

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова**  
**Херсонський навчально-науковий інститут**

Кафедра теплотехніки

«Допущений до захисту»  
Завідувач кафедри теплотехніки  
 к.т.н., доцент Г.О. Кобалава  
« 10 » червня 2026 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття ступеня вищої освіти **«бакалавр»**

на тему: **«Аналіз енергоефективності приватного житлового будинку у м.  
Херсон та розробка енергоефективних заходів»**

Виконав: студент IV курсу, групи **4248**  
спеціальності

**144 «Теплоенергетика»**

(шифр і назва спеціальності)

**«Енергетичний менеджмент»**

(назва освітньо-професійної програми)

**Карина БОЙЦУН**

(прізвище та ініціали)

Керівник **Дмитро КОНОВАЛОВ**

(прізвище та ініціали)

Рецензент **Віктор САМОХВАЛОВ**

(прізвище та ініціали)

Херсон – 2026

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет ХННІ НУК, енерготехнічний факультет

Кафедра теплотехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

(шифр і назва)

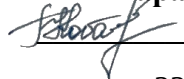
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми



к.т.н., доц. Г.О. Кобалава

« 22 » квітня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
**на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»**

здобувача **Бойцун Карина Геннадіївна, група 4248**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз енергоефективності приватного житлового будинку у м. Херсон та розробка енергоефективних заходів»

керівник роботи Коновалов Д.В., д.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора НУК від « 22 » квітня 2026 року № 293уч

2. Термін подання студентом роботи « 10 » червня 2026 року.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ.

Розділ 1. Загальний опис об'єкту дослідження. Мета кваліфікаційної роботи.

Розділ 2. Аналіз ефективності використання електричної та теплової енергії на об'єкті.

2.1. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу.

2.2. Визначення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

2.3. Визначення річних витрат енергії.

2.4. Визначення теплових витрат через огорожувальні конструкції будівель.

2.5. Аналіз витрат тепла через огорожувальні конструкції.

2.6. Висновки по розділу 2.

Розділ 3. Розробка заходів з енергозбереження для об'єкту дослідження.

3.1. Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі.

3.2. Розробка заходів з енергозбереження.

3.3. Оцінка витрат для запропонованих заходів.

3.4. Висновки по розділу 3.

Розділ 4. Аналіз економічної ефективності запропонованих енергозберігаючих заходів.

4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.

4.2. Оцінка фінансової ефективності.

Розділ 5. Розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Висновки.

Список використаної літератури.

4. Перелік графічного матеріалу – презентація результатів розрахунків та дослідження.

Примітка: обсяг розрахунків та креслень узгоджується з керівником.

Оформлення кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності з вимогами ЄСКД та ДСТУ. Розрахунково-пояснювальна записка (60...80 сторінок тексту) повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5. Дата видачі завдання « 22 » квітня 2026 року.

Дата представлення на кафедру « 10 » червня 2026 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів випускної магістерської роботи                                                                                              | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1.    | Загальний опис об'єкту дослідження. Мета кваліфікаційної роботи.                                                                         | 28 квітня                      | виконано |
| 2.    | Аналіз ефективності використання електричної та теплової енергії на об'єкті.                                                             | до 07 травня                   | виконано |
| 3.    | Розробка заходів з енергозбереження для об'єкту дослідження.                                                                             | до 15 травня                   | виконано |
| 4.    | Аналіз економічної ефективності запропонованих енергозберігаючих заходів.                                                                | до 23 травня                   | виконано |
| 5.    | Розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності.                                                                             | до 02 червня                   | виконано |
| 6.    | Графічна частина.                                                                                                                        | до 06 червня                   | виконано |
| 7.    | Остаточне оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу; подання кваліфікаційної бакалаврської роботи на кафедру | до 10 червня                   | виконано |

Здобувач

  
(підпис)

**Карина БОЙЦУН**

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

**Дмитро КОНОВАЛОВ**

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Бойцун Карина Геннадіївна, група 4248.

«Аналіз енергоефективності приватного житлового будинку у м. Херсон та розробка енергоефективних заходів».

Кваліфікаційна робота на здобуття кваліфікації бакалавр за спеціальністю 144 Теплоенергетика (освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»). Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсон, 2026 р.

В роботі проведена розробка комплексу термомодернізаційних рішень для житлового будинку площею 80 м<sup>2</sup> в умовах м. Херсон. У роботі проведено теплотехнічний розрахунок зовнішньої оболонки будівлі, який виявив дефіцит теплозахисту, що становить 53 % для зовнішніх стін (1,75 (м<sup>2</sup>• °C)/Вт), 46 % для суміщеного даху (2,45 (м<sup>2</sup>• °C)/Вт) та 48% для підлоги (1,95 (м<sup>2</sup>• °C)/Вт), для вікон та дверей значення опору теплопередачі більше 70 % згідно ДБН В.2.6-31:2021. Визначено максимальне теплове навантаження будівлі, що становить 12,8 тис. кВт• год/рік та проаналізовано фактичне споживання природного газу, що в середньому за рік складає 2100 м<sup>3</sup>/рік та електроенергії 1750 кВт• год/рік. Запропоновано комплекс пасивних та активних заходів з енергозбереження: утеплення фасадів мінеральною ватою, теплоізоляція суміщеного даху плитами XPS, а також заміна вікон та входних дверей. Для зменшення використання електроенергії запропоновано замінити елементи освітлення на діодного типу. Розраховано, що реалізація заходів знижує річне споживання теплової енергії та палива на 39,7 %, забезпечуючи чисте заощадження газу в обсязі 834 м<sup>3</sup>/рік, що складає економію коштів на споживання газу до 6637 грн./рік. Проведено техніко-економічний аналіз проєкту за загального кошторису 244400 грн. строк окупності сягає 37 років. Однак модернізація системи освітлення шляхом заміни лампочок розжарювання на діодні лампи вартує лише 1100 грн, а строк окупності менше одного року..

**Ключові слова:** енергоефективність, термомодернізація, індивідуальний тепловий пункт, погодне регулювання, опір теплопередачі.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 4    |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

## ABSTRACT

Boytsun Karina Gennadiivna, group 4248.

"Analysis of energy efficiency of a private residential building in the city of Kherson and development of energy efficiency measures".

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 144 Heat and Power Engineering (educational and professional program "Energy Management"). Kherson Educational and Scientific Institute of the Admiral Makarov National Shipbuilding University, Kherson, 2026.

The work developed a complex of thermal modernization solutions for a residential building with an area of 80 m<sup>2</sup> in the city of Kherson. The work carried out a thermal calculation of the external envelope of the building, which revealed a deficit of thermal protection of 53% for external walls (1.75 (m<sup>2</sup>°C)/W), 46% for the combined roof (2.45 (m<sup>2</sup>°C)/W) and 48% for the floor (1.95 (m<sup>2</sup>°C)/W), for windows and doors the value of heat transfer resistance is more than 70% according to DBN V.2.6-31:2021. The maximum thermal load of the building was determined, which is 12.8 thousand kWh/year, and the actual consumption of natural gas was analyzed, which on average per year is 2100 m<sup>3</sup>/year and electricity 1750 kWh/year. A set of passive and active energy saving measures was proposed: insulation of facades with mineral wool, thermal insulation of the combined roof with XPS plates, as well as replacement of windows and entrance doors. To reduce electricity consumption, it is proposed to replace lighting elements with diode-type ones. It is calculated that the implementation of measures reduces the annual consumption of thermal energy and fuel by 39.7%, providing net gas savings of 834 m<sup>3</sup>/year, which amounts to savings on gas consumption of up to 6637 UAH/year. A feasibility study of the project was conducted with a total budget of 244400 UAH. The payback period is 37 years. However, the modernization of the lighting system by replacing incandescent bulbs with diode lamps costs only 1100 UAH, and the payback period is less than one year.

Keywords: energy efficiency, thermal modernization, individual heating point, weather regulation, heat transfer resistance.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 5    |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

## ЗМІСТ

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ .....                                                                            | 8   |
| ВСТУП .....                                                                                                            | 10  |
| РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТА<br>КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....                                     | 13  |
| 1.1. Загальна характеристика об'єкта, для якого проводиться аналіз<br>енергоефективності. ....                         | 13  |
| 1.2. Аналіз існуючого стану та останніх досліджень по енергозбереженню<br>житлових будівель на території України. .... | 19  |
| 1.3. Вимоги до огорожувальних конструкцій ... ..                                                                       | 21  |
| 1.4. Висновки за розділом 1. ....                                                                                      | 22  |
| РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА<br>ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....                          | 224 |
| 2.1. Визначення приведенного опору теплопередачі огорожувальних<br>конструкцій. ....                                   | 224 |
| 2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів<br>інфільтраційного повітря і матеріалу ..... | 25  |
| 2.3. Визначення річних витрат енергії на опалення та вентиляцію. ....                                                  | 29  |
| 2.4. Побудова графіка тривалості теплового навантаження будівлі. ....                                                  | 32  |
| 2.5. Висновки за розділом 2. ....                                                                                      | 334 |
| РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТУ<br>ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                          | 37  |
| 3.1. Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі. ....                                               | 37  |
| 3.2. Розробка заходів з енергозбереження.....                                                                          | 433 |
| 3.3. Оцінка витрат для запропонованих заходів. ....                                                                    | 499 |
| 3.4. Висновки за розділом 3. ....                                                                                      | 50  |
| РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ<br>ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....                             | 52  |

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 6    |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів. .... | 52 |
| 4.2. Оцінка фінансової ефективності. ....                                           | 53 |
| 4.3 Висновки по розділу 4 .....                                                     | 55 |
| РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ                               |    |
| ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....                                                                | 57 |
| 5.1. Аналіз небезпек.....                                                           | 57 |
| 5.2. Витяг з правил техніки безпеки .....                                           | 58 |
| 5.3. Висновки за розділом 5. ....                                                   | 60 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                       | 61 |
| ЛІТЕРАТУРА.....                                                                     | 62 |

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 7    |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

БМ-ІТП – блочно-модульний індивідуальний тепловий пункт;  
ЕСКО – енергосервісна компанія;  
ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;  
МЗК – місця загального користування;  
ІО – інженерне обладнання;  
ІТП – індивідуальний тепловий пункт;  
ККД – коефіцієнт корисної дії;  
НШВФ – небезпечні та шкідливі виробничі фактори;  
ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирного будинку;  
ПЗО – пристрій захисного відключення;  
ППЕ – правила пожежної безпеки;  
ПУЕ – правила улаштування електроустановок;  
ТЕЦ – теплоелектроцентраль;  
XPS – екструдований пінополістирол;  
А – площа поверхні конструктивного елемента, м<sup>2</sup>;  
с – питома масова теплоємність повітря, кДж/(кг• °С);  
Dd – градусо-добы опалювального періоду, °С• добу;  
DPBP – дисконтований термін окупності (Discounted Payback Period), років;  
К – капітальні інвестиції (кошторисна вартість), грн;  
NPV – чистий приведений дохід (Net Present Value), грн;  
PBP – простий термін окупності (Payback Period), років;  
β – коефіцієнт додаткових втрат тепла за сторонами світу;  
γ – коефіцієнт утилізації внутрішніх теплонадходжень;  
δ – товщина шару матеріалу, м;

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 8    |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

$\eta$  – коефіцієнт відповідності огороження нормативу або коефіцієнт корисної дії;

$\lambda$  – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м• °С);

$\eta$  – густина повітряного середовища, кг/м<sup>3</sup>.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 9    |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

## ВСТУП

Впровадження засад енергетичного менеджменту та проведення комплексного аналізу енергоефективності існуючого житлового фонду є базовим етапом для реалізації політики енергозбереження. Оцінка фактичного стану будівлі, визначення реальних теплових втрат через елементи залізобетонних або цегляних огорожувальних конструкцій та ідентифікація «вузьких місць» в інженерних мережах дозволяють розробити технічно обґрунтовані й економічно доцільні заходи.

Модернізація таких об'єктів, що включає термомодернізацію оболонки будівель, встановлення сучасних індивідуальних теплових пунктів із погодним регулюванням та оптимізацію систем освітлення, забезпечує не лише зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів, а й покращення мікроклімату в приміщеннях, подовження строку експлуатації будівель і зменшення викидів парникових газів. З огляду на це, проведення аналізу енергоефективності житлового будинку котеджного типу загальною площею 80 м<sup>2</sup> та наукове обґрунтування енергоефективних заходів є надзвичайно актуальним науково-практичним завданням.

Метою роботи полягає у проведенні комплексного аналізу показників енергоефективності та розробка рекомендацій підвищення енергетичної ефективності житлового будинку котеджного типу загальною площею 80 м<sup>2</sup> з обґрунтуванням енергоефективних заходів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Надати загальну характеристику та архітектурно-планувальний опис об'єкта дослідження.
2. Провести розрахунок теплових втрат через зовнішні огорожувальні конструкції будинку та оцінити вплив інфільтрації зовнішнього повітря.
3. Визначити приведений опір теплопередачі існуючих огорожувальних конструкцій та зіставити їх із діючими нормативними вимогами.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 10   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

4. Розрахувати річні витрати теплової та електричної енергії будівлею за базових умов експлуатації.

5. Здійснити аналіз структури енергоспоживання та виявити основні джерела втрат енергії.

6. Розробити комплекс технічних заходів з енергозбереження, спрямованих на зниження теплових втрат та оптимізацію використання ресурсів.

7. Оцінити капітальні витрати на реалізацію запропонованих заходів та розрахувати терміни їх окупності й фінансову ефективність.

