур, які можуть розкладатися після закінчення життєвого циклу будівлі.

Використання нанотехнологій. Наноматеріали дозволяють значно покращити фізичні та хімічні властивості традиційних матеріалів. Наприклад, додавання наночастинок графену у бетон підвищує його міцність і зменшує ризик появи тріщин.

Інтеграція технологій зберігання енергії. Розробка матеріалів, які можуть акумулювати тепло чи електроенергію, стає все більш актуальною. Наприклад, будівельні панелі з вбудованими акумуляторами чи фазоперехідні матеріали, що зберігають тепло, мають значний потенціал.

Автоматизація будівництва. Дослідження у сфері автоматизованого будівництва спрямовані на створення матеріалів, які легко використовувати за допомогою роботизованих систем або дронів.

Біоміметика. Цей напрямок передбачає створення матеріалів, які імітують природні структури. Наприклад, розробка будівельних матеріалів на основі властивостей черепашок чи деревини бамбука.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 89   |

**Вплив нових технологій на розвиток галузі.** Технологічний прогрес відкриває нові можливості для впровадження інноваційних матеріалів у будівництві.

**Штучний інтелект (ШІ).** ШІ використовується для аналізу властивостей матеріалів, оптимізації будівельних процесів та прогнозування ефективності матеріалів у різних умовах. Наприклад, ШІ допомагає визначити оптимальний склад бетонної суміші для зменшення вуглецевого сліду.

**Блокчейн.** Технологія блокчейн забезпечує прозорість у ланцюжках постачання будівельних матеріалів, дозволяючи відстежувати походження компонентів і їхню відповідність екологічним стандартам.

**Інтернет речей (IoT).** Розумні матеріали з вбудованими сенсорами дозволяють моніторити стан будівель у режимі реального часу, запобігаючи аваріям та знижуючи витрати на обслуговування.

**3D-друк і робототехніка.** Технології 3D-друку та роботизованого будівництва відкривають можливості для створення матеріалів із заданими властивостями, мінімізуючи кількість відходів і витрат.

**Біотехнології.** Використання біотехнологій у будівництві дозволяє створювати матеріали, які ростуть або регенеруються подібно до природних структур. Наприклад, матеріали на основі бактерій або грибів, які можуть самовідновлюватися.

**Віртуальна реальність (VR) та доповнена реальність (AR).** Ці технології дозволяють проектувати будівлі з урахуванням характеристик інноваційних матеріалів, проводити симуляції їхньої поведінки у реальних умовах.

Ринок інноваційних будівельних матеріалів має величезний потенціал для розвитку, особливо з огляду на зростаючі глобальні виклики, пов'язані з енергетичною ефективністю, екологією та урбанізацією. Інтеграція нових технологій, дослідження перспективних напрямків і впровадження передових рішень дозволять галузі вийти на новий рівень ефективності та сталого розвитку.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 90   |

## 5.6 Висновки до розділу 5

Аналіз стартапів у сфері інноваційних будівельних матеріалів підтверджує їхню важливу роль у трансформації галузі. Використання інноваційних рішень сприяє підвищенню енергоефективності будівель, зменшенню вуглецевого сліду та впливу на довкілля, а також створює нові можливості для сталого розвитку. Хоча стартапи стикаються з численними викликами, їхній потенціал залишається значним завдяки інноваційним підходам і гнучкості.

Стартапи активно долають бар'єри на шляху впровадження нових матеріалів, таких як регуляторні обмеження, фінансові труднощі та консерватизм ринку. Водночас державна підтримка, інвестиції в дослідження, міжнародна співпраця та популяризація інновацій відіграють ключову роль у сприянні їхньому розвитку. Інтеграція сучасних технологій, як-от штучний інтелект і 3D-друк, дозволяє значно вдосконалити процеси розробки й виробництва, забезпечуючи швидке масштабування рішень.

