

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

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

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

**на тему: «Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з  
впровадженням поновлювальних джерел енергії»**

Виконав: студент II курсу, групи ТЕ-41мп

Олексій ВНУКОВ

Науковий керівник:

Доцент, кандидат технічних наук Володимир ВІНОГРАДОВ-САЛТИКОВ

Київ – 2025 року

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

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики  
Кафедра теплової та альтернативної енергетики

«На правах рукопису»  
УДК 697.7

До захисту допущено  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Віталій ПЕШКО  
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)  
« 19 » \_\_\_\_\_ грудня \_\_\_\_\_ 2025 р.

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

**на тему: «Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з  
впровадженням поновлювальних джерел енергії»**

Виконав: студент ІІ курсу, групи ТЕ-41мп

\_\_\_\_\_ Внуков Олексій \_\_\_\_\_

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Науковий керівник доцент, кандидат техн. наук, доцент  
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

\_\_\_\_\_ Володимир ВІНОГРАДОВ-САЛТИКОВ \_\_\_\_\_

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант з

Охорони праці та безпеки в  
надзвичайних ситуаціях

доцент, кандидат техн. наук, доцент  
(Посада, науковий ступінь, вчене звання)

\_\_\_\_\_ Інна БІЛОУС \_\_\_\_\_

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_

Науковий керівник \_\_\_\_\_

Київ – 2025 року

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

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики  
Кафедра теплової та альтернативної енергетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма

«Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

Віталій ПЕШКО

(підпис)

(Власне ім'я, прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

на магістерську дисертацію студенту

Внукову Олексію

(Ім'я, Прізвище)

1. Тема дисертації: Комплексна термомодернізація житлового будинку в м.  
Черкаси з впровадженням поновлювальних джерел енергії

Науковий керівник дисертації Володимир Виноградов-Салтиков, к. т. н., доцент  
(Ім'я, Прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «03» листопада 2025 р. № 4779-с

2. Термін подання студентом дисертації 06 жовтня 2025 року.

3. Об'єкт дослідження житловий будинок

4. Вихідні дані до дисертації: проектна документація будинку, річні споживання протягом останніх років, дані обстеження інженерних систем. Загальний кондиціонований об'єм будівлі – 948,8 м<sup>3</sup>. Загальна опалювальна площа – 403,3 м<sup>2</sup>. Схема теплопостачання, схема електропостачання, перелік споживачів та їх технічні характеристики, споживання, параметри будівлі.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1) визначення показників енергоефективності за ДСТУ 9190:2022; 2) визначити енергопотребу та енергоспоживання будинку на опалення та охолодження; 3) розробити та проаналізувати заходи з підвищення енергоефективності будинку, такі як термомодернізація, впровадження системи з ВДЕ та модернізації інженерних систем; 4) реконструкція системи електропостачання із використанням відновлювальних джерел енергії (СЕС) житлового будинку із застосуванням

гібридної системи (гібридний інвертор та акумулятори); 5) реконструкція системи теплопостачання із застосуванням відновлювальних джерел енергії (теплових насосів); 6) розробка систем енергетичного менеджменту; 7) розробити стартап проєкт; 8) розробити заходи з охорони праці.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Генеральний план об'єкту дослідження – 1 арк. ф. А1;
2. Плани приміщення будинку – 1 арк. ф. А1.
3. Схеми системи опалення – 1 арк. ф. А1.
4. Розташування обладнання системи опалення – 1 арк. ф. А1.
5. Схеми однолінійні електричні – 1 арк. ф. А1.
6. Розташування обладнання СЕС – 1 арк. ф. А1.

7. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Інна БІЛОУС, доцент		

Дата видачі завдання «28» жовтня 2025р.

**Календарний план**

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Створення базової моделі за ДСТУ 9190	20.11.2025р.	
2	Моделювання енергопотреби будівлі в ПЗ DesignBuilder	23.11.2025р.	
3	Розробка та аналіз заходів з енергетичної ефективності	27.11.2025р.	
4	Оцінка встановлення СЕС та розробка інноваційних енергоефективних заходів проєкту нового будівництва	29.11.2025р.	
5	Енергетичний менеджмент	01.12.2025р.	
6	Розробка стартап проєкту	12.12.2025р.	
7	Заходи з охорони праці	13.12.2025р.	
8	Графічна частина	14.12.2025р.	
9	Оформлення пояснювальної записки	15.12.2025р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олексій ВНУКОВ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Володимир ВІНОГРАДОВ-САЛТИКОВ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація присвячена вирішенню актуального науково-практичного завдання підвищення енергоефективності житлових будівель шляхом комплексної термомодернізації із впровадженням відновлювальних джерел енергії. Об'єктом дослідження є двоквартирний житловий будинок у місті Черкаси, що характеризується значним рівнем енергоспоживання та потребує модернізації інженерних систем.

У роботі виконано аналіз сучасного стану енергоефективності житлового фонду України, нормативно-правової бази у сфері енергозбереження та застосування відновлювальних джерел енергії. Проведено теплотехнічну оцінку огороджувальних конструкцій будівлі та обґрунтовано вибір теплоізоляційних матеріалів з метою досягнення класу енергоефективності В.

На основі програмного моделювання в середовищах GeoT\*SOL Premium, PV\*SOL Premium та інших спеціалізованих програм розроблено технічні рішення з реконструкції системи опалення та електропостачання будинку. Запропоновано використання повітряних теплових насосів у бівалентній схемі з конденсаційним газовим котлом як резервним джерелом тепла, а також інтеграцію сонячної електростанції з акумуляторним накопиченням енергії для покриття власних потреб будівлі.

У дисертаційній роботі виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів, визначено енергетичний ефект від їх впровадження, розраховано річну економію паливно-енергетичних ресурсів та орієнтовний термін окупності інвестицій. Окрему увагу приділено питанням охорони праці, електро- та пожежної безпеки при експлуатації модернізованих інженерних систем.

Отримані результати мають практичне значення та можуть бути використані при розробленні рекомендацій з енергоефективної модернізації малоповерхових житлових будівель, а також при впровадженні відновлювальних джерел енергії в умовах існуючої забудови.

## SUMMARY

The master's thesis is devoted to solving a relevant scientific and practical problem of improving the energy efficiency of residential buildings through comprehensive thermal modernization combined with the implementation of renewable energy sources. The object of the study is a two-apartment residential building located in the city of Cherkasy, which is characterized by high energy consumption and requires modernization of its engineering systems.

The thesis analyzes the current state of energy efficiency in the residential sector of Ukraine, as well as the regulatory and legal framework in the field of energy saving and renewable energy utilization. A thermal performance assessment of the building envelope was carried out, and the selection of thermal insulation materials was substantiated in order to achieve **energy efficiency class B**.

Based on simulation modeling using specialized software tools such as **GeoT\*SOL Premium**, **PV\*SOL Premium**, and other engineering calculation programs, technical solutions for the reconstruction of the heating and power supply systems were developed. The proposed concept includes the application of air-source heat pumps operating in a bivalent configuration with a condensing gas boiler as a backup heat source, as well as the integration of a photovoltaic power plant with battery energy storage to cover the building's own electricity demand.

The thesis provides a technical and economic assessment of the proposed energy efficiency measures, evaluates the expected energy performance improvement, determines the annual reduction in fuel and energy consumption, and estimates the investment payback period. Special attention is given to occupational safety, electrical safety, and fire protection issues related to the operation of modernized engineering systems.

The results obtained have practical significance and can be used for developing recommendations on energy-efficient renovation of low-rise residential buildings, as well as for implementing renewable energy technologies within existing urban development conditions.

**Пояснювальна записка  
до магістерської дисертації**

**на тему: Комплексна термомодернізація житлового будинку  
в м. Черкаси з впровадженням поновлювальних джерел енергії**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА ТЕРМІНІВ.....	3
СКОРОЧЕННЯ.....	3
СИМВОЛИ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	4
ІНДЕКСИ.....	5
ТЕРМІНИ.....	5
ВСТУП.....	6
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	7
1.1. Загальні відомості.....	7
1.2. Річне енергоспоживання.....	9
2. АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ.....	13
2.1. Дослідження інженерних систем будинку.....	13
2.2. Режим опалення.....	23
2.3. Режим охолодження.....	44
2.4. Визначення класу енергоефективності будівлі.....	51
2.5. Розрахунок електричного навантаження.....	52
3. УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТА ІНЖИНІРИНГ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ.....	54
3.1. Розрахунок теплового навантаження після термомодернізаційних заходів.....	54
3.2. Визначення класу енергоефективності після термомодернізаційних заходів.....	55
3.3. Вибір теплоізоляційних матеріалів та розрахунок терміну окупності термомодернізації огорожувальних конструкцій.....	56
3.4. Вибір і розрахунок обладнання для реконструкції системи опалення із впровадженням відновлювальних джерел енергії.....	62
3.5. Вибір і розрахунок обладнання для реконструкції системи електропостачання із впровадженням відновлювальних джерел енергії.....	67
3.6. Рекомендації щодо організаційно-управлінських заходів.....	70

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Внуков О.Д.</i>				<i>Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з впровадженням поновлювальних джерел енергії. Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Виноградов-Салтиков</i>						<i>1</i>	<i>100</i>
<i>Н. Контр.</i>	<i>Суходуб І.О.</i>					<i>НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ННІ ІАТЕ, каф. ТАЕ, ТЕ-41мп</i>		
<i>Затвер.</i>	<i>Пешко В.А.</i>							

4. СПЕЦПИТАННЯ. «МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ВДЕ».....	74
4.1. Аналіз та висновки по роботі в RETScreen.....	74
4.2. Енергетичне моделювання запропонованого сценарію в програмному середовищі DesignBuilder.....	76
4.3. Моделювання СЕС в програмі PV*Sol Premium 2025 .....	80
4.4. Моделювання теплового насосу «повітря-вода» в GeoTSOL Premium 2025 .....	85
5. РОЗРОБКА СТАРТПІА ПРОЄКТУ LIFT ENERGY.....	93
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ....	96
Список використаних джерел .....	98
ДОДАТКИ .....	101

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА ТЕРМІНІВ

## СКОРОЧЕННЯ

- ЕП – електроприлад;  
ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;  
ІТП – індивідуальний тепловий пункт;  
ТН – тепловий насос;  
КТП – комплектна трансформаторна підстанція;  
ГВП – гаряче водопостачання;  
ККД – коефіцієнт корисної дії;  
ЕМ – енергетичний менеджмент;  
ПВХ – полівінілхлорид;  
ОСБ(OSB) - oriented strand board(орієнтовано-стружкова плита)  
кВ – кіловольт;  
кВт – кіловат;  
ФЕМ – фотоелектричний модуль;  
ФВМ – фотовольтаїчний модуль;  
СЕС – сонячна електрична станція;  
АКБ – акумуляторні батареї;  
ДСТУ – державні стандарти України;  
ДБН – державні будівельні норми;  
ДНАОП - державні нормативні акти про охорону праці;  
ПТЕЕС - правила технічної експлуатації електроустановок споживачів;  
ГОСТ – державний стандарт;  
НАПБ – нормативний акт з пожежної безпеки;  
НПАОП - нормативно-правові акти з охорони праці;  
ПУЕ - правила улаштування електроустановок;  
ПБЕЕС - правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів;  
ISO – International Organization for Standardization (Міжнародна організація зі стандартизації);  
DC – (direct current), постійний струм;

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

АС – (alternating current), змінний струм;

СО – система опалення;

ГДК - гранично допустимих концентрацій;

СМ – сонячні модулі;

### СИМВОЛИ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$V$  – питомий показник вартості реалізації заходу, грн/м<sup>2</sup>, грн/шт.;

$Q$  – теплота;

$Q^P_H$  – нижча робоча теплота згорання палива;

$q_0$  – питома опалювальна характеристика будівлі;

$t_{вн}$  – внутрішня температура;

$t_{p.o}$  – розрахункова температура на опалення;

$\beta$  – товщина;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі;

$E$  – густина;

$R$  – опір теплопередачі;

$F$  – площа;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі; капіталовкладення;

$A$  – обсяги реалізації заходу;

$C$  – ціна, грн;

$E$  – річна економія енергії від впровадження заходу, тис. кВт·год;

$P$  – потужність, кВт;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії;

$U$  – напруга, В;

$I$  – сила струму, А;

$\Delta$  – різниця (дельта);

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ІНДЕКСИ

*вн* – внутрішній;  
*з* – зовнішній;  
*дод.* – додаткове;  
*мін.ват.* – мінеральна вата;  
*ст.* – стіни;  
*з.ст.* – зовнішні стіни;  
*гор* – горище;  
*в* – вікно;  
*д* – двері;  
*н.п.* – неоалювальний підвал;  
*ном.* – номінальний;  
*макс.* – максимальний;

## ТЕРМІНИ

*Енергетичний баланс* – система взаємопов'язаних показників, що характеризують ресурси, виробництво та використання всіх видів палива та енергії.

*Рекуперація* — це процес повернення частини використаної енергії в систему з метою її повторного використання.

«Зелений тариф» - економічний механізм винагороди за генерацію електроенергії із відновлюваних джерел енергії;

«Масив» - паралельно з'єднані сонячні панелі, при цьому з'єднані збільшується струм, а напруга однакова;

«Стрінг» - послідовно з'єднані панелі, при цьому з'єднані збільшується напруга, а струм в ланцюзі однакова.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

**Мета даного дослідження** полягає у всебічному вивченні реального споживання енергії та енергоресурсів, аналізі режимів їх використання й оцінці стану енергоспоживчих систем та особливостей їх роботи. Також передбачається визначення технічного потенціалу модернізації цих систем з можливістю впровадження сучасних технологічних рішень, зокрема на основі відновлюваних та альтернативних джерел енергії. Додатковою складовою є оптимізація функціонування системи теплопостачання багатоквартирного будинку в м. Черкаси, обґрунтування економічної ефективності запропонованих заходів та застосування спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання систем ВДЕ і виконання енергетичних розрахунків будівлі.

**Об'єктом дослідження** є багатоквартирний житловий будинок в м. Черкаси та її системи енергозабезпечення.

**Предметом дослідження** в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваному мною будинку, а також у системах енергоспоживання.

При виконанні даної магістерської дисертації, були використані наступні програмні продукти:

1. **RETScreen** — програмний інструмент для оцінювання енергетичної ефективності та економічної доцільності проєктів у сфері енергозбереження та ВДЕ [4].
2. **DesignBuilder/EnergyPlus** — програмне середовище з графічним інтерфейсом, яке використовує ядро **EnergyPlus** для детального енергетичного моделювання будівель [5].
3. **PV\*SOL premium** — комплексне ПЗ для розрахунку та візуального моделювання фотоелектричних систем [6].
4. **GeoT\*SOL** — програмний засіб для розрахунку та оптимізації систем теплових насосів[8].

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1. Загальні відомості

Об'єктом дослідження є **багатоквартирний будинок**, що знаходиться за адресом пров. Судовий, 24, м. Черкаси, Черкаська область, зображення об'єкту на рисунку 1.2 (у додатку А наведено фотографії об'єкту з усіх сторін). Будинок двоповерховий налічує 15 кімнат та підвальне приміщення під будинком (під кухньою квартири 1).

Будинок побудований з червоної цегли у 1952 році. При проектуванні та будівництві була розділена на дві квартири, між ними є відокремлений деформаційний шов, а також свої фундаменти.

Перша квартира (перша половина будинку) була модернізована двічі:

- у 2002 році: встановлено новий газовий котел, встановлено нові металопластикові вікна, встановлено сталеві радіатори на заміну чавунних з системою регулювання температури, встановлено систему теплої підлоги, а також було проведено загальну реконструкцію приміщень даної половини.



Рисунок 1.1 - Зображення будинку у 2015 році.

- У 2016 році: змонтовано бойлер для гарячого водопостачання (ГВП), повторна заміна котла, утеплення огорожувальних конструкцій(стін, даху, заміна дверей), було відремонтовано покрівля, а також проведено реконструкцію веранди: з дерев'яної конструкції, покритою пластиковою вагонкою, перекладено на газобетон, а також утеплено, при цьому було встановлено нові металопластикові однопакетні 3 камерні вікна та площа вікон зменшена в 4 рази.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 1.2 – Зображення будинку станом на 2025 рік

Друга половина будинку суттєво не змінювалася: у 2002 році: заміна старого газового котла на новий, заміна дерев'яних вікон на металопластикові,



Рисунок 1.3 – Зображення супутникового знімку.

Загальні відомості про будинок приведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальні відомості про будинок

Загальна площа, м <sup>2</sup>	403,3	Кількість поверхів	2,0
Опалювальна площа, м <sup>2</sup>	345	Висота будівлі, м	8
Опалювальний об'єм, м <sup>3</sup>	948,8	Висота поверху, м	2,75

Кількість мешканців 4 людей: 2 жінки і 2 чоловіка.

В м. Черкаси, станом на 2025 рік, діють тарифи на комунальні послуги:

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Електрична енергія: нічний тариф 2,16 грн/кВт\*год, повний тариф 4,32 грн/кВт\*год;

2. Газ: 7,96 грн/м3;

3. Вода: водопостачання 13,85 грн/м3 + водовідведення 13,80 грн/м3

## 1.2. Річне енергоспоживання

В будинку використовуються наступні види енергоносіїв: електрична енергія, газ та вода. Даний розрахунок буде проводитися за останні 3 роки: з 2021 по 2023 рр., дані наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Енергоспоживання будівлі з 2021 по 2023рр.

Місяці	Види енергоспоживання								
	Природний газ, м3			Електроенергія, кВт*год			Холодна вода, м3		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Січень	206	202	204	736,62	748,62	683,62	7,9	8,1	8,2
Лютий	203	200	190	758,76	739,76	730,76	7,9	8,0	7,8
Березень	171	163	133	700,39	748,39	699,39	10,1	10,3	10,5
Квітень	100	94	86	758,76	756,76	751,76	11,9	11,9	11,8
Травень	15	11	13	764,8	705,8	747,8	12,4	12,7	12,5
Червень	6	4	5	472,97	498,97	434,97	13,9	14,3	14,6
Липень	11	10	10	825,17	704,17	697,17	16,1	16,3	16,7
Серпень	14	15	16	402,31	438,31	461,31	16,4	16,8	17,1
Вересень	27	26	28	478,96	511,96	455,96	12,7	13,1	13,3
Жовтень	51	30	42	765,31	794,31	777,31	10,8	10,7	10,7
Листопад	141	140	138	830,14	770,14	785,14	11,1	10,9	10,8
Грудень	202	211	200	793,8	698,8	774,8	8,5	8,7	8,9

Згідно з таблицею 1.2 побудовано графіки енергоспоживання по кожному виду енергоносія:

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

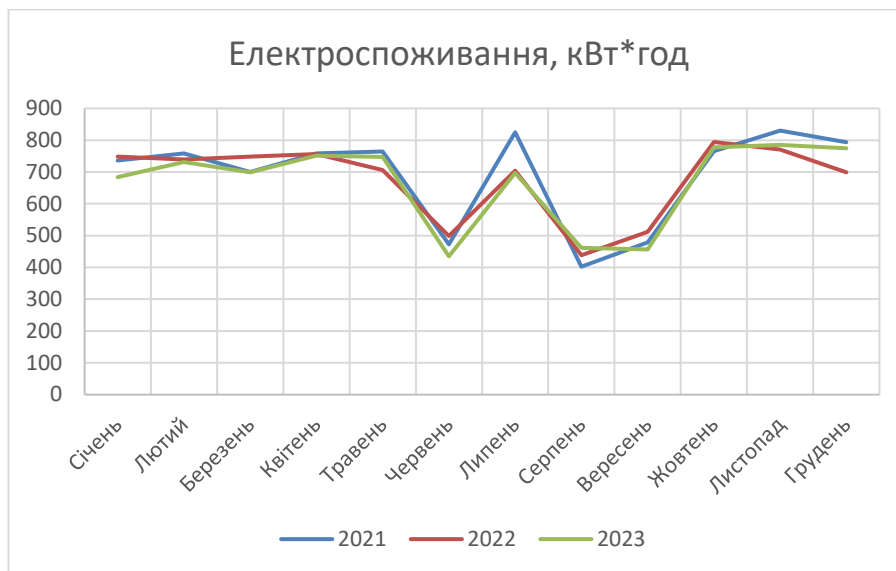


Рисунок 1.4 – Помісячне споживання електричної енергії з 2021 по 2023рр.

Завдяки графіку, який зображений на рис. 1.4, ми можемо побачити, що споживання електроенергії протягом років майже рівномірне.



Рисунок 1.5 – Помісячне споживання природного газу з 2021 по 2023рр.

Завдяки графіку, який зображений на рис. 1.5, ми можемо побачити, що природний газ найбільше використовується у опалювальний період. Причиною є того, що в опалювальний період для опалення будинку використовуються автономні газові котли. А в неопалювальний період з травня по жовтень споживання газу має мінімальні значення.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

МД 25 144 21 02 ПЗ

Арк

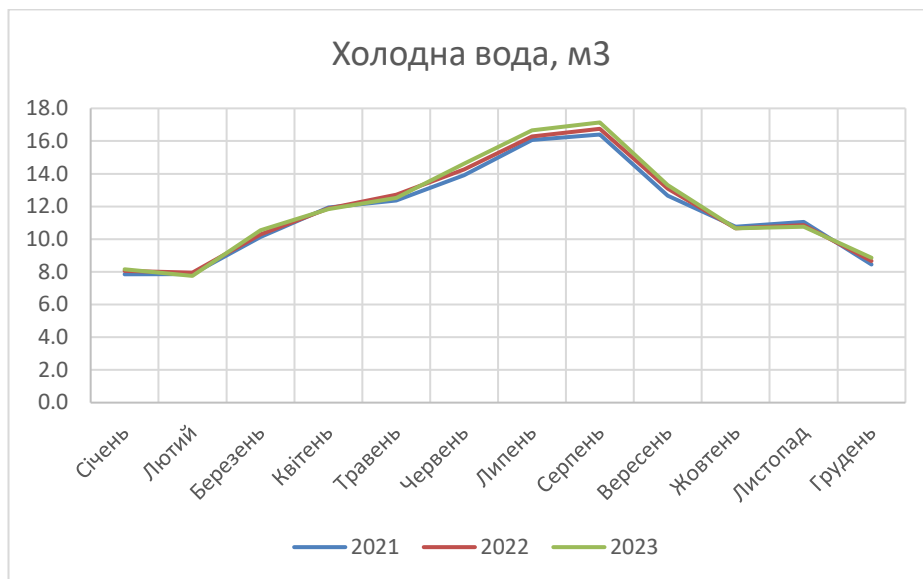


Рисунок 1.6 – Помісячне споживання холодної води протягом 21-23рр.

З графіку, який зображений на рис. 1.6, ми можемо побачити, що найбільше споживання холодної води перепадає на неопалювальний період (пікові у липні-серпні), це пов'язано з тим, що вода використовується для поливу територій, саду та огорожу.

У таблиці 1.3 наведено кошти витрачені на енергоносії з 2021 по 2023рр. Також було складено діаграми(Рис 1.7) витрат по роках.

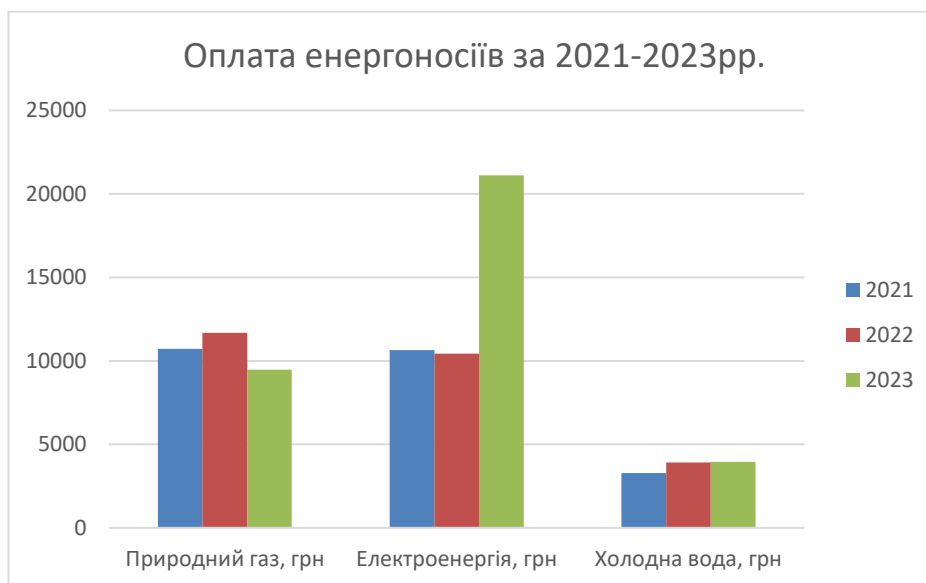


Рисунок 1.7 – Діаграма оплат енергоносіїв.



## 2. АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ

### 2.1. Дослідження інженерних систем будинку

#### 2.1.1. Опис системи тепlopостачання та системи гарячого водопостачання

В будинку автономне тепlopостачання, яке досягається за рахунок газових котлів Vaillant ecoTEC pure VUW 246/7-2 (рис 2.1, а) та Terplowest Econom АГО-24-С (рис 2.1, б).

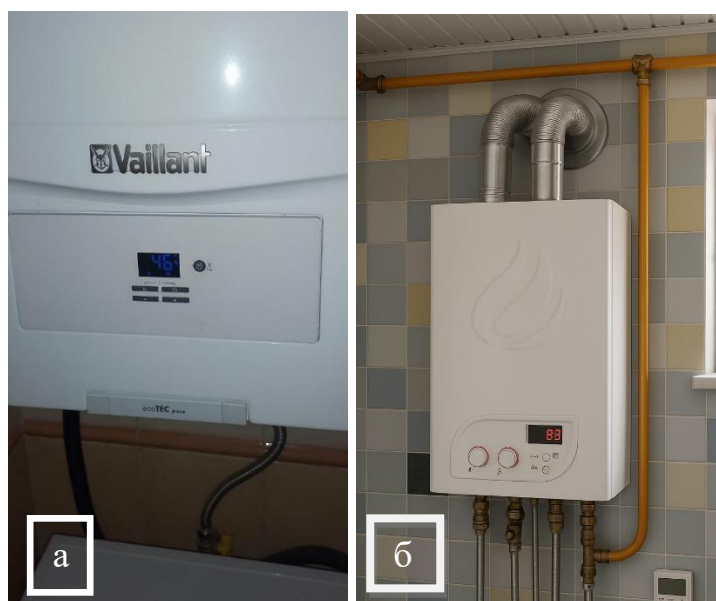


Рис 2.1 – Існуючі котельні агрегати будинку (а – першої половини, б – другої половини)

**Vaillant ecoTEC pure VUW 246/7-2** — це настінний двоконтурний конденсаційний газовий котел тепловою потужністю **24 кВт**, призначений для систем опалення та приготування гарячої води. Агрегат належить до сучасного класу вискоелективних газових котлів, що використовують технологію конденсації для максимального відбору теплової енергії з продуктів згоряння. [9]

**Terplowest Econom АГО-24-С** — це настінний газовий котел тепловою потужністю **24 кВт**, призначений для автономних систем опалення у

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

приватних будинках, квартирах та невеликих нежитлових приміщеннях. Агрегат оснащений одноконтурною схемою, орієнтованою на забезпечення подачі теплової енергії до системи опалення без функції приготування гарячої води. [10]

Таблиця 2.1 – Параметри та характеристики котлів

Параметр	Vaillant ecoTEC pure VUW 246/7-2	Тепlowest Econom АГО-24-С
1	2	3
Виробник	Vaillant	Тепlowest
Країна виробництва	Німеччина	Україна
Тип котла	Газовий, конденсаційний	Газовий, атмосферний
Принцип роботи	Конденсаційний	Традиційний
Камера згоряння	Закрита	Відкрита
Кількість контурів	Двоконтурний	Одноконтурний
Номінальна теплова потужність, кВт	24	24
Діапазон модуляції потужності, кВт	7,2–24	10–24
Максимальна теплова потужність, кВт	24	27
Мінімальна теплова потужність, кВт	7,2	10
ККД, %	до 108	до 90
Максимальна температура теплоносія, °С	80	85
Робочий тиск у системі опалення, бар	до 3	до 3
Продуктивність ГВП ( $\Delta T$ = 30 °С), л/хв	11,5	–
Тип теплообмінника	Роздільний	Сталевий
Діаметр димоходу, мм	60/100	60/100
1	2	3
Споживана електрична потужність, Вт	≈ 120	≈ 150
Клас захисту	IPX4D	IP40
Тип монтажу	Настінний	Настінний

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

МД 25 144 21 02 ПЗ

Арк

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Висота, мм	720	700
Ширина, мм	440	380
Глибина, мм	337	315
Маса, кг	30,8	29
Опалювальна площа, м <sup>2</sup>	до 200	до 200
Гарантія, років	2	2

Також у системи опалення першої половини будинку, також було передбачено електричний котел (рис. 2.2). Його експлуатація була мінімальною, оскільки вартість газу залишалася більш вигідною порівняно з тарифами на електроенергію. Проте, за умови зниження вартості електричної енергії або у випадку несправності газового котла, саме електричний котел може виконувати функцію резервного джерела теплоти.



Рис. 2.2 – Резервний електричний котел

Перша половина має також систему теплої підлоги, яка забезпечує обігрів майже всього першого поверху (рис 2.3).



Рис. 2.3– Розподільчий пункт системи опалення першої половини будинку

Принцип роботи системи опалення першої половини будинку: теплоносій, який нагрівається у котлі, йде по трубах в систему опалення радіаторами і в систему опалення теплою підлогою. Тепла підлога поділена на 4 зони, (див. МД 25 144 21 02 ТМ), щиток обладнаний терморегулятором та циркуляційним насосом (який включається для швидкого прокачування теплоносія, коли розпочинається сезон опалення).

Система опалення будинку двотрубне (рис 2.4) та налічує два види – опалення теплою підлогою і опалення радіаторами. На першому поверсі першої половини будинку використовується система опалення теплою підлогою, виключенням є спальня, де опалюється радіатором (див. МД 25 144 21 02 ТМ). Решта будинку опалюється радіаторами (див. МД 25 144 21 02 ТМ). Опалення в першій половині будинку відбувається через сталеві радіатори, які мають нижню подачу (рис. 2.5.), в свою чергу друга половина, оскільки вона залишилася первісному вигляді, то має чавунні радіатори (рис. 2.6).

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

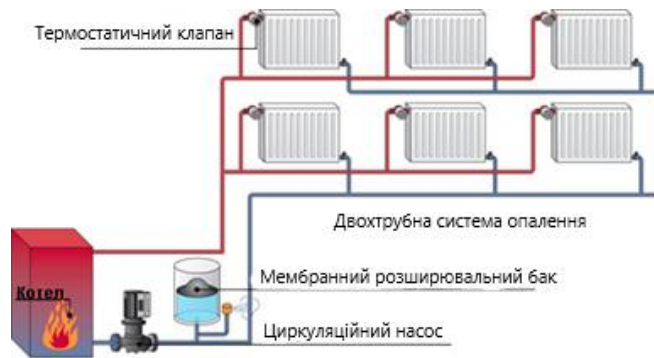


Рис. 2.4 – Двохтрубна система опалення



Рис. 2.5 – Сталеві радіатори з нижнім підключенням



Рис. 2.6 – Чавунний радіатор другої половини будинку

Гаряче водопостачання будинку відбувається за рахунок електричних водонагрівачів (бойлерів) (рис. 2.7).

Водонагрівальний бак Atlantic Cube VM S4 CM 150 л. Б/В (рис. 2.7, а).[5]

Стеатитовий «сухий» нагрівальний елемент підвищеної потужності, який закріплений під кутом, забезпечує істотні переваги водонагрівача цієї серії: швидке рівномірне прогрівання і висока продуктивність, збільшений

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ресурс роботи водонагрівача завдяки усуненню електрохімічної корозії та перегріванню поверхні нагрівального елемента. [10]

Характеристики моделі:

- Потужність ТЕНа - 1200/2400 Вт (швидке нагрівання/економ режим)
- Напруга: 220В
- Максимальна температура нагрівання:  $65 \pm 5$  0С
- Час нагрівання від 150С до 650С, хв: за вертикального монтажу 224/470 хв
- Робочий тиск, бари: 8
- Клас захисту: IP24
- Габарити, В\*Ш\*Г, мм: 1198x490x529
- Вага, кг: 40
- Колір: білий. [10]

**Atlantic O'Pro+ Profi VM 100 D400-1-M** — це електричний вертикальний накопичувальний водонагрівач об'ємом **100 літрів**. Модель належить до серії O'Pro+, що характеризується підвищеним рівнем захисту бака від корозії завдяки фірмовій технології **O'Pro (Ohmic Protection)**, яка забезпечує оптимальну роботу магнієвого анода та збільшує ресурс бака (рис. 2.7). [11]

Водонагрівач оснащений емальованою внутрішньою колбою, стійкою до агресивних домішок у воді, та високоефективною тепловою ізоляцією з пінополіуретану, що мінімізує тепловтрати у режимі очікування. Модель має занурювальний нагрівальний елемент потужністю 1500 Вт, що гарантує стабільний нагрів та простоту обслуговування. [11]

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики Atlantic O'Pro+ Profi VM 100 D400-1-М [11]

Параметр	Значення
Тип	Електричний накопичувальний бойлер
Об'єм бака	100 л
Потужність ТЕНу	1500 Вт
Тип ТЕНу	Занурювальний (мідний)
Напруга живлення	230 В ~ 50 Гц
Максимальна температура нагріву	~ 65–75 °С
Матеріал внутрішнього бака	Сталь з титановою емаллю
Технологія захисту	О'Pro — оптимізована антикорозійна система
Магнієвий анод	Є
Теплоізоляція	Пінополіуретан високої щільності
Тип монтажу	Вертикальний настінний
Діаметр бака	433 мм
Висота	≈ 945 мм
Тиск у баку (макс.)	6 бар
Час нагріву до 65 °С	≈ 3 год (орієнтовно)
Клас захисту	IP24
Вага	~ 21–23 кг



Рис. 2.7 – ГВП будинку (а – бойлер першої половини, б – бойлер другої половини будинку)

### 2.1.2. Характеристика огорожувальних конструкцій

Будівля складається з двох поверхів (рис 2.8 та 2.9). Характеристика огорожувальних конструкцій наведена в таблиці 2.3.

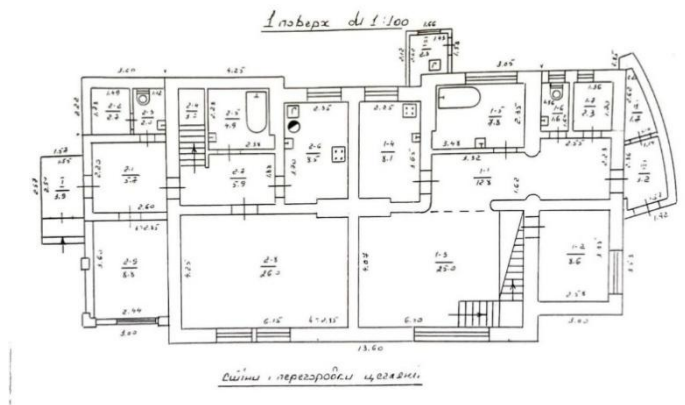


Рис. 2.8 – План першого поверху

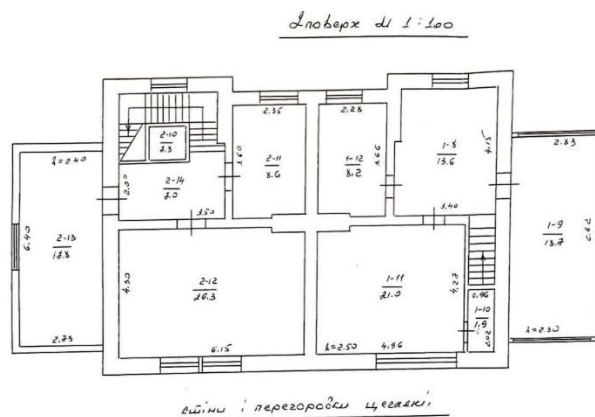


Рис. 2.9 – План другого поверху

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Характеристика огорожувальних конструкцій

	Конструкція	Площа, м <sup>2</sup>	Вu Н	Вu С	Rфакт, м <sup>2</sup> К/Вт
Зовнішнє пов.	Стіни	155,10	1	1	1,66
	Суміщене покриття	58,3	1	1	1,22
	Перекриття над проїздом	0,0	1	1	3,00
	Світлопрозорі конструкції (СК)	42,71	1	1	0,6
	Двері		1	1	0,528
Не опал. Площа	Стіни	103,75	0,80	1	1,66
	Горищне перекриття	190,3	0,70	1	1,22
	Перекриття над підвалом	213,0	0,3	1	3,00
	Світлопрозорі конструкції (СК)	20,43	0,8	1	0,6
	Двері	5,82	0,8	1	0,528

### 2.1.3. Опис системи електропостачання

Даний об'єкт має два вводи, які під'єднані до трьохфазної мережі 0,4кВ. Вводи заживлено від повітряних лінії, прокладені СПом, кабелями 4x11мм<sup>2</sup> та 4x16 мм<sup>2</sup>. Перший ввід має наступну прокладку: по стовпу опускається в трубу і проходить в трубі, яка прокладена під землею вздовж забору та входить в ввідний щит, який знаходиться в гаражі (рис. 2.10). Другий ввід має аналогічну прокладку, тільки має ввідну шафу на вулиці (рис. 2.11) та шафу споживачів в будинку. Схема прокладки див. МД 25 144 21 02 ЕТР.