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.** Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 28 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 67 сторінок, містить 12 рисунків та 3 таблиці.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 11   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

|           |      |                |        |      |                          |             |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--------------------------|-------------|------|---------|
|           |      |                |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.01 |             |      |         |
|           |      |                |        |      |                          |             |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата | Розділ 1                 | Літ.        | Арк. | Аркушів |
| Студент   |      | Бойцун К.Г.    |        |      |                          |             |      |         |
| Керівник  |      | Коновалов Д.В. |        |      |                          |             |      |         |
|           |      |                |        |      |                          |             |      |         |
| Консульт. |      |                |        |      |                          |             |      |         |
| Зав.каф.  |      | Кобалава Г.О.  |        |      |                          | ХННІ НУК 12 |      |         |

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

### 1.1. Загальна характеристика об'єкта, для якого проводиться аналіз енергоефективності.

Об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є одноповерховий житловий будинок котеджного типу, розташований у м. Херсон. Будівля зведена у 1975 році. Будівля має квадратну конфігурацію у плані з лінійними розмірами 10х8 м, що становить загальну площу 80 м<sup>2</sup>. Висота до стелі становить 3,0 м, а загальна будівельна висота від рівня землі до даху – 5,0 м.

1. Зовнішні стіни (рис. 1.1): Виконані на основі кладки з силікатної цегли товщиною 0,25 м ( $\lambda = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ). Із внутрішнього боку нанесено шар гіпсової штукатурки товщиною 0,02 м. Загальна площа стін за вирахуванням прорізів становить 94 м<sup>2</sup>.



Рисунок 1.1. Зовнішні стіни будівлі з силікатної цегли

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.01 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 13   |

2. Дах (покриття): Двосхилий з зовнішнім покриттям з азбестоцементного шиферу ( $\lambda = 0,35 \text{ Вт/(м}^\circ \text{°C)}$ ). Для створення ухилу використовується обрешітка з дерев'яних брусів ( $\lambda = 0,2 \text{ Вт/(м}^\circ \text{°C)}$ ). Переkritтя залізобетонні плити товщиною 0,2 м ( $\lambda = 2,1 \text{ Вт/(м}^\circ \text{°C)}$ ). Зі сторони даху для теплозахисту використано керамзитовий гравій товщиною 0,2 м ( $\lambda = 0,21 \text{ Вт/(м}^\circ \text{°C)}$ ). З внутрішньої сторони нанесено шар гіпсової штукатурки товщиною 0,02 м. Загальна площа 80 м<sup>2</sup>.

3. Підлога: Встановлена цементна стяжка товщиною 0,2 м ( $\lambda = 1,4 \text{ Вт/(м}^\circ \text{°C)}$ ), для комфорту підлога вкрита лінолеумом ( $\lambda = 0,3 \text{ Вт/(м}^\circ \text{°C)}$ ).

4. Світлопрозорі конструкції (вікна): У будівлі проведено заміну старих дерев'яних рам на металоплазикові вікна з двокамерними склопакетами. Загальна площа скління становить 12 м<sup>2</sup> (рис. 1.2).



Рисунок 1.2. Світлопрозорі конструкції (вікна)

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.01 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 14   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

5. Зовнішні двері: Дерев'яні, вхідні загальною площею 3 м<sup>2</sup> (рис. 1.3).



Рисунок 1.3. . Зовнішні дерев'яні двері

Внутрішні міжкімнатні перегородки виконані з цегляної кладки товщиною 0,12 м, потинькованої з обох боків гіпсовим розчином товщиною 0,02 м. Вони не беруть участі у трансмісійних втратах через зовнішній контур, але забезпечують значну внутрішню теплоакумулюючу здатність будівлі.

#### ***Характеристика системи теплопостачання та інженерного забезпечення***

Система теплопостачання житлового будинку призначена для компенсації теплових втрат через огорожувальні конструкції та забезпечення нормативних параметрів мікроклімату (температури повітря  $t_{\text{int}} = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$  та відносної вологості 50–60 %) у житлових приміщеннях протягом опалювального періоду.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.01 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 15   |

За типом приєднання до зовнішніх теплових мереж будівля має автономне теплопостачання. Джерелом теплової енергії одноконтурний газовий котел підлогового типу (рис. 1.4). Теплоносій – прісна вода.



Рисунок 1.4. Одноконтурний газовий котел підлогового типу

Основні технічні параметри системи опалення об'єкта:

Автоматизоване погодні регулювання на вузлі введення відсутнє, контроль здійснюється лише за рахунок якісного регулювання на джерелі тепла (котлі) відповідно до усередненого температурного графіка.

Внутрішньобудинкова розводка: Система опалення – водяна, двотрубна, з вертикальними стояками та нижньою розводкою магістральних трубопроводів.

Максимальна температура теплоносія + 70 °С при розрахунковій зовнішній температурі для м. Херсон ( $t_{\text{ext}} = -18\text{ °C}$ ).

Опалювальні прилади: Як місцеві опалювальні прилади в житлових кімнатах та кухнях використано секційні чавунні радіатори марки М-140-АО, що мають високу теплову інерційність (рис. 1.5). Радіатори обладнані ручною

запірно-регулюючою арматурою (стандартні крани подвійного регулювання або кульові крани), яка не забезпечує точного автоматичного підтримання температури в приміщеннях, що призводить до локальних перегрівів («перетопів») у перехідні періоди весни та осені.



Рисунок 1.5. Опалювальні прилади секційні чавунні радіатори

Технічні характеристики однієї секції М-140-АО

**Теплова потужність (тепловіддача): 160 – 185 Вт** (залежно від температури теплоносія у системі, стандартно рахують як 160 Вт при  $\Delta t = 70^{\circ}\text{C}$ ).

**Монтажна висота (між осями): 500 мм** (повна висота секції становить 582 мм).

**Глибина секції: 140 мм** (ширина однієї секції вздовж стіни — близько 108 мм).

**Площа поверхні нагріву: 0,299 м<sup>2</sup>** (забезпечує велику площу контакту з повітрям).

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.01 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 17   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

**Розрахунковий коефіцієнт теплопередачі: 9,16 Вт/(м²·°С)** (показник ефективності віддачі тепла чавунною стінкою).

**Робочий тиск:** до **0,9 – 1,0 МПа (9–10 бар)** (максимальний випробувальний тиск — 1,5 ... 1,6 МПа).

**Місткість (об'єм води):** близько **1,3 літра** (через що вся система потребує багато теплоносія).

**Вага порожньої секції:** близько **7,2 – 7,5 кг** (без урахування з'єднувальних ніпелів та глухих пробок).

Чавун володіє високою тепловою інерційністю. Він довго прогрівається через масивні стінки та великий об'єм води, але після вимкнення котла або аварії в тепломережі радіатор М-140-АО зберігає до 30% теплового випромінювання ще протягом години (металеві аналоги остигають за 15-20 хвилин).

Гаряче водопостачання (ГВС): Здійснюється децентралізовано за рахунок індивідуального проточного газового водонагрівача (рис. 1.6).



Рисунок 1.6. Індивідуальний проточний газовий водонагрівач

Існуючий стан системи теплопостачання та вузла введення об'єкта характеризується низькою гідравлічною та тепловою стійкістю, відсутністю можливості покімнатного чи загальнобудинкового автоматичного регулювання теплового потоку залежно від температури зовнішнього повітря та сонячної інсоляції. Це визначає значний потенціал енергозбереження та доцільність розробки заходів із модернізації системи опалення.

## **1.2. Аналіз існуючого стану та останніх досліджень по енергозбереженню житлових будівель на території України.**

Сучасний стан житлового фонду України характеризується надзвичайно високим рівнем питомого енергоспоживання, що у 2–3 рази перевищує аналогічні показники країн Європейського Союзу з подібними кліматичними умовами. Більша частина будинків в Україні була зведена у період з 1960 по 1990 роки за типовими проєктами масового індустріального домобудування. На момент їх проєктування та будівництва діяли застарілі будівельні норми, які орієнтувалися на низьку вартість і доступність викопних паливно-енергетичних ресурсів. Як наслідок, огорожувальні конструкції таких об'єктів мають низький опір теплопередачі, а інженерні системи позбавлені засобів автоматичного регулювання та обліку.

За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, структура втрат теплової енергії у типовому немодернізованому приватному будинку виглядає наступним чином:

- через незадовільну теплоізоляцію зовнішніх стін втрачається від 35% до 45% тепла;
- через світлопрозорі конструкції (вікна) та входні двері – 15–25%;
- через дахи та горищні перекриття – 10–15%;
- через перекриття над неопалюваними підвалами – 5–10%;

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.01 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 19   |

- внаслідок неефективної вентиляції та інфільтрації повітря – 15–20%.

У перехідні періоди опалювального сезону (осінь, весна) виникає явище «перетопів», коли температура у приміщеннях перевищує санітарні норми, а споживачі змушені регулювати мікроклімат шляхом відкривання кватирок, тобто викидати теплову енергію в навколишнє середовище.

В останні роки вектор державної політики України чітко спрямований на інтеграцію європейських стандартів у сфері енергетичної ефективності.

Важливим кроком стало прийняття та впровадження законів України «Про енергетичну ефективність будівель», «Про енергетичну ефективність» та «Про житлово-комунальні послуги». Відповідно до цих законодавчих актів, запроваджено обов'язкову сертифікацію енергетичної ефективності для певних категорій об'єктів, а також визначено мінімальні вимоги до теплотехнічних показників будівельних конструкцій при їх новому будівництві або реконструкції.

Вагомий внесок у дослідження та практичну реалізацію процесів енергозбереження в житловому секторі вносять провідні вітчизняні наукові школи та установи, серед яких Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (НДІБК), Інститут технічної теплофізики НАН України, а також профільні кафедри вищих навчальних закладів. Сучасні дослідження українських вчених та інженерів концентруються на кількох ключових напрямках:

1. Комплексна термомодернізація оболонок будівель. Дослідження доводять, що клаптикове (покімнатне) утеплення стін, яке часто практикують мешканці, є неефективним і шкідливим, оскільки призводить до зміщення «точки роси» всередину конструкції, руйнування фасадів на межі ізольованих ділянок та утворення цвілі. Науково обґрунтованим визнано лише суцільне термоізолювання всього периметра будівлі.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.01 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 20   |

2. Впровадження активних систем енергозбереження. Останні роботи аналізують ефективність переведення систем опалення на залежні/незалежні схеми з обов'язковим встановленням індивідуальних теплових пунктів (ІТП) із погодним регулюванням. Це дозволяє автоматично коригувати витрату теплоносія залежно від температури зовнішнього повітря та знижувати загальне споживання тепла будівлею на 20–30%.

3. Енергетичний менеджмент та моніторинг. Дослідження підтверджують, що створення систем щоденного обліку та аналізу споживання енергоносіїв (включаючи використання сучасних програмних комплексів та ІТ-пристроїв) дозволяє виявити приховані втрати та оптимізувати режими роботи систем без значних капіталовкладень.

Особливого значення питання енергозбереження та підвищення енергетичної стійкості житлових будівель набули в умовах воєнного стану та в контексті майбутнього повоєнного відновлення (Green Recovery). Руйнування об'єктів генерації та магістральних мереж вимагають децентралізації інженерних систем, впровадження відновлюваних джерел енергії (таких як сонячні колектори, теплові помпи) та створення максимального рівня автономності цивільних будівель.

### 1.3. Вимоги до огорожувальних конструкцій

Вимоги до теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будівель регламентує ДБН В.2.6-31:2021.

Найбільше тепла втрачається зовнішніми огороженнями будівель. Більшість будівель мають низьку якість теплової ізоляції. Всі огорожувальні конструкції мають термічний опір, значно нижчий, ніж передбачає ДБН В.2.6-31:2021:

- стіни 3,3 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, втрати до 32 %;

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.01 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 21   |

- вікна  $0,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$ , втрати до 22 %;
- суміщене покриття  $5,35 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$ , втрати до 30 %;
- перекриття підлоги (підвалу)  $3,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$ , втрати до 16 %.

При кожному зовнішньому вході слід передбачати веранди-тамбури для теплового та вітрового захисту. Тамбури допускається не влаштовувати на виходах із будинків та приміщень, якщо ці виходи є лише евакуаційними, а також при входах до неопалюваних приміщень. За відповідного обґрунтування допускається також не передбачати тамбур при зовнішньому вході до приміщення громадського призначення площею до  $100 \text{ м}^2$  включно. У цьому випадку на вході необхідно передбачати повітряно-теплову завісу та обладнувати зовнішні двері пристроями самозачинення.

Таким чином, проведення детального аналізу енергоефективності конкретного житлового одноповерхового приватного будинку котеджного типу площею  $80 \text{ м}^2$  у м. Херсон та розробка технічних рішень з його модернізації повністю відповідають сучасним трендам розвитку енергетичного сектору України та базуються на передовому досвіді вітчизняних і світових досліджень.

#### 1.4. Висновки за розділом 1.

У першому розділі наведено архітектурно-конструктивні характеристики типового житлового одноповерхового приватного будинку котеджного типу площею  $80 \text{ м}^2$  у м. Херсон та детально описано його застарілу систему теплопостачання. На основі аналізу вітчизняного досвіду обґрунтовано, що будівля має суттєвий потенціал енергозбереження, реалізація якого потребує комплексної термомодернізації оболонки та автоматизації внутрішніх інженерних мереж.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.01 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 22   |

|           |                |          |        |      |                          |  |  |  |          |      |         |
|-----------|----------------|----------|--------|------|--------------------------|--|--|--|----------|------|---------|
|           |                |          |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.02 |  |  |  |          |      |         |
| Змн.      | Арк.           | № докум. | Підпис | Дата |                          |  |  |  |          |      |         |
| Студент   | Бойцун К.Г.    |          |        |      | Розділ 2                 |  |  |  | Літ.     | Арк. | Аркушів |
| Керівник  | Коновалов Д.В. |          |        |      |                          |  |  |  |          |      |         |
|           |                |          |        |      |                          |  |  |  |          |      |         |
| Консульт. |                |          |        |      |                          |  |  |  | ХННІ НУК |      |         |
| Зав.каф.  | Кобалава Г.О.  |          |        |      |                          |  |  |  |          |      |         |
|           |                |          |        |      | 23                       |  |  |  |          |      |         |

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 2.1. Визначення приведеного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій

Для проведення енергетичного аналізу будівлі спочатку необхідно визначити теплотехнічні показники її зовнішньої оболонки у базовому (існуючому) стані. Основним показником, що характеризує теплозахисні властивості конструкції, є приведений опір теплопередачі  $R_{\Sigma}$ , (м<sup>2</sup>• °С)/Вт, який для багат шарової плоскої конструкції обчислюється за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}$$

$\alpha_{вн}$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огороджувальних конструкцій, Вт/(м<sup>2</sup>• °С): приймається для внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій (для стін та стель)  $\alpha_{вн} = 8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>• °С), для зовнішньої стіни та даху  $\alpha_3 = 23,3$  Вт/(м<sup>2</sup>• °С); для підлоги на ґрунті або над закритим підвалом  $\alpha_3 = 6$  Вт/(м<sup>2</sup>• °С);

$\delta_i$  – товщина і-го шару огороджувальних конструкцій, м;

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності і-го шару огороджувальної конструкції, Вт/(м• °С);

$n$  – кількість шарів огороджувальної конструкції.