Для забезпечення сталого розвитку будівельної галузі важливо стимулювати створення інноваційних матеріалів і підтримувати стартапи через фінансування, навчання та партнерства. Це допоможе досягти енергоефективності, екологічності та економічної вигоди, що відповідає глобальним викликам сучасності.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 91   |

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ЗАМІНИ ТРУБОПРОВОДУ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ГВП

### 6.1 Загальна характеристика об'єкта, технічні характеристики серійного енергетичного устаткування та систем енергопостачання

Об'єкт дипломного проекту – 4-поверховий житловий будинок, розташований в смт. Новоайдар. Будинок обладнаний неопалюваним підвалом, де проходять інженерні мережі: системи опалення, гарячого та холодного водопостачання, водовідведення, а також електропостачання.

Мета проекту: підвищення енергоефективності будівлі шляхом заміни теплової ізоляції розподільчих трубопроводів систем опалення та гарячого водопостачання. Особливу увагу буде приділено роботам в підвальному приміщенні, яке характеризується обмеженим простором (висота 1,5 м) та ускладненим доступом до інженерних мереж. У таблиці 6.1 наведено загальну характеристику об'єкту дослідження.

Таблиця 6.1 – Загальна характеристика об'єкту

| Найменування ЕУ або ТЕУ    | Вид розміщення      | Розміщення робочого місця              | Категорія приміщення               | Категорія пожежної безпеки |
|----------------------------|---------------------|--|------------------------------------|----------------------------|
| Будинкова система опалення | Внутрішня установка | Підвальне приміщення на глибині до 5 м | Приміщення з підвищеною небезпекою | Категорія Д                |
|                            | Внутрішня установка | Окреме приміщення                      | Приміщення з підвищеною небезпекою | Категорія Д                |
| Будинкова система ГВП      | Внутрішня установка | Підвальне приміщення на глибині до 5 м | Приміщення з підвищеною небезпекою | Категорія Д                |
|                            | Внутрішня установка | Окреме приміщення                      | Приміщення з підвищеною небезпекою | Категорія Д                |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МД 24 144 33 03 ПЗ

Арк.

92

**Вибір та обґрунтування теплоізоляційного матеріалу для трубопроводів.** Для підвищення рівня теплоізоляції трубопроводів у багатоквартирному житловому будинку пропонується використовувати фольговані мінераловатні циліндри з базальтового волокна. Товщина ізоляційного шару становить від 0,02 до 0,1 м і визначається відповідно до діаметра умовного проходу трубопроводу у співвідношенні 1:1.

Переваги обраного матеріалу:

- низький коефіцієнт теплопровідності: забезпечує ефективну ізоляцію тепла (0,045 Вт/м·К);
- висока температура займання: понад 600 °С, що відповідає групі негорючості (НГ) за ДСТУ 8829:2019 [10];
- довговічність: матеріал має великий строк служби за умови дотримання правил монтажу та експлуатації;
- зручність монтажу: конструкція циліндрів дозволяє швидко та якісно виконувати роботи навіть у складних умовах;
- економічна ефективність: вартість матеріалу нижча порівняно з аналогами з подібними технічними характеристиками.

Використання мінераловатних циліндрів з фольгованим покриттям дозволяє суттєво знизити тепловтрати системи, що забезпечує як підвищення енергоефективності будівлі, так і зниження витрат на її експлуатацію. Додатково, високі показники безпеки та довговічності роблять цей матеріал оптимальним рішенням для сучасного будівництва. Технічні характеристики обладнання наведені в таблиці 6.2.