В шафі першого вводу наявні автоматичні вимикачі та двозонний лічильник день/ніч. В другому вводі також наявний двозонний лічильник.



Рисунок 2.10 – Ввідна шафа першого вводу



Рисунок 2.11 – Ввідна шафа другого вводу



Рисунок 2.12 – Шафа споживачів другого вводу

Згідно з наявними шафами були розроблені схеми однолінійна електричні, див. МД 25 144 21 02 ЕТР.

Прилади та обладнання, які наявні в будинку наведені у таблиці 2.4. Найбільші споживачі електричної енергії, такі як пральна машина, бойлер тощо – вмикаються у нічний час, щоб зекономити за рахунок дешевого нічного тарифу.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Споживачі будинку

№	Електроприлади	Штук	Потужність, Вт	Загальна потужність , кВт	Вплив	Примітки
1	2	3	4	5	6	7
1	Система освітлення	77	3, 6, 9 та 12	0,195	Низький	LED
2	Бойлер 120л	1	2400	2,4	Середній	
3	Бойлер 100л	1	1500	1,5	Середній	
3	Холодильник	2	800	1,6	Сильний	
4	Духовна піч	2	2500	5,0	Середній	
5	Морозильна камера	1	400	0,4	Сильний	
6	Мікрохвильовка	2	1000	2,0	Середній	
7	Телевізор	5	100	0,5	Низький	
8	Комп'ютер	3	850, 450 та 3	1,303	Низький	
9	Пральна машина	2	1050	2,1	Сильний	
10	Кава-машина	2	1500	3,0	Середній	
11	Принтер	2	20	0,04	Низький	
12	Кондиціонери	5	2500, 650, 890	7,430	Сильний	
13	Насоси опалення	4	84	0,336	Низький	

Будинок освітлюється за рахунок світильників, які налічують світлодіодні лампи. Кількість даних світильників – 77 штук.

## 2.2. Режим опалення

### 2.2.2. Сумарна теплопередача трансмісією

Сумарна теплопередача трансмісією  $Q_{tr}$ , Вт·год, визначається для кожного місяця за формулою (2.1) [17]:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.1)$$

Де  $\theta_{int,set,H}$  – задана внутрішня температура в будівлі в опалювальний період, °С, приймати за табл.16 ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

									Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	МД 25 144 21 02 ПЗ				

$\theta_e$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;  
приймати за табл. А2 ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$t - Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t$  тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год, приймати за табл. А1 (додаток А) в ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$H_{tr,adj}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-ззовні [17]:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_G + H_u + H_A, \quad (2.2)$$

Де  $H_u = \sum_{i=1}^n \frac{A_i B_i}{R_i}$  – коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К [17]:

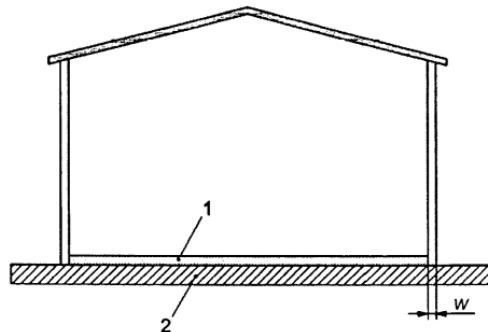
$H_A = 0$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К [17];

$H_D - Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t$  узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К [17]:

$$H_D = b_{tr,x} \sum_{i=1}^n A_i U_i, \quad \text{де } U_i = \frac{1}{R_{\Sigma np}},$$

під час розрахунків  $H_D$  поправочний коефіцієнт  $b_{tr,x} = 1$  [17]

$H_G = 0$  – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту (рис. 2.14), Вт/К [17].



1 – шар підлоги; 2 – ґрунт; w – товщина зовнішніх стін

Рис. 2.13 – Підлога по ґрунту

Підставимо отримані значення у формулу (2.2).

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Де  $\rho_a \cdot c_a$  – теплоємність повітря одиниці об'єму, за ДСТУ 9190:2022 [12] дорівнює  $0,336 \text{ Вт} \cdot \text{год}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$  [17];

$b_{ve,H}$  – температурний поправочний коефіцієнт для  $k$ -го елемента повітряного потоку зі значенням  $b_{ve,k} \neq 1$ , коли температура припливного повітря не дорівнює температурі зовнішнього середовища, для даного розрахунку приймаємо  $b_{ve,k} = 1$  [17];

$q_{ve,mn,H}$  – усереднена за часом витрата повітря для вентиляції,  $\text{м}^3/\text{год}$ , яка розраховується для кожної зони за формулою [17]:

$$q_{ve,mn,H} = q_{ve,H} \cdot t_{ve,H}/168, \quad (2.5)$$

Де  $q_{ve,H}$  – нормативна витрата повітря приймається згідно з проектними даними, а за відсутності точних даних або при енергетичній сертифікації розраховується згідно з додатком X ДБН В.2.5-67 для оптимальних умов мікроклімату: для житлових будівель за табл. X.4, для нежитлових за формулою,  $\text{м}^3/\text{год}$  [17]:

$$Q_{tot} = (n \cdot q_p + S \cdot q_v) \cdot 3,6, \quad (2.6)$$

Де  $n$  – проектна кількість людей у приміщенні, визначається за табл. Д.1.3 додатку 1, для варіанту 4 людей [17];

$q_p$  – питома витрата зовнішнього повітря на одну людину, для оптимальних умов за табл. X.1 ДБН В.2.5-67 становить  $q_p = 7 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$  [17];

$S$  – загальна площа приміщень дорівнює опалювальній площі будівлі, визначається за табл. Д.1.3 додатку 1,  $345.0 \text{ м}^2$  [17];

$q_v$  – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень, для оптимальних умов при низькому рівні забруднення повітря будівлі за табл. X.1 ДБН В.2.5-67 становить  $q_v = 0,7 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$  [17];

$t_{ve,H}$  – період використання вентиляційного повітря за ДБН,  $\text{год}/\text{тиждень}$ , визначається за табл. 16 ДСТУ 9190:2022 [12],  $112 \text{ год}/\text{тиждень}$  [17];

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5
X	7.9	744	226,8	1053.6
XI	2.0	720		2938.8
XII	-2.7	744		3829.7
Разом				<b>19678.2</b>

#### 2.2.4. Сумарна теплопередача для режиму опалення

Сумарна теплопередача для кожної зони будівлі та для кожного місяця, кВт·год, визначається за формулою [17]:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}. \quad (2.8)$$

Сумарна теплопередача для інших місяців знаходиться аналогічно. Для наочності зведемо розрахунок до таблиці 2.7 [17].

Таблиця 2.7 – Розрахунок сумарної теплопередачі для режиму опалення

Місяць	$Q_{tr}$ , кВт·год	$Q_{ve}$ , кВт·год	$Q_{ht}$ , кВт·год
I	7977,7	4217,8	12195,5
II	6917,5	3657,2	10574,7
III	6158,8	3256,1	9414,9
IV	1371,1	724,9	2096,1
X	1992,9	1053,6	3046,5
XI	5558,7	2938,8	8497,5
XII	7243,8	3829,7	11073,5
Разом	<b>37220,6</b>	<b>19678,2</b>	<b>56898,8</b>

#### 2.2.5. Внутрішні теплонадходження для режиму опалення

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у будівлі, що розглядається, кВт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою [17]:

$$Q_{int} = \left( \sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_f \right) \cdot t \cdot 10^{-3}, \quad (2.9)$$

Де  $\sum_k \Phi_{int,mn,k}$  - усереднений за часом тепловий потік від  $k$ -го внутрішнього джерела, що включає теплонадходження від людей, освітлення та обладнання, Вт/м<sup>2</sup>, обирається за таблицею 6 з ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$A_f$  – опалювальна площа будівлі,  $A_f = 345.0$  м<sup>2</sup>;

$t$  –  $-Q_{tr} = N_{tr,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t$  тривалість періоду використання, год/місяць [17].

Для житлового будинку:

- метаболічна теплота від людей  $\Phi_{int,Oc}=1.8$  Вт/м<sup>2</sup>,
- освітлення  $\Phi_{int,L}=2$  Вт/м<sup>2</sup>,
- обладнання  $\Phi_{int,A}=2$  Вт/м<sup>2</sup>,
- графік використання, обирається за таблицею 16 з ДСТУ 9190:2022 [12], у даному розрахунку 112 год/тиждень [17].

Усереднений за часом тепловий потік, враховуючи графік використання, для вихідних даних [17]:

$$\sum_k \Phi_{int,mn,k} = (\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,L} + \Phi_{int,A}) \cdot 112/168.$$

Внутрішні теплонадходження для інших місяців визначаються аналогічно та зведені до таблиці 2.8[17].

Таблиця 2.8 – Розрахунок внутрішніх теплонадходжень в опалювальний період

Місяць	$t$ , год	$\sum_k \Phi_{int,mn,k}$ , Вт/м <sup>2</sup>	$Q_{int}$ , кВт·год	
I	744	3,87	992,6	
II	672		896,5	
III	744		992,6	
IV	288		384,2	
X	384		512,3	
XI	720		960,5	
XII	744		992,6	
Разом				5731,2

## 2.2.6. Теплонадходження від сонця для режиму опалення

Теплонадходження від сонця до будівлі, що розглядається, для кожного місяця, кВт·год, розраховують за формулою [17]:

$$Q_{sol} = \left( \sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t \cdot 10^{-3}, \quad (2.10)$$

Де  $t$  – тривалість місяцю, для якого проводиться розрахунок, год, приймати за табл. А1 (додаток А) в ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$\Phi_{sol,mn,k}$  – усереднений за часом тепловий потік від  $k$ -го джерела сонячного випромінювання, Вт [17].

Сонячні теплонадходження через  $k$ -ий елемент будівлі, Вт [17]:

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k}, \quad (2.11)$$

Де  $F_{sh,ob,k}$  – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції  $k$ -ої поверхні [17];

$A_{sol,k}$  – еквівалентна площа інсоляції  $k$ -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м<sup>2</sup>, визначається окремо для світлопрозорих та непрозорих поверхонь [17];

$I_{sol,k}$  – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі  $k$ -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м<sup>2</sup>, визначена за додатком А ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$F_{r,k}$  – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають [17]:

$F_r = 1$  – для незатіненого горизонтального даху [17],

$F_r = 0,5$  – для незатіненої вертикальної стіни [17];

$\Phi_{r,k}$  – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від  $k$ -го елемента будівлі, Вт [1

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9 - Теплонадходження від сонця до будівлі

Місяць	$t$	$\Phi_{(sol,вік,дв.)}$	$\Phi_{sol,ст.}$	$\Phi_{sol,дах}$	$\sum k\Phi_{sol,mn,k}$	$Q_{sol}$
	$год$	Вт	Вт	Вт	Вт	кВт·год
1	2	3	4	5	6	7
Січень	744	668	67	0	735	<b>547.17</b>
Лютий	672	1136	111	0	1247	<b>837.98</b>
Березень	744	1694	160	0	1854	<b>1379.46</b>
Квітень	288	2087	198	0	2286	<b>658.24</b>
Жовтень	384	1207	64	0	1271	<b>488.22</b>
Листопад	720	560	10	0	571	<b>410.94</b>
Грудень	744	429	5	0	434	<b>322.76</b>
Разом	4296					<b>4644.77</b>

### Визначення понижувальних коефіцієнтів затінення

За відсутності фактичних даних понижувальний коефіцієнт затінення  $F_{sh,ob,k}$  необхідно розраховувати за формулою (враховуємо лише зовнішнє затінення, а засоби рухомого затінення не враховуємо) [17]:

$$F_{sh} = F_{hor}F_{ov}F_{fin}, \quad (2.12)$$

Де  $F_{hor}$  – частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, визначають за табл.12 ДСТУ 9190:2022 [12]) [17];

$F_{ov}$  – частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів, визначають за табл.13 ДСТУ 9190:2022 [12]) [17];

$F_{fin}$  – частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер, визначають за табл.14-1 та табл.14-2 ДСТУ 9190:2022 [12]); якщо ребра з обох боків від вікна, то відповідні значення з таблиць перемножуються [17].

Для користування таблицями 12, 13, 14-1 та 14-2 потрібно попередньо визначити архітектурно-будівельний кліматичний район для міста, де розташована будівля, для цього потрібно скористатися картою [13] [17].

Таблиця 2.10 – Значення коефіцієнтів затінення

	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
<b>Fhor (10)</b>	0.98	0.98	0.94	0.94	0.96	0.95	0.95	0.99
<b>Fov (10)</b>	0.94	0.94	0.96	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95
<b>Ffin (10)</b>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.95	0.95
<b>Fsh</b>	0.91	0.91	0.89	0.91	0.93	0.90	0.87	0.89

**Визначення еквівалентної площі інсоляції****Визначення еквівалентної площі інсоляції вікон та дверей**

Еквівалентна площа інсоляції застеленого елемента (вікна) [17]:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (2.13)$$

Де  $F_{sh,gl}$  – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, у випадку їх відсутності приймаємо  $F_{sh,gl} = 1$  [17];

$F_F$  – частка площі обрамлення ; за відсутності точних даних [17]:

–  $F_F = 0,3$  – для віконних та дверних блоків,

–  $F_F = 0,2$  – для світлопрозорих фасадів будівлі;

$A_{w,p}$  – загальна площа проекції застеленого елемента (наприклад, площа вікна), м<sup>2</sup> [17];

- для розрахунків площу вікон, що задана у табл. Д1.2 в додатку 1 рівномірно розподіляємо по фасадам Пн та Пд,; а у разі, якщо один з цих фасадів – внутрішня стіна, відповідно розподіляємо вікна на З та С [17];

$g_{gl}$  – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента [17],

$$g_{gl} = F_w g_n, \quad (2.14)$$

Де  $F_w$  – поправочний коефіцієнт для нерозсіючого скління, приймають  $F_w = 0,9$  [17];

$g_n$  – коеф. загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння, приймають за таблицею 8 ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

Приймаємо  $g_n = 0,75$ .

												Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	МД 25 144 21 02 ПЗ							

Тоді за формулою (2.14) еквівалентна площа інсоляції вікна та зашкленних вхідних дверей [17]:

Заносимо дані в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11. - Еквівалентна площа інсоляції вікна та зашкленних вхідних дверей

		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	
A sol, м <sup>2</sup>	Вікна	4.0	0.0	8.6	0.0	4.0	0.0	13.2	0.0	м <sup>2</sup>
	Двері	0.0	0.0	2.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	м <sup>2</sup>
	фасади скл	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	м <sup>2</sup>

### Визначення еквівалентної площі інсоляції непрозорих елементів

Еквівалентна площа інсоляції непрозорого елемента будівлі [17]:

$$A_{sol} = a_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (2.15)$$

Де  $a_{S,c}$  – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають за даними таблиці 10 ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

Для даного розрахунку:

- для стін  $a_{S,c} = 0,45$  (штукатурка вапняна темно-сіра або теракотова, з табл.Д.1.5) [17];

- для даху  $a_{S,c} = 0,6$  (сталь листова, пофарбована темно-червоною фарбою, з табл.Д.1.5) [17];

$R_{se}$  – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м<sup>2</sup>·К/Вт, приймають  $R_{se} = 0,043$  м<sup>2</sup>·К/Вт згідно ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$U_c$  – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини (стіни, дах), Вт/(м<sup>2</sup>·К) [17];

$A_c$  – площа проекції непрозорої частини (стіни, дах), м<sup>2</sup> [17];

Тоді, підставляючи значення до формули (2.15), отримаємо для стін і даху відповідно до орієнтації по сторонам світу [17].

Заносимо дані в таблицю 2.12

Таблиця 2.12 - Еквівалентна площа інсоляції стін та даху

					МД 25 144 21 02 ПЗ					Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	
A sol, м <sup>2</sup>	Стіни	0.85	0.00	1.51	0.00	0.82	0.00	1.51	0.00	м <sup>2</sup>
	Дах	1.8								

### Визначення сонячної радіації

Сонячна радіація,  $I_{sol,k}$ , або значення енергетичної освітленості сприймаючої площі  $k$ -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м<sup>2</sup>, визначена за додатком А (таблиця А.4) ДСТУ 9190:2022 [12] та зведена до таблиці нижче [17].

Таблиця 2.13 – Середньомісячна сумарна сонячна радіація, на вертикальній та горизонтальній поверхнях за середніх умов хмарності (м. Київ)

Місяць	I_sol, Вт/м <sup>2</sup> (м. Київ)								
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	горизонтальна
I	13	14	21	38	51	40	23	14	34
II	24	26	37	58	72	61	39	26	62
III	33	40	57	78	91	82	61	40	104
IV	40	54	78	93	93	90	75	53	152
V	56	80	105	111	101	109	100	77	214
VI	67	92	117	113	99	111	110	94	239
VII	60	85	112	112	99	109	108	83	227
VIII	44	68	99	113	87	113	93	66	195
IX	29	44	77	101	114	101	73	44	143
X	19	22	41	67	81	66	40	22	76
XI	11	12	19	34	43	34	19	12	34
XII	9	9	14	28	36	28	15	9	22

### Визначення додаткового потоку внаслідок теплового випромінювання в атмосфері

Додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від  $k$ -го елемента будівлі  $\Phi_{r,k}$  в загальному випадку визначається наступним чином, Вт [17]:

					МД 25 144 21 02 ПЗ					Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (2.16)$$

Де  $U_c$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К) [17];

$A_c$  – площа проекції елемента, м<sup>2</sup> [17];

$h_r$  – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м<sup>2</sup>·К); який наближено можна визначити як  $h_r=5 \cdot \varepsilon$ , де  $\varepsilon=0,7$  для стіни;  $\varepsilon=0,5$  для вікон [17];

$\Delta\theta_{er}$  – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, для помірних широт приймають  $\Delta\theta_{er} = 11$  К згідно з ДСТУ 9190:2022 [12] [17].

Розрахуємо додаткового теплового потоку внаслідок теплового випромінювання в атмосферу за формулою (2.16) та занесемо в таблицю 14:  
Таблиця 2.14 – Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу.

		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	
$\Phi_r$	Вікна	16.8	0.0	35.9	0.0	16.8	0.0	54.9	0.0	т
	Двері	0.0	0.0	9.4	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	т
	фасади скл	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	т
	Стіни	46.90	0.00	82.97	0.00	45.26	0.00	83.01	0.00	т
	Дах	547.2								т

### Визначення сонячних теплонадходжень через елементи будівлі за рік

Визначимо сонячні теплонадходження через  $k$ -ий елемент будівлі за формулою (2.11), Вт (на прикладі одного місяця - січня) [17]:

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

Таблиця 2.15 – Розрахунок теплових надходжень від сонця в опалювальний період

Φ <sub>sol,mn</sub> Вт/м <sup>2</sup> (м. Черкаси)										
Елемент	Місяць	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Сумарні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вікна	1	39	0	144	0	183	0	235	0	601

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	II	80	0	267	0	262	0	417	0	1026
	III	113	0	421	0	333	0	668	0	1535
	IV	139	0	582	0	341	0	828	0	1889
	V	197	0	790	0	371	0	1113	0	2471
	VI	238	0	882	0	363	0	1227	0	2710
	VII	212	0	844	0	363	0	1204	0	2623
	VIII	153	0	744	0	318	0	1033	0	2248
	IX	98	0	574	0	419	0	805	0	1897
	X	61	0	297	0	295	0	429	0	1083
	XI	32	0	128	0	153	0	189	0	502
	XII	25	0	90	0	127	0	144	0	385
	<b>Двері</b>	I	0	0	32	0	35	0	0	0
II		0	0	61	0	50	0	0	0	111
III		0	0	96	0	64	0	0	0	160
IV		0	0	133	0	65	0	0	0	198
V		0	0	181	0	71	0	0	0	252
VI		0	0	202	0	70	0	0	0	271
VII		0	0	193	0	70	0	0	0	263
VIII		0	0	170	0	61	0	0	0	231
IX		0	0	131	0	80	0	0	0	212
X		0	0	68	0	57	0	0	0	124
XI		0	0	29	0	29	0	0	0	58
XII		0	0	20	0	24	0	0	0	44
<b>Скляні фасади</b>	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VII	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VIII	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IX	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	XI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	XII	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Стіни</b>	I	0	0	0	0	16	0	0	0	16
	II	0	0	8	0	33	0	9	0	50
	III	2	0	35	0	47	0	38	0	123
	IV	8	0	64	0	49	0	57	0	177

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	V	2 0	0	100	0	55	0	89	0	264
	VI	2 9	0	116	0	53	0	102	0	300
	VII	2 3	0	109	0	53	0	100	0	286
	VII I	1 1	0	92	0	44	0	80	0	227
	IX	0	0	62	0	65	0	54	0	181
	X	0	0	14	0	39	0	11	0	64
	XI	0	0	0	0	10	0	0	0	10
	XII	0	0	0	0	5	0	0	0	5
Да х	I	0								0
	II	0								0
	III	0								0
	IV	0								0
	V	0								0
	VI	0								0
	VII	0								0
	VII I	0								0
	IX	0								0
	X	0								0
	XI	0								0
	XII	0								0

### 2.2.7. Сумарні теплонадходження для режиму опалення

Сумарні теплові надходження, Вт·год, для кожної зони будівлі для кожного місяця визначимо за формулою [17]:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad (2.17)$$

Зведемо результати розрахунку за формулою (2.17) в таблицю 3.7 [17].

Таблиця 2.16– Розрахунок сумарних теплонадходжень за опалювальний період

Місяць	$t$ , год	$Q_{int}$ , кВт·год	$Q_{sol}$ , кВт·год	$Q_{gn}$ , кВт·год
I	744	993	547	<b>1540</b>
II	672	896	838	<b>1734</b>
III	744	993	1379	<b>2372</b>
IV	288	384	658	<b>1042</b>
X	384	512	488	<b>1001</b>
XI	720	961	411	<b>1371</b>
XII	744	993	323	<b>1315</b>
Разом	<b>4296</b>	<b>5731</b>	<b>4645</b>	<b>10376</b>

### 2.2.8. Коефіцієнт використання надходжень для опалення

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення  $\eta_{H,gn}$  – це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти,  $\gamma_H$ , та числового параметра  $\alpha_H$ , який залежить від інерції будівлі [17].

Знайдемо безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення [17]:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}, \quad (2.18)$$

Так як  $\gamma_H^I > 0$  та  $\gamma_H^I \neq 1$  скористаємося наступною формулою (у разі інших співвідношень потрібно використати формули з розділу 12.2 ДСТУ 9190:2022 [12]) [17]:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{\alpha_H}}{1 - \gamma_H^{\alpha_H + 1}}, \quad (2.19)$$

Де  $\alpha_H$  – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі  $\tau_H$ , визначений за формулою [17]:

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}, \quad (2.20)$$

Де  $\alpha_{H,0}$  – довідковий безрозмірний числовий параметр, приймають рівним 1,0 ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$\tau_{H,0}$  – довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$\tau$  – часова константа зони будівлі, год [17]:

$$\tau = \frac{c_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}} \quad (2.21)$$

Де  $H_{tr,adj}$  – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К, розраховане в п. 2.2.2 [17];

$H_{ve,adj}$  – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К, розраховане в п. 2.2.3 [17];

$H_{ve,extra,adj}$  – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції від нічного та/або природного охолодження, Вт/К, для режиму опалення приймають  $H_{ve,extra,adj} = 0$  [17];

$c_m$  – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт·год/К [17]:

$$c_m = C \cdot A_f \quad (2.22)$$

Де  $C$  – внутрішня теплоємність будівлі, обирається за табл.15 ДСТУ 9190:2022 [12], для розрахунку обираємо  $C = 80$  Вт·год/(м<sup>2</sup>·К) [17];

$A_f$  – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м<sup>2</sup> [17].

Результати розрахунку безрозмірного коефіцієнту для кожного з місяців опалювального періоду наведені у таблиці 2.17 [17].

Таблиця 2.17 – Розрахунок безрозмірного коефіцієнту для кожного місяця

Місяць	$\gamma_H$	$c_m$ , Вт·год/К	$\tau$ , год	$\alpha_H$	$\eta_{H,gn}$
I	0,126	27601,6	42,1	3,8	<b>1,00</b>
II	0,164				<b>1,00</b>
III	0,252				<b>1,00</b>
IV	0,497				<b>0,96</b>
X	0,328				<b>0,99</b>
XI	0,161				<b>1,00</b>
XII	0,119				<b>1,00</b>

## 2.2.9. Енергоспоживання на опалення

Енергоспоживання визначається як енергопотреба плюс втрати теплоти при виробленні (генеруванні), акумулюванні, транспортуванні, регулюванні, розподіленні та тепловіддачі [17].

### Енергоспоживання підсистеми тепловіддачі при опаленні

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі визначаються помісячно за формулою, Вт·год [17]:

$$Q_{H,em,ls,i} = \left( \frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H,em,out,i} \quad (2.21)$$

Де  $Q_{H,em,out,i} = Q_{H,nd,i}$  – енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, Вт год, визначається в п. 2.2.8 [17];

$f_{hydr}$  – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, визначається за таблицею 18 ДСТУ 9190:2022 [12] [17],

- для прикладу, де двотрубна системи з автоматичними регуляторами температури у приміщенні  $f_{hydr} = 0,98$  [17];

$f_{im}$  – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення [17],

- $f_{im} = 1$  для постійного теплового режиму [17];

$f_{rad}$  – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку використовується тільки для променевих систем опалення, тож [17]

- $f_{rad} = 1$ ;

$\eta_{em}$  – загальний рівень ефективності тепловіддавальної складової системи, визначається за формулою [17]:

$$\eta_{em} = \frac{1}{[4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})]} \quad (2.22)$$

Де  $\eta_{ctr}$  – складова, яка враховує регулювання температури в приміщенні, визначається за табл. 17 ДСТУ 9190:2022 [12] [17],

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- в прикладі розрахунку  $\eta_{ctr} = 0,93$  для регулювання за усередненої температури повітря приміщень [17];

$\eta_{emb}$  – складова, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень, використовується для вбудованих систем опалення, тож [17]

$$- \eta_{emb} = 1;$$

$\eta_{str}$  – складова, яка враховує вертикальний профіль температури повітря в приміщенні, визначається, як середнє значення "температурного напору" та "тепловтрат зовнішніх огорожувальних конструкцій" за формулою [17]:

$$\eta_{str} = \frac{\eta_{str1} + \eta_{str2}}{2},$$

Де  $\eta_{str1}, \eta_{str2}$  – обираються за табл. 17 ДСТУ 9190:2022 [12] [17],

- для прикладу розрахунку обираємо  $\eta_{str1} = 0,95$  для температурного напору 42,5 К та, враховуючи, що прилади опалення встановлені під вікнами без радіаційного захисту  $\eta_{str2} = 0,83$  [17].

Вхідну енергію для підсистеми тепловіддачі визначають за формулою [17]:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out,i} - k \cdot W_{H,em,aux,i} - Q_{H,em,ls,rvd,i} + Q_{H,em,ls,nrvd,i}, \quad (2.23)$$

Де  $k$  – коефіцієнт для розрахунку утилізованої частини додаткової енергії впродовж  $i$ -го місяця, показує, що частину додаткової енергії можна утилізувати безпосередньо в підсистемі тепловіддачі як теплоту [17];

$W_{H,em,aux,i}$  – додаткова енергія впродовж  $i$ -го місяця, Вт·год, розраховується за наявності додаткових джерел енергії, для розглянутого випадку  $W_{H,em,aux,i} = 0$  [17];

$Q_{H,em,ls,nrvd,i}$  – неутілізовані тепловтрати для підсистеми тепловіддачі впродовж  $i$ -го місяця, Вт·год, приймають  $Q_{H,em,ls,nrvd,i} = Q_{H,em,ls,i}$  [17];

$Q_{H,em,ls,rvd,i}$  – утилізовані тепловтрати підсистем тепловіддачі впродовж  $i$ -го місяця, Вт·год, приймають  $Q_{H,em,ls,rvd,i} = 0$  [17].

Результати розрахунків енергоспоживання підсистеми тепловіддачі для кожного місяця опалювального періоду зведено в таблицю 2.16 [17].

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Енергоспоживання підсистеми розподілення при опаленні

Загальні тепловтрати підсистеми розподілення визначаються помісячно за формулою, Вт·год [17]:

$$Q_{H,dis,ls,i} = \sum \psi_{L,j} \cdot (\theta_{m,i} - \theta_i) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i}, \quad (2.24)$$

Де  $\psi_{L,j}$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі  $j$ -го трубопроводу, Вт/(м·К) [17];

$\theta_{m,i}$  – середня температура теплоносія в зоні упродовж  $i$ -го місяця, °С [17];

$\theta_i$  – температура навколишнього середовища, °С [17];

$L_j$  – довжина трубопроводу, м [17];

$t_{op,an,i}$  – час опалення впродовж  $i$ -го місяця, год [17].

Для розглянутої будівлі тепловтрати підсистеми розподілення (трубопроводів опалення) можна вважати утилізаційними, тому що підсистема розташована в опалюваному приміщенні [17].

У випадку, коли підсистема частково або повністю розміщена у неопалюваних приміщеннях необхідно проводити розрахунок тепловтрат за формулою (2.24) [17].

Енергію входу для підсистеми розподілення розраховується за формулою [17]:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,out,i} + Q_{H,dis,ls,nrvd,i} \quad (2.25)$$

Де  $Q_{H,dis,out,i}$  – енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж  $i$ -го місяця, Вт·год,  $Q_{H,dis,out,i} = Q_{H,em,in,i}$  [17];

$Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$  – неутилізовані тепловтрати для підсистеми розподілення впродовж  $i$ -го місяця, Вт·год, для розглянутого випадку  $Q_{H,dis,ls,nrvd,i} = 0$ .

Результати розрахунків енергоспоживання підсистеми розподілення для кожного місяця опалювального періоду зведено в таблицю 2.18 [17].

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.18 – Результати розрахунків енергоспоживання підсистеми розподілення для кожного місяця опалювального періоду

Місяць	$t$	$\psi_{(L,j)}$	$\theta_{(m,i)}$	$\theta_i$	$L_j$	$Q_{H,dis,ls,i}$
	год		С	С	м.п.	кВт·год
Січень	744	0,3	61,5	10	0	0,0
Лютий	672		60,0			0,0
Березень	744		53,0			0,0
Квітень	288		41,5			0,0
Жовтень	384		43,0			0,0
Листопад	720		51,5			0,0
Грудень	744		50,0			0,0
Разом	4296					

### Енергоспоживання підсистеми генерування при опаленні

Загальні тепловтрати підсистеми генерування (виробництва) теплоти визначаються помісячно за формулою, Вт·год [17]:

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i} \cdot (1 - \eta_{H,gen}) / \eta_{H,gen}, \quad (2.25)$$

Де  $Q_{H,gen,out,i}$  – енергія виходу з підсистем генерування упродовж  $i$ -го місяця, Вт·год [17],

$$- Q_{H,gen,out,i} = Q_{H,dis,in,i};$$

$\eta_{H,gen}$  – ефективність підсистеми генерування теплоти, визначається за табл. 26 ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

- для розглянутої у прикладі будівлі, де централізоване теплопостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110°C без зрізки та без коригування в ІТП,  $\eta_{H,gen} = 0,89$  [17].

Енергоспоживання на потреби опалення визначається за формулою [17]:

$$Q_{H,use,i} = Q_{H,gen,out,i} + Q_{H,gen,ls,i}. \quad (2.27)$$

Результати розрахунку енергоспоживання підсистемами зведені до таблиці 2.19 [17].

Таблиця 2.19 – Енергоспоживання для опалення

Місяць	$Q_{H,em,out}$ , кВт·год	$Q_{H,em,ls}$ , кВт·год	$Q_{H,em,in} =$ $Q_{H,dis,out}$ , кВт·год	$Q_{H,dis,in} =$ $Q_{H,gen,out}$ , кВт·год	$Q_{H,gen,ls}$ , кВт·год	$Q_{H,use}$ , кВт·год
I	10656	2036	12693	12693	1569	<b>14261,4</b>
II	8842	1690	10531	10531	1302	<b>11832,9</b>
III	7052	1348	8400	8400	1038	<b>9438,1</b>
IV	1092	209	1300	1300	161	<b>1460,9</b>
X	2056	393	2449	2449	303	<b>2751,2</b>
XI	7127	1362	8489	8489	1049	<b>9538,3</b>
XII	9759	1865	11623	11623	1437	<b>13059,9</b>
Разом						<b>62342,8</b>

### 2.3. Режим охолодження

#### 2.3.2. Сумарна теплопередача трансмісією для режиму охолодження

Сумарна теплопередача трансмісією  $Q_{tr}$ , Вт·год, для охолодження розраховується для кожного місяця за формулою (4.1) [17]:

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

Де  $\theta_{int,set,C}$  – задана внутрішня температура в будівлі в період охолодження, °С, приймати за табл. 16 ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$H_{tr,adj}, \theta_e$  – те саме, що у формулі (2.2) [17];

$t$  –  $-Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_e)t$  тривалість періоду охолодження, год/місяць, коли температура зовнішнього повітря вище 21°C, приймається для відповідного міста згідно з таблицею А.6 (Додаток А) в ДСТУ 9190:2022 [12]. Для міста Черкас тривалість становить 891 год. Враховуючи дані погодинної температури зовнішнього повітря за таблицею А.3 (Додаток А) в [12], тривалість періоду охолодження було розбито на три літні місяці [17].

Теплопередача трансмісією для інших місяців періоду охолодження розраховується аналогічно [17].

Розрахунки помісячно зведені в таблицю 2.20 [17].

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.20 – Розрахунок теплопередачі трансмісією для режиму охолодження

Місяць	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	$t, \text{ год}$	$H_{tr,adj}, \text{Вт/К}$	$Q_{tr}, \text{кВт}\cdot\text{год}$
VI	23,1	240	428,9	90,1
VII	24,0	341		0,0
VIII	23,6	310		55,8
Разом				<b>145,9</b>

### 2.3.3. Сумарна теплопередача через вентиляцію

Сумарна теплопередача через вентиляцію  $Q_{ve}$ , Вт·год, розраховується для кожного місяця за формулою [17]:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.29)$$

де  $\theta_{int,set,C}, \theta_e, t$  – те саме, що у формулі (2.28) [17];

$H_{ve,adj}$  – те саме, що у формулі (2.4) визначається у п. 2.2.3 [17].

Теплопередача вентиляцією для інших місяців періоду охолодження розраховується аналогічно. Проміжні значення та розрахунки теплопередачі вентиляцією зведені в таблицю 2.19 [17].

Таблиця 2.21 – Розрахунок теплопередачі вентиляцією для кожного місяця

Місяць	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	$t, \text{ год}$	$H_{ve,adj}, \text{Вт/К}$	$Q_{ve}, \text{кВт}\cdot\text{год}$
VI	23,1	240	226,8	304,8
VII	24,0	341		301,6
VIII	23,6	310		330,4
Разом				<b>936,7</b>

### 2.3.4. Сумарна теплопередача для режиму охолодження

Сумарна теплопередача для режиму охолодження визначається так само як для режиму опалення (п. 2.2.4) [17].

Сумарна теплопередача для липня та серпня знаходиться аналогічно. Результати розрахунку для трьох місяців зведені до таблиці 2.20 [17].

Таблиця 2.22 – Розрахунок сумарної теплопередачі для режиму охолодження

Місяць	$Q_{tr}$ , кВт·год	$Q_{ve}$ , кВт·год	$Q_{ht}$ , кВт·год
VI	90,1	304,8	394,8
VII	0,0	301,6	301,6
VIII	55,8	330,4	386,2
Разом	<b>145,9</b>	<b>936,7</b>	<b>1082,6</b>

### 2.3.5. Внутрішні теплонадходження в період охолодження

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел для періоду охолодження визначаються так само як для періоду опалення (п. 2.2.5) [17].

Таблиця 2.23 – Розрахунок внутрішніх теплонадходжень в період охолодження

Місяць	$t$ , год	$\sum_k \Phi_{int,mn,k}$ , Вт/м <sup>2</sup>	$Q_{int}$ , кВт·год
VI	240	3,87	320,2
VII	310		454,9
VIII	279		413,6
Разом			<b>1188,7</b>

### 2.3.6. Теплонадходження від сонця в період охолодження

Теплонадходження від сонця для періоду охолодження визначаються так само як для періоду опалення (п. 2.2.6). Відрізнятимуться лише значення понижувальних коефіцієнтів затінення  $F_{sh}$  (табл. 12 ДСТУ 9190:2022 [12]). Сонячна радіація,  $I_{sol,k}$ , приймається за таблицею 2.11 [17].