Згідно з діючими нормами ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель», м. Херсон відноситься до II кліматичної зони України, для якої встановлено мінімально допустимі значення опору теплопередачі ( $R_{qmin}$ ):

- зовнішні стіни:  $R_{ст.min} = 3,30$  (м<sup>2</sup>• °С)/Вт;

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.02 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 24   |

- суміщений дах (покриття):  $R_{д.мин} = 5,35 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ;
- перекриття над підвалом (підлога першого поверху):  $R_{під.мин} = 3,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ;
- вікна:  $R_{в.мин} = 0,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ;
- вхідні двері:  $R_{в.мин} = 0,60 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ .

Фактичний опір теплопередачі розраховано в табличній формі (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Розрахунок фактичного опору теплопередачі

|                | Значення опору теплопередачі,<br>( $\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ |                                | Різниця, $\Delta R_{\Sigma}$ ,                   |                |
|----------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|----------------|
|                | Мінімально<br>допустимі $R_{qmin}$ ,                                | Розрахункове<br>$R_{\Sigma}$ , | Абсолютне,<br>( $\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ | Відносне,<br>% |
| Зовнішні стіни | 3,30                                                                | 1,75                           | - 1,55                                           | - 53           |
| Суміщений дах  | 5,35                                                                | 2,45                           | - 2,90                                           | - 46           |
| Підлога        | 3,75                                                                | 1,80                           | - 1,95                                           | - 48           |
| Вікна          | 0,75                                                                | 0,55                           | - 0,2                                            | - 73           |
| Вхідні двері   | 0,60                                                                | 0,50                           | - 0,1                                            | - 83           |

З розрахунку фактичного опору теплопередачі теплозахисних конструкцій видно, що всі конструкції не задовольняють сучасним вимогам будівельних норм ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель».

## 2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу

### *Розрахунок трансмісійних теплових втрат будівлі*

Трансмісійні втрати тепла відображають процес перенесення теплової енергії через масив огорожувальних конструкцій будівлі в навколишнє

середовище внаслідок різниці температур. Розрахунок виконується для статичного найхолоднішого режиму роботи системи опалення – при досягненні розрахункової зовнішньої температури для м. Херсон  $t_3 = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$  та підтримці нормативної внутрішньої температури в квартирах  $t_{\text{вн}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Статичний температурний градієнт становить:

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_3 = 20 - (-18) = 38\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Величина годинних трансмісійних втрат тепла ( $Q_{\text{тр}}$ , Вт) для кожного окремого конструктивного елемента обчислюється за формулою:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{A \cdot (t_{\text{вн}} - t_3)}{R_{\Sigma}} \cdot (1 + \Sigma\beta)$$

де:  $A$  – геометрична площа відповідного типу огородження,  $\text{м}^2$ ;

$R_{\Sigma}$ , – обчислений фактичний приведений опір теплопередачі конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ ;

$\Sigma\beta$  – коефіцієнт додаткових втрат тепла, який враховує кутове розташування приміщень, дію вітрового напору за сторонами світу та наявність теплопровідних включень. Для інтегральної оцінки всієї будівлі прийнято середнє нормативне значення  $\Sigma\beta = 0,10$  (надбавка в розмірі 10%).

Розрахунок годинних трансмісійних втрат теплоти через огорожувальні конструкції будівлі виконується в табличній формі (табл. 2.2). Згідно проведених розрахунків видно, що сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції будівлі дорівнюють  $Q_{\text{тр}} = 6631\text{ Вт}$ .

### ***Розрахунок теплових втрат на підігрів інфільтраційного повітря***

Поряд із трансмісійними втратами, значна частина теплової енергії витрачається на підігрів зовнішнього холодного повітря, яке потрапляє всередину житлових приміщень. Цей процес відбувається шляхом інфільтрації через нещільності у вікнах і дверях, а також через організовану

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.02 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 26   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

роботу системи природної витяжної вентиляції (вентиляційні канали на кухні та в санвузлі).

Таблиця 2.2. Розрахунок годинних трансмісійних втрат теплоти

| Огороджувальна конструкція будівлі | Сумарна площа поверхні А, м <sup>2</sup> | Розрахункове значення опору теплопередачі R <sub>Σ</sub> , (м <sup>2</sup> • °С)/Вт | Втрати теплоти, Q <sub>тр</sub> , Вт |
|------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Зовнішні стіни                     | 94                                       | 1,75                                                                                | 2245,3                               |
| Суміщений дах                      | 80                                       | 2,45                                                                                | 1364,9                               |
| Підлога                            | 80                                       | 1,80                                                                                | 1857,8                               |
| Вікна                              | 12                                       | 0,55                                                                                | 912,0                                |
| Вхідні двері                       | 3                                        | 0,50                                                                                | 250,8                                |
| Разом                              | 269                                      | -                                                                                   | 6630,7                               |

Для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов проживання людей, кратність повітрообміну в житлових кімнатах повинна становити не менше ніж  $n = 0,5 \text{ год}^{-1}$  (повна заміна половини об'єму повітря щогодини).

Для визначення внутрішнього опалювального об'єму повітря обчислено геометричні параметри внутрішнього простору будівлі. При загальній корисній площі поверхів 80 м<sup>2</sup> та середній чистій висоті приміщень від підлоги до стелі 2,7 м, опалювальний об'єм повітря становить:

$$V_{\text{оп}} = 80 \cdot 2,7 = 216 \text{ м}^3.$$

Годинна об'ємна витрата припливного інфільтраційного повітря, яку необхідно постійно прогрівати:

$$L = V_{\text{оп}} \cdot n = 216 \cdot 0,5 = 108 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Годинні витрати теплової енергії на нагрів цього повітря ( $Q_{\text{інф}}$ , Вт) визначаються за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = L \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = 108 \cdot 1,2 \cdot 0,28 \cdot (20 - (-18)) = 1379 \text{ Вт},$$

де:

$\rho$  – середня густина внутрішнього повітря при нормативних параметрах мікроклімату, приймається  $\rho = 1,20 \text{ кг/м}^3$ ;

$c$  – питома масова теплоємність повітряного середовища, яка дорівнює  $1,005 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ . Для спрощення розрахунків у ватах теплової потужності переводимо одиниці:  $1,005 \text{ кДж} / 3600 \text{ с} \approx 0,28 \text{ Вт} \cdot \text{год}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ .

### ***Загальний тепловий баланс та максимальне навантаження на систему опалення***

На основі виконаних детальних розрахунків трансмісійного та інфільтраційного складових компонентів сформовано загальне розрахункове теплове навантаження на систему опалення будівлі  $Q_{\Sigma}$  (кВт) при екстремальних зимових умовах:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{тр.}\Sigma} + Q_{\text{інф}} = 6631 + 1379 = 8010 \text{ Вт}.$$

Аналіз структури максимальних теплових втрат (рис. 2.1) показує, що трансмісійні втрати через огороження становлять 83 % від загального балансу (із них найбільша частка припадає на зовнішні стіни – 28 % та підлогу над підвалом – 23 %), а витрати на підігрів інфільтраційного повітря складають 17 %. Отримані дані підтверджують високий потенціал для впровадження як пасивних заходів термомодернізації (утеплення конструкцій), так і активних інженерних рішень.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.02 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 28   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

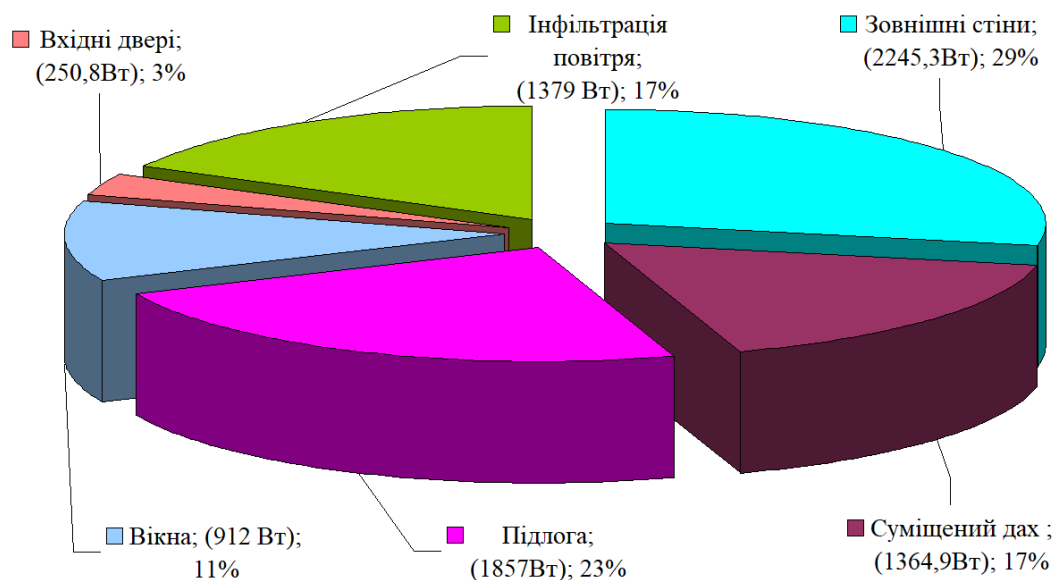


Рисунок 2.1. Розрахунок аналізу структури максимальних теплових втрат будівлі

### 2.3. Визначення річних витрат енергії на опалення та вентиляцію

Для комплексної оцінки енергоефективності житлового будинку та подальшого розрахунку економічної ефективності термомодернізаційних заходів необхідно визначити річне споживання теплової енергії в базовому стані. На відміну від годинної потужності, яка розраховується на екстремальний максимум ( $t_z = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), річні витрати враховують реальну тривалість опалювального періоду та середні кліматичні параметри регіону.

Відповідно до кліматологічних нормативних даних для м. Херсон (II кліматична зона України), прийнято такі базові показники для розрахунку:

- Тривалість опалювального періоду:  $z_{ht} = 161$  доба;
- Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період:  
 $t_{ht} = +1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщеннях:  
 $t_{bh} = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Кількість градусо-днів опалювального періоду ( $D_d, ^{\circ}\text{C} \cdot \text{добу}$ ) становить:

$$D_d = (t_{вн} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - 1,3) \cdot 161 = 3010,7 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{добу}.$$

### ***Розрахунок річних трансмісійних та інфільтраційних втрат тепла***

Річні витрати теплової енергії на опалення будинку визначаються сумою трансмісійних та інфільтраційних втрат протягом усього опалювального сезону з урахуванням коефіцієнта теплотехнічної неоднорідності та побутових тепловиділень.

Для переходу від максимальної годинної потужності ( $Q$ , кВт) при розрахунковій температурі  $t_z = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$  до середньогодинних витрат за опалювальний період використовується коефіцієнт перерахунку, що базується на зміні температурного градієнта розраховується за формулою:

$$Q_{\text{сер}} = Q \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ht}}}{t_{\text{вн}} - t_{z, \text{розр}}}$$

Результати розрахунку внесено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Результати розрахунку річних трансмісійних та інфільтраційних втрат тепла

| Період | Кількість градусо-днів опалювального періоду $D_d$ , $^{\circ}\text{C}$ | Трансмісійні втрати тепла $Q_{\text{тр}}$ , кВт | Втрати тепла на підігрів інфільтраційного повітря $Q_{\text{інф}}$ , кВт | Сумарні втрати тепла $Q_{\Sigma}$ , кВт |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| годину | 448                                                                     | 6,63                                            | 1,38                                                                     | 8,01                                    |
| рік    | 3011                                                                    | 12605                                           | 2625                                                                     | 15230                                   |

Сумарні річні трансмісійні та інфільтраційні втрати тепла для будівлі становлять  $Q_{\Sigma} = 15\,230 \text{ кВт}$ .

## ***Врахування внутрішніх тепловиділень та сонячної інсоляції***

Реальне споживання теплової енергії від системи централізованого теплопостачання є меншим за сумарні втрати, оскільки частина теплоти компенсується за рахунок внутрішніх побутових джерел (тепловиділення людей, робота побутових електричних приладів, приготування їжі) та надходження сонячної радіації через вікна.