Хоча мінераловатні циліндри з базальтового волокна мають низку переваг, їх використання супроводжується певними обмеженнями, які слід враховувати при реалізації проєкту.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 93   |

Таблиця 6.2 – Показники технічних характеристик ТЕУ

| Найменування показника  | Од. виміру        | Значення             |
|---|-------------------|----------------------|
| Форма виробу  | -                 | циліндр              |
| Довжина циліндра  | мм                | 1000                 |
| Товщина стінки циліндра   | мм                | 20-100 (з кроком 10) |
| Вага  | кг                | >5                   |
| Густина   | кг/м <sup>3</sup> | 80                   |
| Теплопровідність  | Вт/м*К            | 0,045                |
| Межа міцності при розтягуванні, не менше                              | кПа               | 15                   |
| Вологість за масою, не більше   | %                 | 0,5                  |
| Вміст органічних речовин  | %, не більше      | 4,5                  |
| Група горючост  | група             | НГ                   |
| Термін експлуатації (при дотриманні рекомендованих умов експлуатації) | років             | 20                   |

Основні недоліки:

1. Гідрофільність матеріалу:

Мінеральна вата легко вбирає вологу, що може призводити до руйнування структури та зниження теплоізоляційних властивостей при вологості понад 40%.

Для запобігання цьому необхідно:

- попередньо перевірити стан трубопроводу;
- провести точковий ремонт або замінити ділянки труб зі значними ознаками корозії;
- застосовувати додатковий захисний шар, який унеможливить проникнення вологи.

2. Залежність якості від дотримання виробничого регламенту.

Якщо технологія виробництва порушена, циліндри стають крихкими, що:

- ускладнює монтажні роботи;
- зменшує довговічність виробу.

Рекомендації:

- контроль якості матеріалів: Вибір постачальника та заводу виробника має базуватися на сертифікатах відповідності ДСТУ та перевірених репутації;
- технічний аудит: Перед початком робіт слід ретельно оцінити стан трубопроводів і захисних матеріалів;
- дотримання умов експлуатації: Забезпечення сухого середовища та герметичність ізоляційного шару для запобігання контакту матеріалу з вологою;  
Дотримання цих заходів дозволить мінімізувати вплив недоліків мінераловатних циліндрів, підвищуючи ефективність і довговічність теплоізоляції.

## 6.2 Визначення обсягів і послідовності робіт у ході експлуатації або під час модернізації енергетичного об'єкту

Проведення робіт з теплоізоляції трубопроводів опалення та гарячого водопостачання вимагає залучення кваліфікованих фахівців. Виконавці повинні мати відповідний рівень професійної підготовки, бути ознайомленими з вимогами охорони праці та пожежної безпеки, а також пройти медичний огляд із підтвердженням придатності до виконання таких завдань. Важливо забезпечити мінімальний кваліфікаційний рівень працівників, що відповідає 4-му розряду.

Особливу увагу слід приділити складним умовам виконання робіт. Робота в обмеженому просторі, як-от підвальні приміщення, та виконання завдань у незручному положенні тіла, створюють додаткові ризики для здоров'я і безпеки. До цього додається необхідність враховувати близьке розташування інших комунікацій, які можуть заважати або становити небезпеку під час проведення монтажу.

Рекомендовано планувати роботи з системою опалення в неопалювальний період, коли трубопроводи не функціонують. Це дозволяє уникнути додаткових складнощів і зробити процес більш ефективним. У випадку із системою гарячого

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 95   |



зміни. З метою забезпечення комфортних умов роботи розрахунковий фонд робочого часу для одного працівника встановлено на рівні 4 години за зміну, або 20 годин на тиждень. Такий підхід дозволяє підтримувати продуктивність і знижує ризики, пов'язані з тривалим перебуванням у незручному положенні.

Кількість працівників у бригаді визначимо за формулою (6.1)

$$P = \frac{C_p}{\Phi \cdot K_B \cdot P_H}, \quad (6.1)$$

де  $C_p$  – сумарні річні трудовитрати технічного обслуговування та ремонтів

електроустановок згідно плану-кошторису, людино/годин;

$\Phi$  – фонд робочого часу в розрахунку на одного працівника, годин;

$K_B$  – коефіцієнт використання фонду робочого часу;

$P_H$  – коефіцієнт планового росту продуктивності праці.

$$P = \frac{496,42}{75,7 \cdot 0,91 \cdot 1,1} = 7 \text{ осіб}$$

У таблиці 6.4 зображено послідовність виконання робіт.