Розрахунок для інших місяців року відбувається аналогічно, покажемо результати в таблиці 2.22 [17].

Таблиця 2.24 – Розрахунок теплонадходжень від сонця в період охолодження

Місяць	$t$ , год	$\Phi_{sol,вик.дв.}$ , Вт	$\Phi_{sol,ст.}$ , Вт	$\Phi_{sol,дах.}$ , Вт	$\sum_k \Phi_{sol,mn,k}$ , Вт	$Q_{sol}$ , кВт·год
VI	240	2890,6	287,9	359,6	3538,1	<b>849,2</b>
VII	341	2798,0	273,6	304,4	3376,1	<b>1151,2</b>
VIII	310	2405,0	216,8	178,3	2800,1	<b>868,0</b>
Разом						<b>2868,4</b>

### 2.3.7. Сумарні теплонадходження для режиму охолодження

Сумарні теплові надходження, Вт·год, для кожної зони будівлі для кожного місяця періоду охолодження визначаються за формулою (2.17). Результати розрахунку зведені в таблицю 2.25 [17].

Таблиця 2.25 – Розрахунок сумарних теплонадходжень за період охолодження

Місяць	$t$ , год	$Q_{int}$ , кВт·год	$Q_{sol}$ , кВт·год	$Q_{gn}$ , кВт·год
VI	240	320	849	<b>1169</b>
VII	341	455	1151	<b>1606</b>
VIII	310	414	868	<b>1282</b>
Разом	<b>891</b>	<b>1189</b>	<b>2868</b>	<b>4057</b>

### 2.3.8. Коефіцієнт використання надходжень для охолодження

Безрозмірний коефіцієнт використання втрат  $\eta_{c,ls}$  – це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти,  $\gamma_c$ , та числового параметра  $a_c$ , який залежить від інерції будівлі [17].

Безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти:

$$\gamma_c = \frac{Q_{c,gn}}{Q_{c,ht}}, \quad (2.30)$$

Так як  $\gamma_C^{VI} > 0$ ,  $\gamma_C^{VI} \neq 1$  та  $Q_{C,ht} > 0$  скористаємося наступною формулою (у разі інших співвідношень потрібно використати формули з розділу 12.3 ДСТУ 9190:2022 [12]) [17]:

$$\eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-\alpha_C}}{1 - \gamma_C^{-(\alpha_C + 1)}} \quad (2.31)$$

Де  $\alpha_C$  – безрозмірний числовий параметр, що визначається за формулою [17]:

$$\alpha_C = \alpha_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} \quad (2.32)$$

Де  $\alpha_{C,0}$  – довідковий безрозмірний числовий параметр, приймають рівним 1,0 ДСТУ 9190:2022 [12] [17];

$\tau_{C,0}$  – довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год [12] [17];

$\tau$  – часова константа зони будівлі, визначена у розділі 3.7:  $\tau = 42,1$  год.

Результати розрахунку безрозмірного коефіцієнту для кожного з місяців періоду охолодження наведені у таблиці 2.26 [17].

Таблиця 2.26 – Розрахунок безрозмірного коефіцієнту для кожного місяця періоду охолодження

Місяць	$\gamma_C$	$c_m$ , Вт·год/К	$\tau$ , год	$\alpha_C$	$\eta_{C,ls}$
VI	2,962	27601,60	42,10	3,81	<b>0,98932</b>
VII	5,326				<b>0,99860</b>
VIII	3,318				<b>0,99271</b>

### 2.3.9. Енергопотреба для охолодження

Сумарна енергопотреба для охолодження визначається формулою [17]:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht} \quad (2.33)$$

Де  $Q_{C,gn}$  – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, кВт·год, визначено в п. 2.3.7 [17];

$Q_{C,ht}$  – сумарна теплопередача в режимі охолодження, кВт·год, визначено в п. 2.3.4 [17];

$\eta_{c,ls}$  – безрозмірний коефіцієнт використання втрат для охолодження, визначений в п. 2.3.8 [17].

Результати розрахунків енергопотребы для охолодження зведені у таблицю 2.27 [17].

Таблиця 2.27– Енергопотреба для охолодження

Місяць	$Q_{c,ht}$ , кВт·год	$\eta_{c,ls}$ , кВт·год	$Q_{c,gn}$ , кВт·год	$Q_{c,nd}$ , кВт·год
VI	394,8	0,989	1169,33	<b>778,71</b>
VII	301,6	0,999	1606,17	<b>1305,02</b>
VIII	386,2	0,993	1281,59	<b>898,17</b>
Разом				<b>2981,89</b>

### 2.3.10. Енергоспоживання для охолодження

#### Енергоспоживання підсистеми розподілення при охолодженні

Втрати теплоти підсистемою розподілення охолодження, кВт·год, визначаються за формулою [17]:

$$Q_{c,dis,ls} = Q_{c,nd} \cdot \left( (1 - \eta_{c,ce}) + (1 - \eta_{c,ce,sens}) + (1 - \eta_{c,d}) \right), \quad (2.34)$$

де  $Q_{c,nd}$  – енергопотреба для охолодження, визначена у п. 2.3.9 [17];

$\eta_{c,ce}$  – ступінь утилізації теплообміну в системі охолодження, визначається за табл. 29 ДСТУ 9190:2022 [12], для системи охолодження даної будівлі (холодна вода 7/12) обираємо [17]

$$- \eta_{c,ce} = 1;$$

$\eta_{c,ce,sens}$  – ступінь явної утилізації теплообміну в системі охолодження, визначається за табл. 29 ДСТУ 9190:2022 [12], для системи охолодження даної будівлі (холодна вода 7/12) обираємо [17]

$$- \eta_{c,ce,sens} = 0,87;$$

$\eta_{c,d}$  – ступінь утилізації підсистеми розподілення, визначається за табл. 29 ДСТУ 9190:2022 [12], для системи охолодження даної будівлі (холодна вода 7/12) обираємо [17]

$$- \eta_{c,d} = 0,9.$$

Енергія входу для підсистеми розподілення визначається за формулою, кВт·год [17]:

$$Q_{c,dis,in} = Q_{c,dis,out} + Q_{c,dis,ls}, \quad (2.35)$$

Де  $Q_{c,dis,out}$  – енергія виходу підсистеми розподілення упродовж  $i$ -го місяця, Вт·год,  $Q_{c,dis,out} = Q_{c,nd}$  [17].

### Енергоспоживання підсистеми генерування при опаленні

Енергія виходу для підсистеми генерування (виробництва) визначається за формулою, кВт·год [17]:

$$Q_{c,gen,out} = Q_{c,dis,in} / \eta_{c,ac}, \quad (2.36)$$

Де  $Q_{c,dis,in}$  – енергія входу для підсистеми розподілення [17];

$\eta_{c,ac}$  – ефективність автоматичного управління/регулювання, обирається в залежності від класу ефективності системи [12], для системи класу В  $\eta_{c,ac} = 0,93$  [17].

Визначимо загальні тепловтрати підсистеми генерування (виробництва), кВт·год, за формулою [17]:

$$Q_{c,gen,ls} = Q_{c,gen,out} (1 - \eta_{c,gen}) / \eta_{c,gen}, \quad (2.37)$$

Де  $\eta_{c,gen}$  – ефективність підсистеми генерування (виробництва), визначається шляхом множення сезонного коефіцієнта енергоефективності на ефективність генерування (виробництва) енергії для установки, обирається за табл. 30 ДСТУ 9190:2022 [12], так як охолодження відбувається за допомогою компресорної машини з тепловідведенням до зовнішнього повітря  $\eta_{c,gen} = 2,25\eta_{pg}$ , де  $\eta_{pg} = 1$  – ефективність генерації електроенергії при відсутності електрогенератора [17].

Енергоспоживання для охолодження визначається за формулою [17]:

$$Q_{c,use} = Q_{c,gen,out} + Q_{c,gen,ls}. \quad (2.38)$$

Розрахунок енергоспоживання для періоду охолодження наведено у табл. 2.28 [17].

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.28 – Енергоспоживання для охолодження

Місяць	$Q_{c,em,in} =$ $Q_{c,dis,out}$ , кВт·год	$Q_{c,dis,ls}$ , кВт·год	$Q_{c,dis,in}$ , кВт·год	$Q_{c,gen,out}$ , кВт·год	$Q_{c,gen,ls}$ , кВт·год	$Q_{c,use}$ , кВт·год
VI	778,7	179,1	957,8	1029,9	-572,17	<b>457,74</b>
VII	1305,0	300,2	1605,2	1726,0	-958,88	<b>767,11</b>
VIII	898,2	206,6	1104,7	1187,9	-659,94	<b>527,96</b>
Разом						<b>1752,80</b>

#### 2.4. Визначення класу енергоефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності будівлі визначається за даними, наведеними у таблиці 1 Наказу №261 [14], в залежності від показника  $\Delta_{EP}$ , який є відсотковою різницею між загальним показником питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні,  $EP_{use}$ , кВт·год/м<sup>2</sup>, [кВт·год/м<sup>3</sup>] та граничним питомим енергоспоживання при опаленні та охолодженні,  $EP_p$ , кВт·год/м<sup>2</sup>, [кВт·год/м<sup>3</sup>] [17].

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

$$\Delta_{EP} = [(EP_{use} - EP_p) / EP_p] \cdot 100, \quad (2.39)$$

де  $EP_{use}$  – загальне питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні, кВт·год/м<sup>2</sup>, [кВт·год/м<sup>3</sup>] [17]:

$$EP_{use} = EP_{H,use} + EP_{C,use}, \quad (2.40)$$

де  $EP_{H,use}$ ,  $EP_{C,use}$  – питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні відповідно, кВт·год/м<sup>2</sup>, [кВт·год/м<sup>3</sup>] [17].

$EP_p$  – граничне питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні; Відповідно до Додатку до Наказу №260 [15] для двохповерхового житлового будинку, розміщеної у I температурній зоні України становить, кВт·год/м<sup>2</sup> [17]:  $EP_p = 120$  кВт·год/м<sup>2</sup> [17].

За допомогою таблиці 1 Наказу №261 [14] визначаємо клас енергоефективності даної будівлі. Отримане значення відповідає класу енергоефективності **G** [17].

## 2.5. Розрахунок електричного навантаження

Електричні навантаження розрахуємо для найбільш потужних приладів.

Проміжна активна потужність, кВт, визначаємо за формулою:

$$P_{ni} = P_{n\Sigma i} K_{ei}, \quad (2.42)$$

де  $K_{ei}$  – коефіцієнт використання встановленої потужності.

Проміжна реактивна потужність, кВАр, визначається за формулою:

$$Q_{ni} = P_{ni} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i = P_{ni} \cdot \frac{\sqrt{1 - (\cos \varphi_i)^2}}{\cos \varphi_i}, \quad (2.43)$$

де:  $\operatorname{tg} \varphi_i$  – коефіцієнт реактивної потужності.

Далі заносимо розрахункові величини по споживачах в таблицю 2.29:

Таблиця 2.29 – Розрахункові величини по споживачах

№ п/п	Прилад	Кількість	Потужність, кВт	Загальна потужність	Коеф. Викор.	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{п}$ , кВт	$Q_{п}$ , кВАр
1	Бойлер	1	2,4	2,4	0,7	0,98	0,2	1,68	0,34
2	Бойлер	1	1,5	1,5	0,7	0,98	0,2	1,05	0,21
3	Духова піч	2	2,5	5,0	0,3	0,95	0,33	1,5	0,5
4	Мікрохвильовка	2	1,0	2,0	0,8	0,75	0,88	1,6	1,42
5	Пральна машина	2	1,05	2,1	0,5	0,9	0,48	1,05	0,5
6	Кава-машина	2	1,5	3,0	0,8	0,9	0,48	2,4	1,16
7	Кондиціонер	2	2,5	5,0	0,35	0,85	0,62	1,75	1,08
8	Шини 0,4кВ ТП			21,0	0,49			11,03	5,21

Знайдемо ефективну кількість споживачів за формулою

$$n_{p.e} = \frac{\left( \sum_{i=1} P_{n\Sigma i} \right)^2}{\sum_{i=1} [n \cdot (p_{n.max}^2)]}. \quad (2.44)$$

Знайдемо розрахункове активне навантаження, кВт, за формулою:

$$P_p = K_p \sum_{i=1} P_{ni}. \quad (2.45)$$

Знайдемо розрахункове реактивне навантаження, кВАр, за формулою:

					МД 25 144 21 02 ПЗ					Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

$$Q_p = K_p \sum_{i=1} Q_{\Pi} \quad (2.46)$$

Знайдемо розрахункове повне навантаження, кВА, за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.47)$$

### **Висновки**

1. За детальним аналізом існуючих систем енергопостачання досліджуваного житлового будинку, зокрема систем опалення, гарячого водопостачання, електропостачання та охолодження встановлено: що діючі системи сформовані на основі традиційних рішень із використанням газових котлів та не забезпечують раціонального використання енергоресурсів.

2. Проаналізовано режими роботи систем опалення й охолодження, а також визначено фактичні теплові та електричні навантаження. За результатами розрахунків встановлено низький клас енергоефективності і будівля потребує впровадження термомодернізаційних заходів. Аналіз підтвердив наявність значного потенціалу зниження енергоспоживання за рахунок модернізації інженерних систем та переходу до використання енергоефективних технологій і відновлювальних джерел енергії

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 3. УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТА ІНЖИНІРИНГ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

#### 3.1. Розрахунок теплового навантаження після термомодернізаційних заходів

Після утеплення маємо наступні показники опору, які показані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Показники термічного опору до/після утеплення

	Конструкція	Площа, м <sup>2</sup>	Вu Н	Вu С	R <sub>до</sub> , м <sup>2</sup> К/Вт	R <sub>після</sub> , м <sup>2</sup> К/Вт
Зовнішнє пов.	Стіни	155,1	1	1	1,66	4,2
	Суміщене покриття	58,3	1	1	1,22	8,1
	Перекриття над проїздом	0,0	1	1	3,00	5,3
	Світлопрозорі конструкції (СК)	42,7	1	1	0,60	0,98
	Двері	0,0	1	1	0,53	0,85
Не опал. Площа	Стіни	103,7	0,8	1	1,66	4,2
	Горищне перекриття	190,3	0,7	1	1,22	8,1
	Перекриття над підвалом	213,0	0,3	1	3,00	5,3
	Світлопрозорі конструкції (СК)	20,4	0,8	1	0,60	0,98
	Двері	5,8	0,8	1	0,53	0,85

Після утеплення будівлі робимо перерахунок параметрів і отримаємо наступні параметри енергоспоживання опалення і охолодження після утеплення, які показані в таблицях 3.2. та 3.3.

Таблиця 3.2. – Енергоспоживання для опалення

Місяць	$QH,em,out$	$QH,em,is$	$QH,em,in=$ $QH,dis,out$	$QH,dis,in=$ $QH,gen,out$	$QH,gen,is$	$QH,use$
	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>
Січень	5734	551	6285	6285	777	7062,1
Лютий	4655	447	5102	5102	631	5733,1
Березень	3463	333	3795	3795	469	4264,6
Квітень	378	36	414	414	51	465,4
Жовтень	911	88	999	999	123	1122,3
Листопад	3705	356	4061	4061	502	4562,9
Грудень	5251	505	5756	5756	711	6467,3
<b>Разом</b>						<b>29677,6</b>

Таблиця 3.3. – Енергоспоживання для охолодження

Місяць	$Qc,dis,out = Qc,nd$	$Qc,dis,Is$	$Qc,dis,in$	$Qc,gen,out$	$Qc,gen,is$	$Qc,use$
	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>	<i>кВт·год</i>
Червень	562.4	129.3	691.7	743.8	-413.22	330.58
липень	947.5	217.9	1165.5	1253.2	-696.22	556.97
Серпень	677.9	155.9	833.8	896.6	-498.10	398.48
<b>Разом</b>	<b>2187.8</b>					<b>1286.03</b>

### 3.2. Визначення класу енергоефективності після термомодернізаційних заходів

Визначаємо клас енергетичної ефективності будівлі після утеплення [17]. Граничне питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні розглянутої будівлі становить  $EP_p = 120$  кВт·год/м<sup>2</sup> [17].

Розрахуємо показник  $\Delta EP$

Визначаємо клас енергетичної ефективності будівлі після утеплення:

–  $EP_{H,use} = 29677,6269 / 345 = 86,02$  кВт·год/м<sup>2</sup> (розділ 3.9);

–  $EP_{C,use} = 1286,03 / 345 = 3,73$  кВт·год/м<sup>2</sup> (розділ 4.9).

$EP_{use} = 86,02 + 3,73 = 89,75$  кВт·год/м<sup>2</sup>.

Тож граничне питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні розглянутої будівлі становить  $E_{p} = 120 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ .

Розрахуємо показник  $\Delta E_{p}$

$$\Delta E_{p} = [(89,75 - 120) / 120] \cdot 100 = -25.21\%.$$

За допомогою таблиці 1 Наказу №261 [14] визначаємо клас енергоефективності даної будівлі. Отримане значення відповідає класу енергоефективності **B** [17].

### 3.3. Вибір теплоізоляційних матеріалів та розрахунок терміну окупності термомодернізації огорожувальних конструкцій

Початкові теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі (до додаткового утеплення) наведені в таблиці 2.1, де для зовнішніх стін, суміщеного покриття, горищного перекриття, перекриття над підвалом та світлопрозорих огорожень подано фактичні значення приведенного опору теплопередачі  $R_{\text{факт}}$ .

Аналіз показав, що отримані значення не забезпечують вимог чинних нормативних документів щодо теплового захисту для досягнення класу енергетичної ефективності не нижче B для житлових будівель у кліматичних умовах м. Черкаси [16, 18, 19].

З урахуванням цього для зовнішніх огорожувальних конструкцій прийнято рішення про додаткове утеплення. Після термомодернізаційних заходів були досягнуті наступні значення приведенного опору теплопередачі (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Показники термічного опору до та після утеплення

Конструкція	Площа, м <sup>2</sup>	$R_{\text{до}}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	$R_{\text{після}}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	$R_{\text{дбн}}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт за [16]
1	2	3	4	5
Опалюваний об'єм				
Зовнішні стіни	155,1	1,66	4,20	<b>4,0</b>

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Суміщене покриття	58,3	1,22	8,10	<b>7,0</b>
Перекриття над проїздом	0,0	3,00	5,30	<b>5,0</b>
Світлопрозорі конструкції	42,7	0,60	0,98	<b>0,90</b>
Двері	0,0	0,53	0,85	<b>0,70</b>
<b>Неопалювані зони</b>				
Стіни	103,7	1,66	4,20	
Горищне перекриття	190,3	1,22	8,10	
Перекриття над підвалом	213,0	3,00	5,30	
Світлопрозорі конструкції	20,4	0,60	0,98	
Двері	5,8	0,53	0,85	

### Вибір теплоізоляційних матеріалів

Виходячи з необхідності досягнення цільових значень  $R_{\text{після}}$  та забезпечення класу енергоефективності В за інтегральним показником  $EP_{\text{use}}$  [18], [19] було обґрунтовано такі варіанти утеплення основних огороджувальних конструкцій:

#### 1. Зовнішні стіни (опалюваний та неопалюваний об'єм)

- Приймається система фасадного утеплення з використанням плит з мінераловатного утеплювача (базальтова вата) щільністю 120–140 кг/м<sup>3</sup> для системи «мокрый фасад».
- Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності утеплювача приймається  $\lambda_{\text{ст}} \approx 0,038 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .
- Необхідний додатковий термічний опір:

$$\Delta R_{\text{стіни}} = R_{\text{після}} - R_{\text{до}} = 4,20 - 1 = 2,54 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

- Орієнтовна товщина утеплювача:

$$\delta_{\text{ст}} = \Delta R_{\text{стіни}} \cdot \lambda_{\text{ст}} \approx 2,54 \cdot 0,038 \approx 0,096 \text{ м} \approx 100 \text{ мм}$$

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

З урахуванням додаткових опорів теплопередачі шарів оздоблення й можливої неоднорідності конструкції приймаємо товщину плит мінераловати **100–120 мм**, що забезпечує розрахункове значення  $R_{\text{після}} \approx 4,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  для стін як опалюваної, так і неопалюваної частини будівлі.

## 2. Суміщене покриття та горищне перекриття

- Для утеплення покриття і горищного перекриття приймаються мінераловатні плити або мати зі зниженою щільністю ( $\lambda \approx 0,037\text{--}0,040 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ).
- Необхідний додатковий опір:

$$\Delta R_{\text{дах}} = 8,10 - 1,22 = 6,88 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

- Орієнтовна товщина:

$$\delta_{\text{дах}} \approx 6,88 \cdot 0,039 \approx 0,27 \text{ м} \approx 250\text{--}280 \text{ мм}$$

Тому для суміщеного покриття та горищного перекриття приймаємо шар утеплювача **250–280 мм** з мінеральної вати, що відповідає досягнутому в моделі значенню  $R_{\text{після}} = 8,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

## 3. Перекриття над підвалом

- Для зменшення тепловтрат до неопалюваного підвалу доцільно застосувати плити з екструдованого пінополістиролу (XPS) або пінополістиролу підвищеної щільності ( $\lambda \approx 0,034\text{--}0,036 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ), змонтовані по стелі підвалу.
- Необхідний додатковий опір:

$$\Delta R_{\text{підв.}} = 5,30 - 3,00 = 2,30 \text{ м}^2 \cdot \text{К/В}$$

- Орієнтовна товщина:

$$\delta_{\text{підв.}} \approx 2,30 \cdot 0,035 \approx 0,08 \text{ м} \approx 80\text{--}100 \text{ мм}$$

Приймаємо XPS товщиною **80–100 мм**, що забезпечує підвищення опору до  $R_{\text{після}} = 5,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

- ## 4. Світлопрозорі огороження та двері.
- Для світлопрозорих конструкцій виконано заміну вікон на енергоефективні склопакети зі зниженим коефіцієнтом теплопередачі (двокамерні склопакети з

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

енергозберігаючим напленням, газонаповненням та теплорозривами в рамах), що дозволило збільшити приведений опір з 0,60 до 0,98 м<sup>2</sup>·К/Вт. Аналогічно двері замінені на утеплені конструкції з підвищеним опором теплопередачі.

Запропонована комбінація утеплювачів та товщин забезпечує досягнення розрахункових значень  $R_{\text{після}}$  для всіх основних огороджувальних конструкцій (табл. 3.1) та відповідає вимогам ДБН щодо теплового захисту житлових будівель у II кліматичній зоні [19]. Це є необхідною умовою для досягнення класу енергетичної ефективності **В**, підтвердженого у підпункті 3.2 за інтегральним показником  $EP_{\text{use}} = 89,75$  кВт\*год/м<sup>2</sup> на рік.

### Перерахунок енергетичних показників до та після утеплення

Для оцінки впливу термомодернізації на енергоспоживання будівлі використовуються результати енергетичного моделювання за методологією ДСТУ EN ISO 52016-1:2019 [19], наведеній у розділі 2.2 дисертації. До впровадження утеплення загальне річне енергоспоживання для опалення становило:

$$Q_{H,\text{use, до}} = 62\,342,84 \text{ кВт*год/рік}$$

а для охолодження:

$$Q_{C,\text{use, до}} = 1\,752,80 \text{ кВт*год/рік.}$$

Після реалізації комплексу заходів з утеплення, згідно з таблицями 3.2 та 3.3, річне енергоспоживання становить:

$$Q_{H,\text{use, після}} = 29\,677,6 \text{ кВт * год/рік}$$

$$Q_{C,\text{use, після}} = 1\,286,03 \text{ кВт*год/рік.}$$

Таким чином, річне зменшення споживання енергії для опалення та охолодження складає:

- для опалення:

$$\Delta Q_H = Q_{H,\text{до}} - Q_{H,\text{після}} \approx 62\,342,84 - 29\,677,6 \approx 32\,665 \text{ кВт*год/рік,}$$

- для охолодження:

$$\Delta Q_C = Q_{C,\text{до}} - Q_{C,\text{після}} \approx 1\,752,8 - 1\,286,03 \approx 467 \text{ кВт*год/рік.}$$

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарне річне скорочення кінцевого енергоспоживання становить близько

$$\Delta Q_{\Sigma} \approx 33\,100 \text{ кВт*год/рік.}$$

### Розрахунок економічної ефективності утеплення та терміну окупності

Для розрахунку економічного ефекту враховується, що теплова енергія для опалення будівлі забезпечується газовими котлами, а енергія на охолодження – електричною енергією.

#### 1. Витрати на природний газ до та після утеплення

Розрахунок базується на нижчій теплоті згоряння природного газу

$$q_{n,\text{газ}} = 10,5 \text{ кВт*год/м}^3$$

та діючому тарифі на газ для населення

$$T_{\text{газ}} = 7,96 \text{ грн/м}^3$$

Річні витрати газу до утеплення:

$$V_{\text{газ, до}} = \frac{Q_{H,\text{до}}}{q_{n,\text{газ}}} \approx \frac{62\,342,84}{10,5} \approx 5\,940 \text{ м}^3/\text{рік,}$$

після утеплення:

$$V_{\text{газ, після}} = \frac{Q_{H,\text{після}}}{q_{n,\text{газ}}} \approx \frac{29\,677,6}{10,5} \approx 2\,830 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Тоді річні витрати на газ становлять:

- до утеплення:

$$C_{\text{газ, до}} = V_{\text{газ, до}} \cdot T_{\text{газ}} \approx 5\,940 \cdot 7,96 \approx 47,3 \text{ тис. грн/рік,}$$

- після утеплення:

$$C_{\text{газ, після}} = V_{\text{газ, після}} \cdot T_{\text{газ}} \approx 2\,830 \cdot 7,96 \approx 22,5 \text{ тис. грн/рік.}$$

Економія коштів на природному газі:

$$\Delta C_{\text{газ}} \approx 47,3 - 22,5 \approx 24,8 \text{ тис. грн/рік.}$$

#### 2. Економія електричної енергії на охолодження

Для спрощеного розрахунку приймається середній тариф на електричну енергію

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ел}} = 4,32 \text{ грн/кВт*год}$$

Тоді річна економія на охолодженні:

$$\Delta C_{\text{ел}} = \Delta Q_C \cdot T_{\text{ел}} \approx 467 \cdot 4,32 \approx 2,0 \text{ тис. грн/рік.}$$

### 3. Сумарна річна економія коштів

Сумарний грошовий ефект від зменшення енергоспоживання на опалення й охолодження будівлі становить:

$$\Delta C_{\text{рік}} = \Delta C_{\text{газ}} + \Delta C_{\text{ел}} \approx 24,8 + 2,0 \approx 26,8 \text{ тис. грн/рік.}$$

### 4. Оцінка інвестицій на утеплення

Для орієнтовної оцінки інвестиційних витрат на реалізацію заходів з утеплення приймаються середні питомі вартісні показники матеріалів та монтажу:

- зовнішні стіни (опалювані та неопалювані зони) – фасадна система з мінеральною ватою:  $c_{\text{ст}} \approx 800 \text{ грн/м}^2$ ;
- суміщене покриття та горищне перекриття – утеплення мінераловатними плитами по горизонтальній поверхні:  $c_{\text{дах}} \approx 600 \text{ грн/м}^2$ ;
- перекриття над підвалом – утеплення плитами XPS по стелі підвалу:  $c_{\text{підв.}} \approx 500 \text{ грн/м}^2$ .

Загальні площі утеплення згідно таблиці 3.4:

- стіни (опалювані + неопалювані):  $A_{\text{ст}} = 155,1 + 103,7 = 258,8 \text{ м}^2$ ;
- суміщене покриття + горищне перекриття:  $A_{\text{дах}} = 58,3 + 190,3 = 248,6 \text{ м}^2$ ;
- перекриття над підвалом:  $A_{\text{підв.}} = 213,0 \text{ м}^2$ .

Тоді орієнтовний обсяг інвестицій:

- стіни:  $I_{\text{ст}} = A_{\text{ст}} \cdot c_{\text{ст}} \approx 258,8 \cdot 800 \approx 207,0 \text{ тис. грн,}$
- покриття і горищне перекриття:  $I_{\text{дах}} = A_{\text{дах}} \cdot c_{\text{дах}} \approx 248,6 \cdot 600 \approx 149,2 \text{ тис. грн,}$
- перекриття над підвалом:  $I_{\text{підв.}} = A_{\text{підв.}} \cdot c_{\text{підв.}} \approx 213,0 \cdot 500 \approx$
- $\approx 106,5 \text{ тис. грн.}$

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарний обсяг інвестицій:

$$I_{\Sigma} = I_{\text{ст}} + I_{\text{дах}} + I_{\text{підв.}} \approx 207,0 + 149,2 + 106,5 \approx 462,7 \text{ тис. грн.}$$

### 5. Розрахунок простого терміну окупності

Простий термін окупності заходів з утеплення визначається як відношення загального обсягу інвестицій до річної економії експлуатаційних витрат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I_{\Sigma}}{\Delta C_{\text{рік}}} \approx \frac{462,7 \text{ тис. грн}}{26,8 \text{ тис. грн/рік}} \approx 17,3 \text{ років.}$$

Отже, за прийнятих допущень орієнтовний простий термін окупності комплексу термомодернізаційних заходів утеплення огорожувальних конструкцій житлового будинку становить **приблизно 17 років**. При цьому досягається суттєве зниження річного енергоспоживання будівлі (понад 50 % для опалення) та підвищення її класу енергетичної ефективності з **G** до **B**, що відповідає сучасним вимогам щодо енергоефективності житлового фонду та сприяє зменшенню викидів парникових газів у довгостроковій перспективі [33], [34].

## 3.4. Вибір і розрахунок обладнання для реконструкції системи опалення із впровадженням відновлювальних джерел енергії

### 3.4.1. Аналіз вихідних даних об'єкта та теплотехнічних характеристик будинку

Об'єктом дослідження є двоквартирний житловий будинок у м. Черкаси, планувальні та архітектурні рішення якого наведено у кресленнях архітектурно-будівельної документації. Будинок зведений із цегляними зовнішніми стінами, має перекриття над підвалом та горищем, а також окремі неопалювані об'єми (веранди, комори), що враховано у теплотехнічному аналізі.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Оцінка огорожувальних конструкцій, виконана відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021, підтвердила, що після впровадження термомодернізаційних заходів (утеплення фасаду, заміна вікон, ущільнення огорожувальних конструкцій) будинок досягнув підвищеного рівня енергоефективності.

Для кожної квартири виконано моделювання теплових навантажень у програмі GeoTSOL Premium 2025, що дозволило уточнити річну потребу в тепловій енергії з урахуванням реальних кліматичних умов Черкаської області. За результатами моделювання визначено:

- **перша квартира:** 14 645–14 839 кВт·год тепла/рік;
- **друга квартира:** 14 778–14 839 кВт·год тепла/рік.

Сумарна річна потреба будівлі становить приблизно **29 600 кВт·год/рік**, що прийнято для подальших технічних та економічних розрахунків.

### 3.4.2. Обґрунтування вибору теплових насосів

Аналіз існуючих систем опалення показав:

- у першій квартирі встановлено конденсаційний котел Vaillant ecoTEC pure VUW 246/7-2, який використовується як основне джерело тепла;
- у другій квартирі — атмосферний котел Terlowest Econom AGO-24-C, який має нижчий ККД і не відповідає сучасним вимогам енергоефективності;
- обидві квартири мають змішані контури опалення (радіатори + тепла підлога), що дозволяє інтегрувати низькотемпературні джерела тепла.

На підставі теплових навантажень, розрахованих у GeoTSOL, та рекомендацій виробника, як джерело тепла обрано **повітряний тепловий насос Viessmann Vitocal 200-A**, який забезпечує стабільну роботу в умовах українського клімату.

#### Технічні характеристики Viessmann Vitocal 200-A [20]:

- тип: повітря–вода, моноблок;
- теплова потужність (A7/W35): 6,1 кВт;

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- температура подачі: до 60 °С;
- клас енергоефективності: А++;
- рівень шуму: 48–52 дБ;
- сезонний коефіцієнт перетворення (SCOP): 3,4–3,5.

#### **Обґрунтування вибору:**

1. Потужність 6,1 кВт покриває 65–70 % пікового навантаження квартири (9,4 кВт), що відповідає вимогам **бівалентної паралельної схеми**.
2. ТН забезпечує **72–73 % річного тепла**, що підтверджено моделюванням GeoTSOL.
3. Можливість роботи при низьких температурах разом із газовим котлом як піковим джерелом.
4. Моноблок не потребує фреонових трас, що спрощує монтаж.

#### **Результати моделювання ТН (GeoTSOL):**

##### **Перша квартира:**

- тепло від ТН: 11 640 кВт·год/рік (72 %);
- тепло від газового котла: 4 423 кВт·год/рік (28 %);
- SPF системи: **3,52**.

##### **Друга квартира:**

- тепло від ТН: 11 888 кВт·год/рік (73 %);
- тепло від газового котла: 4 442 кВт·год/рік (27 %);
- SPF системи: **3,41**.

#### **3.4.3. Модернізація газового котла другої квартири**

Для забезпечення сумісності з тепловим насосом пропонується замінити застарілий котел Terlowest Econom AGO-24-C на **конденсаційний котел Vaillant ecoTEC pure VUW 246/7-2**, аналогічний до першої квартири.

#### **Переваги вибору котла [21]:**

- теплова потужність: 24 кВт;
- Коефіцієнт використання палива (H<sub>i</sub>/H<sub>s</sub>): до 98 %;
- робота при низькотемпературних режимах (35–45 °С);
- сумісність із гібридними схемами «ТН + котел».

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Єдиний тип котла в обох квартирах спрощує:

- сервісне обслуговування;
- експлуатацію;
- роботу в бівалентній схемі.

#### 3.4.4. Загальна схема роботи комбінованої системи тепlopостачання

На підставі креслень теплових мереж прийнято наступну конфігурацію:

1. **Тепловий насос Viessmann Vitocal 200-A** — основне джерело тепла.
2. **Буферна ємність 200–300 л** — стабілізація роботи ТН, акумулювання нічної енергії.
3. **Газовий конденсаційний котел Vaillant** — пікове та резервне джерело.
4. **Бойлер ГВП** — двоконтурне живлення.
5. **Колекторні вузли** — розподіл тепла на радіатори й теплі підлоги.
6. **Погодозалежне керування.**

#### Принцип роботи:

- ТН виробляє до 73 % річного тепла.
- Котел догріває у періоди сильних морозів.
- Буфер дозволяє використовувати **нічний тариф** і мінімізує кількість вмикань ТН.

#### 3.4.5. Енергетичний ефект реконструкції

##### Методологія розрахунків

Розрахунки виконано з використанням:

- Методики визначення обсягів ПЕР Міненерго України [24];
- стандарту **VDI 4650** для SPF та споживання ТН [27];
- тарифної методики НКРЕКП [22];
- стандартів **DIN EN 15316-4-6** та **IEC 61724** для СЕС [25];
- методики ISO 15459 (економічна оцінка енергосистем) [26].

##### До модернізації

Річне споживання газу на квартиру:

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{gas, base}} = 3\,000 \text{ м}^3.$$

$$C_{\text{gas, base}} = 3\,000 \times 7,96 = 23\,880 \text{ грн/рік.}$$

### Після модернізації

Споживання газу зменшується на  $\approx 75\%$ :

$$V_{\text{gas, new}} = 750 \text{ м}^3.$$

$$C_{\text{gas, new}} = 750 \times 7,96 = 5\,970 \text{ грн/рік.}$$

Споживання електроенергії ТН з моделі GeoTSOL:

$$E_{\text{el}} = 4\,000 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік.}$$

$$C_{\text{el}} = 11\,232 \text{ грн/рік.}$$

### Вплив роботи СЕС

За моделлю PV\*SOL:

- генерація: 23 321 кВт·год;
- самоспоживання до модернізації: 7 260 кВт·год (85 % покриття);
- після додавання ТН самоспоживання збільшується.

Покриття СЕС роботи ТН = 3 409 кВт·год/рік.

Закупівля з мережі: 591 кВт·год.

$$C_{\text{el}}^{\text{(PV)}} = 591 \times 2,808 = 1\,660 \text{ грн/рік.}$$

### Річна економія

$$\Delta C = 23\,880 - (5\,970 + 1\,660) = 16\,250 \text{ грн/рік.}$$

### 3.4.6. Оцінка капітальних витрат і терміну окупності

Капітальні витрати (на квартиру):

- тепловий насос — 150 000 грн;
- монтаж та автоматика — 35 000 грн;
- буфер — 22 000 грн;
- інші витрати — 10 000 грн.

$$K_{\text{inv}} = 217\,000 \text{ грн.}$$

### Термін окупності

З урахуванням економії:

$$T = 217\,000 / 16\,250 \approx 13,4 \text{ років.}$$

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5. Вибір і розрахунок обладнання для реконструкції системи електропостачання із впровадженням відновлювальних джерел енергії

#### 3.5.1 Аналіз вихідних даних об'єкта та існуючої системи електропостачання

До реконструкції електропостачання житлового будинку в м. Черкаси електрична енергія споживалась виключно побутовими приладами, без застосування відновлюваних джерел енергії. Відповідно до моделі PV\*SOL Premium 2025 річне споживання будинку становить **8 519 кВт·год/рік**.