### ***Побутові тепловиділення ( $Q_{\text{поб.рік}}$ )***

За нормами для житлових будинків питомі побутові тепловиділення становлять  $q_{\text{int}} = 10 \text{ Вт/м}^2$  корисного об'єму (площі):

$$Q_{\text{поб.рік}} = \frac{q_{\text{int}} \cdot A_{\text{заг}} \cdot 24 \cdot z_{\text{ht}}}{1000}$$

Для загальної площі  $80 \text{ м}^2$ :

$$Q_{\text{поб.рік}} = 10 \cdot 80 \cdot 24 \cdot 161 / 1000 = 3091 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

### ***Надходження від сонячної інсоляції ( $Q_{\text{сол.рік}}$ )***

Для умов м. Херсон інтегральний приплив сонячної радіації через вертикальне скління за опалювальний період із врахуванням орієнтації фасадів та коефіцієнта затінення вікон становить в середньому  $q_{\text{сол}} = 120 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$ . Для площі вікон  $12 \text{ м}^2$  (де  $\tau = 0,65$  – коефіцієнт відносного пропускання сонячної радіації склопакетом):

$$Q_{\text{сол.рік}} = q_{\text{сол}} \cdot A_{\text{в}} \cdot \tau = 120 \cdot 12 \cdot 0,65 = 936 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

## ***Підсумкове річне споживання теплової енергії будівлею***

Підсумкова потреба в тепловій енергії на опалення, яка покривається системою теплопостачання, визначається за формулою балансу:

$$Q_{\text{оп.рік}} = \left[ Q_{\text{втр.рік}} - \gamma \cdot (Q_{\text{поб.рік}} + Q_{\text{сол.рік}}) \right] \cdot \eta_{\text{м}},$$

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.02 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 31   |

де  $\gamma = 0,90$  – коефіцієнт утилізації теплонадходжень (коефіцієнт спроможності будівлі акумулювати внутрішнє тепло);

$\eta_m = 1,10$  – коефіцієнт, що враховує втрати теплової енергії внутрішньообудинковими трубопроводами в неопалюваному підвалі та гідравлічну незбалансованість системи.

$$Q_{\text{оп.рік}} = [15230 - 0,9 \cdot (3091 + 936)] \cdot 1,10 = 12780 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Питоме річне споживання теплової енергії на один квадратний метр будівлі становить:

$$q = Q_{\text{оп.рік}} / A = 12780 / 80 = 159,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \text{ рік}).$$

Отримані результати свідчать про значні абсолютні витрати палива теплогенеруючим джерелом на забезпечення теплового режиму споруди. Велика частка втрат через зовнішні огорожі та недосконалу оболонку формує потенціал для модернізації, яка буде кількісно оцінена в наступній частині роботи.

#### 2.4. Побудова графіка тривалості теплового навантаження будівлі

Для наочного відображення режимів роботи системи опалення протягом року, а також для подальшого проєктування регулювальної автоматики, будується графік тривалості теплового навантаження (відомий як графік Россандера). Цей графік пов'язує поточну теплову потужність опалення з тривалістю її стояння в годинах упродовж опалювального сезону.

Побудова базових точок графіка здійснюється на основі кліматичних даних щодо розподілу середніх температур за місяцями у м. Херсон та відповідного їм теплового навантаження. Поточне теплове навантаження ( $Q_{\text{оп}}$ , кВт) для будь-якої поточної температури зовнішнього повітря  $t_z$  розраховується за лінійною залежністю:

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.02 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 32   |

$$Q_{\text{оп}} = Q_{\text{заг}} \frac{t_{\text{вн}} - t_3}{t_{\text{вн}} - t_{3,\text{розр}}}$$

Для побудови інтегрального графіка стояння температур за опалювальний період використовують стандартний розподіл тривалості стояння температур зовнішнього повітря для II кліматичної зони, а результати вносяться в табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Дані для побудови графіка тривалості теплового навантаження

| Точка графіка | Температура зовнішнього повітря $t_3$ , °C | Потрібна теплова потужність $Q_{\text{оп}}$ , тис. кВт | Інтегральна тривалість стояння режиму $\tau$ , год |
|---------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| T1            | - 18                                       | 12,8                                                   | 30                                                 |
| T2            | - 2,5                                      | 7,6                                                    | 900                                                |
| T3            | +1,3                                       | 6,3                                                    | 1932                                               |
| T4            | +5                                         | 5,1                                                    | 2900                                               |
| T5            | +8                                         | 3,9                                                    | 3864                                               |

Аналіз форми графіка Россандера для базового стану будівлі (рис. 2.2) демонструє, що більшу частину часу (понад 2000 годин) система опалення працює в діапазоні низьких і середніх навантажень (від 4 до 6 кВт).

Оскільки наявний котел не має можливості гнучко знижувати відпуск тепла в години високих зовнішніх температур (+5...+8 °C), виникає значний перевитрата теплової енергії. Це графічно підтверджує критичну необхідність переходу до індивідуального кількісно-якісного регулювання за допомогою встановлення автоматизованого ІТП в системі опалення.

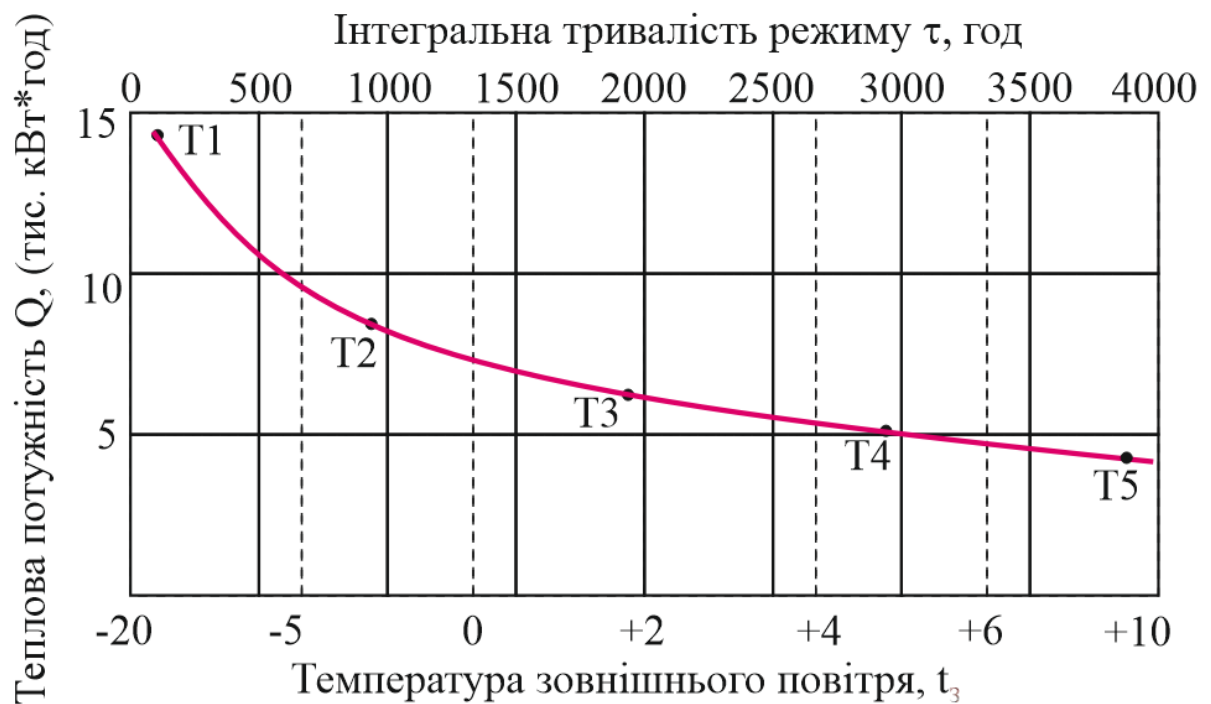


Рисунок 2.2. Графік Россандера тривалості теплового навантаження для базового стану будівлі

## 2.5. Висновки за розділом 2.

У другому розділі проведено розрахунок фактичного приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, який виявив їхню невідповідність сучасним теплотехнічним нормам України для II кліматичної зони. Дефіцит теплозахисту становить 53 % для зовнішніх стін ( $1,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ), 46 % для суміщеного даху ( $2,45 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ) та 48% для підлоги ( $1,95 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ), для вікон та дверей значення опору теплопередачі більше 70 %.

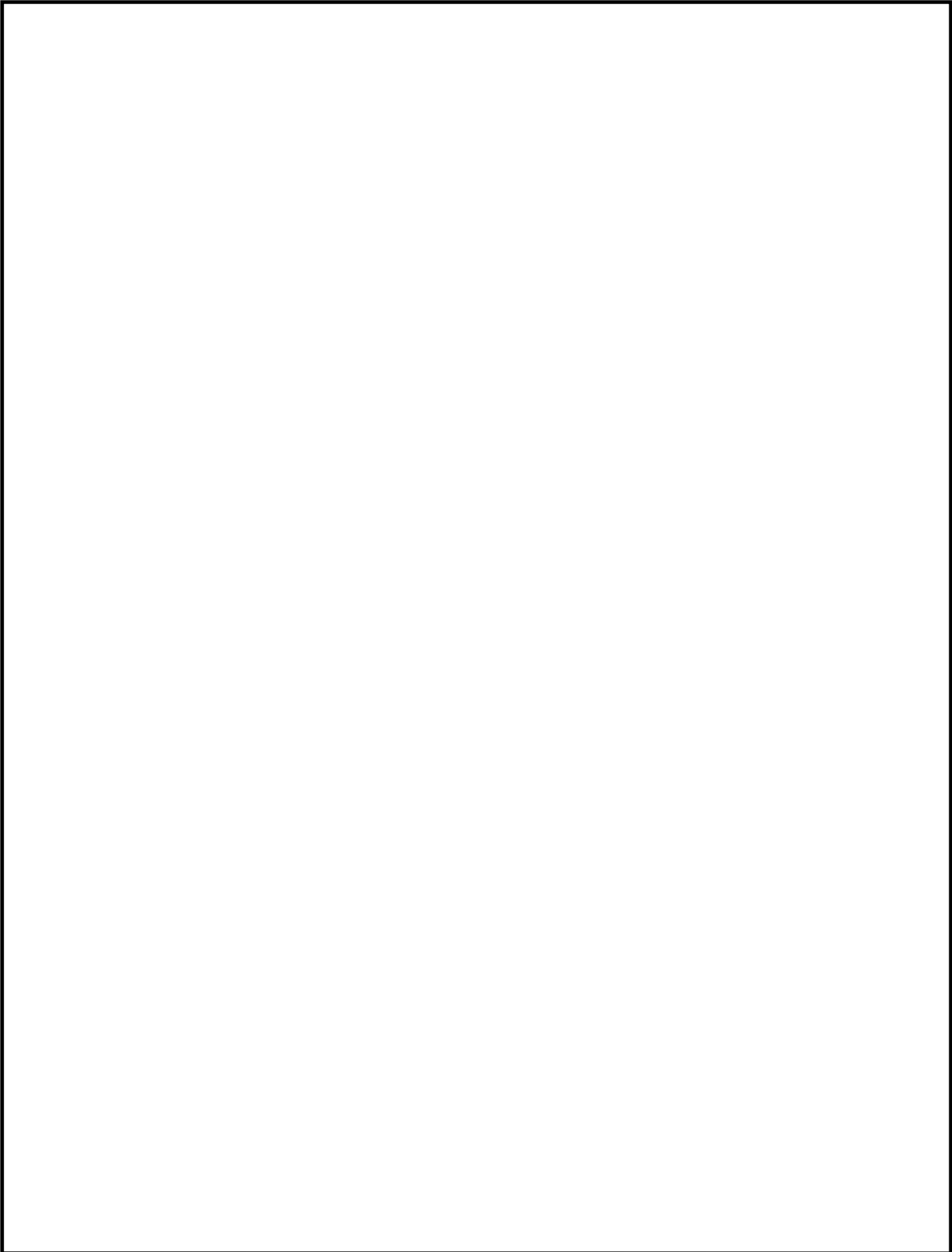
Проведено розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції, який дорівнює 6,63 кВт та теплових втрат на підігрів

інфільтраційного повітря, який дорівнює майже 1,38 кВт. Сумарні втрати становлять 8,01 кВт.

Встановлено, що максимальне розрахункове теплове навантаження на систему опалення будинку за екстремальних зимових умов (при  $t_z = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), яке становить 15,2 тис. кВт. Інтегральне річне споживання теплової енергії на опалення за сезон тривалістю 161 доба з врахуванням внутрішніх тепловиділень та сонячної інсоляції складає 12,8 тис. кВт<sup>•</sup> год/рік, що вказує на значну енергоємність об'єкта та підтверджує високий потенціал для впровадження енергозберігаючих заходів.

Побудовано рафік Россандера тривалості теплового навантаження для базового стану будівлі.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.02 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 35   |



|           |      |                |        |      |                          |          |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--------------------------|----------|------|---------|
|           |      |                |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.03 |          |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата | Розділ 3                 | Літ.     | Арк. | Аркушів |
| Студент   |      | Бойцун К.Г.    |        |      |                          |          |      |         |
| Керівник  |      | Коновалов Д.В. |        |      |                          |          |      |         |
|           |      |                |        |      |                          |          |      |         |
| Консульт. |      |                |        |      |                          |          |      |         |
| Зав.каф.  |      | Кобалава Г.О.  |        |      |                          | ХННІ НУК |      |         |
|           |      |                |        |      |                          |          |      | 36      |

### РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 3.1. Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі.

Для формування точного енергетичного балансу об'єкта та оцінки потенціалу заощадження електричної енергії виконано аналіз фактичного споживання ресурсів. Оскільки впровадження систем комерційного обліку часто базується на аналогіях із репрезентативним житловим фондом, як базу аналізу було використано трирічні статистичні дані фактичного погодинного та місячного споживання електроенергії житлового будинку площею 80 м<sup>2</sup>.