Таблиця 6.4 – Послідовність виконання робіт

| Вид робіт                         | Спосіб доставки і розгрузки | Період виконання робіт і тривалість | Кількісний склад бригади | Розряд працівників |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Підготування трубопроводу         | Транспорт, ручна розгрузка  | Не опалювальний період              | 7                        | Не менш як IV      |
| Грунтування трубопроводу в 2 шари | Транспорт, ручна розгрузка  | Не опалювальний період              | 7                        | Не менш як IV      |
| Фарбування трубопроводу           | Транспорт, ручна розгрузка  | Не опалювальний період              | 7                        | Не менш як IV      |
| Утеплення трубопроводів           | Транспорт, ручна розгрузка  | Не опалювальний період              | 7                        | Не менш як IV      |

### 6.3 Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях

У таблиці 6.5 Наведено чинники умов праці та їх показники [11].

Таблиця 6.5 – Чинники умов праці та їх показники

| Найменування чинника   | Основні характеристики                 | Числове значення показника        |
|------------------------|--|-----------------------------------|
| Параметри мікроклімату | Температура повітря                    | (15...35) °С                      |
|                        | Вологість                              | (60-85%) %                        |
|                        | Швидкість вітру                        | (0,01...0,05) м/с                 |
| Важкість праці         | Переміщення вантажів                   | До 10 кг                          |
|                        | Робоче положення                       | “стоячи”, “стоячи зігнувшись”     |
|                        | Статичні та динамічні навантаження     | 50...100 Вт, (200...300) (Вт*год) |
|                        | Категорія робіт                        | II категорія                      |
| Напруженість праці     | Тривалість зосередженого спостереження | 30 % робочого часу                |
|                        | Тривалість активних дій                | 80% робочого часу                 |
|                        | Змінність                              | 1 зміна, 7 годин                  |
|                        | Напруженість органів чуття             | 60% робочого часу                 |
|                        | Категорія                              | IV                                |

#### 6.4 **Визначення та оцінка шкідливих і небезпечних виробничих чинників**

Виконання робіт з теплової ізоляції трубопроводів пов'язане з низкою ризиків для здоров'я та безпеки працівників. Серед основних небезпечних факторів можна виділити наступні:

**Обмежений робочий простір.** Виконання робіт у підвальних приміщеннях з низькими стелями значно ускладнює маневрування, збільшує ризик травмування та утруднює евакуацію у випадку небезпеки.

**Наявність інших інженерних мереж.** Проходження електропроводки, трубопроводів з водою, газом чи іншими рідинами під тиском створює додаткову небезпеку ураження електричним струмом, опіків, травмування при пошкодженні цих мереж.

**Забруднення повітря робочим пилом.** Мінеральна вата, яка широко використовується в теплоізоляційних роботах, виділяє дрібний абразивний пил. Потрапляння цього пилу в дихальні шляхи може призвести до розвитку професійних захворювань легень, алергічних реакцій та подразнення шкіри та слизових оболонок.

**Несприятливі умови праці.** Виконання робіт у приміщеннях з недостатньою вентиляцією, підвищеною вологістю та температурою сприяє накопиченню шкідливих речовин у повітрі, що може призвести до розвитку респіраторних захворювань, зниження імунітету та загального погіршення самопочуття працівників.

Враховуючи наведені фактори, для забезпечення безпеки праці необхідно вживати наступні заходи.

**Оцінка ризиків:** Перед початком робіт необхідно провести детальну оцінку всіх можливих ризиків та розробити план заходів щодо їх мінімізації.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 99   |

**Забезпечення вентиляції:** Забезпечити ефективну вентиляцію робочої зони для відведення забрудненого повітря та запобігання накопиченню шкідливих речовин.

**Засоби індивідуального захисту:** Видавати працівникам респіратори, захисні окуляри, рукавички та спецодяг для захисту від пилу та інших шкідливих впливів.

**Інструктаж:** Проводити регулярні інструктажі з охорони праці та пожежної безпеки.

**Медичний огляд:** Періодично направляти працівників на медичний огляд для контролю стану здоров'я.

Дотримання цих заходів дозволить забезпечити безпеку працівників та запобігти виникненню виробничих травм та професійних захворювань.

У таблиці 6.6 зображено перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Таблиця 6.6 – Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників

| Небезпечні і шкідливі чинники   | Фактичне значення     | Допустиме значення      |
|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Напруга                         | 220 В                 | 6 В                     |
| Струм                           | 80 А                  | 0,06 мА                 |
| Пил та волокна мінеральної вати | 3 мг/м <sup>3</sup>   | 2 мг/м <sup>3</sup>     |
| Шум                             | 90 дБА                | 85 дБА                  |
| Вологість                       | 75%                   | 60%                     |
| Вентиляція                      | Недостатня            | 10 кратний повітрообмін |
| Температура                     | 28°C                  | Відповідає нормам       |
| Оцінка умов праці               | Шкідливі II категорії | 18-24°C                 |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МД 24 144 33 03 ПЗ

Арк.

100

## 6.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці

Для забезпечення безпеки виконання робіт необхідно суворо дотримуватися правил пожежної безпеки та загальних вимог охорони праці. Зокрема, слід звернути увагу на аспекти перелічені в таблицях 6.7 та 6.8.

Таблиця 6.7 - Технічні заходи для підвищення безпеки праці на місцях виконання робіт

| Вид заходу                              | Найменування заходу                     | Опис, показники та характеристики   |
|---|---|---|
| 1                                       | 2                                       | 3   |
| Огороджувальні засоби                   | Огородження робочої зони                | Легкі огороження<br>знаки безпеки   |
| Засоби індивідуального захисту          | Респіратори, захисні окуляри, рукавички | Використання ЗІЗ для захисту від пилу мінеральної вати                          |
| Вентиляція                              | Вимушена вентиляція                     | Вентилятори, витяжні системи, кратність обміну повітря $\geq 5$ разів на годину |
| Освітлення                              | Місцеве освітлення робочої зони         | Лампи з напругою до 24 В, рівень освітленості $\geq 100$ лк                     |
| Засоби для роботи в обмежених просторах | Лазі, трапи, платформи                  | Обладнання для безпечного доступу до трубопроводів                              |

Таблиця 6.8 – Організаційні заходи для підвищення безпеки праці на місцях виконання робіт

| Вид заходу                            | Найменування заходу                     | Опис, показники та характеристики   |
|---------------------------------------|---|---|
| Навчання та інструктаж                | Проведення інструктажів                 | Проведення інструктажів з правил експлуатації інструменту, матеріалу та спецтехніки, яка буде використовуватися у ході проведення робіт |
| Контроль стану повітря                | Моніторинг концентрації пилу та волокон | Регулярні заміри та аналіз повітряного середовища   |
| Відпочинок та перерви                 | Організація місць для відпочинку        | Перерви для відпочинку через кожні 2 години роботи  |
| Технічні заходи з електробезпеки      |   |   |
| Знаки безпеки                         | Попереджувальні знаки                   | На електричних засобах  |
| Організаційні заходи з електробезпеки |   |   |
| Перевірка наявності напруги           | Вимірювання                             | Перевірка наявності напруги на сталевих трубопроводах.  |

### 6.6 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Для забезпечення безпеки працівників, які працюють з мінеральною ватою, необхідно використовувати спеціальні засоби захисту. Крім стандартного комплексу ЗІЗ, обов'язковим є респіратор для захисту органів дихання від пилу. Детальні вимоги до комплектації ЗІЗ наведено в таблиці 6.9

Таблиця 6.9 – Перелік засобів індивідуального захисту

| Вид ЗІЗ                | Призначення  | Марка або маркування.<br>Модель.<br>Матеріал.                  | Гарантований термін використання        | Технічні характеристики                            |
|------------------------|--|--|---|--|
| Захисний одяг          | Захист від пилу, терморегуляція, легкий механічний захист    | Робочий костюм “ArtMas”<br>Куртка + напівкомбінезон            | 2 роки використання                     | За температури повітря до 40°C, вентиляція         |
| Захисне взуття         | Захист від механічного впливу                                | "Island Navassa S1P"<br>Робоче взуття                          | 6 місяців                               | Під час переміщення вантажів масою до 15 кг        |
| Захист рук             | Механічний захист, захист від пилу                           | “Intertool”<br>Рукавиці захисні                                | 5 робочих змін                          | Під час монтажних робіт                            |
| Захист голови          | Каска для захисту від механічного впливу                     | Каска від механічного впливу.<br>Полікарбонат.<br>“Portwest”   | 3 роки                                  | Під час робіт та пересування вантажів              |
| Захист очей            | Захист від механічних чинників                               | Закриті подвійні окуляри.<br>Полікарбонат.                     | 2 роки                                  | Під час виконання робіт                            |
| Захист очей            | Захист від електричної дуги ультрафіолетового випромінювання | Закриті подвійні окуляри.<br>Полікарбонат.                     | 2 роки                                  | Під час зварювальних робіт                         |
| Захист органів слуху   | Зниження рівня шуму на 10 дБА                                | «ДПЕ 30».<br>Поліуретан.                                       | 12 місяців                              | Під час роботи з підвищеним звуковим навантаженням |
| Захист органів дихання | Захист від бактерій, пилу, плісняви                          | Напівмаска респіратор протипиловий “ЗМ”<br>комплект з фільтром | 1 рік (ніпівмаска)<br>3-4 години фільтр | Під час роботи з мінватою                          |

У таблиці 6.10 наведено перелік електрозахисних засобів.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МД 24 144 33 03 ПЗ

Арк.

103

Таблиця 6.10 – Перелік електрозахисних засобів

| Вид ЕЗЗ                     | Найменування   | Технічні характеристики                 | Призначення і норми випробувань |
|-----------------------------|--|---|---------------------------------|
| Контрольносигнальні прилади | Ізолювальні кліщі  | Накладання муфт, заміна плавких вставок | 0,4-35 кВ<br>Раз у 24 місяці    |
| Захисні пристосування       | Захисне переносне заземлення, ізолюючі підставки, плакати безпеки. | Виконання робіт                         | 0,4 – 10<br>Раз у 24 місяці     |

### 6.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів

Для запобігання пожежам та забезпечення безпеки під час робіт з мінеральною ватою необхідно дотримуватися комплексу заходів. Крім використання негорючого матеріалу, передбачені додаткові заходи, які детально описані в таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 - Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

| Група заходів                            | Технічні характеристики   | Критерії вибору  |
|--|---|--|
| Вуглекислотний вогнегасник ВВ-2:         | Пересувний, тривалість дії – 25 с, довжина струмені – 5м  | У приміщенні, розміщено в коридорах через 70 м.                            |
| План дій з попередження пожеж та вибухів | Вимоги до евакуаційних заходів, планах евакуації, забезпечення дотримання протипожежних вимог, виконання приписів і постанов органів державного пожежного нагляду | Відділ з охорони праці   |
| Захисний одяг водонепроникний            | ВК «КОМБІ», комбінезон  | Багаторазового використання. Термін зберігання – 6 років.                  |
| Протигаз                                 | М98 «Scott» з фільтром ХС від монооксиду вуглецю.   | Температура зберігання – від 30 °С до 170 °С. Термін зберігання – 15 років |

### 6.8 Висновки до розділу 6

У розділі розглянуто особливості теплоізоляції трубопроводів в підвальних приміщеннях. Цей вид робіт пов'язаний з певними труднощами через обмежений простір та інші несприятливі фактори. Для безпечного виконання робіт розроблено комплекс заходів, включаючи використання спеціальних засобів захисту та організацію робочого місця.

1. Виконання робіт з теплоізоляції трубопроводів у підвальних приміщеннях пов'язане з підвищеним ризиком для здоров'я працівників через обмежений простір, погану вентиляцію та забруднення повітря пилом від мінеральної вати. Ці фактори потребують вжиття додаткових заходів безпеки.

2. Для забезпечення безпеки працівників був розроблений комплексний підхід, що включає в себе технічні, організаційні та медичні заходи, спрямовані на запобігання пожежам, вибухам та травмам.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 106  |

## ВИСНОВКИ

У цьому дипломному проєкті було проведено всебічний аналіз теплотехнічного стану багатоквартирного будинку ОСББ «Новоайдарський Дім», на основі якого розроблено рекомендації з підвищення його енергоефективності. Дослідження засвідчили, що будівля має суттєві тепловтрати, зумовлені недостатніми теплоізоляційними властивостями огорожувальних конструкцій, зокрема стін, покрівлі та підлоги. Також було виявлено, що індивідуальні системи теплопостачання в цьому будинку обмежують можливість централізованого впровадження енергозберігаючих рішень, однак відкривають перспективи для локальної модернізації.

У результаті проведених розрахунків відповідно до методики, визначеної стандартом ДСТУ 9190:2022, клас енергоефективності житлової будівлі оцінено як **G**, що є найнижчим можливим рівнем. Це свідчить про значні тепловтрати та неефективне споживання енергії для забезпечення комфортних умов проживання.

У ході виконання роботи за допомогою програмного забезпечення PV\*SOL та GeoT SOL було розраховано характеристики та компановку системи теплового насосу та сонячної електростанції на крівлі будівлі. Номінальна теплова потужність системи ТН становить 191,7 кВт, що дозволить покривати близько 90% річного споживання теплової енергії на потреби системи опалення та ГВП. Щоб компенсувати частину електроенергії, що буде споживатися тепловим насосом, було запропоновано використовувати СЕС приєднану по гібридній схемі із застосуванням АКБ. Номінальна потужність запропонованої СЕС становить 50 кВт. Дана СЕС дозволить компенсувати протягом року близько половини електроенергії, що буде спожита тепловим насосом.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 107  |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2011 «БУДІВЕЛЬНА КЛІМАТОЛОГІЯ»
- 2 ДБН В.2.6-31:2021: Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2022. 27 с.
- 3 ДСТУ 9191:2022: Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2023-01-03]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2022. 63 с.
- 4 ДСТУ 9190:2022: Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний від 2023-01-03]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 63 с.
- 5 Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. № 261. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>.
- 6 Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. №260. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>.
- 7 Офіційний сайт PV\*Sol premium [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://valentin-software.com/en/products/pvsol-premium/>
- 8 Офіційний сайт GeoT\*Sol premium [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://valentin-software.com/en/products/geotsol/>
- 9 Офіційний сайт Мінфін [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/luganskaya/2024-11-01/>

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 108  |

- 10 ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація
- 11 ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1999. 56 с.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | МД 24 144 33 03 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 109  |

# Додаток А

## Перевірка магістерської дисертації на академічну доброчесність



National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv  
Politech Institute

Дата звіту 12/10/2024  
Дата редагування 12/10/2024

Документ прийнятий

### Звіт подібності

#### метадані

Заголовок

Магістерська дисертація ОПП "Енергетичний менеджмент та інженіринг теплоенергетичних систем"

Автор

Науковий керівник / Експерт

Хропатий Юрій

Дмитро Вікторович Рицдюк

Інститут

IATE, К-ра теплової та альтернативної енергетики

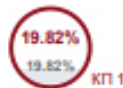
#### Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

|                        |  |     |
|------------------------|--|-----|
| Заміна букв            |  | 181 |
| Інтервали              |  | 0   |
| Мікропробіли           |  | 3   |
| Білі знаки             |  | 0   |
| Парафрази (SmartMarks) |  | 203 |

#### Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності вказує, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



10

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

19300

Кількість слів

157157

Кількість символів

#### Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копію тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

#### 10 найдовших фраз

Копію тексту

| ПОРЯДКОВИЙ<br>НОМЕР | НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)  | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ<br>(ФРАГМЕНТІВ) |        |
|---------------------|---|---|--------|
| 1                   | <a href="https://eeaudit.org/wp-content/uploads/2021/05/Rozdil_EE_3.pdf">https://eeaudit.org/wp-content/uploads/2021/05/Rozdil_EE_3.pdf</a>   | 55  | 0.28 % |
| 2                   | <a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50573/1/Butok_magistr.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50573/1/Butok_magistr.pdf</a>   | 53  | 0.27 % |
| 3                   | <a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/53399/1/Programne_ta_analitychne_zabezpechennia_en_erhoaudytu.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/53399/1/Programne_ta_analitychne_zabezpechennia_en_erhoaudytu.pdf</a>         | 50  | 0.26 % |
| 4                   | <a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26412/1/%D0%9C%D0%94%20%D0%9A%D1%80%D0%BB%D0%B2%D1%83%D1%86%D0%B0.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26412/1/%D0%9C%D0%94%20%D0%9A%D1%80%D0%BB%D0%B2%D1%83%D1%86%D0%B0.pdf</a> | 47  | 0.24 % |
| 5                   | <a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50508/1/Gavrylenko_magistr.docx">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50508/1/Gavrylenko_magistr.docx</a>   | 41  | 0.21 % |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МД 24 144 33 03 ПЗ

Арк.

## ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

| № з/п | Формат | Позначення             | Найменування   | Кількість аркушів | Примітка |
|-------|--------|------------------------|--|-------------------|----------|
| 1     | A4     |                        | Завдання на магістерську дисертацію                              | 2                 |          |
| 2     | A4     | МД 25.144.XXXXXX ПЗ    | Пояснювальна записка   | 110               |          |
| 3     | A1     | МД 24 144 33 03 001 AP | Розташування обладнання на відм. 0,000                           | 1                 |          |
| 4     | A1     | МД 24 144 33 03 002 AP | Фасади   | 1                 |          |
| 5     | A1     | МД 24 144 33 03 001 OB | Утеплення фасадів  | 1                 |          |
| 6     | A1     | МД 24 144 33 03 002 OB | Схема підключення  | 1                 |          |
| 7     | A1     | МД 24 144 33 03 001 EP | Розташування сонячних панелей план на відм. +12,000, вигляди А-Г | 1                 |          |
| 8     | A1     | МД 24 144 33 03 001    | Плакат   | 1                 |          |

|                                    |             |          |        |      |  |         |
|------------------------------------|-------------|----------|--------|------|--|---------|
|                                    |             |          |        |      | МД 24 144 33 03  |         |
|                                    | Арк.        | № докум. | Підпис | Дата |  |         |
| Розробив                           | Хропатий    |          |        |      | Аркуш  | Аркушів |
| Перевішив                          | Яценко      |          |        |      |  | 1       |
| Т.контр.                           | Буяк        |          |        |      | КПП ім. Ігоря Сікорського<br>Кафедра ТАЕ, Гр. ТЕ-331мп |         |
| Н.контр.                           | Боженко     |          |        |      |  |         |
| Зав.каф.                           | Черноусенко |          |        |      |  |         |
| Відомість магістерської дисертації |             |          |        |      |  |         |