Після впровадження теплових насосів Viessmann Vitocal 200-A (по одному у кожній квартирі), електроспоживання будинку збільшується на:

- квартира 1 – **3 303 кВт·год/рік**;
- квартира 2 – **3 482 кВт·год/рік**.

Сумарне додаткове споживання теплових насосів становить:

$$E_{HP.sum} = 3\,303 + 3\,482 = 6\,785 \text{ кВт*год/рік.}$$

Таким чином, **оновлене річне електроспоживання будинку** (з урахуванням роботи ТН):

$$E_{new} = 8\,519 + 6\,785 = 15\,304 \text{ кВт*год/рік.}$$

Це значення використано для подальших розрахунків покриття СЕС та економічного ефекту.

#### 3.5.2 Обґрунтування вибору сонячної електростанції

Впровадження сонячної електростанції (СЕС) відповідає вимогам підвищення енергоефективності будівель згідно EN 50583 [29] та методичним рекомендаціям щодо використання ВДЕ в житлових об'єктах. Додатково оцінювання продуктивності СЕС здійснюється за стандартом ДСТУ EN 61724-1:2017 [28].

СЕС дозволяє:

- повністю покрити річне електроспоживання будинку;

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- істотно збільшити рівень енергетичної автономії;
- забезпечити електроживлення теплових насосів;
- зменшити витрати на електроенергію відповідно до тарифної політики НКРЕКП [22].

### 3.5.3 Вибір обладнання та технічні характеристики

#### Фотоелектричні модулі JA Solar JAM54D40-450/LB [30]

- Тип: монокристалічні, Half-Cell
- Потужність одного модуля: 450 Вт
- Ефективність: 21,5 %
- MPP-напруга: ~34 В
- MPP-струм: ~13,2 А
- Температурний коефіцієнт: -0,30 %/°C

Вибір обумовлений високою продуктивністю та надійністю модулів при роботі в умовах підвищеної температури та часткового затінення.

#### Інвертор Deye SUN-6K-SG04LP3-EU [32]

- Тип: трифазний гібридний інвертор
- Номінальна потужність: 6 кВт
- ККД: 97,6 %
- MPPT: 2 незалежні трекери
- Сумісність з LiFePO<sub>4</sub> акумуляторами
- Ступінь захисту: IP65

Його використання забезпечує можливість роботи як у мережевому режимі, так і в режимі резервування.

#### Акумулятори Dyness DL5.0C (LiFePO<sub>4</sub> 51,2 V; 100 Ah; 5.12 кВт·год) [33]

Для одного інвертора встановлюються три акумуляторні модулі, що забезпечує:

$$E_{\text{batt,inv}} = 3 \cdot 5.12 = 15.36 \text{ кВт*ргод.}$$

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки в проєкті застосовано чотири інвертори, загальна ємність накопичення системи становить:

$$E_{\text{batt,total}} = 4 \cdot 15.36 = 61.44 \text{ кВт*год.}$$

### 3.5.4 Моделювання роботи сонячної електростанції

Згідно з результатами моделювання в PV\*SOL Premium 2025:

- Потужність СЕС: **27,45 кВт**
- Річна генерація:

$$E_{\text{PV}} = 29\,371 \text{ кВт*год/рік;}$$

- Коефіцієнт затінення: 15,5 %
- Продуктивність PR = 0,79

Отримані значення підтверджують можливість повного покриття річного споживання будинку та формування стабільного профіциту електроенергії.

### 3.5.5 Розрахунок покриття електроспоживання з урахуванням теплових насосів

#### Частка покриття навантаження

$$K_{\text{cover}} = \frac{29\,371}{15\,304} = 1.92,$$

що означає:

- СЕС покриває **100 %** споживання електроенергії,
- формується профіцит:

$$E_{\text{excess}} = 29\,371 - 15\,304 = 13\,888 \text{ кВт*год/рік,}$$

який акумулюється у батареїних системах або компенсує вечірнє споживання.

Збільшена ємність АКБ (61,44 кВт·год) сприяє максимізації споживання, що відповідає принципам EN 50583 [29] та методикам ДСТУ EN 61724-1 [28].

					<b>МД 25 144 21 02 ПЗ</b>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5.6 Економічний ефект від впровадження СЕС

#### Інвестиційні витрати

Таблиця 3.5 – Обладнання СЕС

Стаття обладнання	Вартість
Фотоелектричні модулі	320 000 грн
Гібридні інвертори Deye	85 000 грн
Акумулятори Dyness	210 000 грн
Монтаж, кабелі, конструкції	90 000 грн
Захист, автоматика	35 000 грн

$K_{inv}=740000$  грн.

#### Річна економія

Середній тариф на електроенергію для населення — **4,32 грн/кВт·год**

[6].

#### 1. Покриття власного споживання:

$C_{save}=15304 \cdot 4.32=66512$  грн/рік.

#### 2. Компенсація профіциту (30 % вартості):

$C_{extra}=13888 \cdot 0.3 \cdot 4.32=18012$  грн/рік.

#### Загальна економія:

$C_{tot}=84524$  грн/рік.

#### Термін окупності

$$T = \frac{740\,000}{84\,524} \approx 8.75 \text{ років.}$$

### 3.6. Рекомендації щодо організаційно-управлінських заходів

Ефективне функціонування модернізованих інженерних систем будівлі потребує не лише технічних, але й організаційно-управлінських заходів, які здатні забезпечити стабільність, економічність та довговічність роботи

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

впроваджених рішень. Враховуючи отримані результати моделювання систем теплопостачання та електропостачання, а також вплив термомодернізаційних заходів, можна сформуваати комплекс рекомендацій, що сприятимуть підвищенню ефективності експлуатації будинку в довгостроковій перспективі.

Передусім доцільним є впровадження системи енергетичного менеджменту, яка передбачає постійний моніторинг споживання енергоресурсів, аналіз результатів роботи теплових насосів та сонячної електростанції, а також контроль за відповідністю фактичних показників розрахунковим параметрам. Це дозволить своєчасно виявляти нераціональне використання енергії, забезпечувати оптимальні режими роботи систем опалення та гарячого водопостачання, а також прогнозувати витрати на енергоносії в різні періоди року.

Важливе місце у структурі організаційних заходів посідає налагодження системи технічного обслуговування обладнання. Регулярні регламентні роботи з огляду та профілактики теплових насосів, інверторів, акумуляторних батарей, фотоелектричних модулів та ІТП дають змогу продовжити строк служби цих систем, запобігти аварійним ситуаціям та підтримувати стабільну ефективність роботи обладнання протягом всього експлуатаційного періоду.

Управління енергогосподарством будинку доцільно організувати через створення відповідальної групи на рівні ОСББ або керуючої компанії. Така група повинна координувати експлуатацію модернізованих систем, забезпечувати ведення технічної документації, здійснювати закупівлю витратних матеріалів, вести фінансове планування та контролювати виконання регламентів обслуговування. Важливо також створити фонд підтримки інженерних систем, який дозволить накопичувати кошти для їхнього подальшого ремонту, модернізації або заміни.

Ще одним важливим елементом є проведення інформаційно-просвітницьких заходів для мешканців будинку. Підвищення рівня

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

обізнаності щодо правильного користування системами опалення, ГВП та вентиляції сприяє зменшенню енергоспоживання та забезпечує коректну роботу теплових насосів і сонячної електростанції. Мешканцям рекомендується пояснити принципи раціонального використання електроенергії, оптимальні параметри внутрішньої температури, а також особливості роботи системи при різних зовнішніх температурних умовах. Використання систем візуального моніторингу споживання енергії може додатково мотивувати до економного використання ресурсів.

Враховуючи те, що сонячна електростанція повністю покриває потреби будинку та теплових насосів у електричній енергії, доцільно визначити механізми розподілу отриманої економії між співвласниками. Це включає регламентацію використання коштів, заощаджених завдяки генерації СЕС, створення прозорого механізму обліку профіциту енергії та формування принципів використання цих коштів для подальших модернізацій.

На стратегічному рівні рекомендовано розробити довгостроковий план розвитку енергетичної системи будинку. Він може передбачати подальшу електрифікацію систем життєзабезпечення, встановлення вентиляційних систем із рекуперацією тепла, розширення системи накопичення електроенергії, а також поступове зменшення залежності від газових мереж шляхом модернізації або виведення з експлуатації газового обладнання. Такі заходи дозволять наблизити будинок до стандарту NZEB — будівлі з майже нульовим енергоспоживанням.

Узагальнюючи, комплекс організаційно-управлінських заходів є ключовою ланкою у забезпеченні ефективності технічних рішень, що були впроваджені в рамках модернізації будинку. Системний підхід до управління, поєднаний із технічними інноваціями, забезпечує високий рівень енергоефективності, зменшення витрат на енергоресурси, підвищення рівня комфорту мешканців та мінімізацію негативного впливу на довкілля.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Висновки

По розділу обґрунтовано та розроблено комплекс технічних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності будівлі. На основі результатів теплотехнічних розрахунків і енергетичного моделювання визначено теплові навантаження після впровадження термомодернізаційних заходів та підтверджено досягнення класу енергоефективності «В».

Виконано вибір і техніко-економічне обґрунтування обладнання для реконструкції систем тепlopостачання та електропостачання із впровадженням теплових насосів і фотоелектричної станції. Моделювання в програмних комплексах GeoTSOL, PVSOL та RETScreen показало, що застосування відновлювальних джерел енергії дозволяє суттєво скоротити споживання традиційних енергоресурсів, знизити експлуатаційні витрати та підвищити надійність систем енергозабезпечення. Проведений аналіз підтвердив технічну доцільність і перспективність запропонованих рішень.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 4. СПЕЦПИТАННЯ. «МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ВДЕ»

### 4.1. Аналіз та висновки по роботі в RETScreen

Аналіз теплотехнічного стану будівлі в RETScreen є досить зручним та швидким. Програма дозволяє розглянути всі основні інженерні мережі будівлі та з високою точністю задати основні теплотехнічні показники споруди. Окрім того, програма дозволяє прикинути на скільки буде доцільним впровадження того чи іншого заходу не лише з економічного боку, але і з точки зору екології.

До недоліків цього продукту відноситься система вводу характеристик огорожуючих конструкцій, оскільки необхідно вручну вираховувати значення приведенного коефіцієнту опору теплопередачі. Також досить вагомим мінусом є те, що програма не бере до уваги теплонадходження від людей, що також досить сильно впливає на кінцевий результат. На додачу, в даній програмі досить погано проводиться фінансовий аналіз, оскільки програма іноземна і розрахунки можуть сильно відрізнятись.

Результуюча таблиця, після внесення усіх необхідних даних (рис. 4.1).

Показати:		Опалення	Охолодження	Електроенергія	Додаткові капітальні затрати	Економія витрат на паливо	економія на експлуатації і обслуговуванні	Простий строк окупності	Включити вимірювання?
		ГДж	ГДж	ГДж	\$	\$	\$	рік	<input type="checkbox"/>
<b>Економічне паливо</b>									
<u>Опалювальна система</u>		25	-	-	6,000	146	0	41.0	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>Система охолодження</u>									
<u>Оболонка будівлі</u>		33	0	-	16,700	195	0	85.8	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>Вентиляція</u>		7	0	-	2,713	42	0	64.9	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>Освітлення</u>									
<u>Електрообладнання</u>				0	0	0	0	-	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>Гаряча вода</u>									
<u>Рекуперація тепла</u>				0	0	0	0	-	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>Інше</u>									
Разом		65	0	0	25,413	383	0	66.37	

Рисунок 4.1 – Терміни окупності запропонованих енергоефективних заходів

Дивлячись на результати цієї таблички, можна побачити, що простий термін окупності встановлення котла та модернізації внутрішньобудинкової системи опалення значні. Це пов'язано з тим, що певні енергоефективні

заходи вже впроваджені. Наступний скріншот є досить інформативним та важливим, оскільки саме тут показані всі результати (рис. 4.2).

Тут наведена інформація про те, яка кількість енергоресурсів в натуральному та грошовому еквіваленті витрачається в рік для базового та запропонованого сценаріїв. Отже, витрати на електроенергію не змінилися, тому що не було впроваджено заходів по підвищенню рівня енергетичної ефективності в системі електропостачання. Витрати на теплову енергію змінилися досить вагомо: при базовому сценарії витрачається 469 628,3 кВт. год, а після впровадження запропонованих заходів споживання буде 236 942,1 кВт.год. Тобто економія теплової енергії – 232 686,2 кВт.год.

Крім того, в даному вікні можна верифікувати модель, ввівши історичне річне енергоспоживання будівлі та порівнявши його з базовим сценарієм. Як бачимо, процентне співвідношення між фактичним та розрахунковим споживанням теплової та електричної енергії знаходиться в допустимих межах, тому можемо зробити висновок, що модель верифікована.

Резюме		Показат дані							
		Паливо		Базовий випадок		Запропонований випадок		Економія витрат на паливо	
Вид палива	Споживання палива - одиниці	Вартість палива	Споживання палива	Вартість палива	Споживання палива	Вартість палива	Зекономлене паливо	Економія витрат на паливо	
Електроенергія	MВт.год	\$ 100 000	3,8	\$ 378	3,8	\$ 378	0,0	\$ -	
Природний газ	m³	\$ 9 200	2 499,3	\$ 230	584,9	\$ 117	1 914,4	\$ 383	
Разом				\$ 678		\$ 495		\$ 383	
Перевірка проекту		Споживання палива - одиниці	Споживання палива - традиційне	Споживання палива - базовий	Споживання палива - зміна				
Вид палива									
Електроенергія	MВт.год		2 929,3	3,8	-17%				
Природний газ	m³			2 499,3					
Споживання палива		Опалення	Охолодження	Електроенергія	Разом				
		ГДж	ГДж	ГДж	ГДж				
Споживання палива - базовий випадок		85	14	33	99				
Споживання палива - запропонований випадок		20	14	33	67				
Зекономлене паливо		65	0	65	66,0%				
Зекономлене паливо - %		76,6%	0,0%	66,0%					
Мітка		ГДж							
Одиниця енергії		m³							
Еквівалентна одиниця									

Рисунок 4.2 – Резюме енергетичного дослідження

Ще завдяки даній програмі можна подивитися на скільки зменшилися викиди CO<sub>2</sub> завдяки економії від впровадження певного переліку заходів.

Ві Аналіз викидів		Коефіцієнт викидів ПГ (до витрат)		Втрати при транспортуванні та розподіленні		Коефіцієнт викидів ПГ	
Базова система електропостачання (базова лінія)	Вид палива	tCO <sub>2</sub> /MВт	%	т	т	tCO <sub>2</sub> /MВт	
Україна - регіон	Всі викиди	0,433				0,433	
<b>Викиди ПГ</b>							
Базовий випадок	tCO <sub>2</sub>	6,3					
Запропонований випадок	tCO <sub>2</sub>	2,7					
Загальне щорічне скорочення викидів ПГ	%	3,6					
Операційний збір за надання кредиту по ПГ	%						
Чисте щорічне скорочення викидів ПГ	tCO <sub>2</sub>	3,6	еквівалентно	1,2			Тонни перероблених відходів
<b>Додаток до розуміння зниження викидів ПГ</b>							
Ставка кредиту на зменшення викидів ПГ	\$/tCO <sub>2</sub>						

Рисунок 4.3 – Екологічний розрахунок проекту



(baseline) – такий, що відповідає нормативам, та запропонований (proposed) варіант – такий, що враховує запропоновані заходи з енергозбереження.

Першим етапом роботи в даному програмному продукті є побудова тривимірної моделі будівлі. Це було реалізовано шляхом експортування 2д поверхових планів формату **\*\*\*.dxf** до програми. Далі вже у самій програмі, маючи прив'язку до основних точок креслень **\*\*\*.dxf** легко побудувати об'ємну модель, вказуючи необхідну висоту того чи іншого поверху.

Результатом є отримана модель будівлі, представлена на рис.4.1.a та 4.1.б

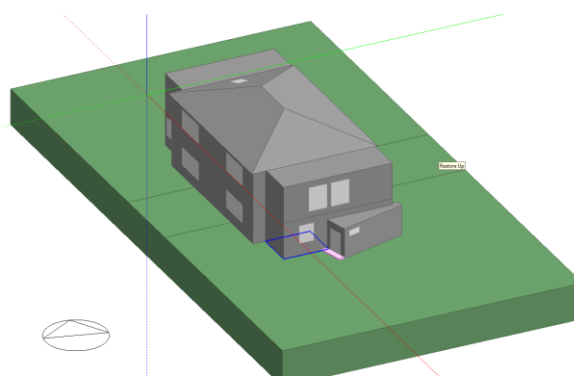


Рис. 4.4.a – Південний фасад будівлі (фактична орієнтація будівлі)

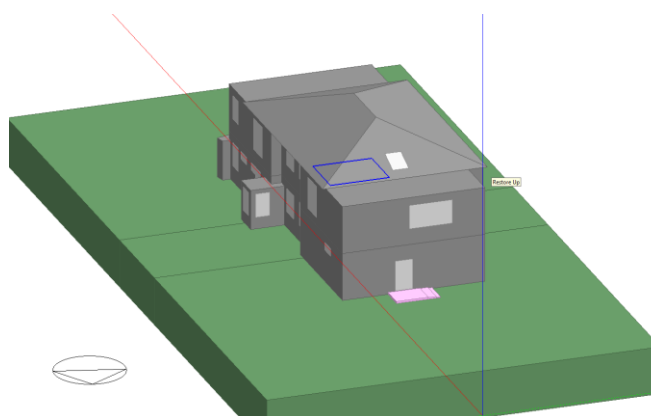


Рис. 4.4.б – Північний фасад будівлі

З метою визначення можливого підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі було створено запропоновану (proposed) модель енерговикористання. Покращення рівня енергоефективності будівлі досягалось за рахунок теплоізоляції огорожуючих конструкцій, які були вказані при описі роботи в програмі RETScreen та реалізації рекуперації тепла у системі вентиляції.

					<b>МД 25 144 21 02 ПЗ</b>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

При створенні енергетичної моделі запропонованого рівня енерговикористання базова модель була модифікована шляхом модернізації котельного агрегату, механічної системи вентиляції та зменшення коефіцієнту теплопередачі огорожуючих конструкцій за рахунок внесення додаткових теплоізоляційних шарів (мінеральна вата для стін вище ґрунту та даху, екструдований полістирол для стін нижче рівня ґрунту).

Просимулювавши побудовану модель запропонованого варіанту будівлі були отримані результати річного енергоспоживання, що показано на рис. 4.5. Також на рис.4.6 показано навантаження на систему опалення.

End Uses	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Gasoline [kWh]	Diesel [kWh]	Coal [kWh]	Fuel Oil No 1 [kWh]	Fuel Oil No 2 [kWh]	Propane [kWh]	Other Fuel 1 [kWh]	Other Fuel 2 [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m <sup>3</sup> ]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9177.64	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	6154.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	6131.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8998.52	140.91
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	12285.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18176.15	140.91

Рис. 4.5 – Результати симулювання моделі. Загальне споживання за рік.

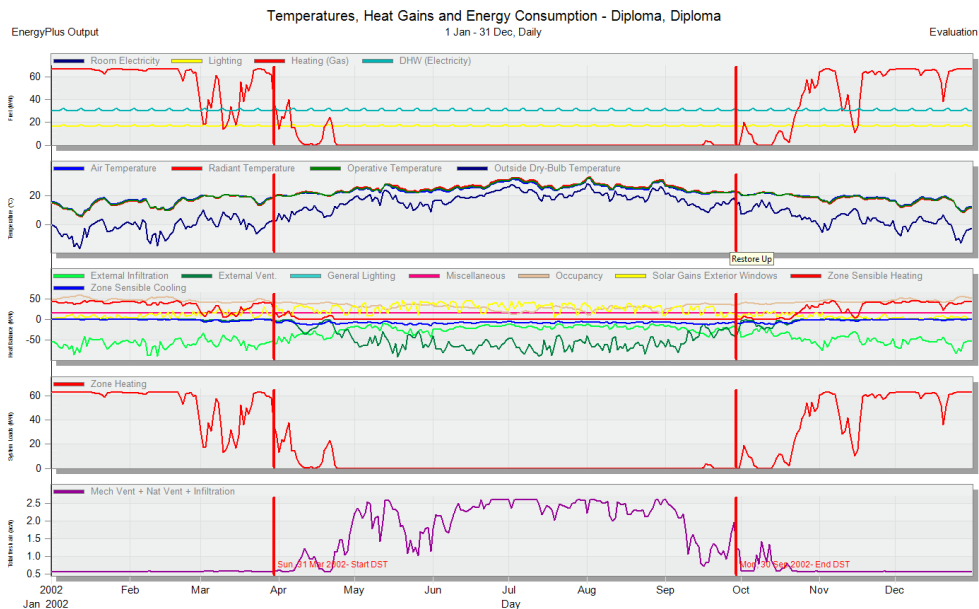


Рис. 4.6 – Результати річного споживання

Результати річного споживання показують, що споживання теплової енергії після запровадження усіх заходів з енергозбереження та встановлення рекуперації тепла впало приблизно на 25%, це видно і по графіку навантаження на опалювальну систему.

Для порівняння трьох розглянутих моделей будівлі зведемо основні показники споживання енергоресурсів у зведену таблицю (табл.4.1).

Таблиця 4.1. - Порівняння результатів моделювання програм DesignBuilder та RETScreen

Модель	DesignBuilder	RETScreen	Відхилення
<b>Електроенергія</b>			
Абсолютне значення (кВт·год)	192319.40	191990.00	-0.17%
Відхилення від базової моделі	+55.8%	+47.8%	-8.0%
<b>Теплова енергія</b>			
Абсолютне значення (кВт·год)	651121.05	633838.80	-2.66%
Відхилення від базової моделі	-56.7%	-63.2%	-6.5%

### Висновки:

#### 1. Електроенергія:

○ Обидві програми показують близькі результати з розбіжністю лише у 0.17%. Це свідчить про високу точність обчислень в обох моделях.

○ Однак, у RETScreen оцінка базової моделі є на 8% більш оптимістичною у порівнянні з DesignBuilder.

#### 2. Теплова енергія:

○ Для теплової енергії результати в RETScreen є більш консервативними, демонструючи на 6.5% більше економії в базовій моделі.

○ Абсолютні значення мають розбіжність у 2.66%, що може бути пов'язано з різними підходами до розрахунків у кожній програмі.

З цього приводу можна зробити висновок, що обидві програми надають подібні результати, проте варто враховувати методологічні відмінності під час використання. DesignBuilder більш детально оцінює будівельну фізику, тоді як RETScreen спрощує розрахунки, що може бути корисним для

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

попереднього аналізу. Для комплексного аналізу рекомендовано використовувати обидва інструменти, зважаючи на їх сильні сторони та обмеження.

### 4.3. Моделювання СЕС в програмі PV\*Sol Premium 2025

Проектування системи альтернативних джерел енергії зручно робити в програмному середовищі PV\*Sol Premium (для моделювання фотоелектростанції), T\*Sol (для моделювання системи гарячого водопостачання з сонячними колекторами) та GeoT\*Sol (для моделювання системи теплозабезпечення з тепловим насосом).

Відкривши програму PV\*SOL premium, з'являється «Welcome page» (рис 4.6). Одразу переходимо на наступну вкладку, яка називається «Project Data» (Дані проекту) для заповнення основних даних по об'єкту, а саме початок роботи системи, назва та фото проекту, а також його опис. Заповнивши зазначені комірочки, отримаємо наступне:

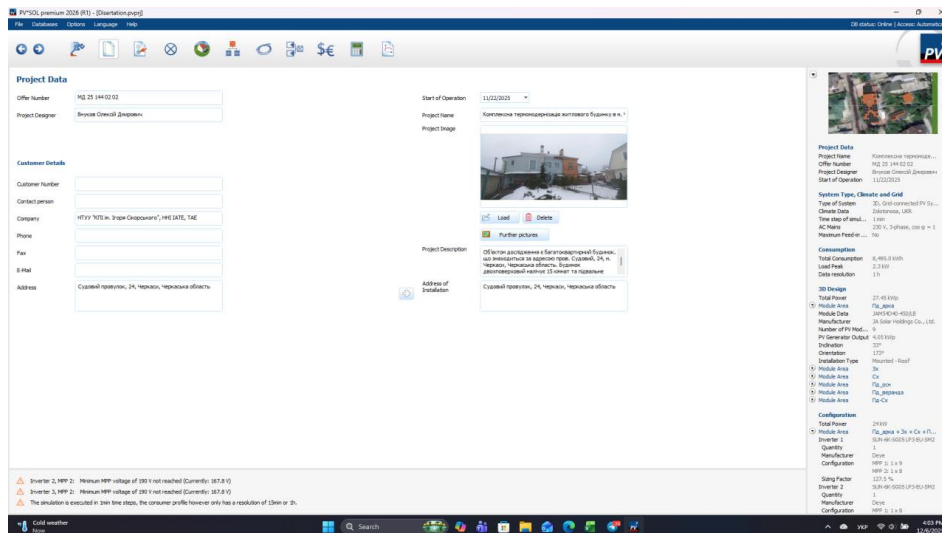


Рис 4.6 – «Welcome page»

Переходимо на наступну вкладку, яка називається «System Type, Climate and Grid» (Тип системи, клімат та мережа) (рис. 4.7). На даній сторінці вносимо такі дані, як місце розташування об'єкту (м. Черкаси, Україна), тип системи (в даному комп'ютерному практикумі обираємо для моделювання Grid-connected PV System with Electrical Appliances and Battery Systems, тобто



Відкриваємо наступну вкладку «3D Design» (рис. 4.9). Саме на цій вкладці ми будемо розташовувати сонячні панелі на даху досліджуваного об'єкту.

Для того, щоб створити будівлю та задати її геометрію в програмі, користуємося зображенням даного об'єкту на карті (Map Selection). Після завантаження карти для створення 3D геометрії будівлі користуємося побудовою 3D полігону (Sketch a 3D Polygon). Після створення полігонів необхідно спочатку вирівняти полігони для формування прямих кутів (Make at a right angle) та витягнути 3D об'єкт (Extrude 3D object). Так, як досліджуваний об'єкт має пласку кривлю, далі обираємо кнопку «Building with flat roof» та задаємо її висоту (Height of the Eaves).

Для того, щоб правильно розмістити сонячні панелі на даху, на плоскій кривлі наносимо надбудови та вентиляційні канали, а також заборонені зони (ті зони, на яких не можна ставити панелі).

Після цього етапу переходимо до розміщення панелей на пласкій покрівлі будівлі, використовуючи блок «Module mounting» (Кріплення модулів на даху). Для розміщення панелей на пласкій покрівлі задаємо модель, орієнтацію (на південь) та кут нахилу PV панелей, а також відстань між рядами панелей, натиснувши «New assembly system». Розміщуємо сонячні панелі горизонтально.

Після внесення даних щодо конфігурації панелей, розміщуємо їх на даху, натиснувши кнопку «Cover the mounting surface with maximum number of module rows».

Після розміщення перевіряємо потенційне затінення від виступаючих елементів та сусідніх будівель, натискаючи кнопку «Start Shade Frequency» і вилучаємо всі панелі, які мають коефіцієнт затінення більше 10-15%.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

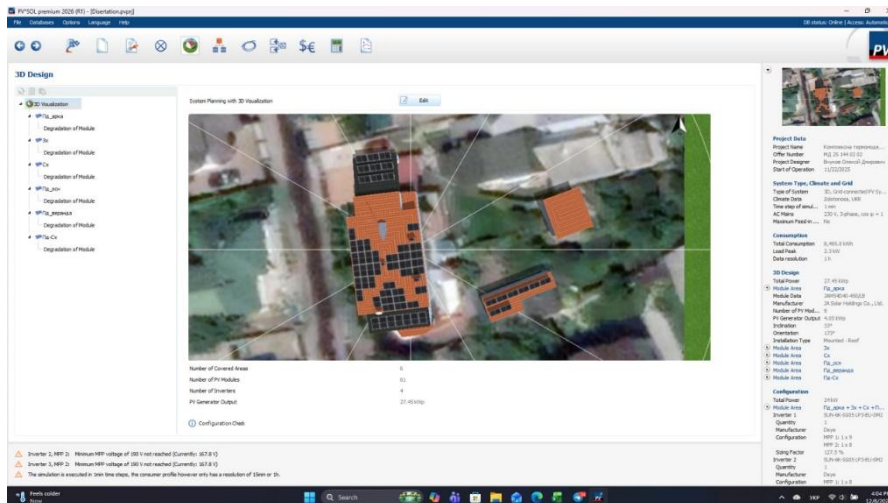


Рис. 4.9 – «3D Design»

Отримаємо наступне розміщення сонячних панелей на даху досліджуваної будівлі, а також їх коефіцієнти затінення. (у додатку Б наведено звіт з детальним описом моделювання)

Переходимо в вкладку Battery System та вибираємо акумуляторні системи для кожного інвертора, для забезпечення автономності нашого будинку за рахунок нашої СЕС.

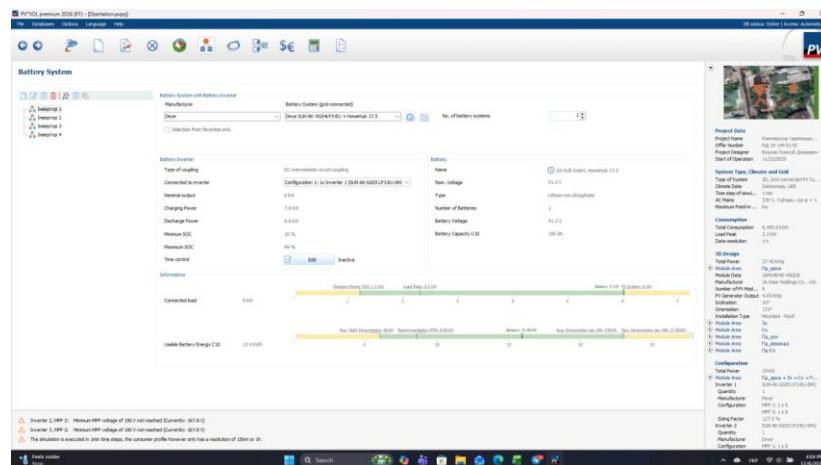


Рис. 4.9 – «Battery System»

Переходимо на наступну вкладку «Cables» (Втрати в кабелях). Для моделювання втрат електроенергії в кабелях в програмі обираємо опцію Total loss (Загальні втрати), яка передбачає введення загальних втрат електричної енергії у відсотках і задаємо загальні втрати на рівні 1,5%. Результати показані на наступних трьох скріншотах.

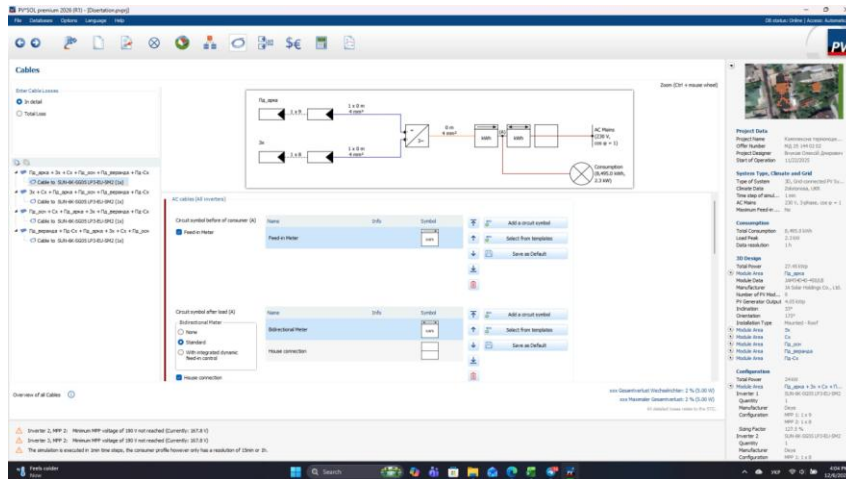


Рис. 4.10а – «Cables»

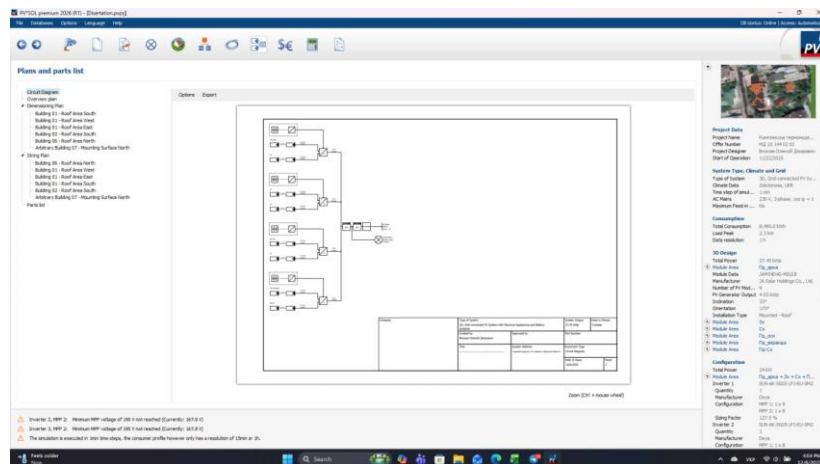


Рис. 4.10 б – «Cables»

Як бачимо, потужність всього сонячного масиву, розташованого на даху будинку, складає 27,45 кВт. Ефективність всієї PV системи складає 85,2%, що є досить непоганим результатом (рис 4.11).

### Результати моделювання

#### Результати Загальна система

PV система	
Потужність PV генератора	27,45 кВт*пік
Спец. Річна генерація	929,39 kWh/кВт*пік
Коефіцієнт продуктивності (КП)	72,89 %
Зниження генерації через затінення	15,5 %

Енергія PV генератора (мережа змінного струму) з акумулятором	23,321 kWh/Рік
Зниження в точці живлення	0 kWh/Рік
Уникнення викидів CO <sub>2</sub>	7,987 кг / рік

#### Прилади

Прилади	8,495 kWh/Рік
Споживання в режимі очікування (Інвертор)	24 kWh/Рік
Загальне споживання	8,519 kWh/Рік
покритий сонячною енергією з акумулятором	7,260 kWh/Рік
покритий мережею	1,259 kWh/Рік
Надлишок потужності	14,802,2 kWh
Сонячна частина покриття	273,8 %

#### Загальне споживання



покритий сонячною енергією з акумулятором  
покритий мережею

Рис. 4.11 – Результат моделювання

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

МД 25 144 21 02 ПЗ

Арк

В процесі виконання даного моделювання мав можливість ознайомитися з особливостями моделювання сонячної фотоелектричної системи на базі програмного продукту PV\*SOL premium. Для обраної будівлі змоделював фотоелектричну систему на даху для повного покриття потреб будівлі в електричній енергії. Для цього було використано гібридну СЕС, тобто фотоелектрична система із застосуванням акумуляторних батарей.

Під час проведення моделювання було використано 4 гібридні інвертора Deue 6кВт з сонячними панелями Trina 450Вт у кількості 61 шт. та акумуляторами ємністю 15.36 кВт\*год у кількості 4шт.

Повний звіт для ознайомлення наведений в додатку Б.

#### 4.4. Моделювання теплового насосу «повітря-вода» в GeoTSOL Premium 2025

При відкритті програми GeoT\*SOL з'являється Welcome page (Стартова або вітальна сторінка).

Одразу переходимо на вікно «Project Data/Дані проєкту», де вводимо назву проєкту, місце розташування системи, фото проєкту. У даному вікні найголовнішим є обрання кліматичних даних для місця розташування системи, натиснувши “Select”. Після цього відкриється вікно, в якому можна обрати країну та місто, де розміщена система (м. Черкаси).

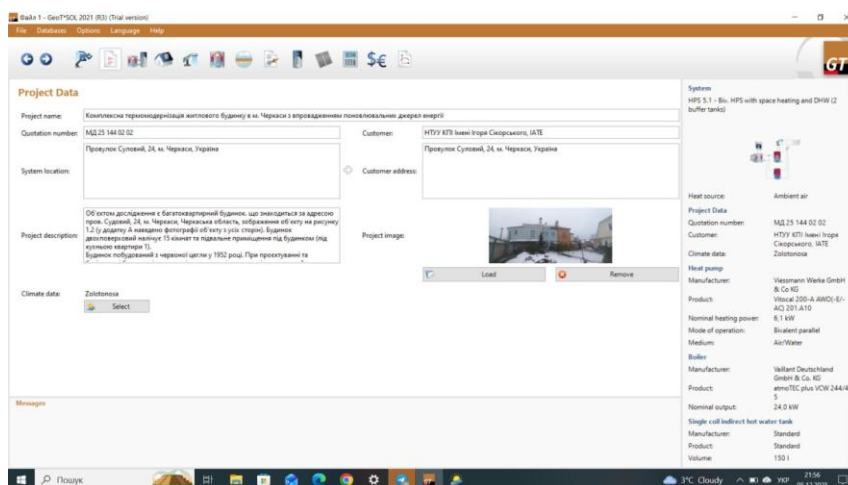


Рис. 4.12 – «Project Data»

						Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		МД 25 144 21 02 ПЗ

Переходимо на наступну вкладку «System Selection» для вибору системи теплозабезпечення досліджуваної будівлі. При виборі системи спочатку потрібно обрати джерело низькопотенційної теплоти. Доступні такі джерела для моделювання в програмі: Ambient air / Зовнішнє повітря – обираємо для моделювання повітряного теплового насосу

Для вибору або зміни типу системи необхідно натиснути “Select” праворуч від вказаного типу обраної системи. У вікні, яке відкриється, обираємо тип системи, що розглядається. Для моделювання повітряного теплового насосу обираємо тепловий насос типу «повітря-вода» для забезпечення опалення приміщень:

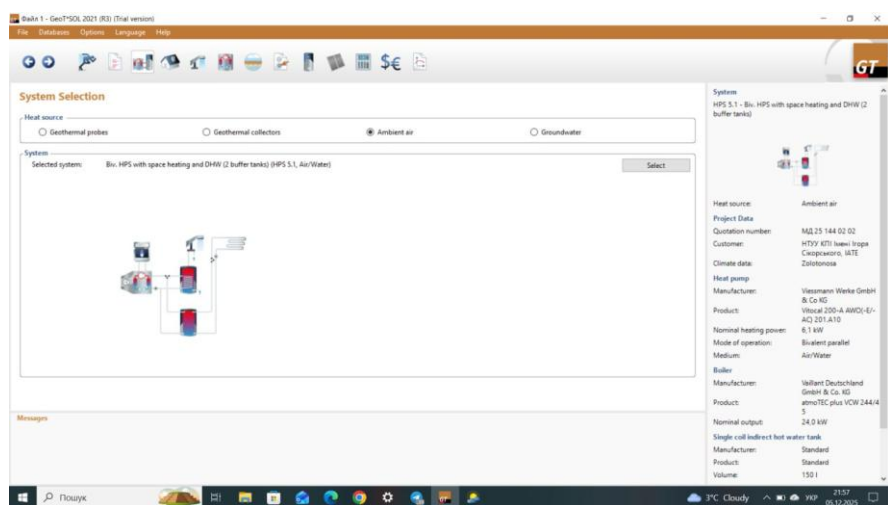


Рис. 4.12 – «Project Data»

При моделюванні системи опалення у вікні «Space Heating» спочатку задаємо частку в покритті навантаження низькотемпературною системою опалення приміщення (в нашому випадку дана частка дорівнює нулю, тому що система тепловіддачі на досліджуваному об’єкті забезпечується за рахунок конвекторів та радіаторів), а також температуру на подавальному та зворотному трубопроводах як для низькотемпературної, так і для високотемпературної системи опалення (задаємо лише для високотемпературної системи опалення).

Для моделювання енергоспоживання на опалення задаємо наступним способом – Heating output (yearly total) / Річне енергоспоживання в кВт·год, оскільки помісячні дані відсутні.



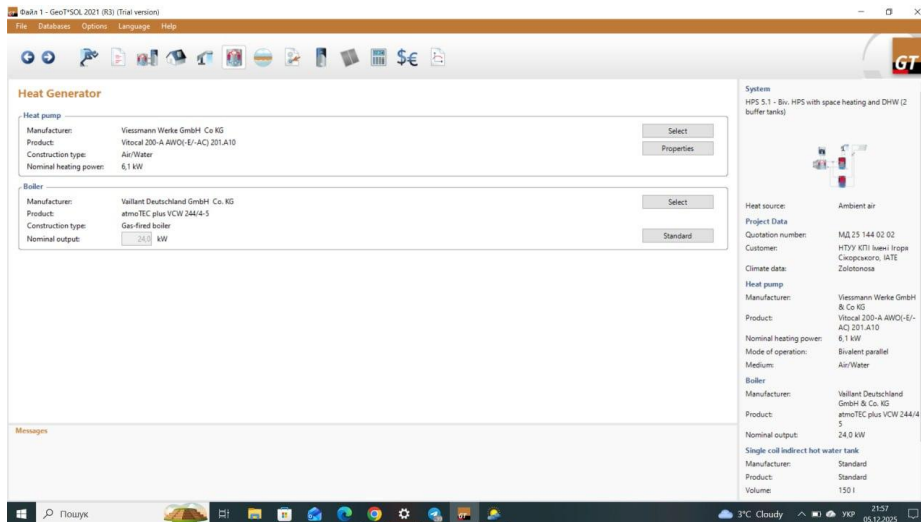


Рис. 4.13 – «Heat Generator»

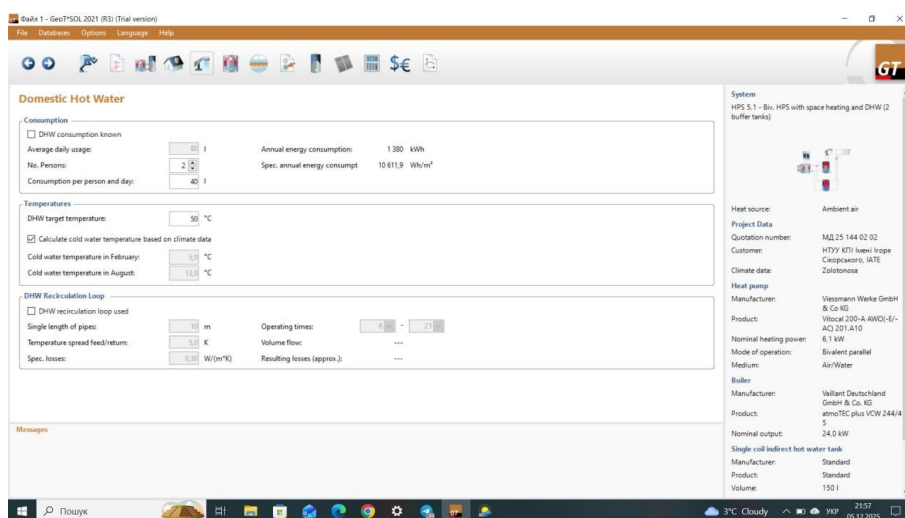


Рис. 4.13 – «Domestic Water»

Якщо моделюється система тепlopостачання з використанням теплового насосу типу «повітря-вода», то низькопотенційним джерелом теплоти є зовнішнє повітря. Виходячи з номінальної продуктивності теплового насосу у вікні «Heat Source» програма розраховує потужність вентилятора зі сторони зовнішнього повітря (Ventilator's nominal output) та його витрату (Flow rate).

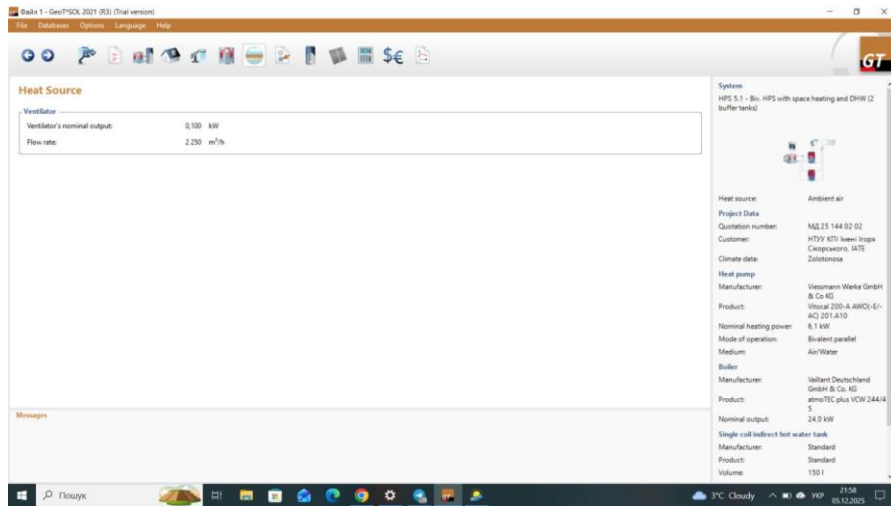


Рис. 4.13 – «Heat Source»

Переходимо на вкладку «Mode of Operation», де для моделювання систем з наявністю обох типів теплових насосів задаємо наступний режим роботи: Monoenergetic, parallel / Моноенергетичний, паралельний – при температурі нижче, ніж вказана, ТН та додатковий нагрівач працюють паралельно. Підбираємо таку температуру "out of service" і потужність нагрівального елемента, щоб при моделюванні не видавало помилку. Для моделювання повітряного теплового насосу обираємо:

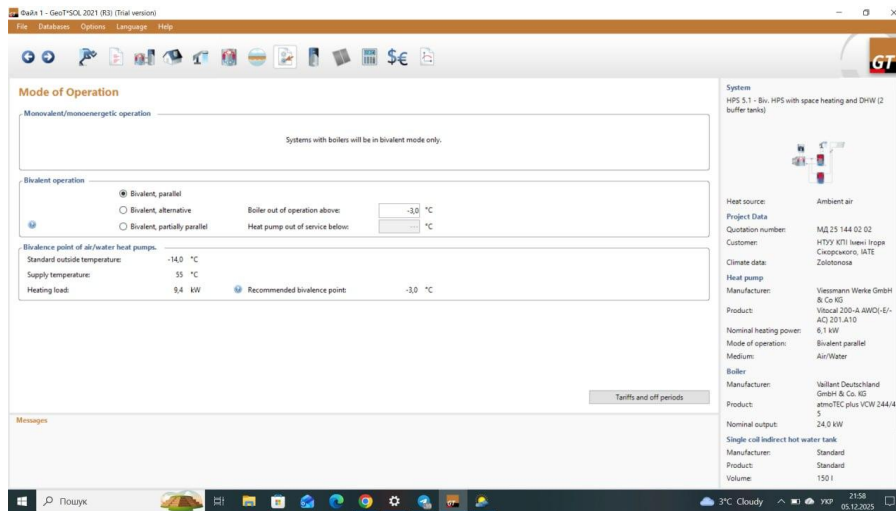


Рис. 4.13 – «Mode of Operation»

						МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			



## Сезонні показники ефективності системи для ТН «повітря-повітря»

Також є можливість виводити дані щодо енергії, що виробляється ТН (heat pump), додатковим електричним нагрівачем (auxiliary heating) та показника ефективності для системи в цілому (SPF of heat pump system), температури повітря на вході та виході з ТН (Ventilator inlet / Ventilator outlet).

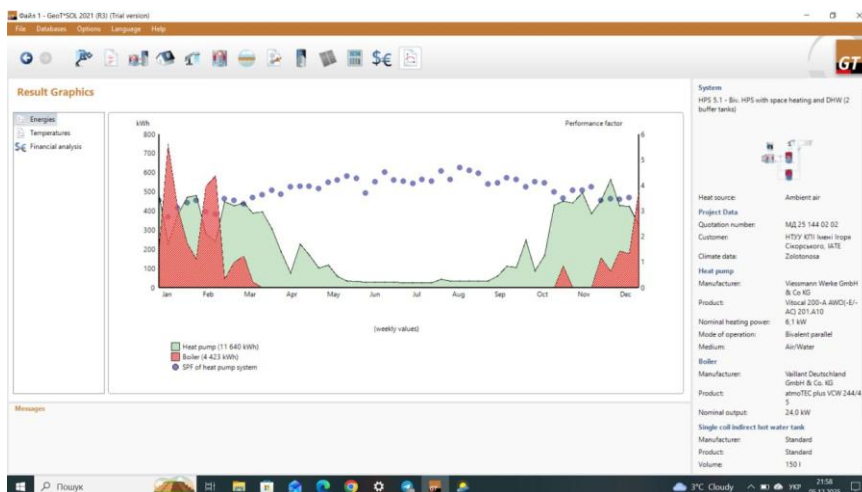


Рис. 4.15 – Тижневі енергетичні показники ефективності системи

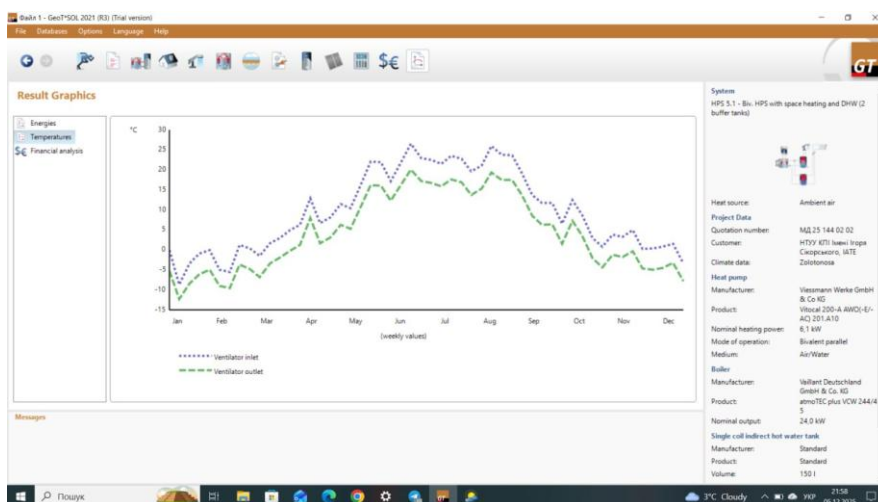


Рис. 4.15 – Зміна температури повітря в ТН «повітря-повітря» протягом року

Аналогічно робиться моделювання для другої системи опалення будинку. Результати вийшли аналогічними, як і в першій системі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

МД 25 144 21 02 ПЗ

Арк

## **Висновок**

По розділу виконано порівняльне енергетичне моделювання роботи будівлі із застосуванням різних програмних інструментів, зокрема DesignBuilder та RETScreen. Отримані результати свідчать про високу узгодженість розрахункових даних, а незначні відхилення пояснюються методологічними особливостями кожного програмного комплексу.

Моделювання підтвердило, що запропонований сценарій інтеграції теплових насосів і сонячної електростанції забезпечує істотне скорочення споживання теплової та електричної енергії порівняно з базовим варіантом. Аналіз результатів дозволив зробити висновок про ефективність комплексного підходу до модернізації систем теплозабезпечення та доцільність використання програмного моделювання як інструменту прийняття інженерних рішень у проєктах з енергоефективності та ВДЕ

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 5. РОЗРОБКА СТАРТПА ПРОЄКТУ LIFT ENERGY

Стартап-проект **Lift Energy**, розроблений командою **PowerUp UA**, спрямований на вирішення актуальної проблеми енергетичної нестабільності багатоквартирних житлових будинків шляхом використання рекупераційної енергії ліфтових механізмів. Основна ідея проекту полягає в локальному накопиченні електричної енергії, що генерується під час гальмування ліфтів, з подальшим використанням цієї енергії для живлення критично важливих систем будинку або заряджання акумуляторних батарей. Такий підхід дозволяє зменшити залежність від централізованої електромережі, підвищити енергетичну автономність житлових об'єктів та знизити експлуатаційні витрати.

Технічна концепція **Lift Energy** базується на інтеграції існуючих ліфтових приводів із сучасними гібридними інверторами та акумуляторними системами з технологією  $\text{LiFePO}_4$ . Проект передбачає використання промислових рішень, які вже присутні на ринку, зокрема інверторів типу **Deue** або **Victron** та акумуляторів **Dyness** або **Pylontech**, що забезпечує високу надійність системи та мінімізує технічні ризики впровадження. Додатковою перевагою є можливість повної інтеграції системи з сонячними електростанціями, що дозволяє комбінувати рекупераційну та фотоелектричну генерацію в межах одного об'єкта.

Проект орієнтований насамперед на сегмент **ОСББ багатоквартирних житлових будинків**, а також на забудовників житлових комплексів і керуючі компанії. Для цих споживачів система **Lift Energy** створює додаткову цінність за рахунок підвищення енергетичної безпеки, зменшення витрат на аварійне електропостачання та зростання інвестиційної привабливості нерухомості. В умовах частих відключень електроенергії особливо важливою є можливість забезпечення резервного живлення освітлення, насосів, домофонів та інших інженерних систем будинку.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

З точки зору бізнес-моделі, стартап Lift Energy побудований за канвою Остервальдера-Піньє та охоплює повний життєвий цикл продукту: від проектування та підбору обладнання до монтажу, введення в експлуатацію та сервісного обслуговування. Доходи формуються переважно за рахунок продажу комплексних систем «під ключ», а також за рахунок сервісних контрактів і додаткових опцій, таких як моніторинг енергоспоживання та подальша модернізація систем. Така структура доходів забезпечує стабільність грошових потоків і можливість масштабування бізнесу.

Фінансовий аналіз проєкту свідчить про його економічну доцільність. Базова вартість одного комплекту Lift Energy оцінюється на рівні близько 1 млн грн, при цьому очікувана маржинальність дозволяє досягти окупності інвестицій протягом 2–3 років. Прогнозована динаміка продажів передбачає поетапне зростання кількості реалізованих систем, що пов'язано зі зростаючим попитом на енергонезалежні та екологічні рішення у житловому секторі. Важливим чинником є також можливість адаптації вартості продукту до інфляційних процесів без втрати конкурентоспроможності.

Окрему увагу в проєкті приділено екологічному аспекту. Використання рекуперативної енергії та інтеграція відновлювальних джерел сприяють зниженню викидів парникових газів і зменшенню навантаження на енергетичну інфраструктуру міст. У цьому контексті Lift Energy відповідає сучасним європейським тенденціям розвитку «зелених» будівель і може бути інтегрований у програми енергоефективності та сталого розвитку.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## **Висновок**

Загалом стартап-проект Lift Energy є комплексним інноваційним рішенням, яке поєднує технічну реалізованість, економічну ефективність та екологічну доцільність. Його впровадження дозволяє не лише зменшити витрати на електроенергію та підвищити надійність інженерних систем будинків, а й створює передумови для розвитку локальних енергетичних систем нового покоління. Проект має високий потенціал масштабування та може зайняти власну нішу на ринку енергоефективних технологій для багатоквартирних житлових будинків України.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Забезпечення охорони праці під час монтажу та експлуатації інженерних систем модернізованого житлового будинку є ключовою умовою надійної та безперебійної роботи теплового насоса, конденсаційного газового котла та сонячної електростанції. Організація безпечних умов праці має відповідати чинним нормативним документам, зокрема ДБН В.2.5-20:2018, ПТЕЕС, ПУЕ, ДСТУ EN 378-1:2016, НПАОП 40.1-1.32-01 та ДСТУ EN 62446.

Усі роботи з монтажу та обслуговування обладнання виконуються фахівцями з групою допуску з електробезпеки не нижче III відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98. Перед введенням систем у роботу необхідно виконати перевірку заземлення, навчання користувачів та огляд обладнання.

До небезпечних факторів експлуатації теплового насоса належать шум, вібрація, рухомі частини вентилятора та ризик ураження електричним струмом. Також існує ризик витоку холодоагенту відповідно до ДСТУ EN 378-1:2016. У системах газопостачання небезпечними є утворення газоповітряних сумішей, перегрів котла та зворотна тяга, що регламентується НПАОП 0.00-1.76-15. У сонячній електростанції небезпека пов'язана з постійною напругою та можливістю дугового пробою, що враховано у ДСТУ EN 62446.

Експлуатація теплових насосів повинна відповідати ДСТУ EN 378-1:2016 та ПУЕ. Перед запуском перевіряють правильність електричного підключення, наявність заземлення та відсутність пошкоджень. Роботи проводять лише на знеструмленому обладнанні. У зимовий період особливу увагу приділяють обмерзанню згідно НПАОП 0.00-1.15-07.

Газовий котел експлуатується відповідно до ДБН В.2.5-20:2018 та НПАОП 0.00-1.76-15. Заборонено втручатися у автоматику, відкривати газові з'єднання або перекривати вентиляційні канали. У разі запаху газу котел негайно вимикають та викликають аварійну службу.

СЕС є постійним джерелом напруги, тому роботи дозволені лише кваліфікованому персоналу згідно ДСТУ EN 62446 [6] та ІЕС 62548 [16].

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Кабелі повинні мати УФ-стійкість. Акумулятори LiFePO<sub>4</sub> експлуатують відповідно до ІЕС 62619. Пожежне гасіння виконується порошковими та СО<sub>2</sub>-вогнегасниками.

Електробезпека забезпечується відповідно до ПУЕ, ПТЕЕС та ДСТУ EN 61140. Усі електроприймачі мають бути заземлені. Для інвертора та теплового насоса встановлюються УЗО/RCBO згідно ДСТУ EN 61008/61009. Заземлення повинно відповідати ДСТУ EN 62305.

Пожежна безпека регулюється ДБН В.1.1-7:2016, ДБН В.2.5-56:2014 та НАПБ А.01.001. Газовий котел вимагає справного димоходу та вентиляції. Інвертор СЕС встановлюють у сухому приміщенні на негорючих поверхнях. Акумулятори не гасяться водою.

Інструктаж проводиться відповідно до ДСТУ ISO 45001:2019. Повторні інструктажі здійснюються щорічно. Ведеться журнал технічних оглядів. Доступ до електрощитів обмежений. Заборонено самостійно втручатися у роботу обладнання.

У разі витoku газу перекривають подачу газу, провітрюють приміщення та викликають аварійну службу. При аваріях СЕС вимикають АС та DC автомати. У разі пошкодження акумулятора діють згідно ІЕС 62619. Пожежу електрообладнання гасять порошком або СО<sub>2</sub>.

### **Висновки**

Встановлено, що запропоновані в дисертаційній роботі технічні рішення відповідають сучасним вимогам охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки, а впровадження організаційних заходів, систематичних інструктажів і регламентного обслуговування дозволяє мінімізувати ризик виникнення аварійних та надзвичайних ситуацій. У цілому реалізація заходів з охорони праці є достатньою для забезпечення безпечної експлуатації модернізованого об'єкта протягом усього життєвого циклу інженерних систем та відповідає принципам сталого розвитку, енергоефективності та техногенної безпеки.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Список використаних джерел

- [1] International Energy Agency (IEA). *Energy Efficiency 2023: Analysis and outlooks to 2030*.
- [2] Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності). *Національна доповідь з енергоефективності України*.
- [3] Європейсько-українське енергетичне агентство (EUEA). *Аналітика щодо теплових витрат та енергоефективності в житлових будівлях України*.
- [4] Natural Resources Canada. RETScreen Expert Software.
- [5] U.S. Department of Energy. EnergyPlus – Advanced Building Energy Simulation
- [6] Valentin Software. PVSOL Premium – Photovoltaic Simulation Software.
- [7] Valentin Software. TSOL – Simulation Program for Solar Thermal Systems.
- [8] Valentin Software. GeoT\*SOL – Heat Pump Simulation Software.
- [9] Посібник зі встановлення та технічного обслуговування котла Vaillant ecoTEC pure VUW 246/7-2. Режим посилання: [0020254431\\_00.pdf \(teplorry.com.ua\)](https://teplorry.com.ua/0020254431_00.pdf).
- [10] Тепlowest Econom АГО-30-С котел газовий [m.ago.pdf](https://m.ago.pdf)
- [11] Atlantic Groupe. *Electric Water Heaters – O'Pro+ Series: Technical Documentation*. Офіційний сайт виробника. URL: <https://www.atlantic-comfort.com>.
- [12] ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітленні та гарячого водопостачання. – [Чинний від 2023-03-01] – ДП«УкрНДНЦ», 2022. – 152 с.
- [13] ДСТУ-Н Б В.1.1-2:2010. Будівельна кліматологія. К.: Мінрегіонбуд України. 2010.
- [14] Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. № 261. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>.
- [15] Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. №260. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>.
- [16] ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель – [Чинний від 2022-09-01] – К.: Мінрегіон України, 2022. – 27 с.
- [17] Методи аналізу енергоефективності будівель: Курсова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М. Шовкалюк, О.І. Яценко, І.Ю. Білоус – Електронні текстові дані (1 файл: 0,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 48 с.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- [18] ДСТУ EN ISO 52016-1:2019. *Енергетичні характеристики будівель. Розрахунок енергетичних потреб на опалення та охолодження, внутрішніх температур та завантаження системи.* — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019
- [19] ДСТУ EN ISO 6946:2017. *Будівельні конструкції. Розрахунок теплового опору та коефіцієнта теплопередачі.* — Київ: УкрНДНЦ, 2017.
- [20] Viessmann. Vitocal 200-A Technical Data. URL: <https://www.viessmann.com>
- [21] Vaillant ecoTEC pure VUW 246/7-2. Product Sheet. URL: <https://www.vaillant.com>
- [22] НКРЕКП. Тарифи на електроенергію. URL: <https://www.nerc.gov.ua>
- [23] Міністерство енергетики України. Тарифи на газ. URL: <https://www.mev.gov.ua>
- [24] Наказ Мініенерго № 101 від 10.05.2007 «Методика визначення обсягів ПЕР».
- [25] DIN EN 15316-4-6; IEC 61724 — методи розрахунку продуктивності та самоспоживання СЕС.
- [26] ISO 15459; ISO 50015 — економічна оцінка та аналіз енергетичних систем.
- [27] VDI 4650. «Seasonal performance factor for heat pumps».
- [28] ДСТУ EN 61724-1:2017. Фотоелектричні системи. Моніторинг продуктивності.
- [29] EN 50583:2016. Photovoltaics in buildings.
- [30] JA Solar. Technical Datasheet JAM54D40-450/LB. Beijing, 2023. URL: <https://www.jasolar.com/>
- [31] Deye. SUN-6K-SG04LP3-EU: Technical Manual. Ningbo Deye Electric Co., Ltd., 2023. URL: <https://www.deyeinverter.com/>
- [32] Dyness. DL5.0C Lithium Iron Phosphate Battery Datasheet. Shenzhen Dyness Energy Technology Co., Ltd., 2023. URL: <https://www.dyness.com/>
- [33] ДСТУ EN ISO 52016-1:2019. *Енергетичні характеристики будівель. Розрахунок енергетичних потреб на опалення та охолодження, внутрішніх температур та завантаження системи.* — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
- [34] ДСТУ EN ISO 6946:2017. *Будівельні конструкції. Розрахунок теплового опору та коефіцієнта теплопередачі.* — Київ: УкрНДНЦ, 2017.
- [35] ДБН В.2.5-20:2018 Газопостачання. З урахуванням Зміни № 1
- [36] Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.
- [37] ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання).
- [38] ДСТУ EN 378-1:2022 Холодильні системи та теплові насоси. Вимоги щодо безпеки та навколишнього середовища. Частина 1. Основні вимоги, визначення, класифікація та критерії вибору (EN 378-1:2016+A1:2020, IDT).

					МД 25 144 21 02 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- [39] НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (укр).
- [40] ДСТУ EN 62446-1:2022 Фотоелектричні (PV) системи. Вимоги до тестування, документації та технічного обслуговування. Частина 1. Системи, підключені до мережі. Документація, пусконаладжувальні випробування та перевірка (EN 62446-1:2016, IDT; IEC 62446-1:2016, IDT).
- [41] НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (рос)
- [42] ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT).
- [43] ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Зі Зміною № 1.
- [44] ДСТУ EN 62305-1:2012 Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT).
- [45] НПАОП 0.00-1.15-07 Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті.
- [46] НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання.
- [47] ДСТУ EN 62619:2022 Вторинні елементи та батареї, що містять лужні або інші некіслотні електроліти. Вимоги безпеки до вторинних літєвих елементів та батарей для промислового використання (EN 62619:2017, IDT; IEC 62619:2017, IDT).
- [48] ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- [49] ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
- [50] IEC 62548.
- [51] ДСТУ EN 3-7:2014 Вогнегасники переносні. Частина 7. Характеристики, вимоги до робочих параметрів і методи випробувань (EN 3-7:2004+A1:2007, IDT).
- [52] ДСТУ EN 61140:2019 Захист від ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання (EN 61140:2016, IDT; IEC 61140:2016, IDT).
- [53] ДСТУ EN 61009-1:2017 Вимикачі автоматичні, керовані диференційним струмом, з умонтованим захистом від надструмів побутової та аналогічної призначеності (ВАДЗН). Частина 1. Загальні правила (EN 61009-1:2012; A1:2014; A2:2014; A11:2015; A12:2016, IDT; EN 61009-1:2010; A1:2012; A2:2013, MOD).
- [54] ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. Зі Зміною № 1.

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ДОДАТКИ

### Додаток А. Фотографії будинку з усіх сторін



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

МД 25 144 21 02 ПЗ

Арк

## Додаток Б. Модель PV системи

НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", ННІ ІАТЕ,  
ТАЕ

Судовий провулок, 24, Черкаси, Черкаська  
область

**Назва проекту:** Комплексна термомодернізація  
житлового будинку в м. Черкаси з впровадженням  
відновлювальних джерел енергії  
**Пропозиція номер:** МД 25 144 02 02

12/6/2025

## Ваша PV система

Адреса встановлення

Судовий провулок, 24, Черкаси, Черкаська область



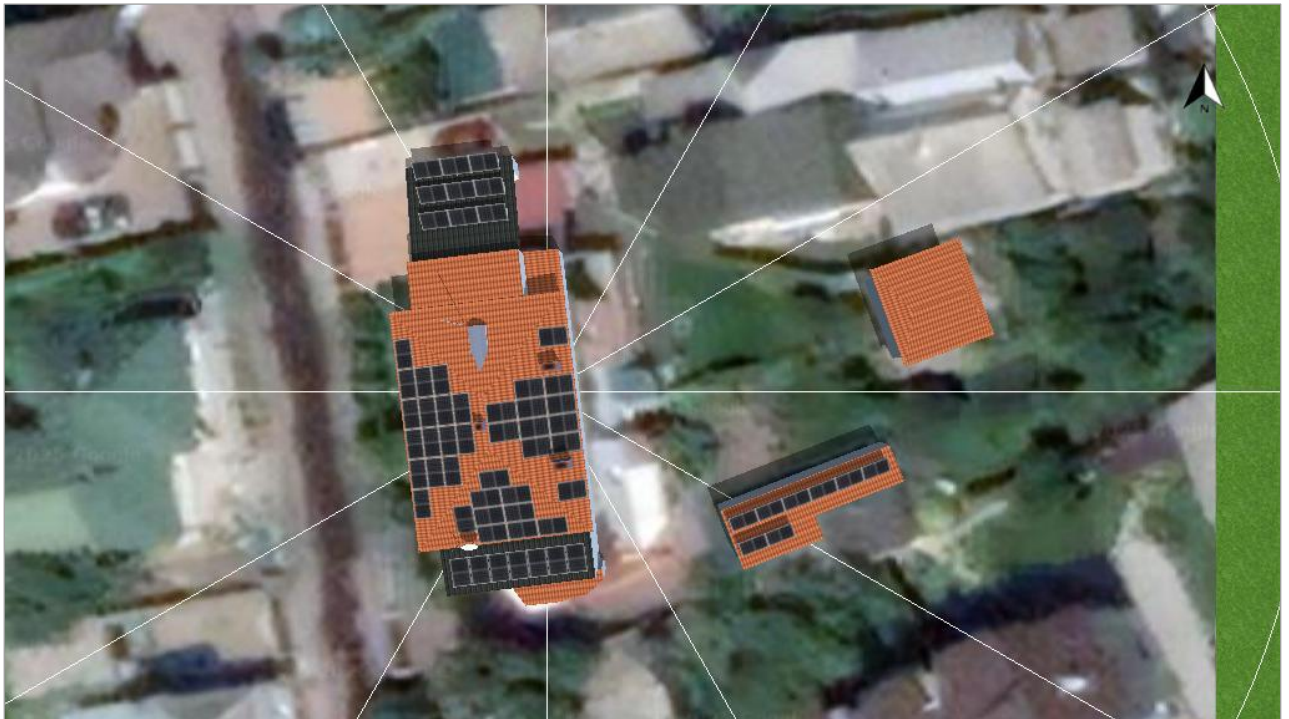
Опис проекту:

Об'єктом дослідження є багатоквартирний будинок, що знаходиться за адресою пров. Судовий, 24, м. Черкаси, Черкаська область. Будинок двохповерховий налічує 15 кімнат та підвальне приміщення під будинком (під кухньою квартири 1).

Будинок побудований з червоної цегли у 1952 році. При проектуванні та будівництві була розділена на дві квартири, між ними є відокремлений деформаційний шов, а також свої фундаменти

Даний будинок буде мати СЕС для покриття власних потреб, а також матиме акумулятори для підвищення власної енергонезалежності у разі виникнення проблем з електроенергією, або блекаутів.

## Огляд проекту



Зображення: Огляд зображення, 3D дизайн

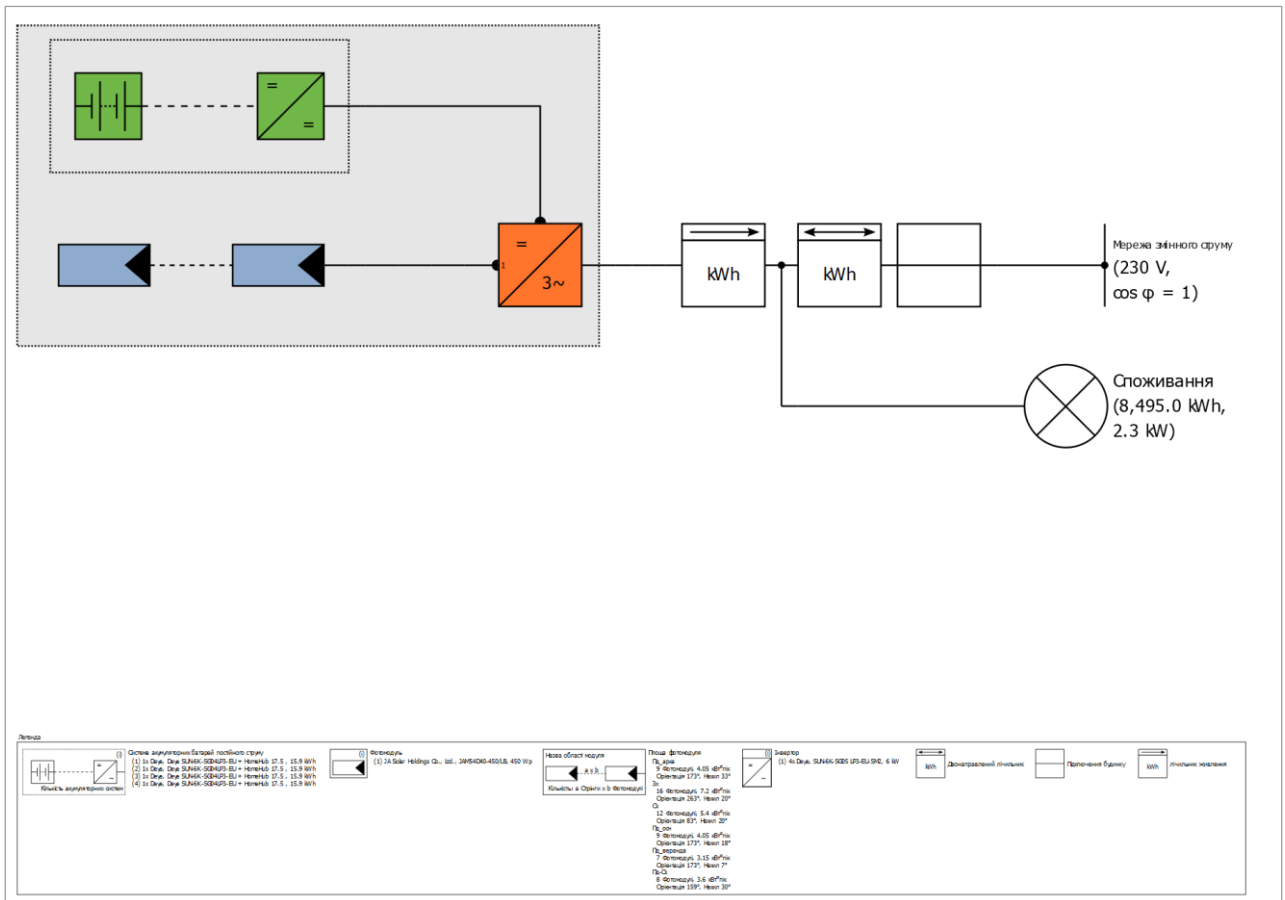
## PV система

3D, Мережева фотоелектрична система з електричними приладами та акумуляторними системами

Кліматичні дані	Zolotonosa, UKR (2001 - 2020)
Джерело значень	Meteonorm 8.2
Потужність PV генератора	27.45 кВт*пік
Поверхня фотоелектричного генератора	121.9 m <sup>2</sup>
Кількість фотоелектричних модулів	61
Кількість інверторів	4
Кількість акумуляторних систем	4

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Принципова схема

## Прогноз виробництва

### Прогноз виробництва

Потужність PV генератора	27.45 кВт*пік
Спец. Річна генерація	929.39 kWh/кВт*пік
Коефіцієнт продуктивності (КП)	72.89 %
Зниження генерації через затінення	15.5 %
Енергія PV генератора (мережа змінного струму) з акумулятором	23,321 kWh/Рік
Зниження в точці живлення	0 kWh/Рік
Уникнення викидів CO <sub>2</sub>	7,987 кг / рік
Рівень самодостатності	85.2 %

## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### Фінансовий аналіз

#### Ваш прибуток

Загальні інвестиційні витрати	27,500.00 \$
Рентабельність активів (IRR)	17.85 %
Період амортизації	7 Роки, 9 Місяці
Витрати на виробництво електроенергії	0.021 \$/kWh
Енергетичний баланс/концепція подачі	Нетто-лічильник

Результати були розраховані за допомогою математичної моделі від Valentin Software GmbH (алгоритми PV\*SOL). Фактична генерація сонячної станції може відрізнятись в результаті змін погоди, ефективності модулів, інверторів та інших чинників.



# Налаштування системи

## Огляд

### Дані системи

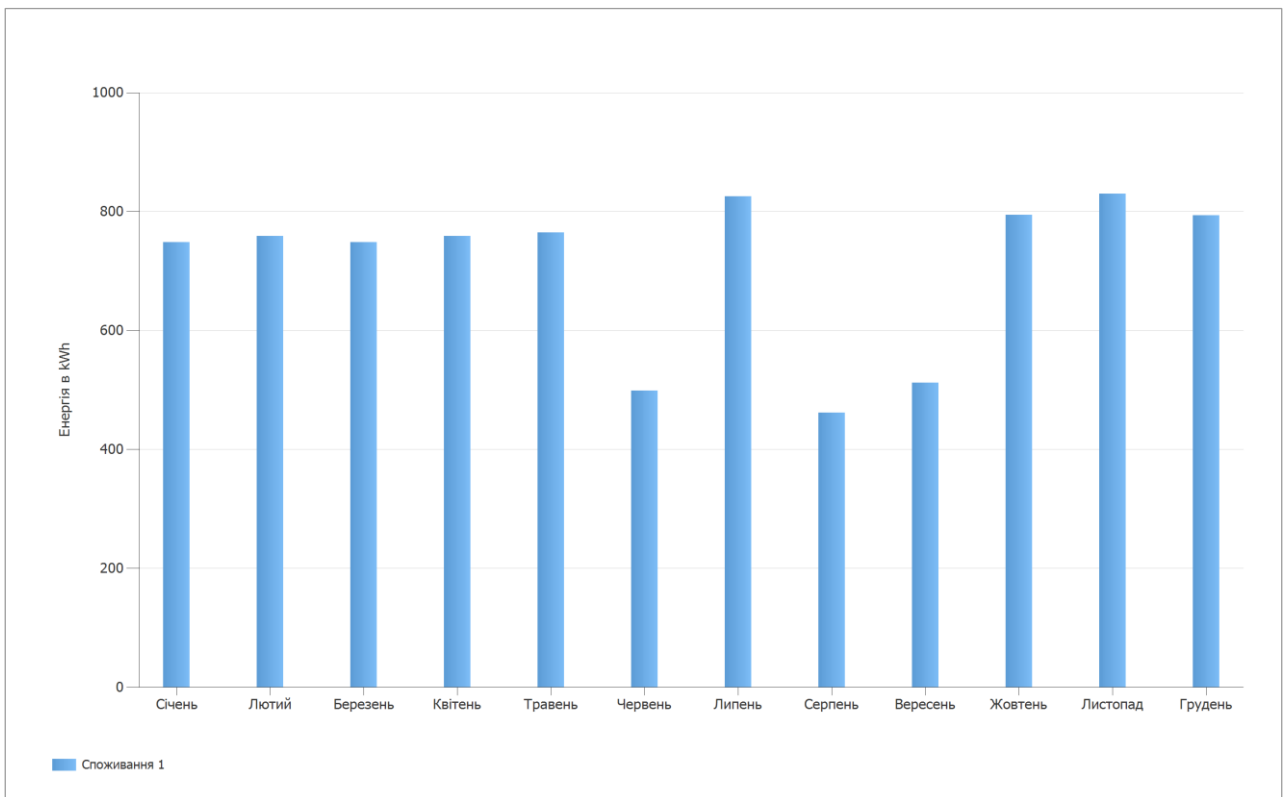
Тип системи	3D, Мережева фотоелектрична система з електричними приладами та акумуляторними системами
-------------	--

### Кліматичні дані

Розташування	Zolotonosa, UKR (2001 - 2020)
Джерело значень	Meteonorm 8.2
Роздільна здатність даних	1 min
Використовуються імітаційні моделі:	
- Дифузне випромінювання на горизонтальній площині	Hofmann
- Опромінення на нахиленій поверхні	Hay & Davies

### Споживання

Загальне споживання	8495 kWh
Максимальні місячні споживання протягом 3 років для будинку в м. Черкаси	8495 kWh
Пікове навантаження	2.3 kW

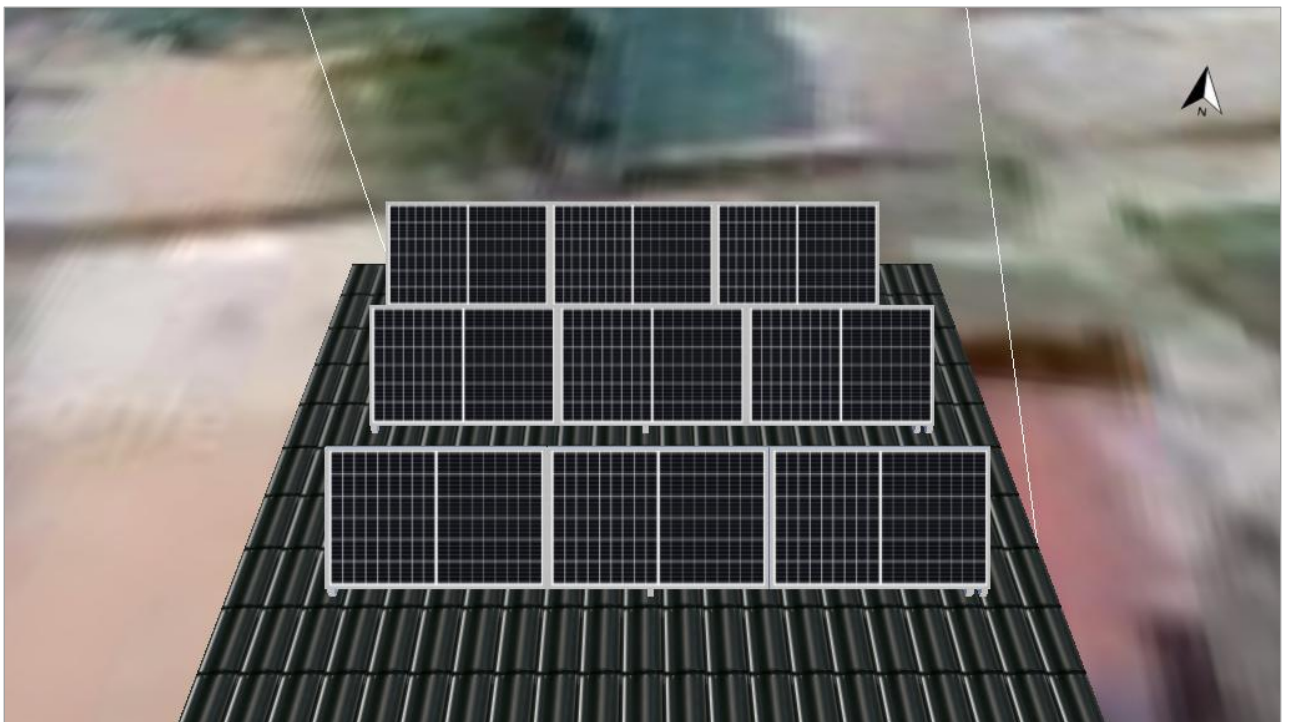


## Площа фотомодулів

### 1. Площа фотомодуля - Пд\_арка

PV генератор, 1. Площа фотомодуля - Пд\_арка

Ім'я	Пд_арка
Фотомодулі	9 x JAM54D40-450/LB (v4)
Виробник	JA Solar Holdings Co., Ltd.
Нахил	33 °
Орієнтація	Південний 173 °
Тип установки	Монтування - на даху
Поверхня фотоелектричного генератора	18.0 m <sup>2</sup>



Зображення: 1. Площа фотомодуля - Пд\_арка

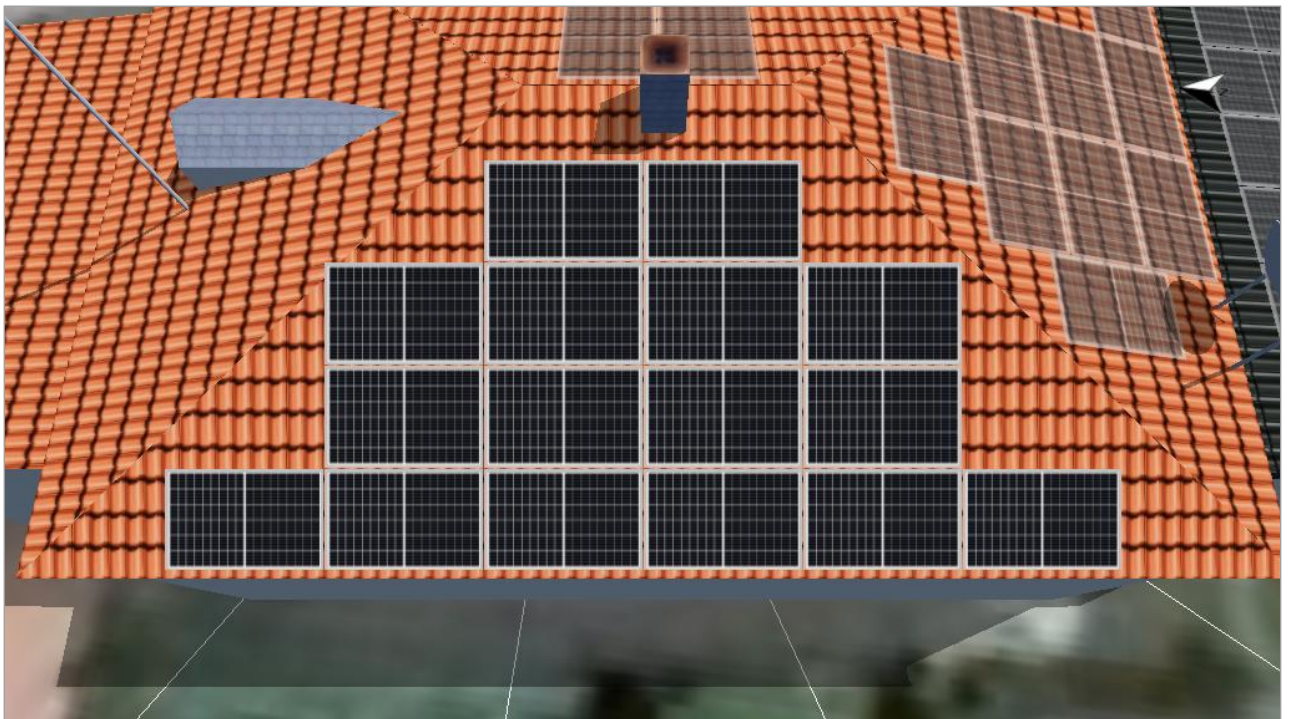
## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### 2. Площа фотомодуля - 3х

PV генератор, 2. Площа фотомодуля - 3х

Ім'я		3х
Фотомодулі	16 x JAM54D40-450/LB (v4)	
Виробник	JA Solar Holdings Co., Ltd.	
Нахил		20 °
Орієнтація		Захід 263 °
Тип установки		Паралельно даху
Поверхня фотоелектричного генератора		32.0 m <sup>2</sup>



Зображення: 2. Площа фотомодуля - 3х

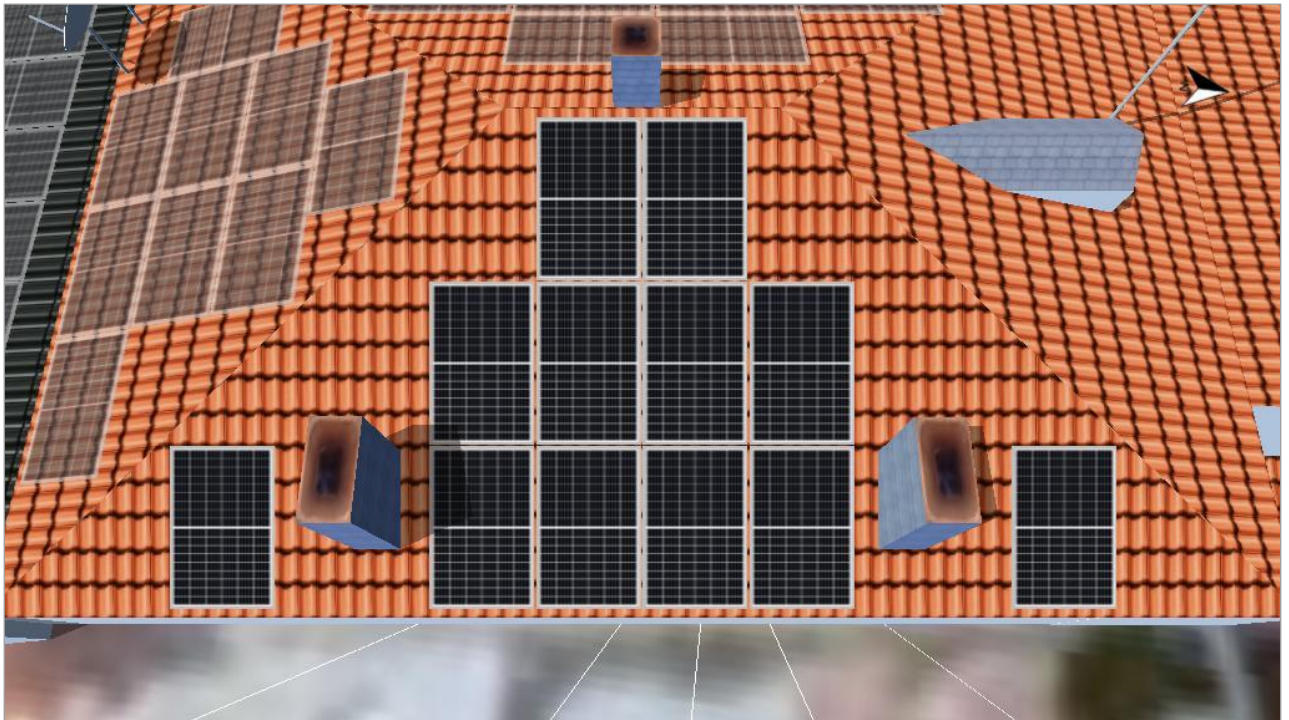
## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### 3. Площа фотомодуля - Сх

PV генератор, 3. Площа фотомодуля - Сх

Ім'я	Сх
Фотомодулі	12 x JAM54D40-450/LB (v4)
Виробник	JA Solar Holdings Co., Ltd.
Нахил	20 °
Орієнтація	Східний 83 °
Тип установки	Паралельно даху
Поверхня фотоелектричного генератора	24.0 m <sup>2</sup>



Зображення: 3. Площа фотомодуля - Сх

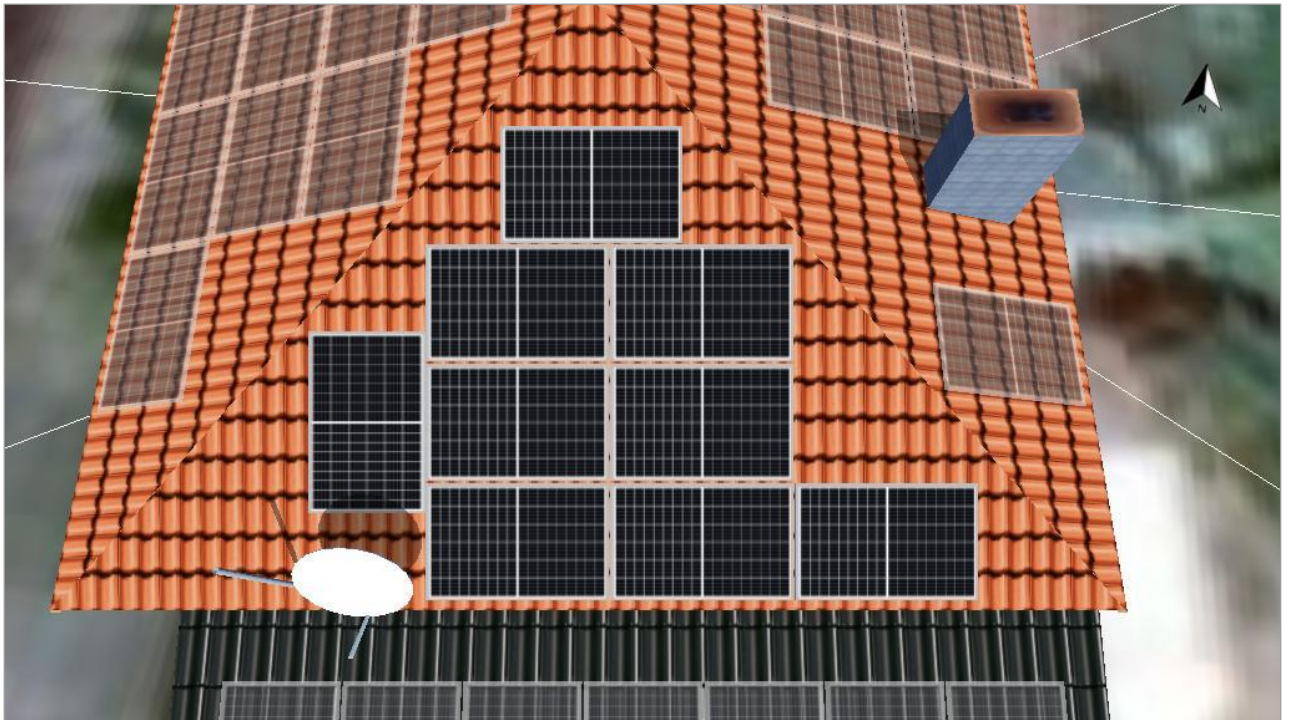
## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### 4. Площа фотомодуля - Пд\_осн

PV генератор, 4. Площа фотомодуля - Пд\_осн

Ім'я	Пд_осн
Фотомодулі	9 x JAM54D40-450/LB (v4)
Виробник	JA Solar Holdings Co., Ltd.
Нахил	18 °
Орієнтація	Південний 173 °
Тип установки	Паралельно даху
Поверхня фотоелектричного генератора	18.0 m <sup>2</sup>



Зображення: 4. Площа фотомодуля - Пд\_осн

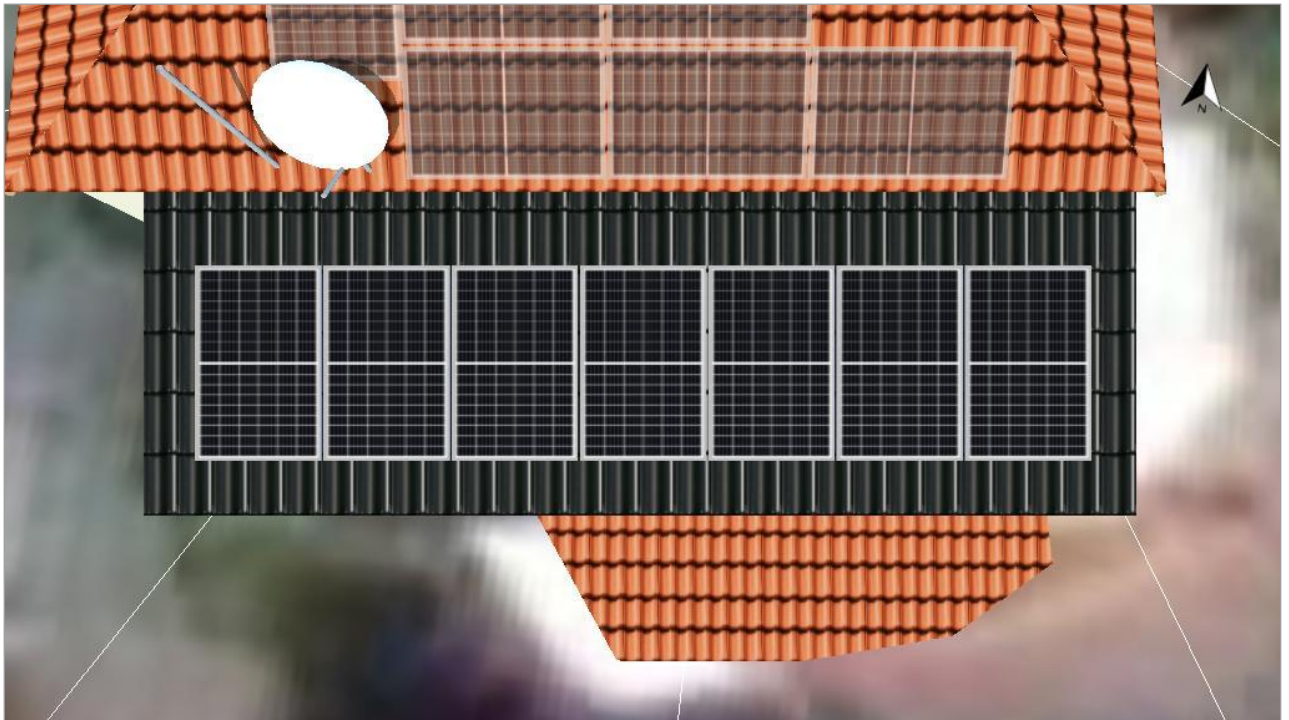
## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### 5. Площа фотомодуля - Пд\_веранда

PV генератор, 5. Площа фотомодуля - Пд\_веранда

Ім'я	Пд_веранда
Фотомодулі	7 x JAM54D40-450/LB (v4)
Виробник	JA Solar Holdings Co., Ltd.
Нахил	7 °
Орієнтація	Південний 173 °
Тип установки	Паралельно даху
Поверхня фотоелектричного генератора	14.0 m <sup>2</sup>



Зображення: 5. Площа фотомодуля - Пд\_веранда

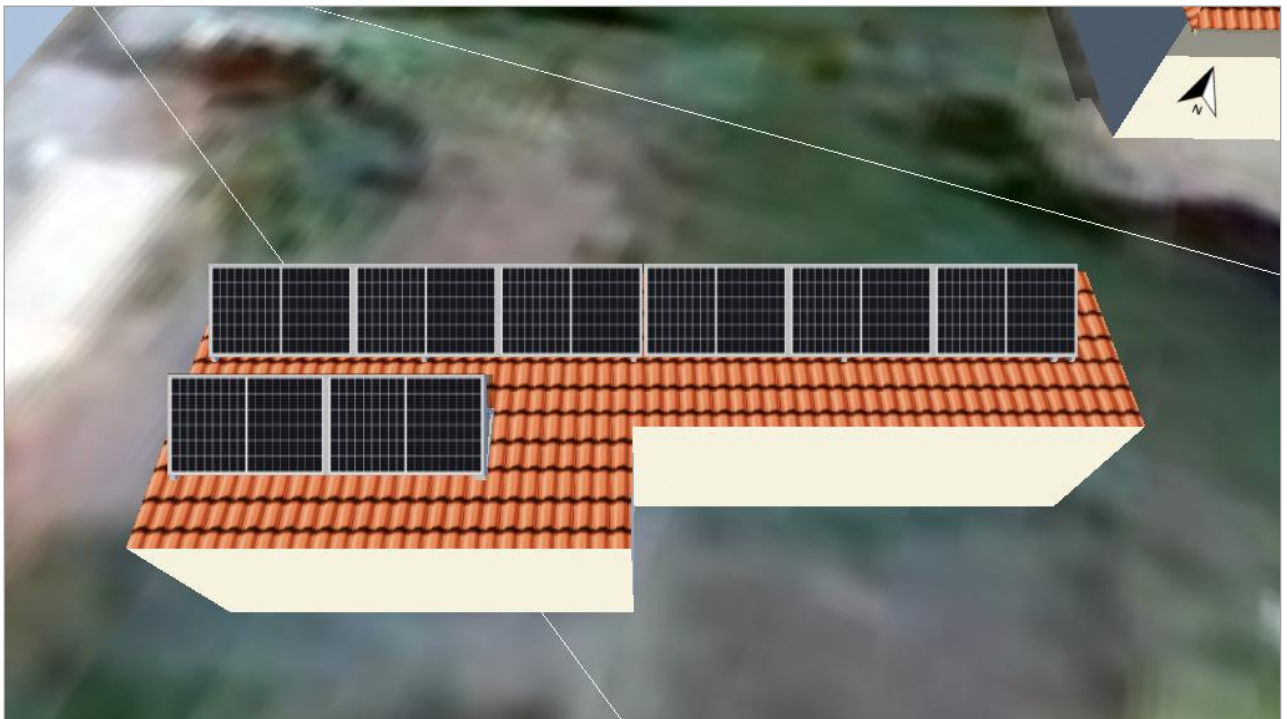
## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### 6. Площа фотомодуля - Пд-Сх

PV генератор, 6. Площа фотомодуля - Пд-Сх

Ім'я	Пд-Сх
Фотомодулі	8 x JAM54D40-450/LB (v4)
Виробник	JA Solar Holdings Co., Ltd.
Нахил	30 °
Орієнтація	Південний 159 °
Тип установки	Монтування - на даху
Поверхня фотоелектричного генератора	16.0 m <sup>2</sup>

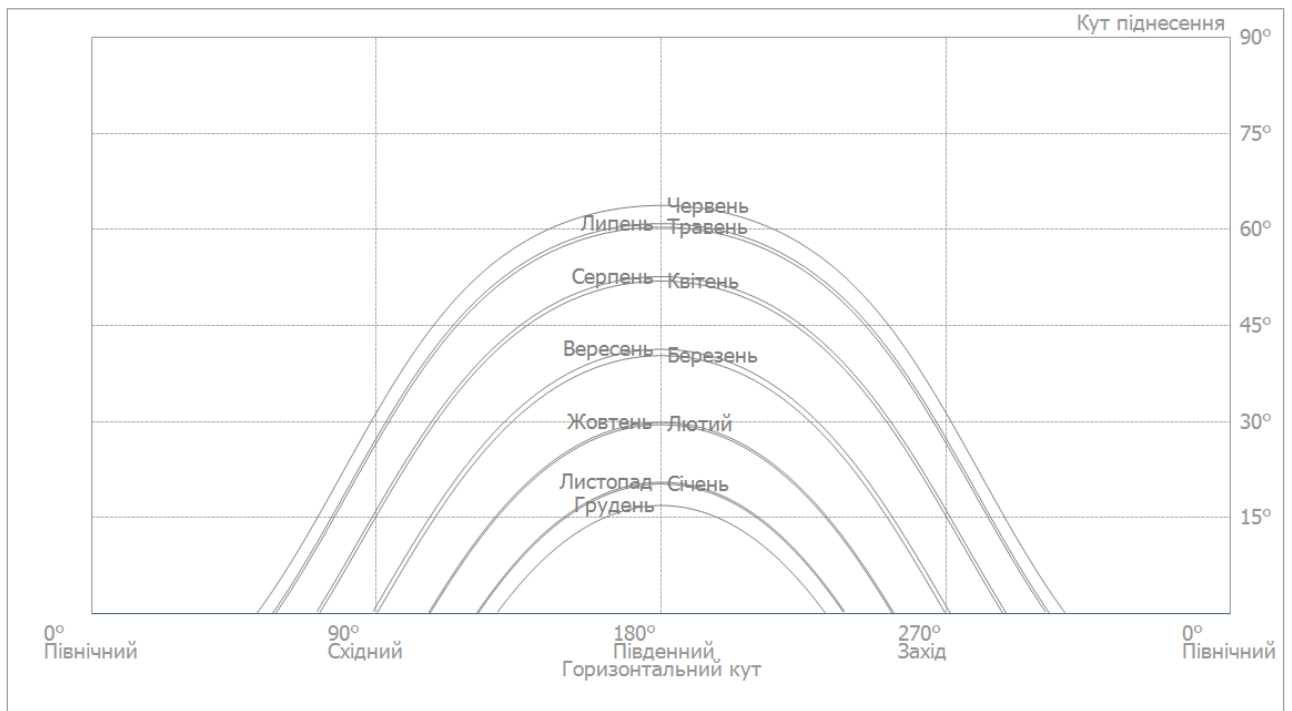


Зображення: 6. Площа фотомодуля - Пд-Сх

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

## Лінія горизонту, 3D дизайн



Зображення: Горизонт (3D дизайн)

## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### Конфігурація інвертора

#### Конфігурація 1

Площа фотомодулів	Пд_арка + 3x + Сх + Пд_осн + Пд_веранда + Пд-Сх
Інвертор 1	
Модель	SUN-6K-SG05 LP3-EU-SM2 (v1)
Виробник	Deye
Кількість	1
Коефіцієнт розміру	127.5 %
Конфігурація	MPP 1: 1 x 9 MPP 2: 1 x 8
Інвертор 2	
Модель	SUN-6K-SG05 LP3-EU-SM2 (v1)
Виробник	Deye
Кількість	1
Коефіцієнт розміру	105 %
Конфігурація	MPP 1: 1 x 8 MPP 2: 1 x 6
Інвертор 3	
Модель	SUN-6K-SG05 LP3-EU-SM2 (v1)
Виробник	Deye
Кількість	1
Коефіцієнт розміру	112.5 %
Конфігурація	MPP 1: 1 x 9 MPP 2: 1 x 6
Інвертор 4	
Модель	SUN-6K-SG05 LP3-EU-SM2 (v1)
Виробник	Deye
Кількість	1
Коефіцієнт розміру	112.5 %
Конфігурація	MPP 1: 1 x 7 MPP 2: 1 x 8

### Мережа змінного струму

#### Мережа змінного струму

Кількість фаз	3
Напруга мережі між фазою і нейтраллю	230 V
Коефіцієнт потужності переміщення (cos phi)	+/- 1

## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### Акумуляторні системи

#### Акумуляторна система - Інвертор 1

Модель	Deye SUN-6K -SG04LP3-EU + HomeHub 17.5 (v1)
Виробник	Deye
Кількість	1
Акумуляторні інвертори	
Тип з'єднання	Проміжний ланцюг з'єднання постійного струму
номінальна потужність	6 kW
Батарея	
Виробник	GS HUB GmbH
Модель	HomeHub 17.5 (v1)
Кількість	1
Енергія батареї	15.9 kWh
Тип акумулятора	Літій залізофосфат

#### Акумуляторна система - Інвертор 2

Модель	Deye SUN-6K -SG04LP3-EU + HomeHub 17.5 (v1)
Виробник	Deye
Кількість	1
Акумуляторні інвертори	
Тип з'єднання	Проміжний ланцюг з'єднання постійного струму
номінальна потужність	6 kW
Батарея	
Виробник	GS HUB GmbH
Модель	HomeHub 17.5 (v1)
Кількість	1
Енергія батареї	15.9 kWh
Тип акумулятора	Літій залізофосфат

#### Акумуляторна система - Інвертор 3

Модель	Deye SUN-6K -SG04LP3-EU + HomeHub 17.5 (v1)
Виробник	Deye
Кількість	1
Акумуляторні інвертори	
Тип з'єднання	Проміжний ланцюг з'єднання постійного струму
номінальна потужність	6 kW
Батарея	
Виробник	GS HUB GmbH
Модель	HomeHub 17.5 (v1)
Кількість	1
Енергія батареї	15.9 kWh
Тип акумулятора	Літій залізофосфат

## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### Акумуляторна система - Інвертор 4

Модель	Deye SUN-6K -SG04LP3-EU + HomeHub 17.5 (v1)
Виробник	Deye
Кількість	1
Акумуляторні інвертори	
Тип з'єднання	Проміжний ланцюг з'єднання постійного струму
номінальна потужність	6 kW
Батарея	
Виробник	GS HUB GmbH
Модель	HomeHub 17.5 (v1)
Кількість	1
Енергія батареї	15.9 kWh
Тип акумулятора	Літій залізофосфат

## Результати моделювання

### Результати Загальна система

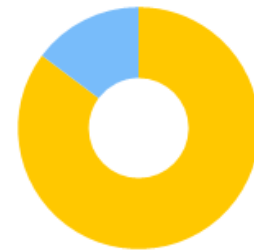
#### PV система

Потужність PV генератора	27.45 кВт*пік
Спец. Річна генерація	929.39 kWh/кВт*пік
Коефіцієнт продуктивності (КП)	72.89 %
Зниження генерації через затінення	15.5 %
Енергія PV генератора (мережа змінного струму) з акумулятором	23,321 kWh/Рік
Зниження в точці живлення	0 kWh/Рік
Уникнення викидів CO <sub>2</sub>	7,987 кг / рік

#### Прилади

Прилади	8,495 kWh/Рік
Споживання в режимі очікування (Інвертор)	24 kWh/Рік
Загальне споживання	8,519 kWh/Рік
покритий сонячною енергією з акумулятором	7,260 kWh/Рік
покритий мережею	1,259 kWh/Рік
Надлишок потужності	14,802.2 kWh
Сонячна частина покриття	273.8 %

Загальне споживання



■ покритий сонячною енергією з акумулятором  
■ покритий мережею

#### Акумуляторна система

Зарядка на початку	64 kWh
Заряд акумулятора (PV система)	6,544 kWh/Рік
Енергія батареї для покриття споживання	4,329 kWh/Рік
Розряд батареї в мережу	0 kWh/Рік
Втрати через зарядку/розрядку	2,234 kWh/Рік
Втрати в батареї	44 kWh/Рік
циклове навантаження 1	2.0 %
Термін служби 1	>20 Роки
циклове навантаження 2	2.0 %
Термін служби 2	>20 Роки
циклове навантаження 3	2.0 %
Термін служби 3	>20 Роки
циклове навантаження 4	2.1 %
Термін служби 4	>20 Роки

#### Рівень самодостатності

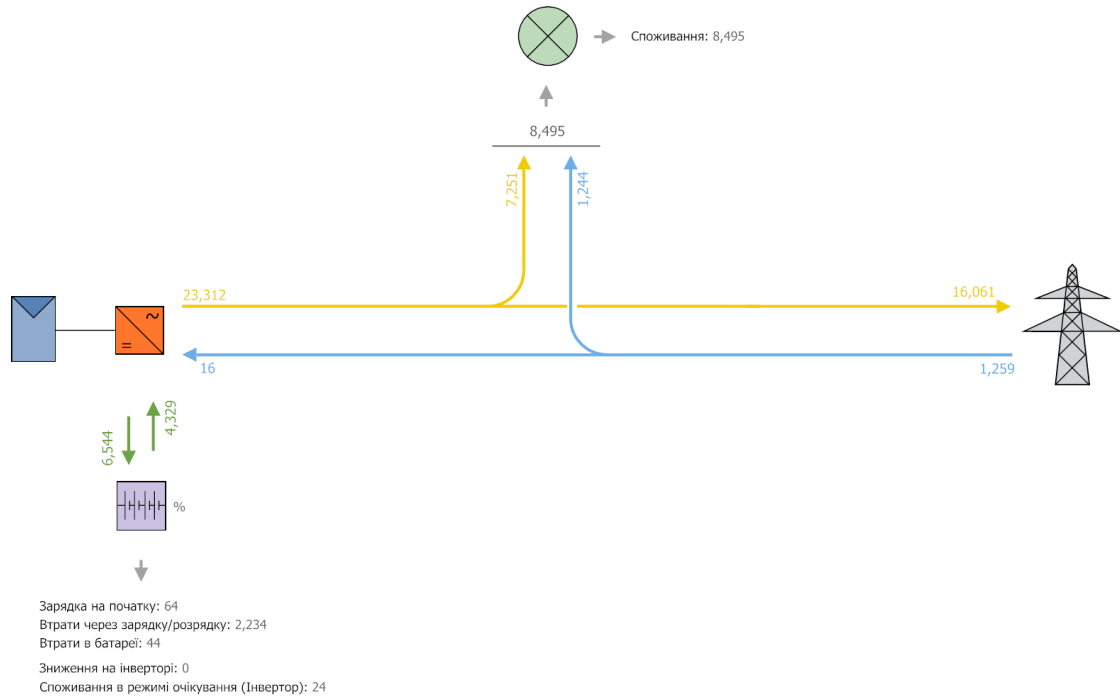
Загальне споживання	8,519 kWh/Рік
покритий мережею	1,259 kWh/Рік
Рівень самодостатності	85.2 %

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

## Графік потоку енергії

Проект: Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з впровадженням відновлювальних джерел енергії



Всі значення в кВт\*годинах  
Через округлення можуть виникнути невеликі відхилення в підсумках  
created with PV\*SOL

Зображення: Потік енергії

## Фінансовий аналіз

### Огляд

#### Дані системи

Енергія PV генератора (мережа змінного струму)	23,321 kWh/Рік
Потужність PV генератора	27.5 кВт*пік
Період оцінки (Введення)	25 Роки
Відсотки на капітал	8 %

#### Початок, тривалість і закінчення компенсації

Початок роботи системи	11/22/2025
Період компенсації	25 Роки
Закінчення компенсації	11/21/2050

#### Економічні параметри

Рентабельність активів (IRR)	17.85 %
Нараховані грошові кошти (залишок готівки)	4,682.94 \$
Період амортизації	7 Роки, 9 Місяці
Витрати на виробництво електроенергії	0.021 \$/kWh

#### Огляд платежів

Специфічні інвестиційні витрати	1,001.82 \$/кВт*пік
Інвестиційні витрати	27,500.00 \$
Одноразові виплати	100.00 \$
Вхідні субсидії	23,000.00 \$
Річні витрати	50.00 \$/Рік
Інші доходи або заощадження	0.00 \$/Рік

#### Оплата праці та заощадження

Повна оплата комунальних послуг за перший рік	0.00 \$/Рік
Економія в перший рік	849.50 \$/Рік

#### 4.32 (DTEK(Yasno))

Ватрість енергії	0.1 \$/kWh
Компенсація надлишку	0 \$/kWh
Рівень інфляції для ціни на електроенергію	2 %/Рік

## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### Грошовий потік

#### Грошовий потік

	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Рік 4	Рік 5
	11/22/2025 - 11/21/2026	11/22/2026 - 11/21/2027	11/22/2027 - 11/21/2028	11/22/2028 - 11/21/2029	11/22/2029 - 11/21/2030
Інвестиції	(\$27,500.00)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Експлуатаційні витрати	(\$46.30)	(\$43.72)	(\$41.30)	(\$39.00)	(\$36.83)
Одноразові виплати	(\$100.00)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Вхідні субсидії	\$23,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Економія електроенергії	\$786.57	\$733.62	\$684.66	\$639.35	\$597.37
<b>Річний грошовий потік</b>	<b>(\$3,859.73)</b>	<b>\$689.90</b>	<b>\$643.36</b>	<b>\$600.35</b>	<b>\$560.54</b>
Нараховані грошові кошти (залишок готівки)	(\$3,859.73)	(\$3,169.83)	(\$2,526.47)	(\$1,926.12)	(\$1,365.58)

#### Грошовий потік

	Рік 6	Рік 7	Рік 8	Рік 9	Рік 10
	11/22/2030 - 11/21/2031	11/22/2031 - 11/21/2032	11/22/2032 - 11/21/2033	11/22/2033 - 11/21/2034	11/22/2034 - 11/21/2035
Інвестиції	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Експлуатаційні витрати	(\$34.79)	(\$32.86)	(\$31.03)	(\$29.31)	(\$27.68)
Одноразові виплати	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Вхідні субсидії	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Економія електроенергії	\$558.46	\$522.36	\$488.84	\$457.69	\$428.72
<b>Річний грошовий потік</b>	<b>\$523.67</b>	<b>\$489.50</b>	<b>\$457.81</b>	<b>\$428.38</b>	<b>\$401.04</b>
Нараховані грошові кошти (залишок готівки)	(\$841.91)	(\$352.41)	\$105.40	\$533.78	\$934.82

#### Грошовий потік

	Рік 11	Рік 12	Рік 13	Рік 14	Рік 15
	11/22/2035 - 11/21/2036	11/22/2036 - 11/21/2037	11/22/2037 - 11/21/2038	11/22/2038 - 11/21/2039	11/22/2039 - 11/21/2040
Інвестиції	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Експлуатаційні витрати	(\$26.14)	(\$24.69)	(\$23.32)	(\$22.02)	(\$20.80)
Одноразові виплати	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Вхідні субсидії	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Економія електроенергії	\$401.76	\$376.65	\$353.26	\$331.44	\$311.08
<b>Річний грошовий потік</b>	<b>\$375.62</b>	<b>\$351.96</b>	<b>\$329.94</b>	<b>\$309.42</b>	<b>\$290.28</b>
Нараховані грошові кошти (залишок готівки)	\$1,310.44	\$1,662.40	\$1,992.34	\$2,301.76	\$2,592.04

#### Грошовий потік

	Рік 16	Рік 17	Рік 18	Рік 19	Рік 20
	11/22/2040 - 11/21/2041	11/22/2041 - 11/21/2042	11/22/2042 - 11/21/2043	11/22/2043 - 11/21/2044	11/22/2044 - 11/21/2045
Інвестиції	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Експлуатаційні витрати	(\$19.64)	(\$18.55)	(\$17.52)	(\$16.55)	(\$15.63)
Одноразові виплати	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Вхідні субсидії	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Економія електроенергії	\$292.07	\$274.32	\$257.72	\$242.20	\$227.68
<b>Річний грошовий потік</b>	<b>\$272.43</b>	<b>\$255.77</b>	<b>\$240.20</b>	<b>\$225.65</b>	<b>\$212.05</b>
Нараховані грошові кошти (залишок готівки)	\$2,864.47	\$3,120.24	\$3,360.44	\$3,586.09	\$3,798.14

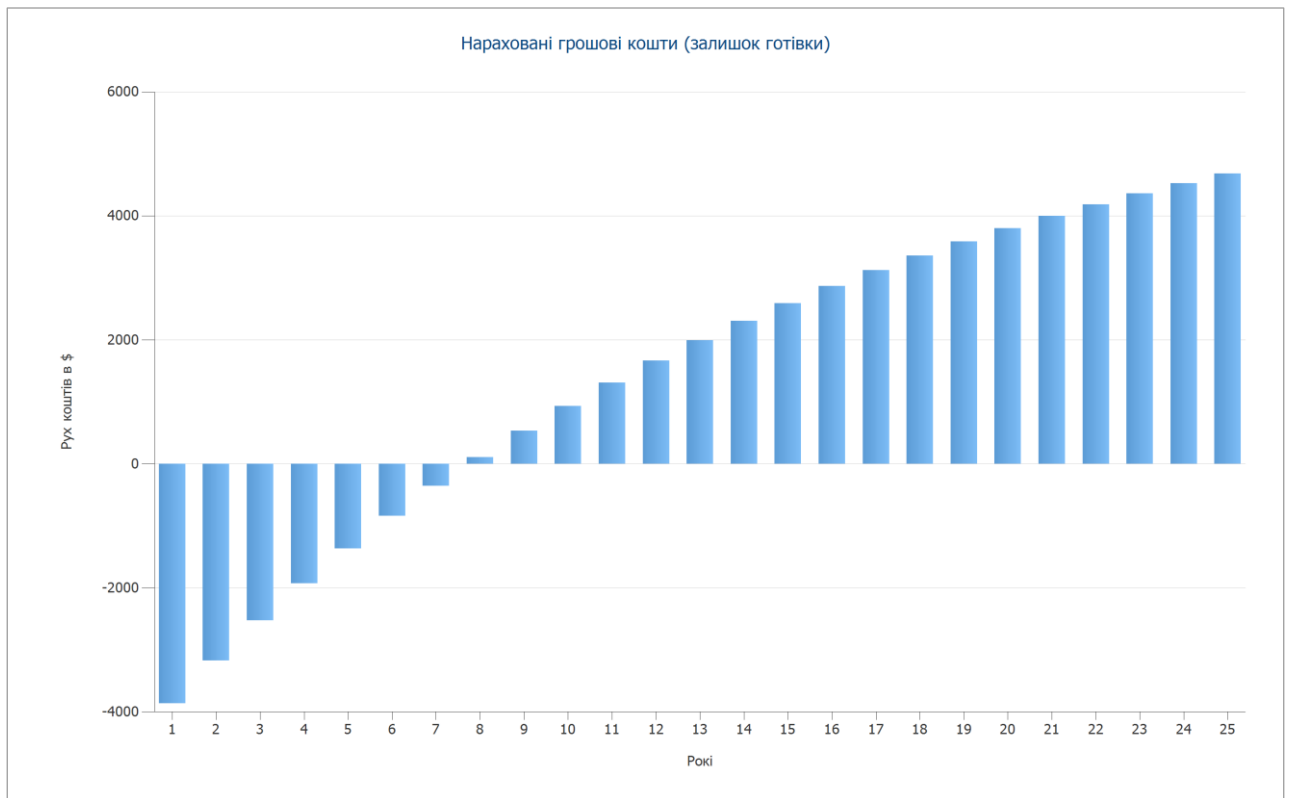
## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### Грошовий потік

	Рік 21	Рік 22	Рік 23	Рік 24	Рік 25
	11/22/2045 - 11/21/2046	11/22/2046 - 11/21/2047	11/22/2047 - 11/21/2048	11/22/2048 - 11/21/2049	11/22/2049 - 11/21/2050
Інвестиції	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Експлуатаційні витрати	(\$14.76)	(\$13.94)	(\$13.17)	(\$12.43)	(\$11.74)
Одноразові виплати	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Вхідні субсидії	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Економія електроенергії	\$214.08	\$201.35	\$189.42	\$178.24	\$167.75
<b>Річний грошовий потік</b>	<b>\$199.32</b>	<b>\$187.41</b>	<b>\$176.25</b>	<b>\$165.81</b>	<b>\$156.01</b>
Нараховані грошові кошти (залишок готівки)	\$3,997.46	\$4,184.87	\$4,361.12	\$4,526.93	\$4,682.94

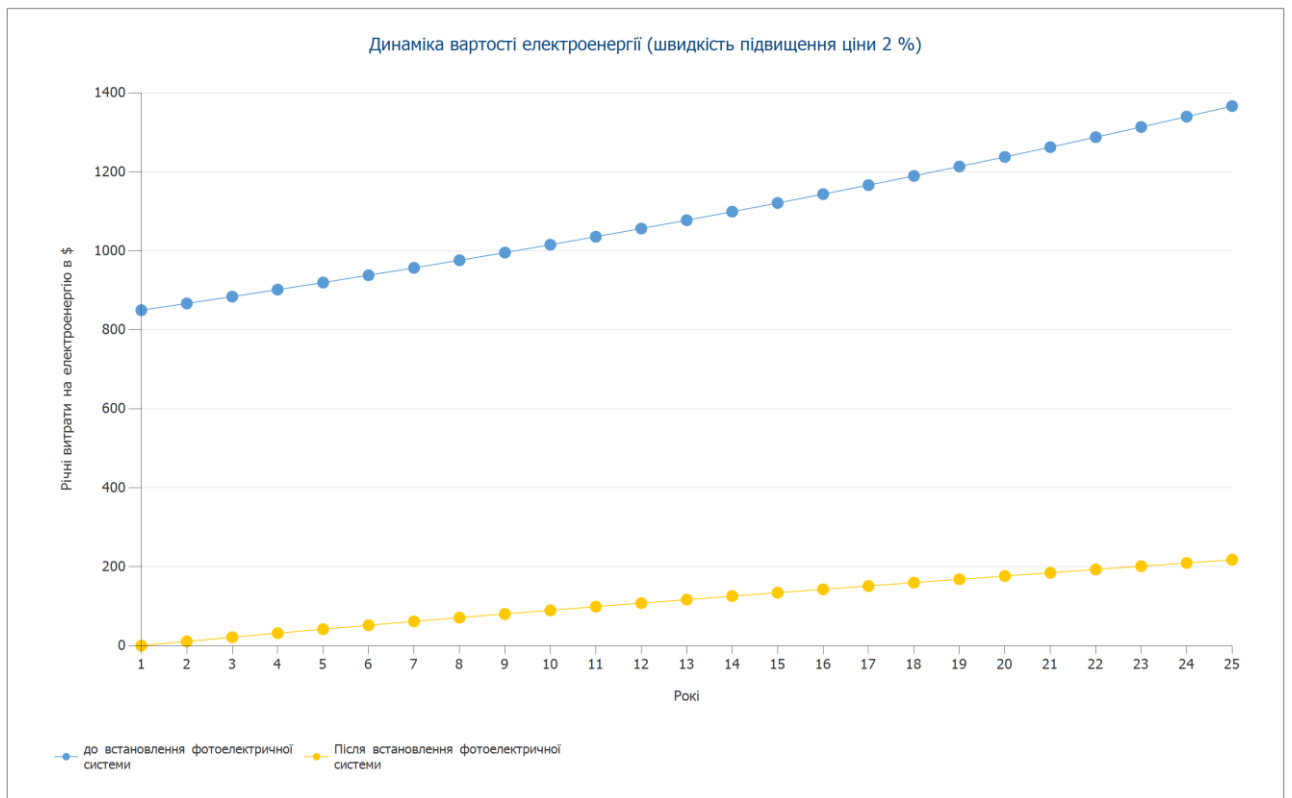
Показники деградації та інфляції що застосовуються щомісячно протягом усього періоду спостереження. Це робиться в перший рік.



Зображення: Нараховані грошові кошти (залишок готівки)

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Динаміка вартості електроенергії (швидкість підвищення ціни 2 %)

## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

---

## Рахунок енергопостачання

Рахунок енергопостачання

## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

Довідка	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
Споживання	748.62	758.76	748.39	758.76	764.80	498.97
Виробництво енергії	483.49	785.97	1645.77	2579.21	3454.33	3716.35
Виробництво енергії (вкл. Деградація модуля)	482.96	784.25	1640.38	2567.99	3435.59	3692.21
Баланс	265.66	-25.49	-891.99	-1809.23	-2670.78	-3193.24
Економія	748.62	758.76	748.39	758.76	764.80	498.97

Значення в кВт\*год

Витрати без встановленої СЕС	74.86	75.88	74.84	75.88	76.48	49.90
Витрати з встановленою СЕС	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Економія витрат	74.86	75.88	74.84	75.88	76.48	49.90

Значення в \$

Довідка	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Споживання	825.17	461.31	511.96	794.31	830.14	793.80
Виробництво енергії	3674.49	3041.86	1968.44	1089.18	504.60	353.46
Виробництво енергії (вкл. Деградація модуля)	3646.72	3015.65	1949.41	1077.51	498.67	348.94
Баланс	-2821.54	-2554.34	-1437.45	-283.20	331.47	444.86
Економія	825.17	461.31	511.96	794.31	830.14	793.80

Значення в кВт\*год

Витрати без встановленої СЕС	82.52	46.13	51.20	79.43	83.01	79.38
Витрати з встановленою СЕС	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Економія витрат	82.52	46.13	51.20	79.43	83.01	79.38

Значення в \$

Довідка	Загальний
Споживання	8495.00
Виробництво енергії	23297.19
Виробництво енергії (вкл. Деградація модуля)	23140.28
Баланс	-14645.28
Економія	8495.00

Значення в кВт\*год

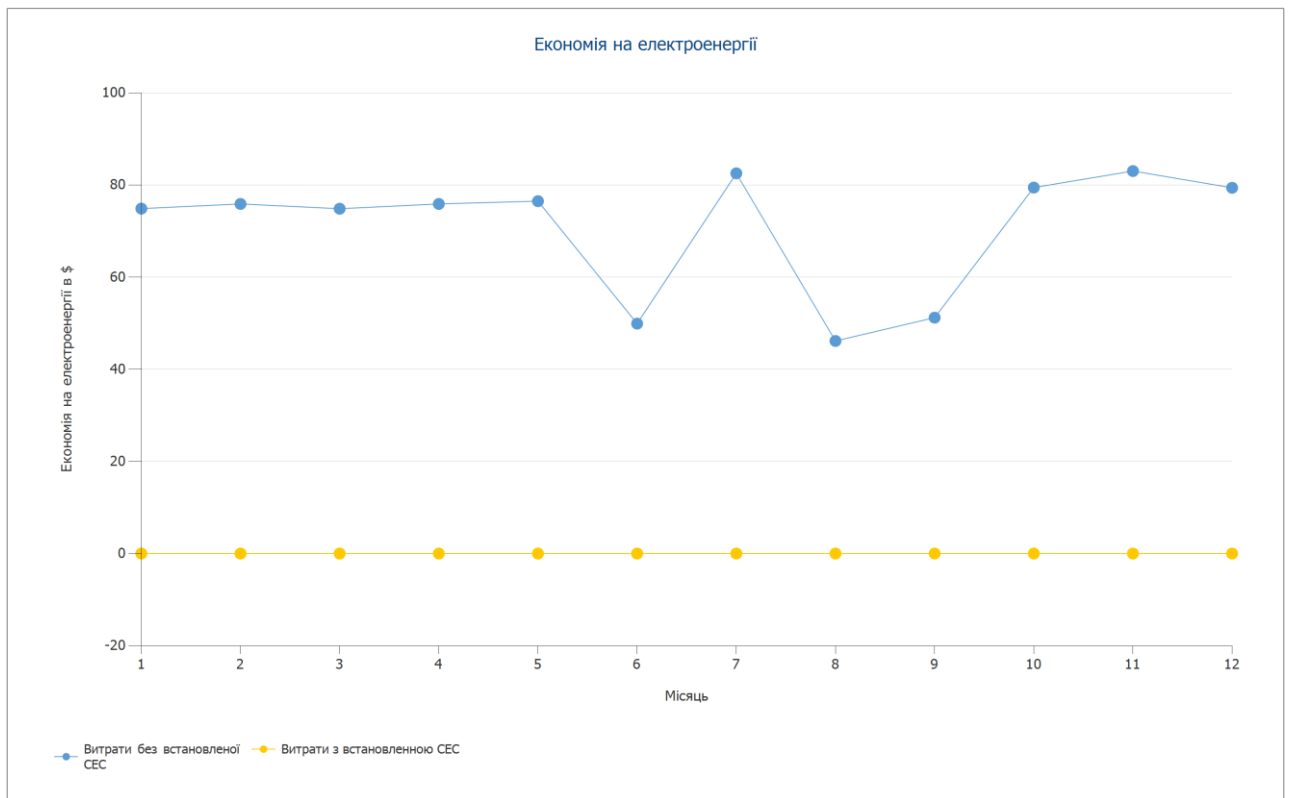
Витрати без встановленої СЕС	849.50
Витрати з встановленою СЕС	0.00
Економія витрат	849.50

Значення в \$

Показники деградації та інфляції що застосовуються щомісячно протягом усього періоду спостереження. \Це робиться в перший рік.

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

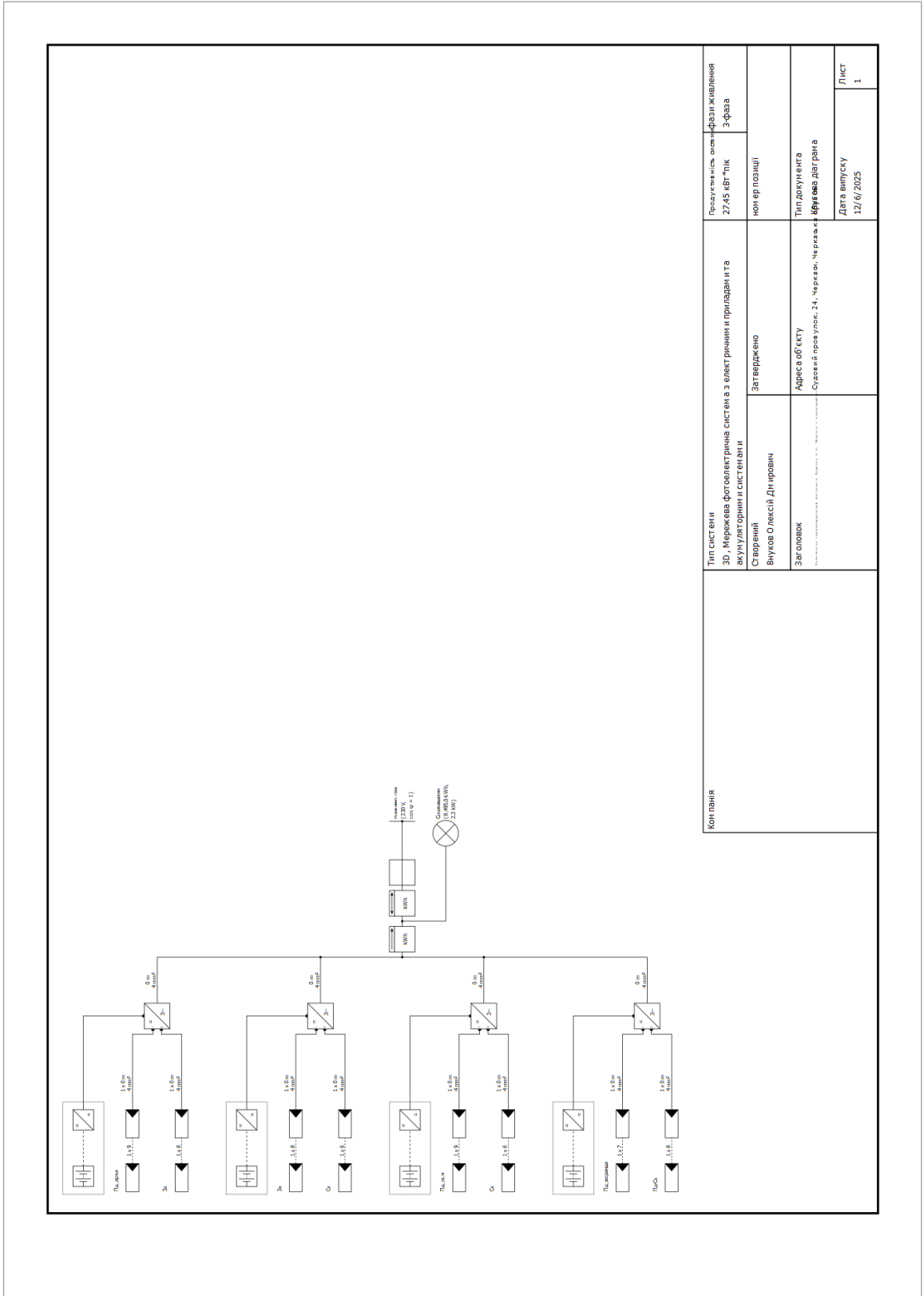
Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Економія на електроенергії

# Плани та список деталей

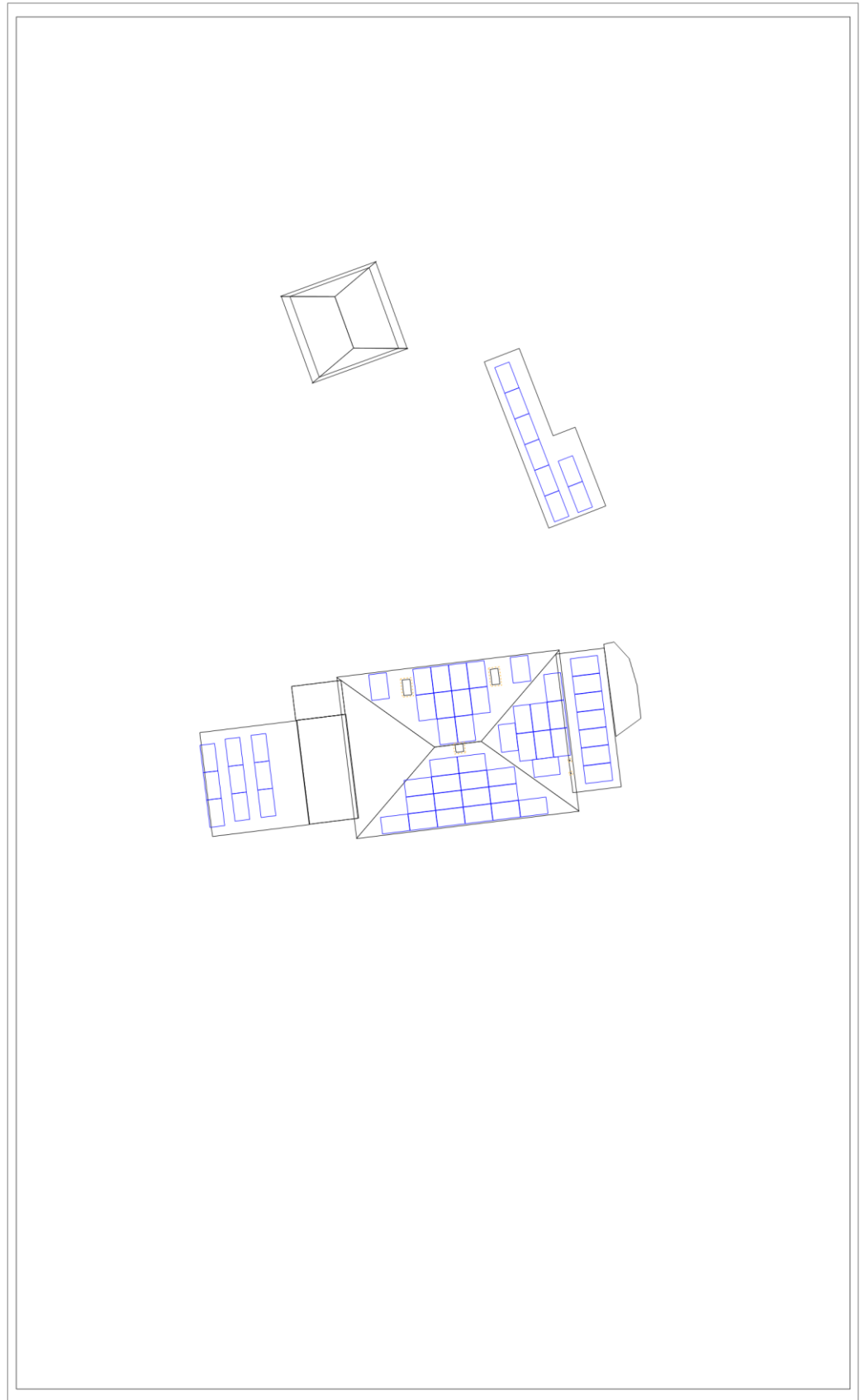
## Кругова діаграма



Компанія	Тип системи	Продуктивність системи
	ЗД, мережева фотоелектрична система з електричними приладами та акумуляторними системами	27,45 кВт*год 3-фазна
Створений	Заг тверджено	ном ер позиці
Вулиця Олексія Дніпрова	Адреса об'єкту	Тип документа
Заповнок	Судовий провулок, 24, Черкаси, Черкаська область	Кругова діаграма
	Дата випуску	Лист
	12/6/2025	1

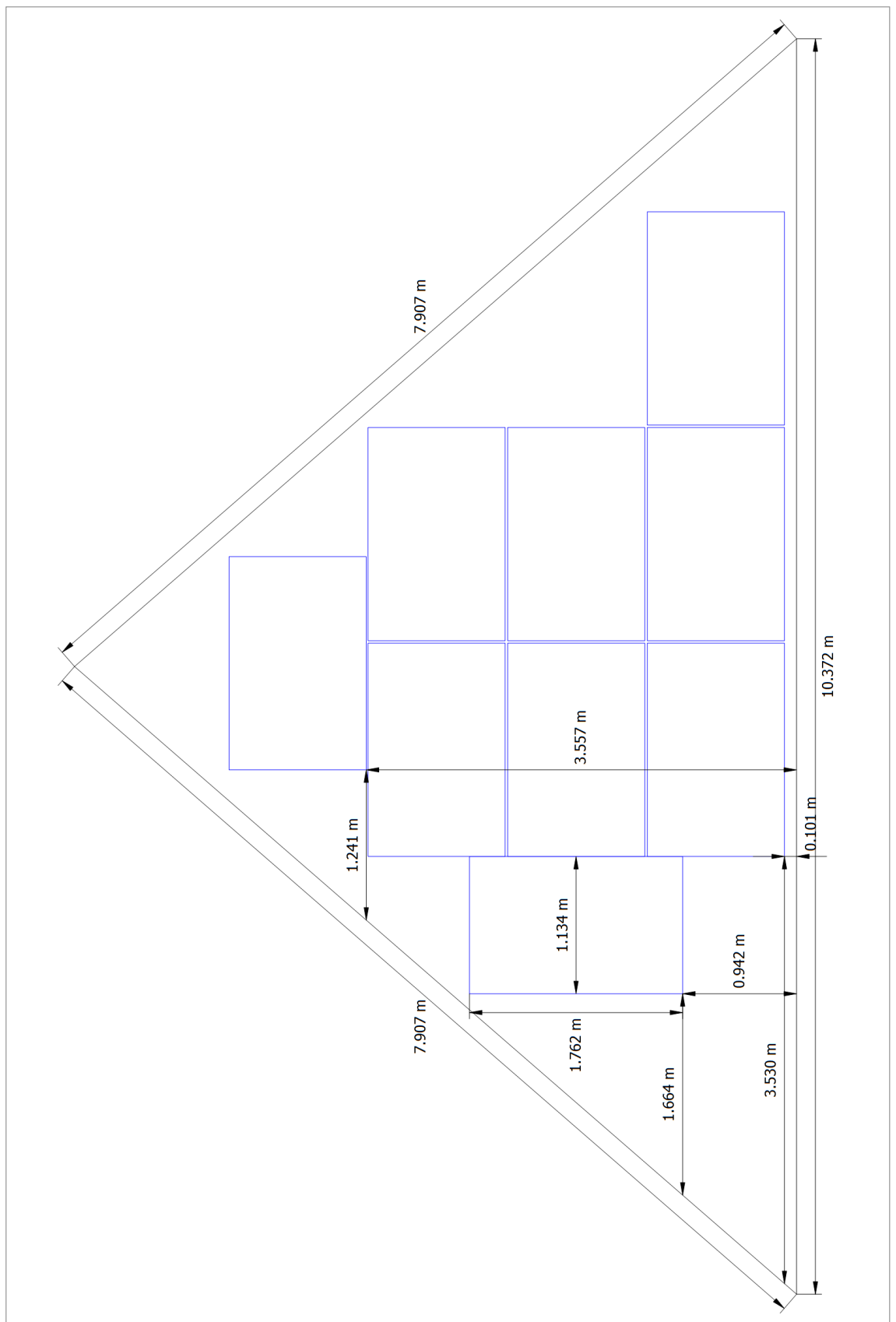
Зображення: Кругова діаграма

## Оглядовий план



Зображення: Оглядовий план

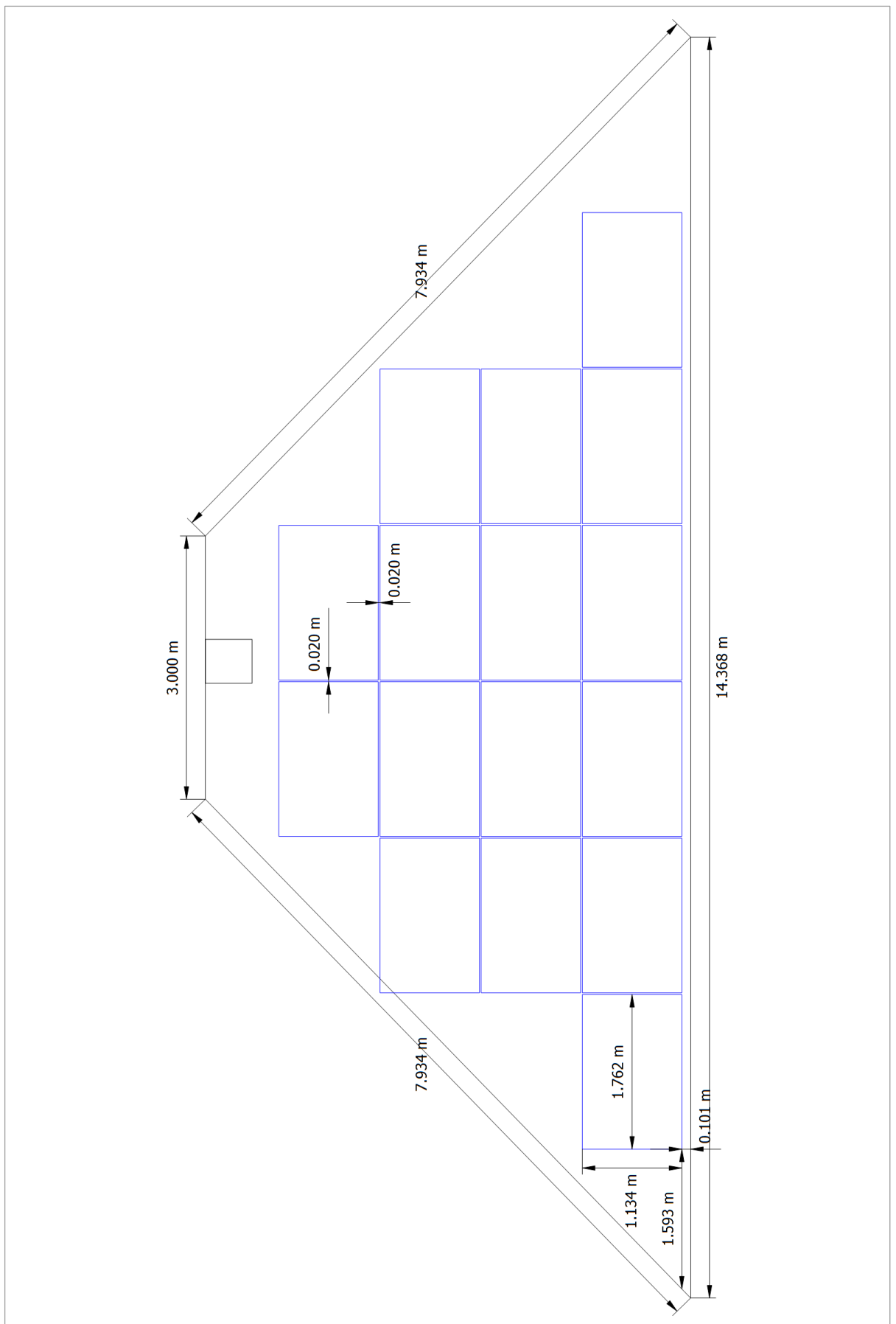
## План розмірів



Зображення: Building 01 - Roof Area South

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

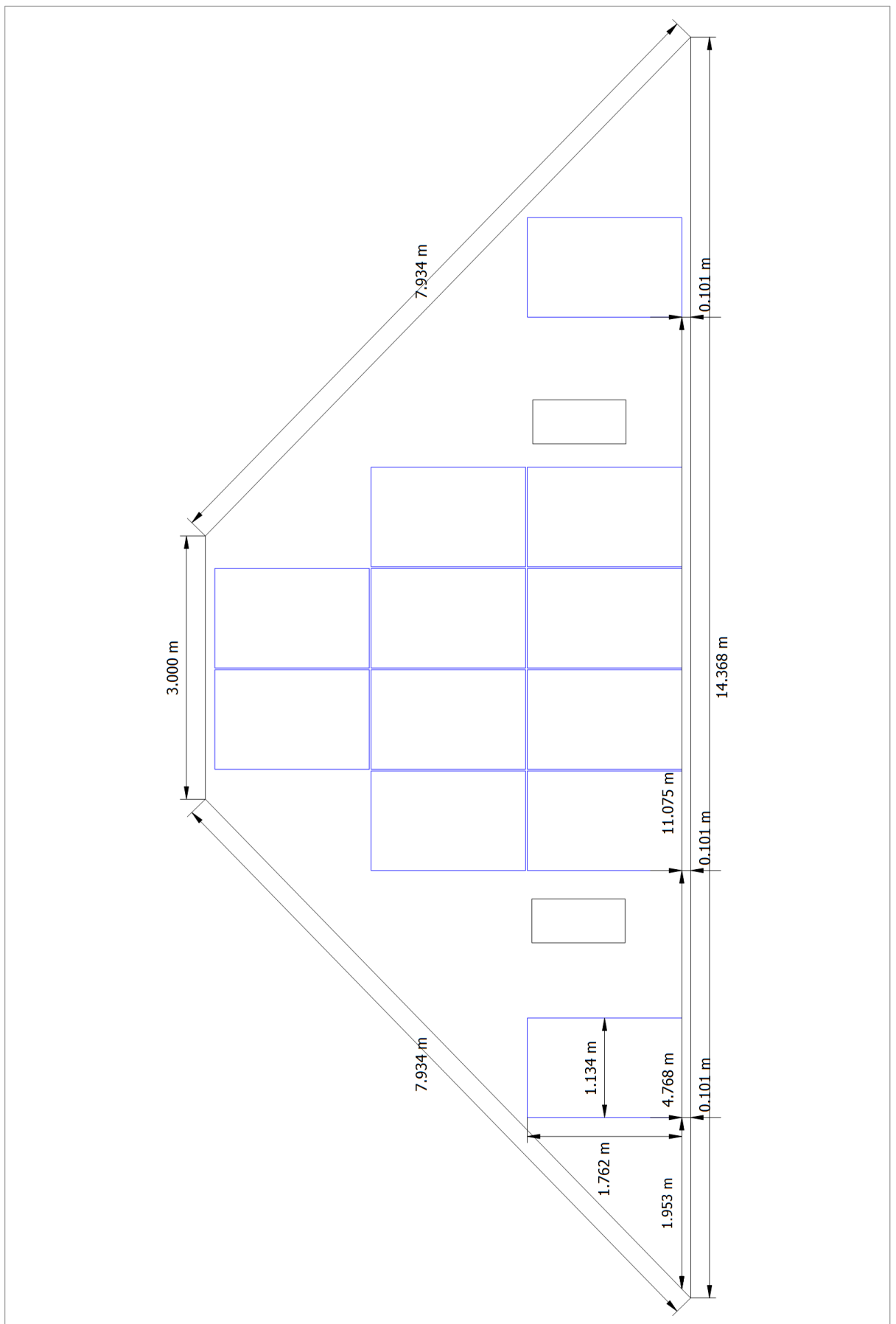
Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Building 01 - Roof Area West