Усереднені річні та місячні показники споживання електричної енергії об'єктом за період 2023–2025 рр. наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Фактичне споживання електроенергії (кВт<sup>•</sup> год)

| Місяць            | 2023 рік | 2024 рік | 2025 рік |
|-------------------|----------|----------|----------|
| Січень, кВт·год   | 151      | 172      | 191      |
| Лютий, кВт·год    | 144      | 165      | 181      |
| Березень, кВт·год | 132      | 151      | 165      |
| Квітень, кВт·год  | 105      | 122      | 155      |
| Травень, кВт·год  | 92       | 116      | 125      |
| Червень, кВт·год  | 95       | 112      | 126      |
| Липень, кВт·год   | 128      | 134      | 159      |
| Серпень, кВт·год  | 145      | 148      | 169      |
| Вересень, кВт·год | 116      | 134      | 160      |
| Жовтень, кВт·год  | 132      | 145      | 167      |

Продовження табл. 3.1.

|                       |      |              |        |
|-----------------------|------|--------------|--------|
| Листопад, кВт·год     | 141  | 156          | 178    |
| Грудень, кВт·год      | 158  | 167          | 197    |
| Разом за рік, кВт·год | 1539 | 1722         | 1973   |
| Тариф, грн./ кВт·год  | 2,64 | 2,64 та 4,32 | 4,32   |
| Нараховано, грн       | 4063 | 6219,4       | 8523,4 |

Протягом 2023–2025 років тарифи на електроенергію для населення в Україні фіксувалися на єдиному рівні, а головна зміна відбулася в червні 2024 року. Також для споживачів з електроопаленням взимку передбачені окремі пільгові обсяги.

Детальна хронологія змін:

**2023 рік**

Діяли фіксовані ціни, встановлені з 1 червня 2023 року: **2,64 грн** за 1 кВт·год.

**2024 рік**

З 1 січня до 31 травня діяв старий тариф (2,64 грн). З 1 червня 2024 року Уряд підвищив вартість до **4,32 грн** за 1 кВт·год.

**2025 рік**

Протягом усього року діяв єдиний тариф — **4,32 грн** за 1 кВт·год. Для споживачів з електроопаленням (з 1 жовтня до 30 квітня) діяла пільга: за обсяг до 2000 кВт·год на місяць вартість становила **2,64 грн** за кВт·год, а все споживання понад цю межу оплачувалося за повним тарифом — **4,32 грн**.

Споживання електроенергії за період з 2023 по 2025 роки представлено на рис. 3.1.

Для зменшення використання електроенергії можна встановити двозонний або тризонний лічильник:

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.03 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 38   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

**Двотарифний:** у нічний час (з 23:00 до 07:00) діє знижка 50%, тобто 1 кВт·год коштуватиме всього 2,16 грн (за базовим тарифом 4,32 грн).

**Тризонний:** у години максимального навантаження (пікові години) плата збільшується, проте вночі тариф падає на 60%.

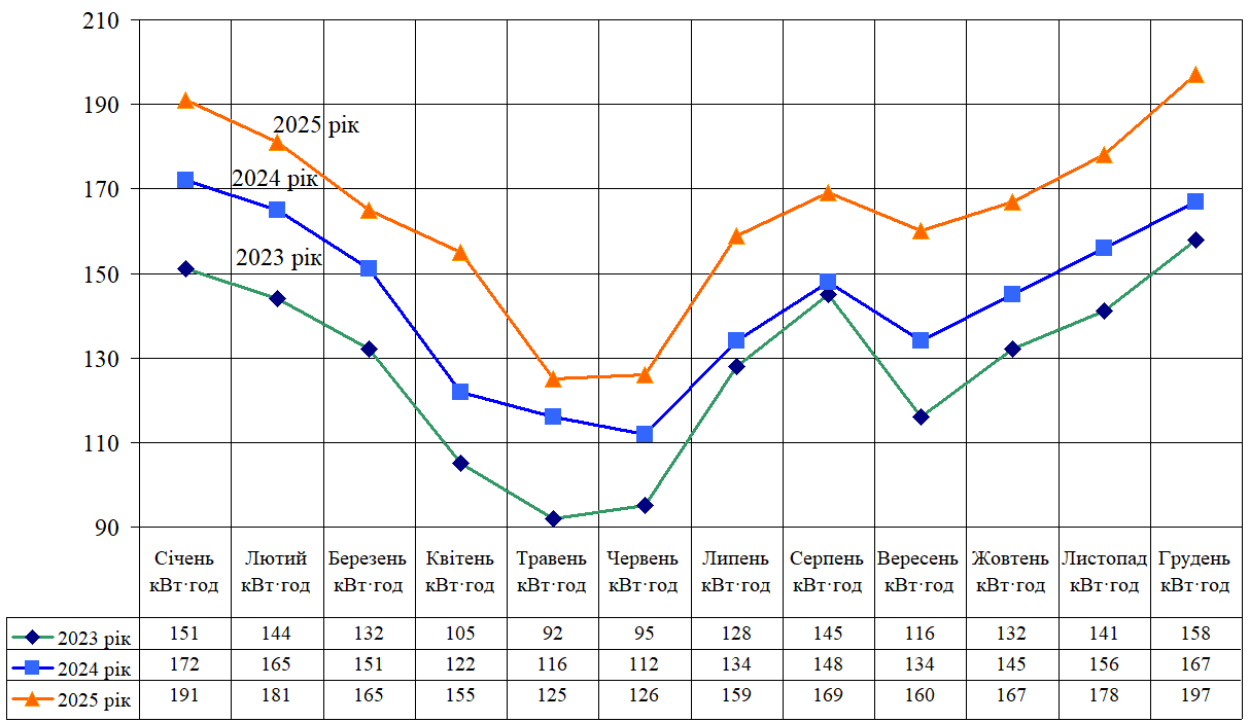


Рисунок 3.1. Споживання електроенергії за період з 2023 по 2025 роки

**Аналіз результатів та виявлені закономірності**

Спостерігається поступова тенденція до збільшення загального річного споживання електроенергії об'єктом: з 1500 кВт·год у 2023 році до 1900 кВт·год у 2025 році (зростання склало близько 50 %). Стабільно в усі роки фіксується значний стрибок споживання у зимові місяці, що пов'язано із зменшенням годин світлового дня і підвищення використання приладів освітлення, а також є збільшення соживання електроенергії у літні місяці, що пов'язано з використання систем кондиціонування повітря під час літніх температурних піків, характерних для клімату Півдня України.

Для повної оцінки структури паливно-енергетичних ресурсів та верифікації розрахункових теплових втрат, виконано аналіз фактичного споживання природного газу на потреби опалення протягом трьох повних опалювальних сезонів.

У табл. 3.2 та на рис. 3.2. представлено помісячний та порічний розподіл фактичних обсягів споживання газу та фінансових витрат на його оплату, перерахованих для будівлі.

Таблиця 3.2. Фактичне споживання газу (м<sup>3</sup>)

| Місяць                           | 2023 рік | 2024 рік | 2025 рік |
|----------------------------------|----------|----------|----------|
| Жовтень, м <sup>3</sup>          | 165      | 160      | 151      |
| Листопад, м <sup>3</sup>         | 252      | 271      | 245      |
| Грудень, м <sup>3</sup>          | 416      | 425      | 404      |
| Січень, м <sup>3</sup>           | 425      | 462      | 437      |
| Лютий, м <sup>3</sup>            | 353      | 391      | 368      |
| Березень, м <sup>3</sup>         | 229      | 249      | 216      |
| Квітень, м <sup>3</sup>          | 141      | 154      | 119      |
| Травень-вересень, м <sup>3</sup> | 124      | 116      | 121      |
| Разом за рік, м <sup>3</sup>     | 2105     | 2228     | 2061     |
| Тариф, грн./ м <sup>3</sup>      | 7,96     | 7,96     | 7,96     |
| Нараховано, грн                  | 16756    | 17735    | 16406    |

### ***Аналіз результатів та виявлені закономірності***

Середнє фактичне споживання газу за три досліджувані сезони становить 2100 м<sup>3</sup>/рік. Це значення є вищим за розраховану чисту теоретичну потребу будівлі, що підтверджує наявність значних експлуатаційних втрат через нерегульованість системи та ефект «перетопів» у перехідні місяці, а також вказує на суттєвий резерв для термомодернізації.

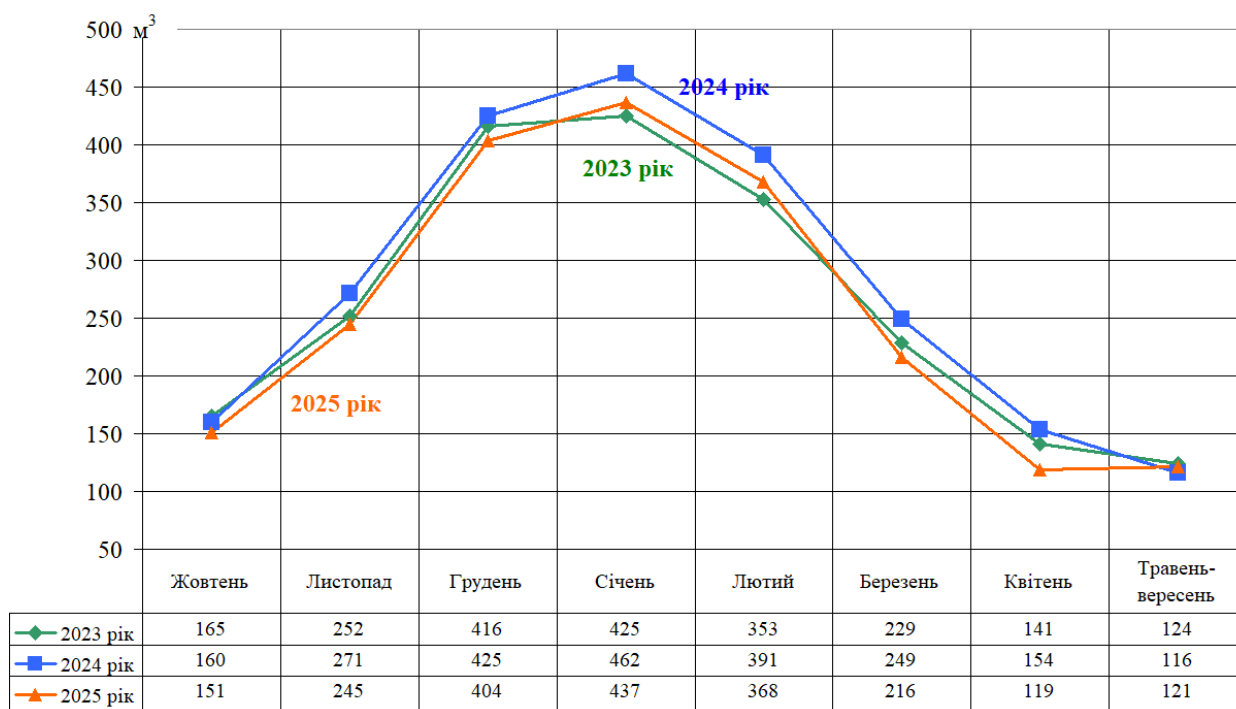


Рисунок 3.2. Фактичне споживання газу (м³)

Максимальне споживання газу стабільно припадає на грудень, січень та лютий, що відповідає періоду найнижчих температур зовнішнього повітря у м. Херсон. Разом з цим, аномально високе споживання у березні сезону 2023/2024 року (249 м³) у порівнянні з іншими роками демонструє вплив затяжної та холодної весни на режим роботи теплогенеруючого обладнання.

Незважаючи на оптимізацію обсягів споживання, фінансові витрати житлового будинку на оплату газопостачання залишаються значними і становлять у середньому близько 16500 грн. за один опалювальний сезон без врахування тарифу на транспортування енергоносія. Це обумовлює необхідність переходу до практичної реалізації енергоефективних заходів для зниження фінансового навантаження на споживачів.

Таким чином з підвищенням тарифу на електроенергію до 4,32 грн за 1 кВт витрати на енергоносії для житлової будівлі 80 м³ становить 25 тис. грн. на рік (табл. 3.3 та рис. 3.3).

Таблиця 3.3. Витрати на енергоносії для житлової будівлі 80 м<sup>3</sup>

| Витрати на енергоносії               | 2023 рік | 2024 рік | 2025 рік |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| Витрати на електроенергію, грн.      | 4063     | 6219     | 8523     |
| Витрати на природний газ, грн.       | 16756    | 17735    | 16406    |
| Загалом витрати на енергоносії, грн. | 20819    | 23954    | 24929    |

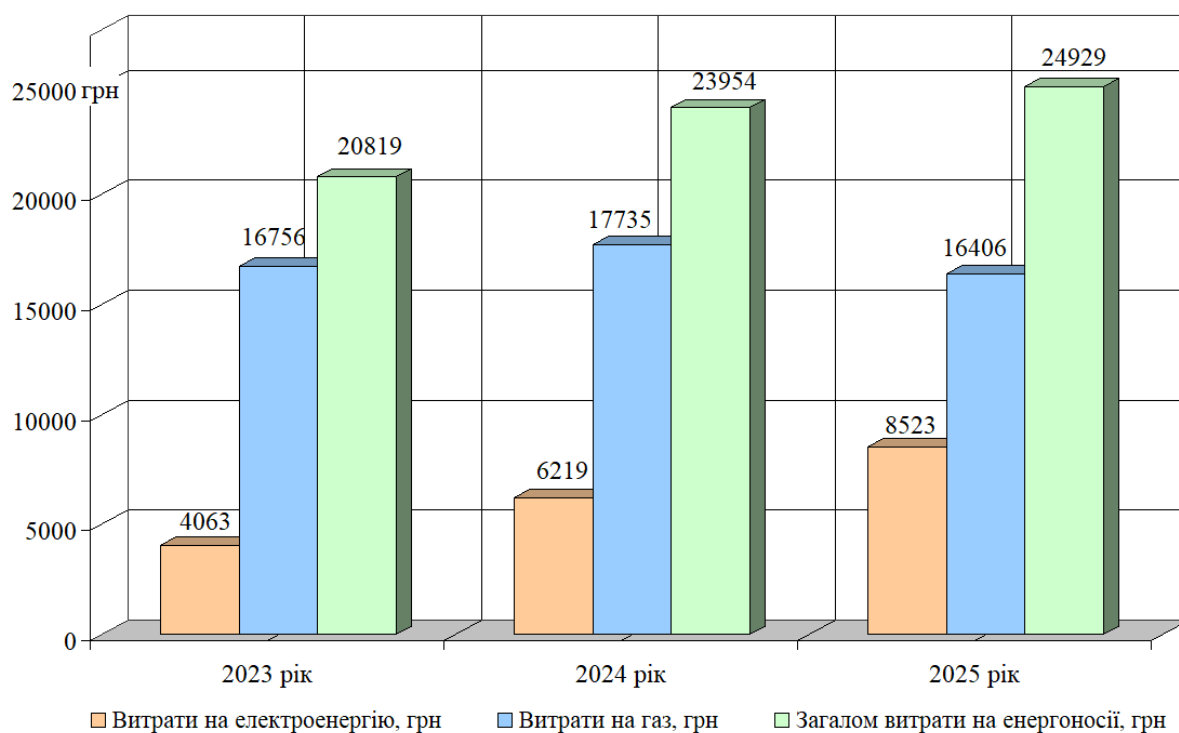


Рисунок 3.3. Витрати на енергоносії для житлової будівлі 80 м<sup>3</sup>

Вода для споживача в будинку — це життєво важливий матеріальний ресурс та комунальна послуга, яка кардинально відрізняється від електроенергії чи газу за своєю природою.

Якщо електроенергія та газ є енергоносієм (вони постачають кіловати чи калорії тепла, безпосередньо трансформуючись в інший вид енергії), то

вода виконує інші функції та класифікується інакше, тому в розрахунках не враховується.

Проведений розрахунок розподілу видатків на енергоносії за останні три роки показує, що зі збільшенням тарифу на електричну енергію до 4,32 грн за 1 кВт призвів до сумарного збільшення видатків в середньому до 21 тис. грн., а відсоток розподілу втрат становить 65,8 % витрати на природний газ і 34,2 % витрати на електроенергію (рис. 3.4).

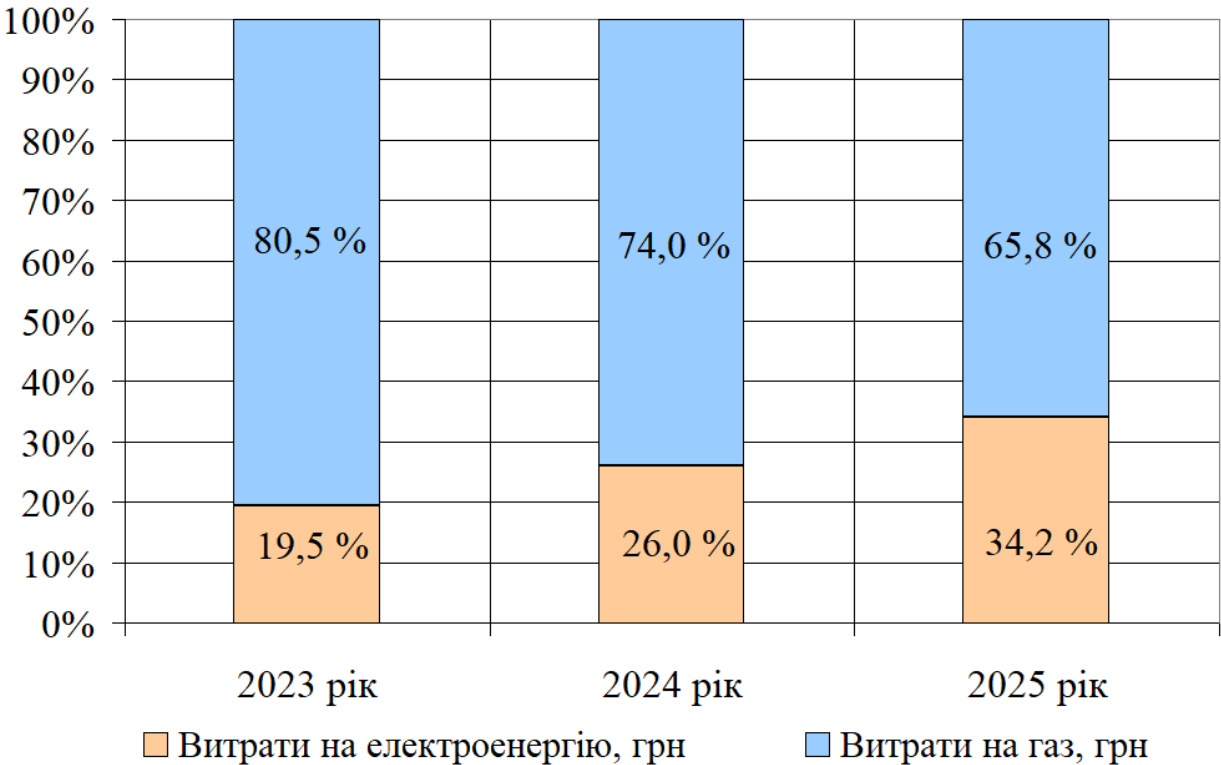


Рисунок 3.4. Відносні витрати на енергоносії у відсотках

3.2. Розробка заходів з енергозбереження.

На основі результатів комплексного теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будівлі та аналізу фактичного споживання

енергоносіїв сформовано пакет першочергових енергоефективних заходів. Основним критерієм вибору рішень є забезпечення максимального енергозберігаючого ефекту за умови технічної реалізованості в межах існуючої інженерної та конструктивної бази житлового будинку.

Для досягнення нормативних показників енергоефективності будівлі в умовах II кліматичної зони України визначено п'ять базових взаємопов'язаних заходи:

1. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін;
2. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття даху;
3. Комплекс робіт із заміни вікон;
4. Комплекс робіт із заміни зовнішніх входних дверей;
5. Модернізація системи освітлення.

### **1. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін**

Одним із пріоритетних напрямів підвищення енергетичної ефективності будівлі є покращення теплоізоляційних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій. Проведений аналіз свідчить, що існуючий рівень теплозахисту стін і цоколя не відповідає сучасним вимогам, що спричиняє значні втрати теплової енергії в опалювальний період.

Для зниження енергоспоживання пропонується виконати зовнішню теплоізоляцію із застосуванням **мінераловатних плит товщиною 100 мм та середньою густиною близько 150 кг/м<sup>3</sup>.**

Використання такого матеріалу забезпечить підвищення опору теплопередачі конструкцій, зменшення ризику утворення конденсату та покращення температурного режиму всередині приміщень.

Монтаж утеплювача рекомендується здійснювати комбінованим способом із використанням спеціальних клейових сумішей та механічних

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.03 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 44   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

кріплення. Для захисту теплоізоляційного шару від атмосферних впливів необхідно передбачити армований штукатурний шар із декоративним оздобленням фасаду.

Перед виконанням монтажних робіт слід провести підготовку поверхонь: очистити стіни від пошкоджених оздоблювальних матеріалів, усунути локальні дефекти та демонтувати навісні елементи, які можуть ускладнювати влаштування теплоізоляційної системи. Це сприятиме якісному з'єднанню утеплювача з основою та збільшенню строку експлуатації конструкції.

Застосовувані матеріали повинні відповідати чинним будівельним вимогам і мати підтверджені теплотехнічні характеристики. Усі роботи доцільно виконувати відповідно до сучасних технологій улаштування фасадних систем утеплення.

Реалізація запропонованого заходу дозволить скоротити втрати теплової енергії через зовнішні конструкції, зменшити витрати на опалення, підвищити комфортність експлуатації приміщень та покращити технічний і естетичний стан будівлі.

## **2. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття даху**

Для зменшення тепловтрат та приведення покрівлі до сучасних вимог енергоефективності рекомендується виконати її комплексну термомодернізацію. Роботи повинні враховувати конструктивні особливості окремих ділянок будівлі.

Для скатної покрівлі доцільно провести капітальний ремонт горищного перекриття, що включає заміну пошкоджених дерев'яних елементів конструкції, очищення поверхні від існуючого утеплювача, який втратив свої експлуатаційні властивості, та влаштування нового теплоізоляційного шару.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.03 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 45   |

Як утеплювач рекомендується застосовувати **мінераловатні плити густиною 170–220 кг/м³ товщиною 200 мм**. Перед укладанням теплоізоляції необхідно передбачити шар гідроізоляційної мембрани, а верхній захист конструкції виконати із сучасних вологостійких матеріалів. За такої конструкції постійні експлуатаційні проходи по поверхні утеплювача не передбачаються.

Для суміщеної покрівлі над спортивною залом рекомендується демонтувати існуючий гідроізоляційний килим та застарілий теплоізоляційний шар. Після підготовки основи необхідно виконати утеплення перекриття мінераловатними плитами густиною 170–220 кг/м³ із товщиною теплоізоляції 200 мм. Конструкція покрівлі повинна передбачати влаштування гідроізоляційного шару під утеплювачем, захисної цементної стяжки та нового зовнішнього гідроізоляційного покриття.

Для теплоізоляції покрівлі доцільно використовувати негорючі мінераловатні матеріали, які відповідають вимогам пожежної безпеки та забезпечують необхідні теплотехнічні характеристики. Застосування таких утеплювачів дозволяє досягти оптимального співвідношення між теплозахисними властивостями, механічною міцністю та допустимим навантаженням на несучі конструкції будівлі.

### 3. Комплекс робіт із заміни вікон

Одним із напрямів скорочення теплових втрат будівлі є модернізація світлопрозорих огорожувальних конструкцій. Для підвищення теплоізоляційних характеристик рекомендується виконати утеплення віконних відкосів мінераловатними плитами товщиною 30 мм із подальшим улаштуванням захисного штукатурного шару. Такий захід дозволить

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.03 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 46   |

зменшити тепловтрати в місцях примикання вікон до стін та запобігти утворенню містків холоду.

Зношені дерев'яні вікна доцільно замінити на сучасні металопластикові конструкції з двокамерними склопакетами, заповненими інертним газом, та енергоефективним низькоемісійним склом. Використання таких вікон сприятиме зниженню втрат теплової енергії та покращенню мікроклімату приміщень. Рекомендований коефіцієнт теплопередачі конструкцій має становити не менше  $1,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Для забезпечення надійності та тривалого строку експлуатації віконні профілі повинні мати сталеве армування, яке підвищує жорсткість конструкції та її стійкість до механічних і температурних впливів. Для умов другої кліматичної зони оптимальним рішенням є **використання п'ятикамерних профільних систем монтажною шириною 70 мм.**

Монтаж нових вікон необхідно виконувати з якісною герметизацією стиків та утепленням зон примикання до стін, що забезпечить цілісність теплоізоляційного контуру будівлі.

Впровадження запропонованих заходів дозволить зменшити тепловтрати через віконні конструкції, скоротити витрати на опалення, покращити умови експлуатації приміщень та підвищити загальну енергетичну ефективність будівлі.

#### 4. Комплекс робіт із заміни зовнішніх входних дверей

Аналіз технічного стану показав, що існуючі дверні конструкції характеризуються підвищеним коефіцієнтом теплопередачі, який перевищує нормативні значення. Крім того, через недостатню герметичність дверних полотен та місць їх примикання відбувається інтенсивна інфільтрація

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.03 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 47   |

зовнішнього повітря, що призводить до додаткових втрат теплової енергії та погіршення мікроклімату приміщень у холодний період року.

Зважаючи на тривалий термін експлуатації та незадовільні теплозахисні властивості, доцільно виконати заміну існуючих дерев'яних дверей на сучасні енергоефективні конструкції. Як оптимальне рішення рекомендується **встановлення металопластикових дверних блоків із двокамерними склопакетами**, що забезпечуватимуть покращені показники теплоізоляції та герметичності.

## 5. Модернізація системи освітлення

Для скорочення споживання електричної енергії та підвищення ефективності роботи системи освітлення рекомендується провести її комплексну модернізацію. Основним заходом є заміна морально та фізично застарілих освітлювальних приладів на сучасні **світлодіодні світильники**, які характеризуються низьким енергоспоживанням, тривалим терміном експлуатації та високою світловою віддачею.

Використання LED-технологій дозволить зменшити витрати електроенергії, покращити якість штучного освітлення приміщень та скоротити експлуатаційні витрати, пов'язані з обслуговуванням і заміною джерел світла. Крім економічного ефекту, модернізація системи сприятиме створенню комфортніших умов для перебування людей та забезпеченню нормативних показників освітленості.

Монтаж нової системи освітлення рекомендується виконувати з урахуванням чинних нормативних вимог щодо енергоефективності та електробезпеки. Реалізація запропонованого заходу дозволить знизити споживання електричної енергії, покращити експлуатаційні характеристики

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.03 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 48   |

освітлювальної системи та підвищити загальний рівень комфорту й безпеки будівлі.

### 3.3. Оцінка витрат для запропонованих заходів.

Для оцінки інженерної ефективності запропонованого комплексу термомодернізаційних заходів виконано перерахунок теплового балансу будівлі з урахуванням нових теплотехнічних характеристик її огорожувальних конструкцій та автоматизації вузла введення теплової мережі.

При виконанні основних заходів енергозбереження (теплоізоляція та заміна старих елементів конструкції на нові) перераховане значення опору теплопередачі після модернізації задовольняє сучасним вимогам будівельних норм ДБН В.2.6-31:2021. Оновлені показники енергоефективності приведені в табл. 3.4., а економія енергоресурсів протягом року в табл. 3.5.