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

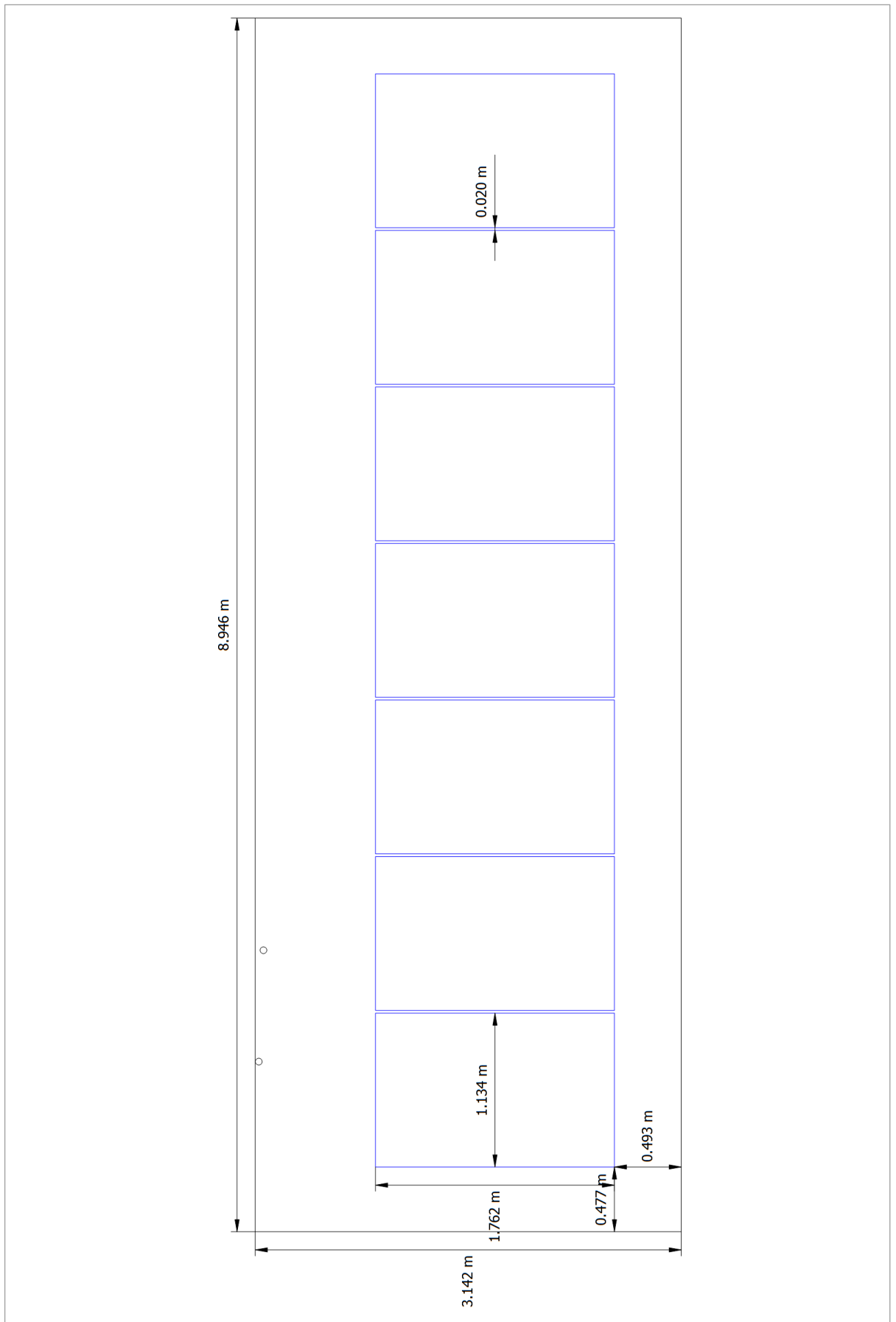
Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Building 01 - Roof Area East

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси 3

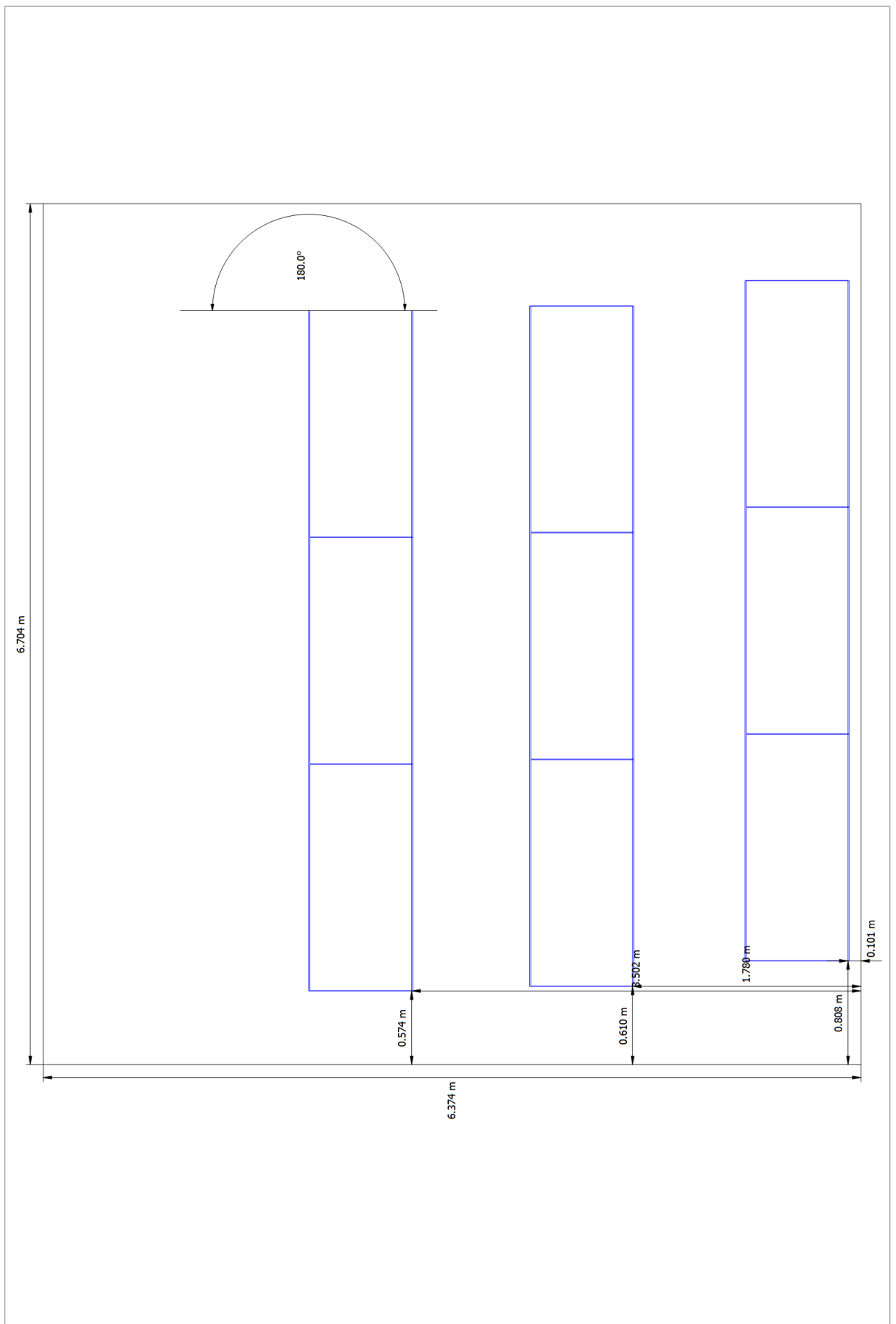
Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Building 02 - Roof Area South

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси 3

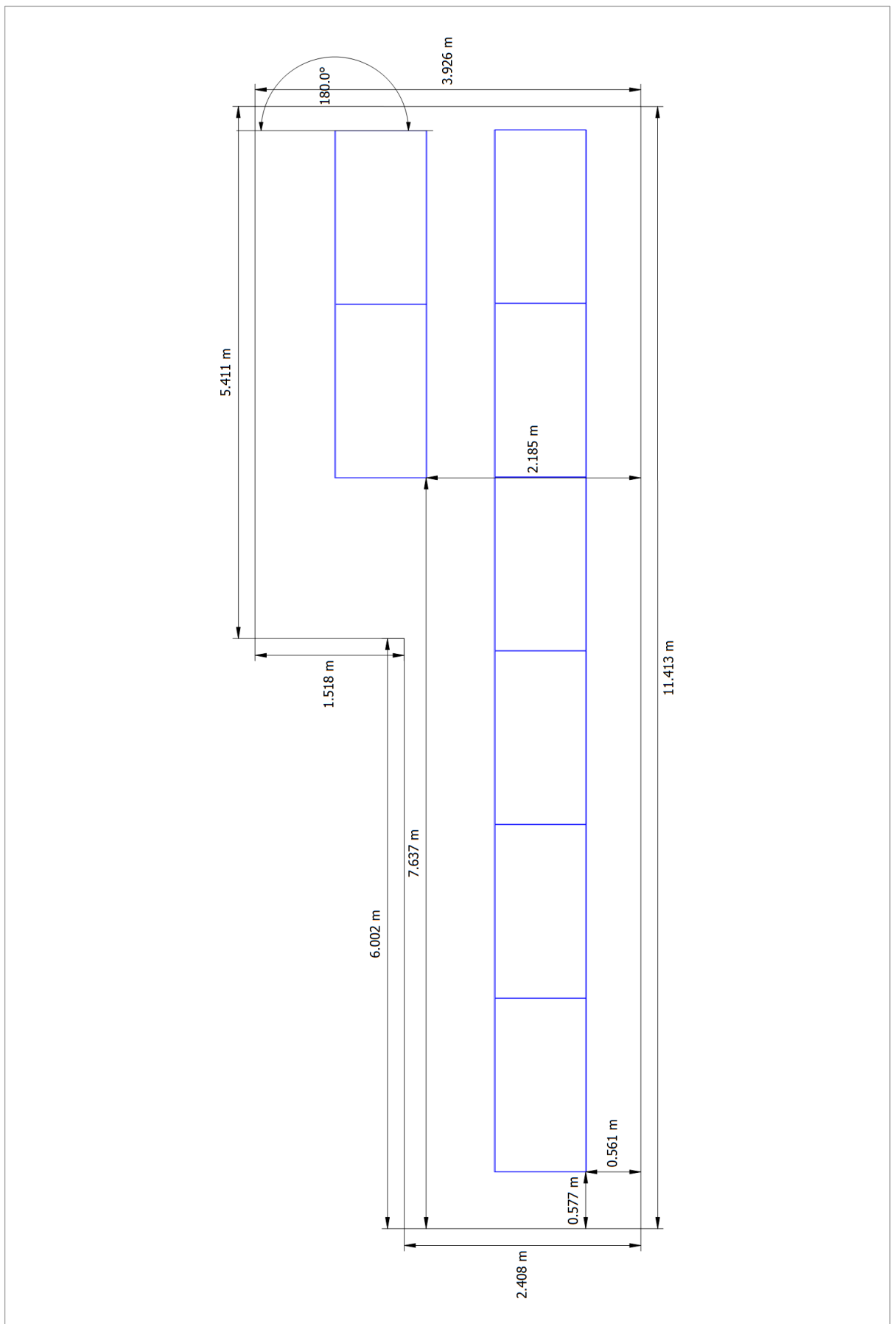
Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Building 06 - Roof Area North

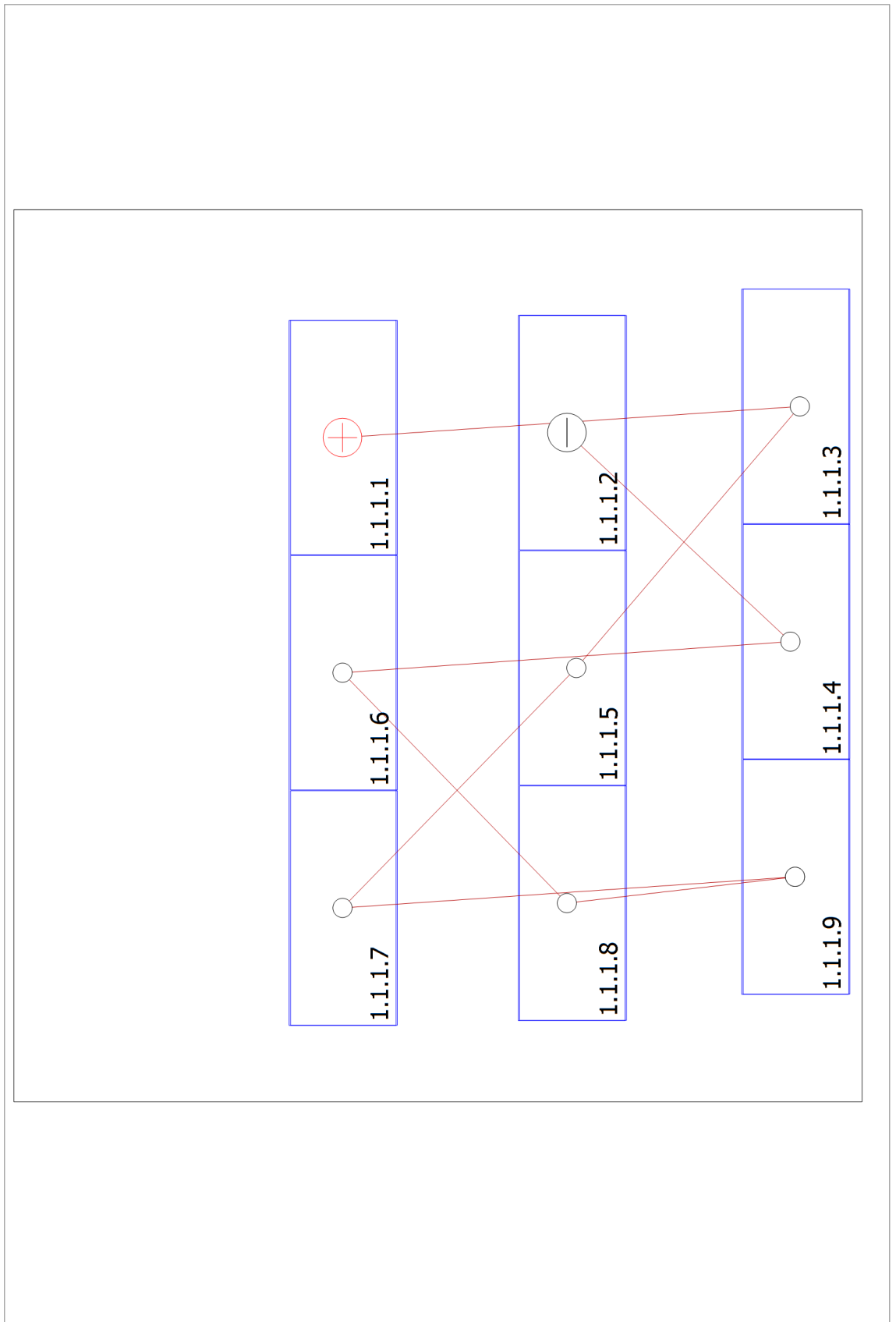
# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Arbitrary Building 07 - Mounting Surface North

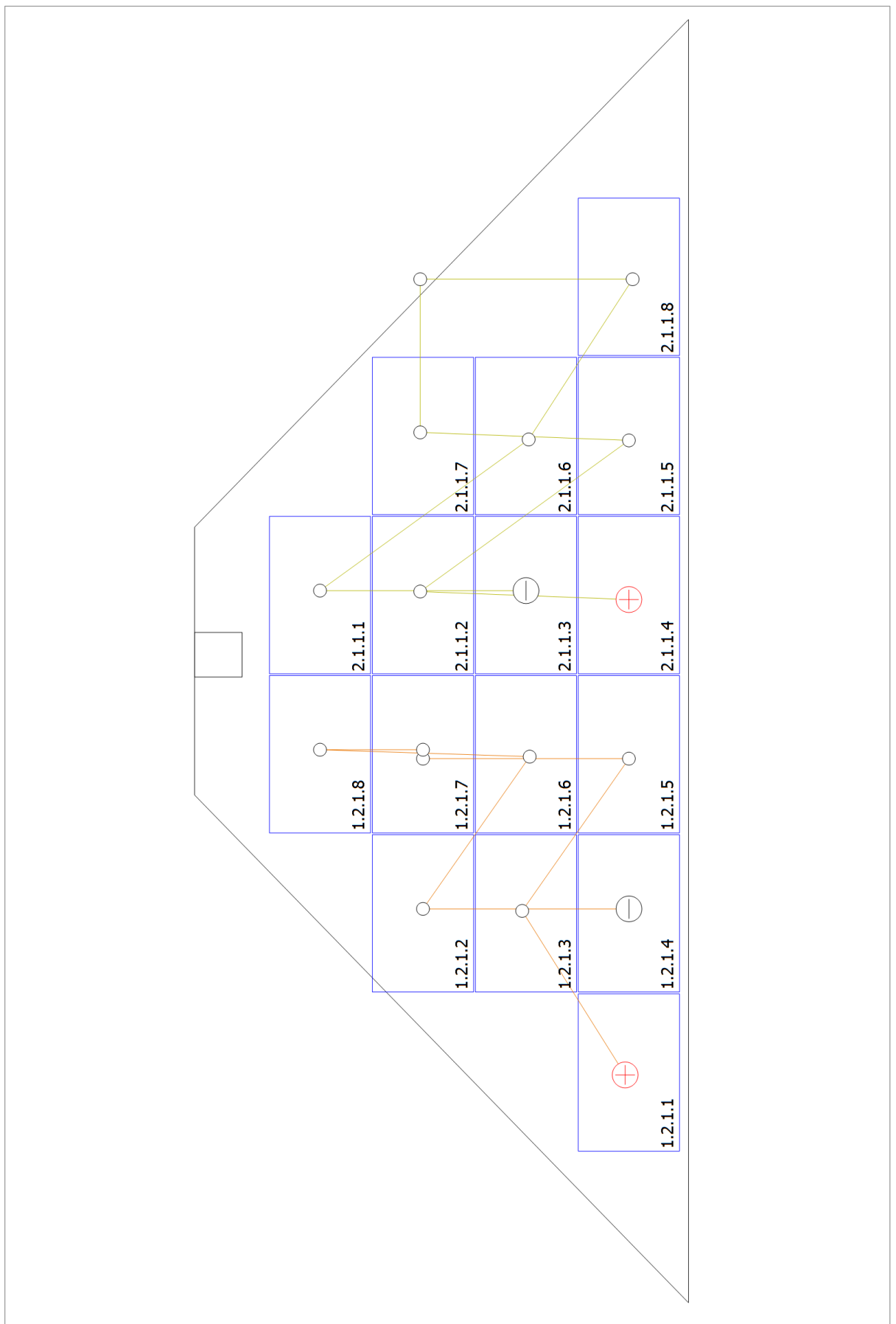
## План стрінгів



Зображення: Building 06 - Roof Area North

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

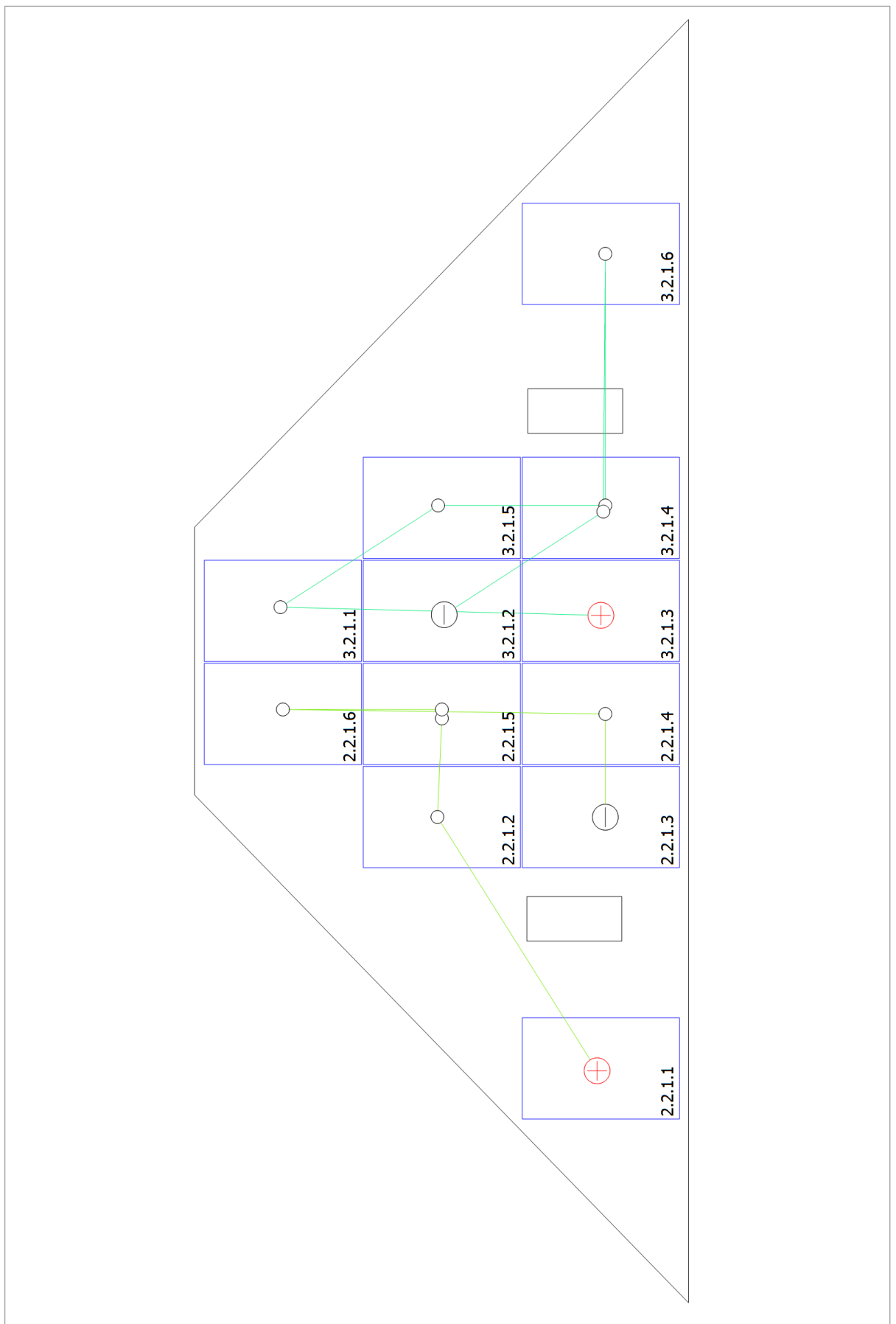
Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Building 01 - Roof Area West

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

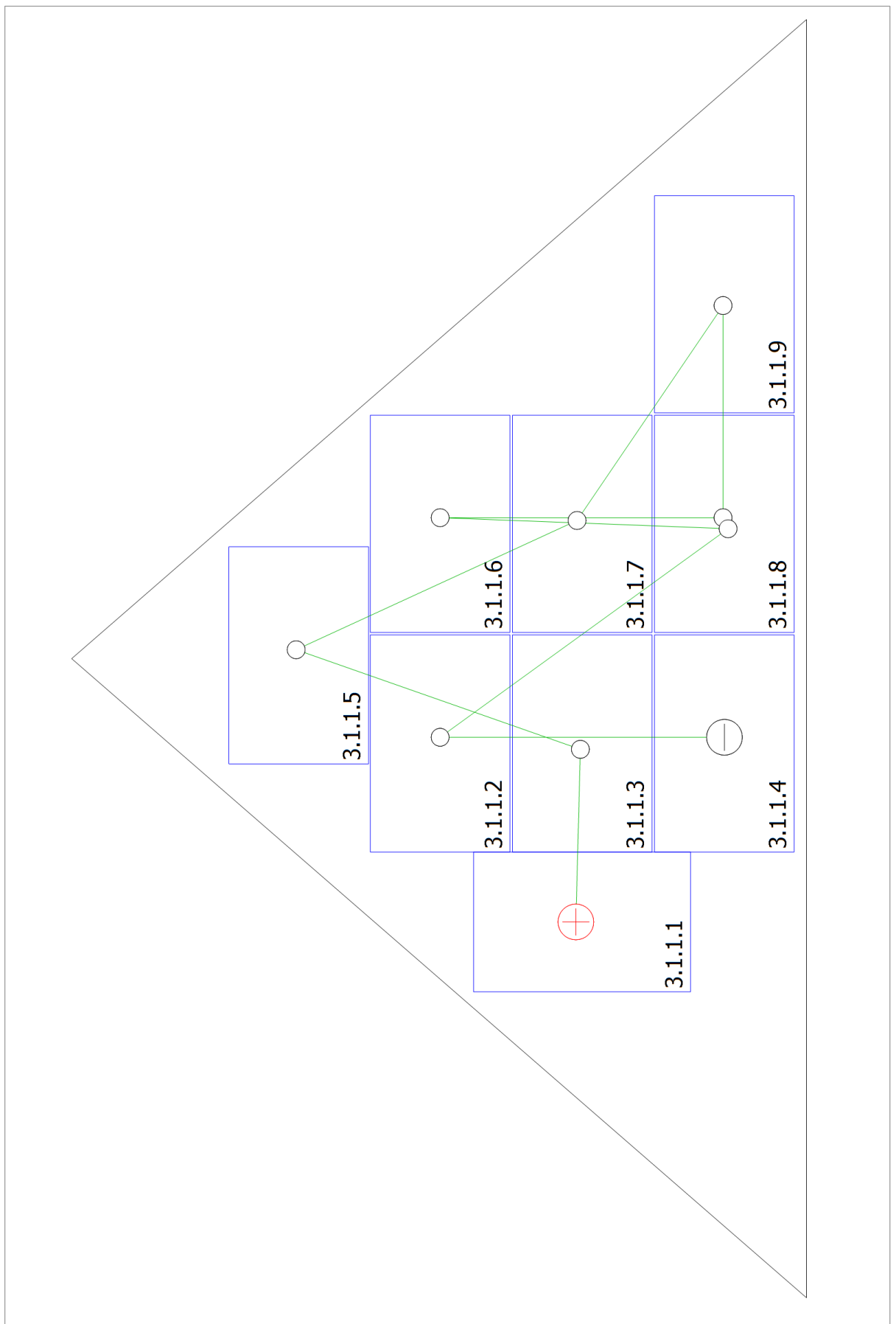
Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Building 01 - Roof Area East

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

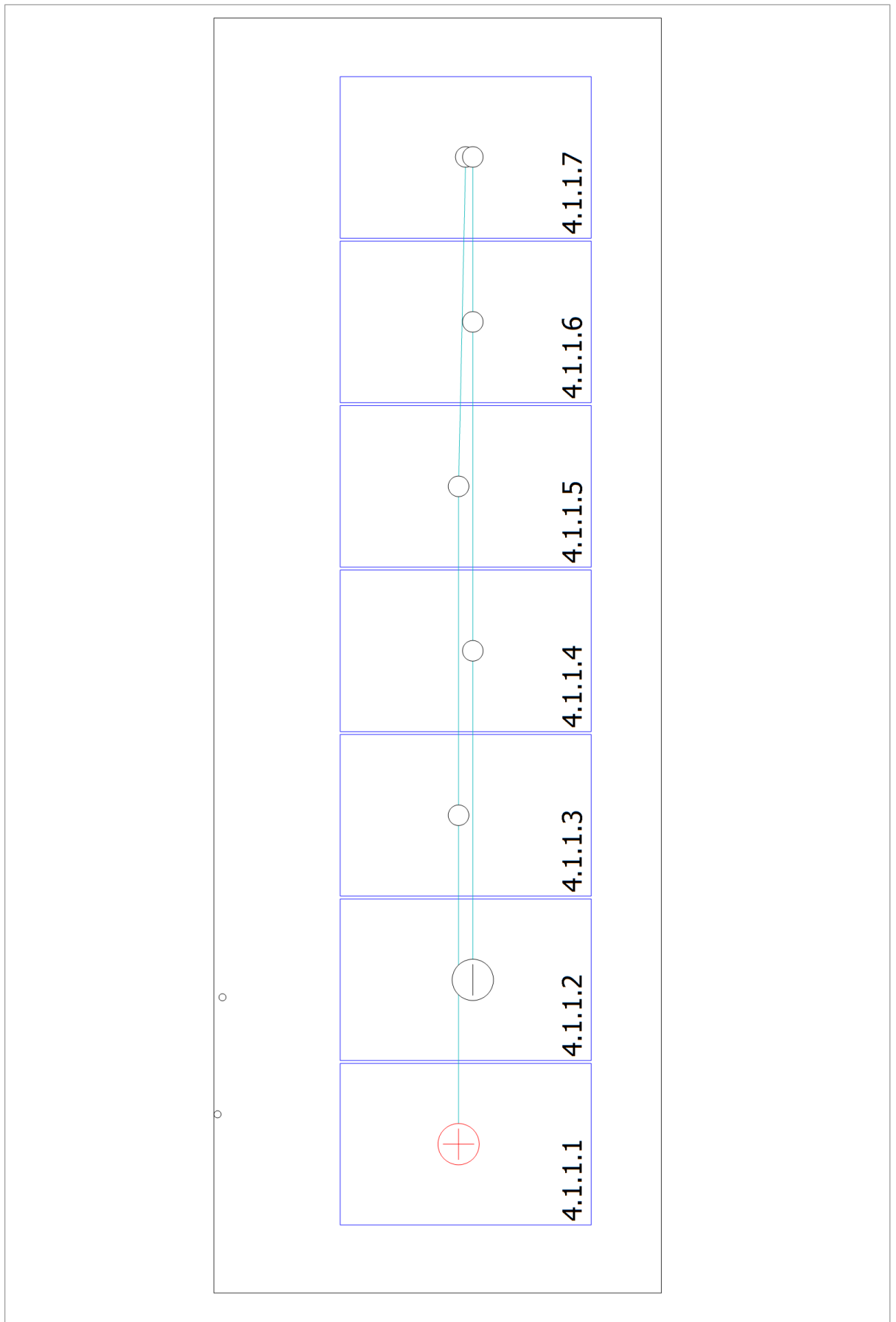
Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Building 01 - Roof Area South

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

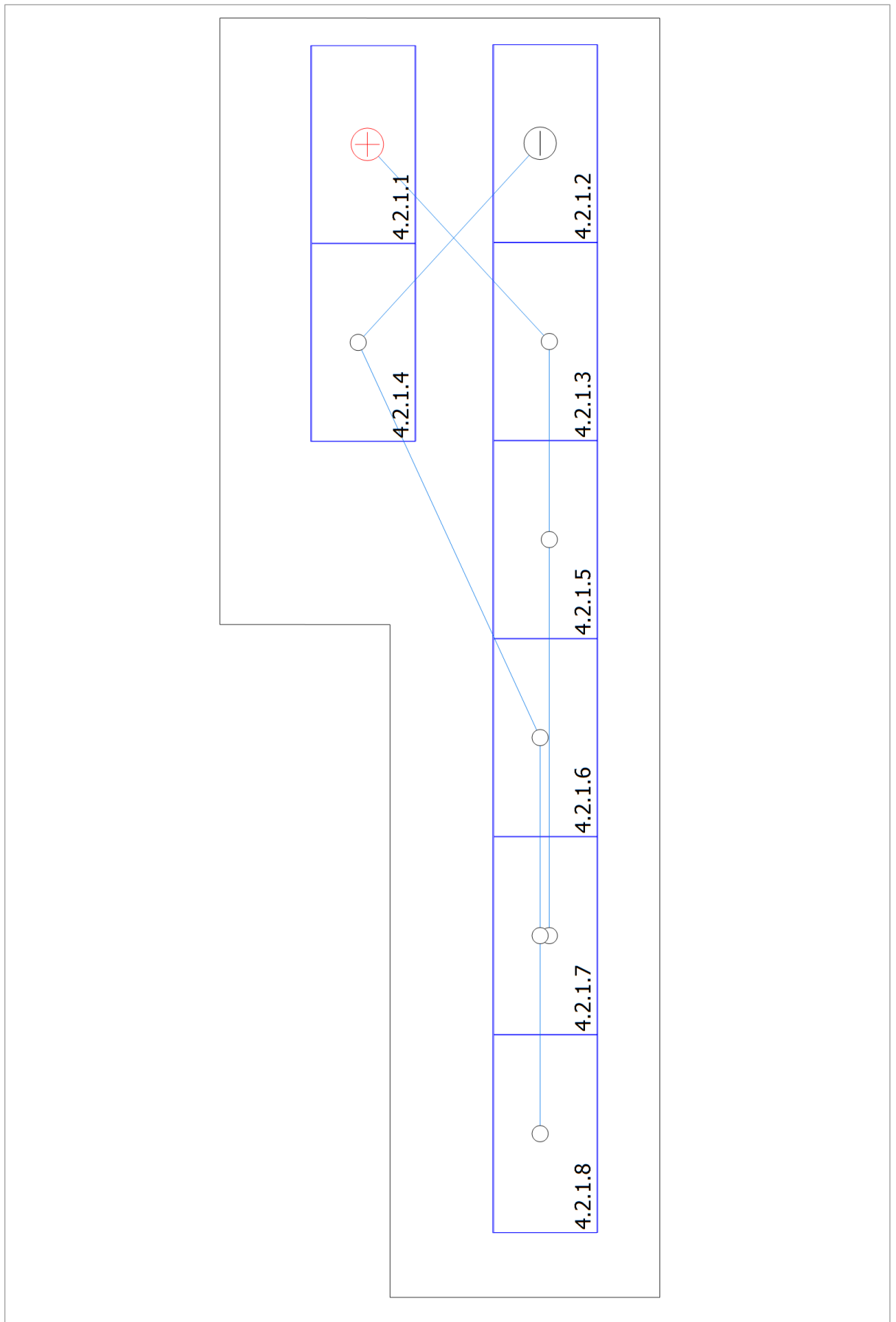
Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Building 02 - Roof Area South

# Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02



Зображення: Arbitrary Building 07 - Mounting Surface North

## Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з

Номер пропозиції: МД 25 144 02 02

### Список запчастин

#### Список запчастин

#	Тип	Номер позиції	Виробник	Ім'я	Кількість	Модуль
1	Фотомодуль		JA Solar Holdings Co., Ltd.	JAM54D40-450/LB	61	шт
2	Інвертор		Deye	SUN-6K-SG05 LP3-EU- 4 SM2		шт
3	Акумуляторна система		Deye	Deye SUN-6K - SG04LP3-EU + HomeHub 17.5	1	шт
4	Акумуляторна система		Deye	Deye SUN-6K - SG04LP3-EU + HomeHub 17.5	1	шт
5	Акумуляторна система		Deye	Deye SUN-6K - SG04LP3-EU + HomeHub 17.5	1	шт
6	Акумуляторна система		Deye	Deye SUN-6K - SG04LP3-EU + HomeHub 17.5	1	шт
7	Компоненти			лічильник живлення	1	шт
8	Компоненти			Двонаправлений лічильник	1	шт
9	Компоненти			Підключення будинку	1	шт

## ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на магістерську дисертацію	2	
2	A4	МД 25 144 21 02 ПЗ	Пояснювальна записка	100	
3	A4		Додатки	40	
4	A1	МД 25 144 21 02 001 ГП	Генеральний план дослідження об'єкту	1	
5	A1	МД 25 144 21 02 002 АР	План приміщень будинку	1	
6	A1	МД 25 144 21 02 003 ТМ МД 25 144 21 02 004 ТМ	Схеми системи опалення. Розташування обладнання теплової системи будинку	2	
7	A1	МД 25 144 21 02 005 ЕТР МД 25 144 21 02 006 ЕТР	Схеми однолінійні електричні. Розташування обладнання СЕС	2	

					<i>МД 25 144 21 02 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Внуков О.Д.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Виноградов-Салтиков</i>					141	141
<i>Т. Контр.</i>	<i>Яценко О.І.</i>				<i>НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ННІ ІАТЕ, каф. ТАЕ, ТЕ-41мп</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Суходуд І.О.</i>						
<i>Затвер.</i>	<i>Пешко В.А.</i>						
					<i>Комплексна термомодернізація житлового будинку в м. Черкаси з впровадженням поновлювальних джерел енергії. Пояснювальна записка</i>		