Таблиця 3.4. Показники енергоефективності до та після впровадження заходів

| Захід енергозбереження                                        | Втрати енергоносіїв, Вт |              | Економія |      |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|----------|------|
|                                                               | Базовий                 | Модернізація | Вт       | %    |
| 1. Теплоізоляція зовнішніх стін                               | 2245                    | 1291         | 954      | 42,1 |
| 2. Теплоізоляція перекриття даху                              | 1365                    | 762          | 603      | 44,2 |
| 3. Заміна вікон                                               | 912                     | 668          | 244      | 26,7 |
| 4. Заміна дверей                                              | 250                     | 154          | 96       | 38,4 |
| 5. Модернізація системи опалення (заміна чавунних радіаторів) | 8010                    | 7285         | 725      | 9,1  |
| 6. Модернізація системи освітлення                            | 1498                    | 296          | 1202     | 79,9 |

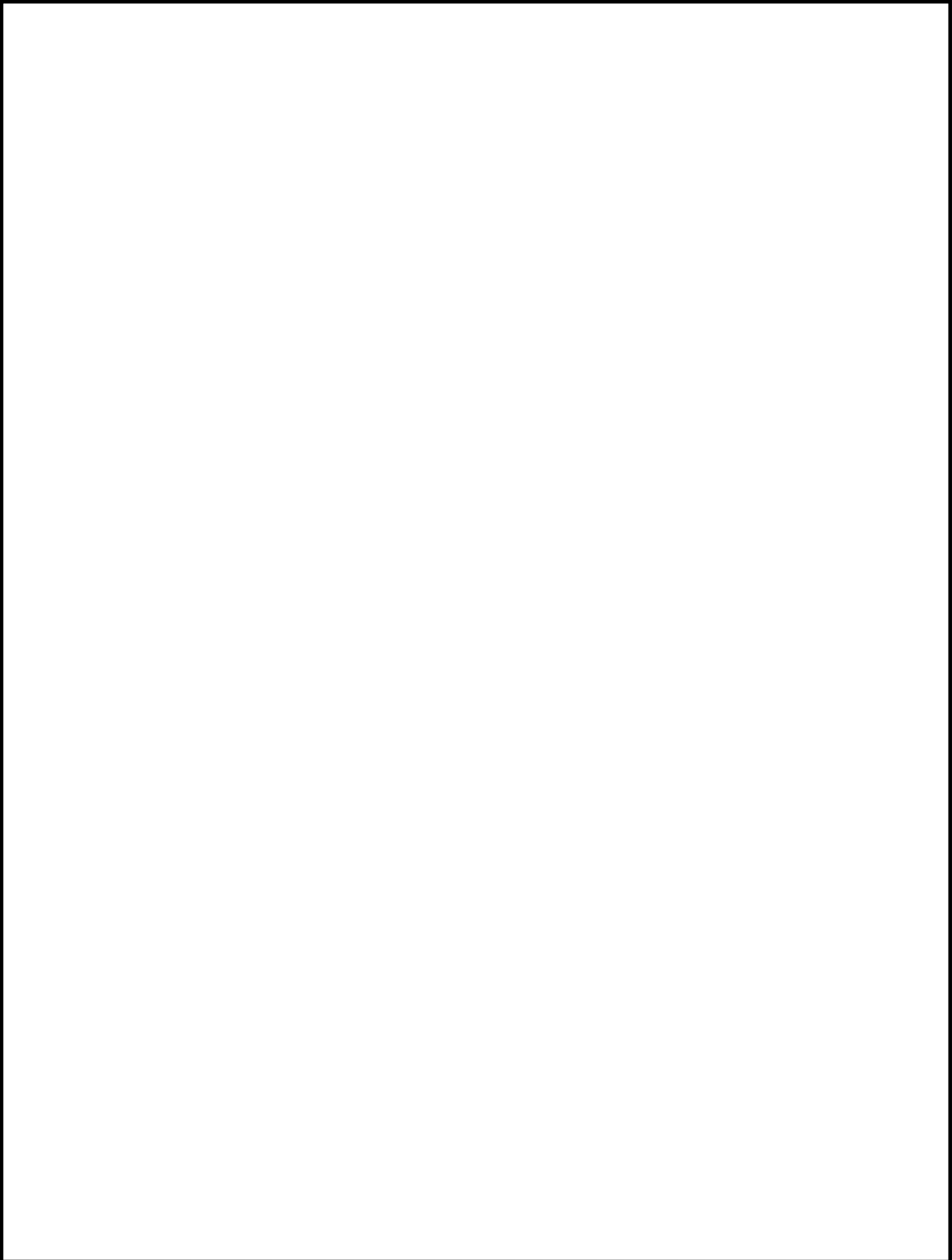
Таблиця 3.5. Економія енергоресурсів протягом року

| Захід енергозбереження                | Втрати енергоносіїв |              | Економія | Ефективність, % |
|---------------------------------------|---------------------|--------------|----------|-----------------|
|                                       | Базовий             | Модернізація |          |                 |
| Річні втрати тепла, тис. кВт          | 12,80               | 7,56         | 5,24     | 39,7            |
| Річні витрати газу, м <sup>3</sup>    | 2100                | 929          | 834      | 39,7            |
| Річні витрати електроенергії, кВт·год | 1973                | 1535         | 438      | 28,5            |

Розрахунки доводять високу енергетичну доцільність розроблених рішень. Зниження річних обсягів спалювання газу на **834 м<sup>3</sup>** та зниження споживання електричної енергії на 438 кВт·год забезпечує перехід будівлі на новий рівень енергетичної стійкості, суттєво зменшує викиди вуглекислого газу в атмосферу та створює надійне підґрунтя для фінансово-економічного аналізу інвестицій, який буде проведено у наступному розділі.

### 3.4. Висновки за розділом 3.

На основі теплотехнічного аналізу обґрунтовано та розраховано пасивні заходи термомодернізації будівлі: для досягнення нормативних вимог II кліматичної зони України прийнято зовнішнє утеплення фасадних стін мінераловатними плитами завтовшки 100 мм, теплоізоляція перекриття даху, заміна вікон та входних дверей, а також модернізація системи освітлення. Це дає змогу зменшити річні обсяги спалювання газу на **834 м<sup>3</sup>** (ефективність становить 39,7%) та зниження споживання електричної енергії на 438 кВт·год (ефективність становить 28,5%).



|           |      |                |        |      |                          |  |  |
|-----------|------|----------------|--------|------|--------------------------|--|--|
|           |      |                |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.04 |  |  |
|           |      |                |        |      |                          |  |  |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата | Розділ 4                 |  |  |
| Студент   |      | Бойцун К.Г.    |        |      |                          |  |  |
| Керівник  |      | Коновалов Д.В. |        |      |                          |  |  |
|           |      |                |        |      |                          |  |  |
| Консульт. |      |                |        |      |                          |  |  |
| Зав.каф.  |      | Кобалава Г.О.  |        |      | ХННІ НУК 51              |  |  |

## РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

### 4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.

Економію енергії від упровадження запропонованих заходів оцінено відносно базового рівня споживання будівлі. Для економічних розрахунків використано той самий узгоджений енергетичний баланс, що наведений у табл. 3.5. Розрахунок виконано для повного пакета заходів, оскільки окремі рішення взаємопов'язані: після утеплення огорожувальних конструкцій змінюється теплове навантаження, а модернізація опалення та вентиляції дає коректний ефект саме в комплексі. Узагальнений потенціал економії наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 Потенціал від упровадження енергоефективних заходів відносно базового рівня

| Показник                                                  | Значення | Одиниці виміру      |
|-----------------------------------------------------------|----------|---------------------|
| Прогнозована економія газу                                | 834      | м <sup>3</sup>      |
| Вартість газу 1м <sup>3</sup>                             | 7,96     | грн                 |
| Прогнозована економія коштів                              | 6637     | грн                 |
| Площа ізоляції зовнішніх поверхонь                        | 95       | м <sup>2</sup>      |
| Вартість ізоляції зовнішніх поверхонь з монтажем          | 1100     | грн./м <sup>2</sup> |
| Площа ізоляції перекриття даху                            | 80       | м <sup>2</sup>      |
| Вартість ізоляції перекриття даху з монтажем              | 900      | грн./м <sup>2</sup> |
| Площа вікон (WDS)                                         | 12       | м <sup>2</sup>      |
| Вартість вікна 1м <sup>2</sup> з монтажем                 | 4 500    | грн./м <sup>2</sup> |
| Вартість входних металевих дверей з ізоляцією та монтажем | 15 000   | грн                 |

Продовження табл. 4.1.

| Показник                             | Значення | Одиниці виміру |
|--------------------------------------|----------|----------------|
| Прогнозована економія електроенергії | 438      | кВт            |
| Вартість електроенергії 1 кВт        | 4,42     | грн            |
| Прогнозована економія коштів         | 1892     | грн            |
| Вартість діодної лампи               | 60       | грн            |
| Кількість діодних ламп для заміни    | 18       | грн            |

Сумарна прогнозована економія електроенергії становить 438 кВт·год/рік, що у грошовому еквіваленті відповідає близько 1892 грн/рік. Сумарна прогнозована економія газу становить 3034 грн/рік. Розрахунки мають орієнтовний характер, тому для практичного впровадження потрібне уточнення кошторису, фактичного режиму роботи обладнання та тарифів на момент реалізації проєкту.

#### 4.2. Оцінка фінансової ефективності.

Фінансову ефективність запропонованих заходів оцінено за простим строком окупності, річною економією коштів та чистим дисконтованим доходом. Для розрахунку грошової економії використано питомий розрахунковий тариф 2026 року, визначений за співвідношенням видатків на електроенергію та її споживання.

$$T_p = \frac{I}{E}, \text{ рік}$$

де  $I$  — інвестиції у захід, грн;

$E$  рік — річна економія коштів, грн/рік.

Розрахунки фінансової ефективності запропонованих заходів вносимо в табл. 4.2.

Таблиця 4.2. Розрахунки фінансової ефективності запропонованих заходів

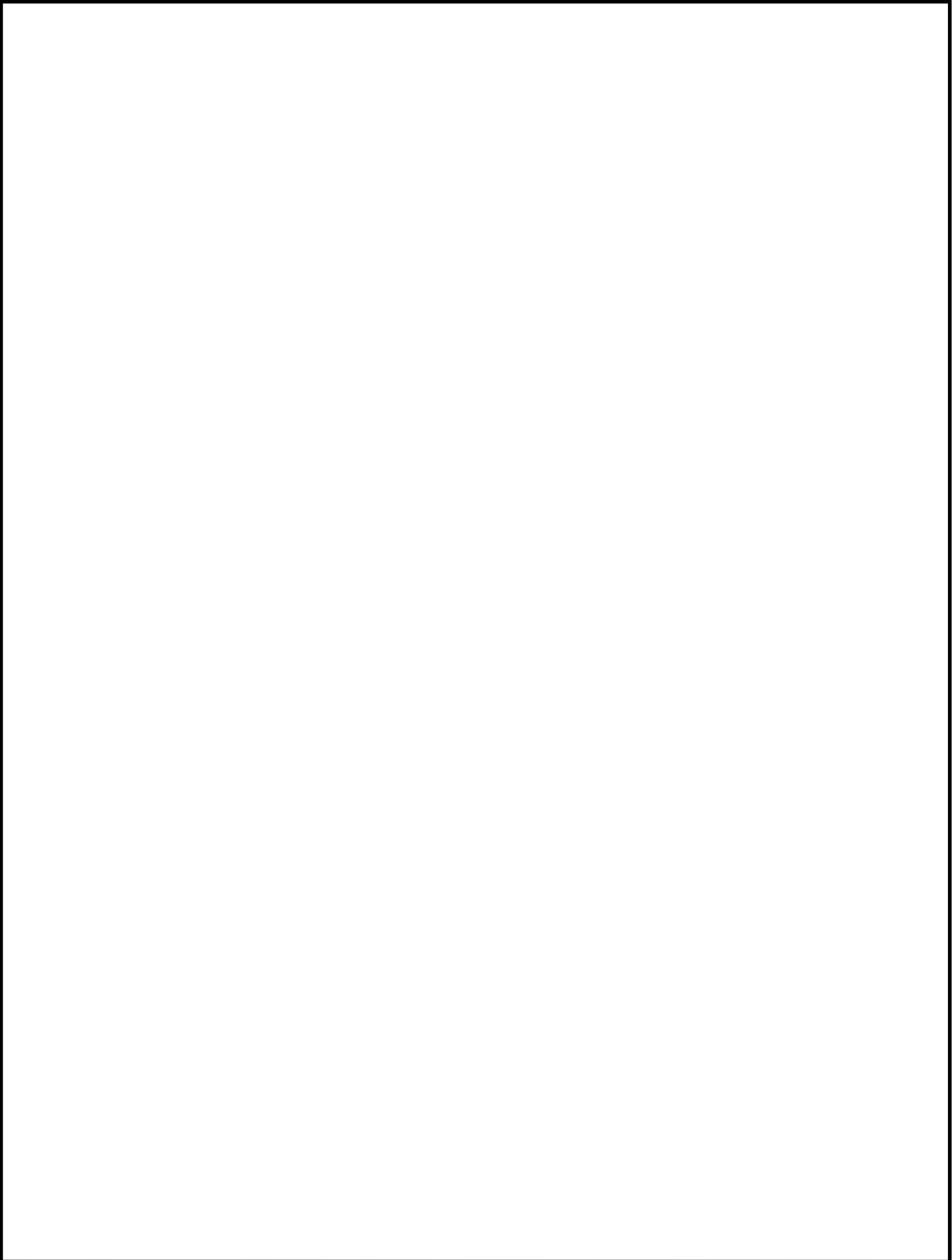
| Захід                                 | Інвестиції<br>актуалізовані,<br>грн. | Економія,<br>грн/рік | Окупність,<br>років |
|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------|
| 1. Теплоізоляція<br>зовнішніх стін    | 103 400                              | 6637                 | 15,6                |
| 2. Теплоізоляція<br>перекриття даху   | 72 000                               | 6637                 | 10,8                |
| 3. Заміна вікон                       | 54 000                               | 6637                 | 8,1                 |
| 4. Заміна дверей                      | 15000                                | 6637                 | 2,3                 |
| Разом                                 | <b>244 400</b>                       | 6637                 | 36,8                |
| 5. Модернізація системи<br>освітлення | 1080                                 | 1892                 | 0,62                |

З розрахунків фінансової ефективності запропонованих заходів видно, що сумарні інвестиції на теплоізоляційні заходи та встановлення вікон і входних дверей для зменшення споживання газу дорівнюють 245 тис. грн. Таким чином окупність становить більше 36 років. При можливому збільшенні тарифу на природний газ теплоізоляційні заходи можуть бути перераховані, і мати більший економічний ефект. Однак модернізація системи освітлення шляхом заміни лампочок розжарювання на діодні лампи вартує лише 1100 грн, а строк окупності менше одного року. Це пов'язано з високим тарифом на електроенергію та зменшенням вартості та широкого вибору діодних ламп освітлення.

### 4.3 Висновки по розділу 4

Визначено, що сумарний річний економічний ефект від реалізації комплексного енергозберігаючого проекту становить 8529 грн/рік. З них на теплоізоляційні заходи та встановлення вікон і входних дверей для зменшення споживання газу становить 6637 грн./рік, а модернізація системи освітлення дорівнює 1892 грн.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.04 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 55   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |



|           |      |                |        |      |                          |  |  |  |
|-----------|------|----------------|--------|------|--------------------------|--|--|--|
|           |      |                |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.05 |  |  |  |
|           |      |                |        |      |                          |  |  |  |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата | Розділ 5                 |  |  |  |
| Студент   |      | Бойцун К.Г.    |        |      |                          |  |  |  |
| Керівник  |      | Коновалов Д.В. |        |      |                          |  |  |  |
|           |      |                |        |      |                          |  |  |  |
| Консульт. |      |                |        |      |                          |  |  |  |
| Зав.каф.  |      | Кобалава Г.О.  |        |      | ХННІ НУК 56              |  |  |  |

## РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

### 5.1. Аналіз небезпек

Під час виконання робіт з термомодернізації будівлі школи виникає низка небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть створювати загрозу для працівників та учасників освітнього процесу. Особливістю реалізації таких заходів є проведення будівельно-монтажних робіт на території об'єкта соціальної інфраструктури, що потребує ретельного планування виробничих процесів та забезпечення належного рівня безпеки.

Найбільшу небезпеку становлять роботи, пов'язані з утепленням фасадів, ремонтом покрівлі та встановленням окремих елементів інженерних систем. Виконання цих операцій на висоті супроводжується ризиком падіння працівників, будівельних матеріалів та інструментів. Для запобігання нещасним випадкам необхідно використовувати справні риштування, захисні огороження та індивідуальні страхувальні засоби.

Використання електричного обладнання та ручного електроінструменту під час монтажних робіт пов'язане з небезпекою ураження електричним струмом. Додаткові ризики можуть виникати під час виконання робіт у приміщеннях із підвищеною вологістю або під час підключення інженерних мереж будівлі.

У процесі підготовки поверхонь, демонтажу старих конструкцій і монтажу теплоізоляційних матеріалів утворюється будівельний пил, який негативно впливає на органи дихання та зір працівників. Крім того, використання клейових сумішей, герметиків, ґрунтовок і лакофарбових матеріалів може спричиняти подразнення шкіри та слизових оболонок.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.05 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 57   |

Під час проведення термомодернізації існує ймовірність виникнення пожежної небезпеки, що пов'язана із застосуванням окремих теплоізоляційних матеріалів, експлуатацією електрообладнання та порушенням правил зберігання будівельної продукції.

Зниження рівня виробничих ризиків забезпечується впровадженням системи управління охороною праці, проведенням попередньої оцінки небезпечних факторів, використанням засобів індивідуального та колективного захисту, а також постійним контролем за дотриманням вимог безпеки під час виконання робіт.

## **5.2. Витяг з правил техніки безпеки**

Роботи з термомодернізації будівлі школи повинні виконуватися відповідно до чинного законодавства у сфері охорони праці та будівельної діяльності. Організація виробничого процесу має бути спрямована на створення безпечних умов праці та мінімізацію ризиків для працівників і користувачів будівлі.

До виконання будівельно-монтажних робіт допускаються особи, які пройшли медичний огляд, відповідне навчання, інструктажі з охорони праці та перевірку знань вимог безпеки. Перед початком кожного етапу робіт проводиться цільовий інструктаж з урахуванням особливостей технологічного процесу. Працівники забезпечуються необхідними засобами індивідуального захисту, зокрема спеціальним одягом, захисним взуттям, касками, рукавицями, окулярами та засобами захисту органів дихання. При виконанні висотних робіт обов'язковим є використання страхувальних систем і запобіжних пристроїв.

Риштування, помости та інші допоміжні конструкції повинні бути технічно справними та відповідати вимогам безпечної експлуатації.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.05 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 58   |

Небезпечні зони виконання робіт необхідно огорожувати та позначати попереджувальними знаками, обмежуючи доступ сторонніх осіб, особливо учнів і працівників закладу освіти.

Пожежна безпека передбачає правильне зберігання горючих матеріалів, забезпечення об'єкта первинними засобами пожежогасіння та дотримання правил експлуатації електрообладнання. У місцях виконання робіт повинні бути визначені шляхи евакуації та порядок дій у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Робочі місця необхідно підтримувати в належному санітарному та технічному стані, забезпечуючи достатнє освітлення, безпечне складування матеріалів і вільний доступ до обладнання. У разі виявлення небезпечних умов виконання робіт вони повинні бути негайно усунуті.

***Безпека експлуатації теплових пунктів (Робота з теплоносієм під тиском)***

Монтаж та запуск пластинчастих теплообмінників та арматури супроводжуються ризиками гідравлічних ударів та термічних опіків. Теплова ізоляція трубопроводів: Усі гарячі поверхні елементів ІТП (трубопроводи подачі мережної води, запірна арматура, регулювальні клапани), що мають температуру понад +45 °С, покриваються знімними чи стаціонарними теплоізоляційними кожухами. Це мінімізує неефективні втрати в підвал та повністю виключає ризик опіків персоналу.

Захист від підвищення тиску: На кожному контурі системи опалення після теплообмінників передбачається встановлення пружинних запобіжних клапанів для скидання надлишкового тиску теплоносія, а також манометрів та термометрів для візуального контролю параметрів.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.05 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 59   |

### 5.3. Висновки за розділом 5.

У п'ятому розділі проаналізовано потенційні небезпечні й шкідливі виробничі фактори та розроблено комплекс інженерно-технічних заходів з охорони праці, електробезпеки, безпечної експлуатації теплових пунктів під тиском і пожежної безпеки під час виконання робіт із термомодернізації фасадів, покрівлі та монтажу автоматизованого ІТП.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.05 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 60   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

## ВИСНОВКИ

1) В даній роботі виконано аналіз енергоефективності приватного житлового будинку у м. Херсон та розроблено енергоефективні заходи.

2) У першому розділі наведено архітектурно-конструктивні характеристики типового житлового одноповерхового приватного будинку котеджного типу площею 80 м<sup>2</sup> у м. Херсон та детально описано його застарілу систему теплопостачання. На основі аналізу вітчизняного досвіду обґрунтовано, що будівля має суттєвий потенціал енергозбереження, реалізація якого потребує комплексної термомодернізації оболонки та автоматизації внутрішніх інженерних мереж.

3) У другому розділі проведено розрахунок фактичного приведеного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, який виявив їхню невідповідність сучасним теплотехнічним нормам України для II кліматичної зони. Дефіцит теплотахисту становить 53 % для зовнішніх стін (1,75 (м<sup>2</sup>• °C)/Вт), 46 % для суміщеного даху (2,45 (м<sup>2</sup>• °C)/Вт) та 48% для підлоги (1,95 (м<sup>2</sup>• °C)/Вт), для вікон та дверей значення опору теплопередачі більше 70 %.

4) Проведено розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції, який дорівнює 6,63 кВт та теплових втрат на підігрів інфільтраційного повітря, який дорівнює майже 1,38 кВт. Сумарні втрати становлять 8,01 кВт.

5) Встановлено, що максимальне розрахункове теплове навантаження на систему опалення будинку за екстремальних зимових умов (при t<sub>з</sub> = -18 °C), яке становить 15,2 тис. кВт. Інтегральне річне споживання теплової енергії на опалення за сезон тривалістю 161 доба з врахуванням внутрішніх тепловиділень та сонячної інсоляції складає 12,8 тис.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 61   |

кВт<sup>•</sup> год/рік, що вказує на значну енергоємність об'єкта та підтверджує високий потенціал для впровадження енергозберігаючих заходів.

6) Побудовано рафік Россандера тривалості теплового навантаження для базового стану будівлі.

7) Проведений розрахунок розподілу видатків на енергоносії за останні три роки показує, що зі збільшенням тарифу на електричну енергію до 4,32 грн за 1 кВт призвів до сумарного збільшення видатків в середньому до 21 тис. грн., а відсоток розподілу втрат становить 65,8 % витрати на природний газ і 34,2 % витрати на електроенергію.

8) Визначено, що сумарний річний економічний ефект від реалізації комплексного енергозберігаючого проекту становить 8529 грн/рік. З них на теплоізоляційні заходи та встановлення вікон і входних дверей для зменшення споживання газу становить 6637 грн./рік, а модернізація системи освітлення дорівнює 1892 грн. З розрахунків фінансової ефективності запропонованих заходів видно, що сумарні інвестиції на теплоізоляційні заходи та встановлення вікон і входних дверей для зменшення споживання газу дорівнюють 245 тис. грн. Таким чином окупність становить більше 36 років. При можливому збільшенні тарифу на природний газ теплоізоляційні заходи можуть бути перераховані, і мати більший економічний ефект. Однак модернізація системи освітлення шляхом заміни лампочок розжарювання на діодні лампи вартує лише 1100 грн, а строк окупності менше одного року. Це пов'язано з високим тарифом на електроенергію та зменшенням вартості та широкого вибору діодних ламп освітлення.

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          |      |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          | 62   |

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель»: Закон України від 22.06.2017 р. № 2118-VIII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> – Дата звернення: 17.04.2025.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – [Чинний від 01.10.2021]. – К.: Мінрегіон України, 2021. – 49 с.
3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція і кондиціонування. – [Чинний від 01.09.2013]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 142 с.
4. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. – [Чинний від 01.10.2019]. – К.: Мінрегіон України, 2019. – 103 с.
5. Дзяна Г.О., Дзяний Р.Б. Енергозбереження як ресурс розвитку для України. Держава і ринок. 2014. С. 90–96.
6. Сайт Європейсько-українського енергетичного агентства. Режим доступу: <http://euea-energyagency.org/uk/>.
7. Бернд Л. Екологічний будинок. Зелена енергетика. № 2(6), 2002. С. 18–20.
8. Дзяна Г.О., Дзяний Р.Б. Соціально-екологічні аспекти реалізації державної політики у сфері енергозбереження України. Монографія. ЛПІДУ НАДУ, 2010. 208 с.
9. Цибулько, А. Новий освітній простір. Енергоефективність. Інформаційний посібник. 2019, 42 с.
10. Акіншина О. В., Третькова Л.І., Антоненко О. М. Енергоаудит у системі енергоменеджменту підприємства. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/15998/1/2-Akinshyna-4-10.pdf> (дата звернення 06.11.2025).

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 63   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

11. Енергетична стратегія України до 2030 року. URL : <http://zakon.nau.ua/doc>. (дата звернення 14.11.2025)

12. Сотник І.М. Управління ресурсозбереженням: соціо-еколого економічні аспекти. Суми : Вид-во СумДУ, 2010. 499 с.

13. Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Наказ від 6.09.2018 № 491. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29 березня 2019 р. за № 328/33299.

14. Галузева програма енергоефективності та енергозбереження в житлово-комунальному господарстві на 2010–2014 рр.: затверджена наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 10 листопада 2009 р. № 352 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tc.nusta.com.ua/dkpk/dgerela/244.htm>.

15. Галузева програма підвищення енергоефективності у будівництві на 2010–2014 роки: затверджена наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 30 червня 2009 р. № 257 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tc.nusta.com.ua/dkpk/dgerela/246.htm>.

16. Про заходи з модернізації систем теплопостачання Постанова Кабінету Міністрів України від 20.05.2009 р. № 682 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/682-2009-п>.

17. Про заходи щодо ефективного використання газу та інших паливно енергетичних ресурсів в народному господарстві: Постанова Кабінету Міністрів України від 02.09.1993 р. № 699 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/699-93-%D0%BF>.

18. Про заходи щодо поетапного впровадження в Україні вимог директив Європейського Союзу, санітарних, екологічних, ветеринарних, фітосанітарних норм та міжнародних і європейських стандартів: Постанова Кабінету Міністрів

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 64   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

України від 19.03.1997 р. № 244 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/244-97-%D0%BF>.

19. Про заходи щодо реконструкції житлових будинків перших масових серій: Постанова Кабінету Міністрів України від 14.05.1999 р. № 820 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/820-99-%D0%BF>

20. 20. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу: Закон України від 05.04.2005 р. № 2509-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2509-15>.

21. Про комплексну державну програму енергозбереження України: Постанова Кабінету Міністрів України від 05.02.1997 р. № 148 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/148-97-%D0%BF>.

22. Про Концепцію діяльності органів виконавчої влади у забезпеченні енергетичної безпеки України: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.1998 р. № 48 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/48-98-%D0%BF>.

23. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 11.02.1998р.№113/98ВР [Електронний ресурс].Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/113/98-вр>.

24. Про невідкладні заходи щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів: Указ Президента України від 28.02.2008 р. № 174/2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/174/2008>.

25. Про оснащення житлового фонду засобами обліку та регулювання споживання води і теплової енергії: Розпорядження Кабінету Міністрів України

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 65   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

від 11.06.2008 р. № 838-р [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/838-2008-%D1%80>.

26. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 № 5403-VI // Відомості Верховної Ради України. - 2013. № 34-35.

27. Наказ МВС України від 30 грудня 2014р. №1417, зареєстрований в Мін'юсті України 4 березня 2015року №252/26697 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні», із змінами 2017 року.

28. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

|      |      |             |        |      |                          |      |
|------|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|      |      |             |        |      | КРБ.144.4248.02.05.ПЗ.00 | Арк. |
|      |      |             |        |      |                          | 66   |
| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |