

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Використання енергоефективної покрівлі з фотоелектричних панелей при будівництві малоповерхових житлових будинків

Виконав: студент 2-го курсу, групи Б-23мз
за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»

Грищук М. О. _____
(підпис, ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц.

Блащук Н. В. _____
(науковий ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

« ____ » _____ 2025 р.

Опонент

_____ Н. М. Слободан
(науковий ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту
Завідувал кафедри БМГА
к.т.н., доц. Швець В. В.
_____ (підпис, ініціали та прізвище)



Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури
Рівень вищої освіти магістр
Код спеціальності 19 Архітектура та будівництво
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
Кваліфікаційна програма Промислове та цивільне будівництво



ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Гришук Максим Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Використання енергоефективної покрівлі з фотоелектричних панелей при будівництві малоповерхових житлових будинків
керівник роботи Блащук Н.В., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 20 " 03 2025 року № 96

2. Строк подання студентом роботи 24.05.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту проектування, результати інженерно-геологічних вишукувань. Передбачається проектування індивідуального двоповерхового житлового будинку. Основні вертикальні несучі конструкції будівлі - несучі стіни. Фундаменти стрічкові мілкого закладання. Перекриття будівлі - збірні багатолустрові залізобетонні плити. Покрівля скатна по дерев'яній кроквяній системі.

4. Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ (актуальність та аксіома наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і завдання, практична значимість, методи досліджень, апробація, публікації)

Науково-дослідна частина (Огляд літературних джерел. Аналітичне дослідження вживаності інтеграції фотоелектричних систем в конструкції малоповерхових будівель. Дослідження ефективності генерації електроенергії фотоелектричними елементами при різному конструктивному рішенні щодо їх розташування та в різні періоди року. Виявлення технологічних особливостей при їх встановленні. Аналіз одержаних результатів, виявлення найбільш впливових чинників на генерацію енергії в залежності від факторів, що розглядались. Розробка рекомендацій щодо проектування малоповерхових житлових будівель з фотоелектричними системами.

Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту (розрахунок планувальних показників генплану, специфікації на вікна та двері заповнення, експлікація підлоги, електротехнічний розрахунок).

Технологія будівельного виробництва (розробка технологічної карти на встановлення покрівлі з фотоелектричними системами з використанням результатів досліджень)

4. Економічна частина (визначення економічного ефекту від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкта)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Науково-дослідні розділи – 5-8 арк. (плакати, що ілюструють результати дослідної роботи)
 2. Архітектурно-будівельні рішення – 2-3 арк. (фасад, генеральний план, план покрівлі, розріз, вузли)
 3. Основи та фундаменти – 1-2 арк. (план фундаментів, робочі креслення в плані фундаментів, геологічний розріз з розміщенням варіантів фундаментів спеціфікації)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видачі	внесено
1-3, 4	Бланчук Н. В. - доцент каф. БМГА, к.т.н.		
5 (Економіка)	Лялюк О. Г. - доцент каф. БМГА, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 14.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище
1	Складання вступу до МКР	02.01-15.01.25	
2	Науково-дослідна частина (три розділи)	02.01-14.02.25	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкта	17.02-15.03.25	
4	Основи та фундаменти	17.03-12.04.25	
5	Подання роботи на перевірку на плагіат	14.04-19.04.25	
7	Економічна частина	14.04-30.04.25	
8	Оформлення МКР	01.05-12.05.25	
9	Подання МКР на кафедру для перевірки	12.05-16.05.25	
10	Попередній захист	19.05-22.05.25	
11	Опонування	26.05-29.05.25	

Студент Гришук М. О.
Сторінка 1 з 1

Керівник роботи Бланчук Н.В.
Сторінка 1 з 1

АНОТАЦІЯ

УДК 728.1: 69.035.4: 725.3:355.58:69.059

Гришук М. О., Використання енергоефективної покрівлі з фотоелектричних панелей при будівництві малоповерхових житлових будинків. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2025. 113 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 60 назв; рис.: 8; табл. 8; арк. граф. част.: 10.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена проблемам підвищення енергоефективності житлових будівель в Україні шляхом впровадження фотоелектричних технологій, зокрема інтеграції сонячної черепиці. Актуальність теми зумовлена зростаючим енергоспоживанням, необхідністю зменшення викидів парникових газів та викликами, спричиненими порушенням енергетичної інфраструктури через воєнні дії.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан енергоефективності малоповерхових житлових будівель.

У другому розділі здійснено дослідження впливу інтеграції ФЕМ у покрівлі малоповерхових житлових будівель, визначено їхні архітектурно-планувальні параметри, конструктивні та інженерні характеристики.

Третій розділ містить узагальнення результатів проведеного аналізу зокрема розглянуто класифікації та аналізу даних, необхідних для оцінки ефективності заходів з модернізації будівель.

У четвертому розділі розглянуто архітектурно-конструктивні та інженерно-технічні рішення, спрямовані на підвищення енергоефективності малоповерхової житлової будівлі шляхом впровадження сучасних покрівельних систем з використанням сонячної енергії. Аналіз проводиться шляхом порівняння трьох варіантів: встановлення традиційних сонячних панелей (фотомодулів); інтеграція сонячної черепиці; використання сонячних панелей із можливістю зміни кута нахилу залежно від пори року.

У п'ятому розділі розглянуто технологію влаштування трьох основних варіантів сонячних покрівель: традиційні фотомодулі, сонячна черепиця та регульовані системи зі змінним кутом нахилу.

У шостому розділі виконано детальний аналіз витрат та терміну окупності трьох варіантів реалізації сонячних покрівель, розглянутих у технічній частині.

Запропоновані рішення надають комплексну оцінку стану енергоефективності житлових будівель в Україні, аналізує потенціал впровадження фотоелектричних технологій та їх економічну ефективність. Результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення державних програм підтримки енергоефективності, розробки стратегій модернізації житлового фонду та залучення інвестицій у сферу відновлюваної енергетики.

Ключові слова: енергоефективна покрівля, фотоелектричні панелі, сонячні батареї, малоповерхове будівництво, житлові будинки, відновлювані джерела енергії, енергозбереження, зелене будівництво, проектування покрівлі інтегровані фотоелектричні системи

ABSTRACT

UDC 728.1: 69.035.4: 725.3:355.58:69.059 Hryshchuk M. O., The Use of Energy-Efficient Roofing with Photovoltaic Panels in the Construction of Low-Rise Residential Buildings. Master's Thesis in Specialty 192 – "Construction and Civil Engineering." Vinnytsia: VNTU, 2025. 113 p. In Ukrainian. Bibliography: 60 titles; figures: 8; tables: 8; graphic sheets: 10.

The master's thesis addresses the problems of increasing the energy efficiency of residential buildings in Ukraine through the implementation of photovoltaic technologies, specifically the integration of solar shingles. The relevance of the topic is driven by growing energy consumption, the need to reduce greenhouse gas emissions, and the challenges caused by damage to energy infrastructure due to military actions.

The first chapter analyzes the current state of energy efficiency in low-rise residential buildings.

The second chapter investigates the impact of PV module integration into the roofs of low-rise residential buildings, defining their architectural and planning parameters, as well as structural and engineering characteristics.

The third chapter summarizes the results of the analysis, including classifications and data analysis necessary for evaluating the effectiveness of building modernization measures.

The fourth chapter examines architectural, structural, and engineering solutions aimed at improving the energy efficiency of low-rise residential buildings through the implementation of modern roofing systems using solar energy. The analysis is conducted by comparing three options: installation of traditional solar panels (photomodules); integration of solar shingles; and the use of solar panels with the ability to adjust their tilt angle depending on the season.

The fifth chapter discusses the installation technology for three main types of solar roofs: traditional PV modules, solar shingles, and adjustable systems with variable tilt angles.

The sixth chapter provides a detailed cost analysis and payback period for the three solar roof implementation options discussed in the technical section.

The proposed solutions offer a comprehensive assessment of the energy efficiency status of residential buildings in Ukraine, analyze the potential for implementing photovoltaic technologies, and evaluate their economic efficiency. The results can be used for further improvement of state programs supporting energy efficiency, development of strategies for residential building stock modernization, and attracting investments in the field of renewable energy.

Keywords: energy-efficient roofing, photovoltaic panels, solar batteries, low-rise construction, residential buildings, renewable energy sources, energy saving, green building, roof design, integrated photovoltaic systems.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ABSTRACT	3
Зміст	4
ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ	8
1.1 Енергоефективність житлових будівель в Україні	9
1.2 Європейський досвід впровадження фотоелектричних технологій	10
1.3 Законодавчі та програмні ініціативи в галузі енергоефективності.....	11
1.4 Інтеграція ВІРV (будівельно-інтегрованих фотоелектричних систем) у будівництво	12
1.5 Проблеми та виклики запровадження сонячних технологій	14
1.6 Висновки до розділу	15
2 АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПОКРІВЕЛЬ	16
2.1 Енергобаланс будівлі як складної інженерної системи	17
2.2 Експлуатаційні умови малоповерхових будівель	20
2.3 Типологія дахових конструкцій у приватному будівництві.....	23
2.4 Інновації у конструкції покрівлі: сонячна черепиця	26
2.5 Порівняння енергоефективності традиційних та ВІРV-рішень	29
2.6 Висновки до розділу	30
3. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ І ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ	32
3.1 Переваги та обмеження фотоелектричних систем	32
3.2 Порівняльна ефективність варіантів сонячного даху.....	34
3.3 Рекомендації щодо вибору типу покрівлі з урахуванням клімату, орієнтації, конструкції	37
3.4 Висновки до розділу	39
4. ТЕХНІКО-АРХІТЕКТУРНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОБ’ЄКТА.....	40
4.1 Загальна характеристика проєктованої будівлі	40

4.2	Об'ємно-планувальні та функціональні рішення	42
4.3	Архітектурно-конструктивні особливості покрівлі.....	43
4.4	Експлікація даху: конструкція та площі для PV-систем.....	44
4.5	Інженерні системи: енергоефективне опалення, вентиляція.....	45
4.6	Оцінка технічного стану та фізичного зносу	46
4.7	Оцінка фізичного зносу та технічного стану будівлі	46
4.8	Перевірочний розрахунок несучої здатності покриття будівлі.....	48
4.9	Висновки до розділу	50
5.	ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКРІВЕЛЬ	52
5.1	Загальні принципи монтажу.....	52
5.2	Організація робіт на об'єкті	52
5.3	Монтаж традиційних сонячних панелей	53
5.4	Технологія сонячної черепиці.....	55
5.5	Рішення зі змінним кутом нахилу	57
5.6	Моніторинг, обслуговування, тривалість експлуатації.....	58
5.7	Сервісне обслуговування та моніторинг	58
5.8	Висновки до розділу	58
6.	Економічне обґрунтування впровадження сонячних енергосистем.....	60
6.1	Вихідні дані для розрахунку	60
6.2	Методика розрахунку	61
6.3	Визначення економічних показників	61
6.4	Висновки за розділом	63
	Висновки	65
	Список використаних джерел	68
	ДОДАТКИ.....	74
	ДОДАТОК А – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	75
	ДОДАТОК Б – Кошторисний розрахунок	76
	ДОДАТОК В – Розрахунок ймовірного виробітку електричної енергії.	91
	ДОДАТОК Г – Відомість аркушів графічної частини	114

ВСТУП

У сучасних умовах зростаючого енергоспоживання та необхідності зниження викидів парникових газів, з метою запобігання зміні клімату та збереження здоров'я людей що призводить до деградації екосистем, питання підвищення енергоефективності житлових будівель набуває особливої важливості. В Україні більшість житлового фонду характеризується значними втратами теплової енергії [1], що призводить до високих витрат на опалення та значного навантаження на паливно енергетичний комплекс країни. Відомо, що проблема навантаження має значний вплив на стабільність країни як в економічному так і в соціальному аспекті існування країн. Цій проблемі приділяється значна увага як у нашій країні, так і за кордоном. Однак у більшості досліджень бракує комплексного підходу, оскільки енергетична безпека аналізується лише з однієї перспективи – ресурсної, технологічної, нормативної тощо. При цьому загрози енергетичній безпеці, пов'язані з бойовими діями, майже не беруться до уваги [2]. Одним із перспективних рішень, збільшення енергозберігаючого потенціалу житлової будівлі, є впровадження фотоелектричних елементів у їх конструкції, що дозволяє зменшити залежність від традиційних енергоресурсів та сприяє розвитку відновлюваної енергетики.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є аналіз сучасного стану енергоефективності житлових будівель в Україні, оцінка потенціалу впровадження фотоелектричних технологій та порівняння із практиками країн ЄС.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- 1) Дослідити сучасний стан житлового фонду України з точки зору енергоефективності;
- 2) Проаналізувати існуючі державні програми та законодавчі ініціативи щодо підвищення енергоефективності житлових будівель;
- 3) Вивчити досвід країн Європейського Союзу у впровадженні фотоелектричних систем у житлових будівлях;
- 4) Оцінити економічну доцільність та потенційні переваги використання фотоелектричних панелей в українських реаліях;

5) Запропонувати рекомендації щодо впровадження енергоефективних заходів у житловий сектор України.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є житлові будівлі України. Предметом дослідження виступають методи та технології підвищення енергоефективності, зокрема використання фотоелектричних елементів у конструкціях будівель.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи використовувалися методи аналізу та синтезу, порівняльний аналіз, методи енергетичного моделювання та економічного обґрунтування, а також аналіз нормативно-правових документів та статистичних даних.

Наукова новизна та практичне значення. Дослідження надає комплексну оцінку стану енергоефективності житлових будівель в Україні, аналізує потенціал впровадження фотоелектричних технологій та їх економічну ефективність. Результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення державних програм підтримки енергоефективності, розробки стратегій модернізації житлового фонду та залучення інвестицій у сферу відновлюваної енергетики.

Апробація результатів дослідження. За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 теза конференції. Виступ на Всеукраїнській науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (ВНТКП ВНТУ), конференція відбулася 24-27 березня 2025 року.

Публікації: Грищук М. О., Блащук Н. В. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ. Всеукраїнська науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (ВНТКП ВНТУ), м. Вінниця, 24-27 березня 2025 р. Вінниця, 2025. URL:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24561>

Структура та обсяг магістерської кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаної літератури, 3 додатки та 9 листів графічної частини. Загальний обсяг роботи становить сторінок 138, 9 рисунків, таблиць 12 та 3 додатки

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ

Підвищення енергоефективності житлових будівель є актуальним завданням як для України, так і для країн Європейського Союзу (ЄС), для розуміння практик забезпечення енергоефективності, стійкості та інновацій у цій сфері [3], що в свою чергу забезпечить сталий розвиток суспільства та підвищить соціальний добробут країни. Визначимо ключові причини гостроти питання, виходячи з інформації викладеної авторами [4], [5], [6]:

Високе енергоспоживання та залежність від імпорту енергоресурсів.

Україна має один із найвищих показників енергоспоживання на квадратний метр житлового фонду в Європі (~250 кВт·год/м² на рік), що значно перевищує рівень у країнах ЄС (наприклад, у Німеччині – ~90 кВт·год/м²) [7]. Близько 60% житлового фонду України побудовано за нормами що втратили актуальність, які не враховували сучасні вимоги до енергоефективності.

Таблиця 1. – Показник енергоспоживання на квадратний метр житлового фонду

Країна	Питоме енергоспоживання (кВт·год/м ²)
Україна	186–264
ЄС (середнє)	до 90

Економічна доцільність.

Витрати на опалення та електроенергію для українських споживачів постійно зростають, тому впровадження енергоефективних заходів (утеплення, модернізація вікон, встановлення сонячних панелей) дозволяє значно скоротити комунальні витрати. За розрахунками експертів, термомодернізація може знизити витрати на опалення до 50% [8], а використання фотоелектричних систем – ще більше скоротити залежність від централізованого енергопостачання.

Енергетична безпека та зниження навантаження на мережу.

В умовах війни та руйнування енергетичної інфраструктури, автономні джерела енергії, зокрема сонячні панелі, дозволяють домогосподарствам і житловим комплексам зменшити ризики перебоїв із електропостачанням, забезпечуючи свою домівку незалежною від впливу зовнішніх факторів.

Виконання міжнародних зобов'язань та інтеграція з ЄС.

Україна зобов'язалася до 2030 року скоротити викиди парникових газів на 65% від рівня 1990 року, що передбачає активне впровадження енергоефективних технологій. У країнах ЄС вже діють жорсткі нормативи щодо будівель із майже нульовим споживанням енергії (nZEB), що є орієнтиром для України [5].

Державна підтримка та міжнародні програми.

В Україні діють програми підтримки енергоефективності, такі як «Енергодім» від Фонду енергоефективності, кредитні програми від ЄБРР та GIZ. У ЄС існують численні грантові програми, які підтримують модернізацію житлового фонду та впровадження ВДЕ (відновлюваних джерел енергії) [9]. Отже, розвиток енергоефективності житлових будівель та інтеграція фотоелектричних технологій є не лише важливим кроком для економії ресурсів, а й стратегічним рішенням для покращення екологічної та енергетичної ситуації в Україні.

1.1 Енергоефективність житлових будівель в Україні

Розглянемо сучасний стан цього питання в Україні та за кордоном, зокрема впровадження фотоелектричних елементів у конструкції будинків.

В Україні енергоефективність житлових будівель залишається на низькому рівні порівняно з країнами ЄС. Середнє енергоспоживання на 1 кв. метр житла в Україні перевищує 300 кВт·год на рік, тоді як у Німеччині цей показник становить близько 90 кВт·год [10].

З метою підвищення енергоефективності, в Україні впроваджуються державні програми та ініціативи, спрямовані на термомодернізацію житлових будівель.

Останнім часом впровадження фотоелектричних (PV) елементів у будівельні конструкції стає все більш популярним, що зумовлено технологічним прогресом та зростаючим попитом на відновлювану енергетику. Однією з інноваційних розробок у цій сфері є BIPV (Building-Integrated Photovoltaics) — технологія, яка передбачає вбудовування сонячних панелей безпосередньо у конструктивні елементи будівель, зокрема фасади, дахи та вікна [11]. Це рішення дозволяє не лише виробляти електроенергію, а й зберігати привабливий зовнішній вигляд споруди .

Прикладом такого підходу є сонячна черепиця, яка поєднує функцію захисту покрівлі від погодних впливів із генерацією електроенергії. Такі технології дедалі активніше застосовуються у сучасному будівництві, оскільки вони сприяють підвищенню енергоефективності будівель та зменшують їх залежність від традиційних джерел енергії [12].

Подальший розвиток PV-систем відбувається завдяки впровадженню гнучких тонкоплівкових сонячних батарей, які розширюють можливості архітектурного дизайну та інтеграції сонячних модулів у різні елементи будівельних конструкцій. Це сприяє створенню не лише функціонально ефективних, а й естетично привабливих споруд.

В Україні також спостерігається зростаючий інтерес до застосування BIPV-рішень. Зокрема, досліджуються можливості інтеграції фотоелектричних модулів у будівлі задля покращення їх енергетичної ефективності та зменшення впливу на довкілля [13].

Отже, використання фотоелектричних елементів у будівельних конструкціях є перспективним напрямком, що поєднує передові технології, сучасний дизайн та екологічну сталість. Разом із тим, впровадження фотоелектричних елементів у конструкції будинків поки, що не набуло широкого розповсюдження.

1.2 Європейський досвід впровадження фотоелектричних технологій

Країни ЄС активно впроваджують політики та заходи, спрямовані на підвищення енергоефективності будівель. Зокрема, Директива ЄС про енергетичну ефективність будівель встановлює рамкові вимоги щодо скорочення викидів та енергоспоживання в будівлях різного призначення [14].

У багатьох країнах ЄС впроваджуються будівлі з близьким до нульового споживанням енергії (nZEB), які активно використовують фотоелектричні системи для забезпечення власних енергетичних потреб. Це сприяє зменшенню залежності від традиційних енергоресурсів та зниженню викидів парникових газів.

Порівняльний аналіз показує, що країни ЄС мають більш розвинені нормативні вимоги та практики щодо енергоефективності будівель, включаючи інтеграцію фотоелектричних систем. В Україні необхідно вдосконалювати

законодавчу базу, стимулювати впровадження сучасних технологій та підвищувати обізнаність населення про переваги енергоефективних рішень.

Враховуючи європейський досвід, Україна має значний потенціал для підвищення енергоефективності житлових будівель шляхом впровадження фотоелектричних елементів та інших сучасних технологій. Це сприятиме зменшенню енергоспоживання, покращенню екологічної ситуації та підвищенню комфорту проживання.

1.3 Законодавчі та програмні ініціативи в галузі енергоефективності

Законодавче регулювання енергоефективності житлових будівель в Україні є одним із пріоритетних напрямків державної політики України. Основними нормативно-правовими актами, що регулюють цю сферу, є:

- ЗУ "Про енергетичну ефективність будівель" (2017 р.) – встановлює вимоги щодо енергетичної сертифікації будівель, мінімальних стандартів енергоефективності та механізмів контролю за їх дотриманням.
- ЗУ "Про енергозбереження" – передбачає заходи стимулювання енергоефективних технологій та модернізації будівельного фонду.
- ЗУ "Про альтернативні джерела енергії" – сприяє використанню відновлюваних джерел енергії, зокрема фотоелектричних систем у житлових будівлях.
- Державні будівельні норми (ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель") – визначають мінімальні вимоги до теплоізоляції житлових і громадських будівель.

Крім того, впроваджено ряд підзаконних актів, що сприяють реалізації політики енергозбереження, таких як постанови Кабінету Міністрів та накази Міністерства розвитку громад і територій.

Державні програми підтримки енергоефективності для стимулювання підвищення енергоефективності житлових будівель в Україні реалізуються з допомогою:

— Програма "Енергодім" – ініційована Фондом енергоефективності України. Вона передбачає фінансову підтримку ОСББ на проведення заходів із термомодернізації багатоквартирних будинків.

— Програма "Теплі кредити" – державна програма компенсації витрат на утеплення житла та встановлення енергоефективного обладнання. Запроваджена у 2014 році та підтримувалася до 2021 року.

— Державний Фонд декарбонізації – запланований до запуску механізм фінансової підтримки заходів із підвищення енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії.

Також на місцевому рівні діють регіональні та муніципальні програми підтримки, які передбачають співфінансування заходів з термомодернізації будівель.

1.4 Інтеграція ВІРV (будівельно-інтегрованих фотоелектричних систем) у будівництво

Енергетична політика Європейського Союзу спрямована на поступове скорочення використання викопних палив та перехід до відновлюваних джерел енергії. Впровадження фотоелектричних систем у житлових будівлях є одним із ключових напрямів досягнення енергонезалежності та зменшення викидів парникових газів.

Європейський Союз розробив і впровадив низку законодавчих ініціатив, спрямованих на стимулювання використання сонячної енергії у житловому секторі.

Основними документами, що регулюють розвиток фотоелектричних технологій, є:

— Директива 2010/31/ЄС щодо енергоефективності будівель, яка встановлює мінімальні вимоги до енергетичної ефективності нових і реконструйованих будівель, включаючи інтеграцію фотоелектричних систем.

— Директива 2018/2001/ЄС про відновлювану енергію, що зобов'язує країни-члени забезпечити щонайменше 32% виробництва енергії з відновлюваних джерел до 2030 року.

- Програма "REPowerEU", спрямована на прискорення переходу до чистої енергетики, зокрема через фінансування розвитку фотоелектричних технологій.
- На національному рівні в країнах ЄС діють різні механізми підтримки:
- Фінансові субсидії та гранти (Німеччина, Франція, Іспанія);
- Податкові пільги для власників житла, які встановлюють сонячні панелі (Італія, Нідерланди);
- Зелені тарифи та системи "net metering", що дозволяють продавати надлишок виробленої електроенергії в мережу (Данія, Бельгія, Польща).

Серед країн Європейського Союзу можна виділити декілька лідерів у галузі інтеграції фотоелектричних систем у житлові будівлі:

Німеччина є найбільшим ринком сонячної енергетики в Європі. Завдяки програмі "KfW Solar" та системі "Einspeisevergütung" (зелені тарифи) [15], власники житлових будівель мають можливість отримувати фінансову підтримку на встановлення фотоелектричних модулів.

Італія активно підтримує впровадження сонячної енергетики через систему "Superbonus 110%" [16], яка компенсує витрати на встановлення ВДЕ-систем за рахунок податкових відрахувань.

Нідерланди стимулюють розширення фотоелектричних систем через програму "SDE++", яка надає довгострокові субсидії на виробництво електроенергії з відновлюваних джерел [17].

Франція впровадила ініціативу "Plan Solaire", що передбачає розвиток децентралізованої генерації та встановлення фотоелектричних систем у приватному секторі [18].

Інтеграція фотоелектричних систем у житлові будівлі. У країнах ЄС широко використовуються такі підходи до інтеграції фотоелектричних систем у житловий сектор:

- дахові сонячні панелі (rooftop PV) – найбільш розповсюджений варіант, що дозволяє ефективно використовувати простір на дахах будинків (Німеччина, Нідерланди, Іспанія);

- фасадні фотоелектричні системи (BIPV – Building-Integrated Photovoltaics), які поєднують функції будівельних матеріалів та генераторів електроенергії (Франція, Швеція, Австрія);
- гібридні системи з акумулюванням енергії, що дозволяють підвищити автономність домогосподарств завдяки використанню акумуляторних батарей (Данія, Бельгія, Фінляндія).

Впровадження фотоелектричних систем у житлові будівлі сприяє:

- Зменшенню залежності від імпортованих енергоресурсів;
- Скороченню викидів CO₂, що відповідає кліматичним цілям ЄС;
- Економії на енергоресурсах для власників житла;
- Розвитку нових технологій та створенню робочих місць у сфері відновлюваної енергетики.

1.5 Проблеми та виклики запровадження сонячних технологій

Попри впровадження численних ініціатив, існує низка викликів, що уповільнюють підвищення енергоефективності житлових будівель:

- Недостатнє фінансування державних програм.
- Низька обізнаність громадян про можливості енергозбереження та підтримки з боку держави.
- Бюрократичні перешкоди у впровадженні заходів термомодернізації.

Перспективи подальшого розвитку включають розширення програм фінансування, удосконалення механізмів енергетичного моніторингу та посилення вимог до новобудов щодо використання енергоефективних технологій.

Досвід країн ЄС може бути корисним для України при розробці національної стратегії розвитку сонячної енергетики. Основні напрями адаптації європейського досвіду включають:

- Впровадження системи "net metering" для заохочення виробництва електроенергії домогосподарствами;
- Надання податкових пільг та фінансової підтримки для встановлення фотоелектричних систем;

- Популяризацію ВІРV-технологій у новому будівництві;
- Розвиток програм кредитування та грантової підтримки.

Враховуючи потенціал сонячної енергетики в Україні, впровадження європейських практик може сприяти енергетичній безпеці країни та підвищенню рівня енергоефективності житлових будівель.

1.6 Висновки до розділу

1) В Україні енергоефективність житлових будівель залишається на низькому рівні, і це призводить до значного енергоспоживання порівняно з країнами ЄС. Впровадження технологій, таких як ВІРV, є перспективним шляхом підвищення енергоефективності та зниження залежності від традиційних джерел енергії.

2) Європейські країни активно впроваджують політики, що сприяють інтеграції фотоелектричних систем у будівлі, що дозволяє зменшити енергоспоживання та викиди парникових газів. Україна може використовувати досвід ЄС для покращення енергоефективності своїх житлових будівель.

3) В Україні впроваджено низку державних програм і законодавчих ініціатив, спрямованих на підвищення енергоефективності житлових будівель, що включають фінансову підтримку для термомодернізації та використання відновлювальних джерел енергії.

4) ЄС активно підтримує використання фотоелектричних систем через фінансові субсидії, податкові пільги та програми "net metering", що сприяє зниженню залежності від імпортованих енергоресурсів та покращенню енергетичної ефективності будівель.

5) Попри позитивні зрушення, в Україні залишаються значні виклики, такі як недостатнє фінансування програм і низька обізнаність громадян. Однак зростаючий інтерес до енергоефективних рішень і європейський досвід можуть стати основою для подальшого розвитку сфери сонячної енергетики в Україні.

2 АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПОКРІВЕЛЬ

Енергоефективність будівель є однією з ключових проблем сучасного будівництва, оскільки вона впливає не лише на економічні показники експлуатації, а й на екологічну безпеку та комфорт проживання. Будівля функціонує як складна енергетична система, в якій відбувається взаємодія різних елементів, зокрема огорожувальних конструкцій, внутрішніх та зовнішніх кліматичних факторів, а також інженерних систем. Особливу роль у цьому процесі відіграє покрівля, адже саме через неї можуть виникати значні тепловтрати або, навпаки, здійснюватися ефективне використання сонячної енергії.

Проведемо аналітичне дослідження основних аспектів енергетичної ефективності будівель через призму особливостей експлуатації та вибору типу покрівлі. Варто розглянути будівлю як складну енергетичну систему, де зацентруємо увагу на основні механізми теплообміну та фактори, що впливають на енергетичний баланс. Далі визначмо умови експлуатації будівель, які визначають рівень енерговитрат та необхідні заходи для забезпечення оптимального мікроклімату.

Одним із ключових елементів енергоефективності є конструкція даху. Проведемо аналіз типів покрівель малоповерхових будівель, зокрема традиційних і сучасних технологічних рішень. У зв'язку з глобальними тенденціями екологічного будівництва все більшої популярності набувають зелені дахи, які сприяють зменшенню теплового навантаження на будівлю та поліпшенню міського мікроклімату [19]. Альтернативним підходом до зниження перегріву будівлі є відбивний (холодний) дах, що використовує покриття з високою відбивною здатністю для зниження теплопоглинання [20].

Окрім пасивних методів підвищення енергоефективності, значний інтерес викликає інтеграція активних систем енергозабезпечення, таких як сонячна черепиця. Вона поєднує функції традиційного покрівельного покриття та генерації електроенергії, що дозволяє ефективно використовувати відновлювані джерела енергії [21].

На сьогодні, існує низка інженерних рішень, що дозволяє інтеграцію сонячної черепиці на зелених дахах, або поєднання холодного даху з додатковими системами теплоізоляції. Також варто зазначити що існують перспективи впровадження нових матеріалів та технологій (наприклад, біофільтровані покрівлі, нанопокриття для зниження поглинання тепла, інтелектуальні дахи з системами моніторингу тепловтрат) [22], [23], [24].

Таким чином, проведений аналіз дозволяє оцінити доцільність використання різних покрівельних систем у малоповерховому будівництві з урахуванням енергетичних та експлуатаційних характеристик.

2.1 Енергобаланс будівлі як складної інженерної системи

Будівля є складною енергетичною системою, в якій взаємодіють різні компоненти конструктивні елементи, інженерні мережі та зовнішні фактори, зокрема кліматичні умови [25]. Оптимізація енергоспоживання в таких системах вимагає комплексного підходу, що включає вдосконалення теплоізоляції, інтеграцію відновлюваних джерел енергії та застосування інтелектуальних систем управління. Особливу увагу приділяють використанню фотоелектричних елементів, що дозволяють перетворювати сонячну енергію в електричну, зменшуючи залежність від традиційних енергоресурсів [26]. Аналіз подібних рішень у європейських країнах демонструє значний потенціал для підвищення енергоефективності будівель в Україні.

Енергоефективність означає раціональне використання енергоресурсів у співвідношенні до їх споживання. Підвищення її рівня досягається завдяки впровадженню комплексу заходів організаційного, технічного, економічного та екологічного характеру, спрямованих на оптимізацію процесів генерації, транспортування, розподілу та споживання енергії. Головний акцент у сфері енергозбереження робиться на ефективному використанні енергетичних ресурсів.

Енергетична система певного регіону охоплює електричну, теплову та газову інфраструктуру, а також системи водопостачання й водовідведення. Будівлі, що знаходяться на певній території, можна розглядати як комплексну систему (S), яка містить методи, технологічні процеси та ресурси, необхідні для її функціонування.

Відповідно до принципів системного аналізу, така система складається з наступних ключових елементів:

- *Z* – стратегічні цілі;
- *STR* – структура, що забезпечує досягнення поставлених завдань (виробнича, управлінська тощо);
- *TECH* – технології та методи реалізації;
- *COND* – умови експлуатації, які враховують внутрішні та зовнішні фактори.

Згідно з дослідженнями, будь-яка система є частиною складнішої системи вищого рівня, водночас її окремі компоненти можуть виступати підсистемами. Наприклад, районна система енергопостачання є складовою міської або регіональної енергетичної мережі, тоді як окрема будівля – це підсистема енергозабезпечення району.

За статистичними даними [27], понад чверть загального енергоспоживання України припадає на опалення та експлуатацію будівель. Водночас приблизно 80% житлового та громадського фонду не відповідає сучасним стандартам енергоефективності, що призводить до значних тепловтрат і негативно впливає на якість мікроклімату всередині приміщень.

Концепція енергоефективності будівель набула особливої актуальності ще у 1970-х роках у зв'язку з першою енергетичною кризою. У регіонах з помірним і холодним кліматом основна увага приділяється питанням зменшення тепловтрат, оскільки саме у сфері теплоспоживання криється найбільший потенціал економії енергоресурсів.

Європейські стандарти [12], [14], визначають будівлю як конструктивний об'єкт, що містить огорожувальні елементи та інженерні комунікації, необхідні для її функціонування. Сюди входять системи опалення, кондиціонування, освітлення та гарячого водопостачання. Таким чином, будівля виступає складною енергетичною системою, що взаємодіє з джерелами енергії, внутрішнім і зовнішнім середовищем, а також споживачами.

Теплова ефективність будівлі визначається рівнем енергоспоживання, необхідного для підтримання комфортного мікроклімату. На цей показник

впливають такі фактори, як температурна різниця між внутрішнім та зовнішнім середовищем, інтенсивність сонячного випромінювання, особливості вентиляційних процесів, вологість повітря та теплофізичні властивості будівельних матеріалів. Ключову роль у регулюванні мікроклімату відіграють системи опалення, кондиціонування та вентиляції.

Для оцінки теплових характеристик будівель використовується системний підхід, що включає такі етапи:

1. Розгляд будівлі як складової загальної енергетичної системи.
2. Дослідження її внутрішньої структури, взаємозв'язків і основних елементів.
3. Декомпозиція системи для більш детального аналізу.
4. Розробка математичних моделей теплових процесів у будівлі.

Проектування енергоефективних будівель базується на врахуванні їхніх енергетичних характеристик, що включають теплофізичні параметри матеріалів, особливості мікроклімату, експлуатаційні режими та кліматичні умови регіону. Рівень енергоефективності визначається за такими показниками, як енергетичний рейтинг та енергоспоживання будівлі.

Потреба у тепловій енергії для підтримання комфортної температури визначається кількістю тепла, необхідного протягом певного періоду. Це значення обчислюється на основі математичних моделей і спеціалізованих програмних рішень, що дозволяють провести точний аналіз. На підставі розрахункових даних формується енергетичний рейтинг будівлі, який дає змогу оцінити її ефективність.

Енергетичний рейтинг є комплексною характеристикою, що відображає сукупне споживання енергоресурсів. Оцінка може проводитися в різних форматах: стандартному, розрахунковому, проектному або інструментальному.

Таким чином, підвищення енергоефективності будівель є багатofакторним завданням, що вимагає врахування теплофізичних характеристик огорожувальних конструкцій, особливостей мікроклімату, експлуатаційних умов та ефективності інженерних систем. Використання математичних моделей дає змогу більш точно оцінити рівень енергоспоживання та забезпечити оптимальні рішення для його зменшення.

2.2 Експлуатаційні умови малоповерхових будівель

Протягом останнього десятиліття питання підвищення енергоефективності будівель стало одним із ключових пріоритетів у розвитку економіки України. До 2007 року низький рівень тарифів на енергоресурси стримував впровадження енергоефективних технологій, обладнання та пристроїв. Однак упродовж наступних років тарифи на енергоносії зросли значними темпами: вартість електроенергії підвищилася більш ніж на 45%, а ціни на природний газ зросли понад 60%.

Зміни у вартості енергоресурсів особливо гостро відчули підприємства житлово-комунального господарства, оскільки цей сектор споживає близько 20% електроенергії та приблизно 45% усієї теплової енергії, що виробляється в Україні. Незважаючи на високі витрати, значна частина енергоресурсів втрачається: до 70% виробленого тепла не доходить до кінцевого споживача. Основні втрати припадають на етапи транспортування та експлуатації будівель: близько 40% теплової енергії втрачається під час передачі, а ще до 30% – через неефективні огорожувальні конструкції будинків.

Житловий фонд є одним із найбільших споживачів енергії, припадаючи на 40% загального енергоспоживання в країні. На промисловий сектор витрачається 30–35% енергоресурсів, тоді як транспорт, адміністративні будівлі та бюджетні установи сумарно споживають менше 10% [28]. Це свідчить про високий потенціал зниження енерговитрат у житловому, громадському та комерційному будівництві.

За оцінками Світового банку реконструкції та розвитку, потенціал енергозбереження у житлових будинках в Україні становить приблизно 49%. Найбільші можливості для економії пов'язані із системами опалення та гарячого водопостачання, які мають понад 70% потенціалу скорочення енергоспоживання. Зокрема, модернізація житлового фонду дозволить знизити середню енергоемність будівель до рівня 151 кВт·год/м² на рік, а впровадження додаткових організаційно-технічних заходів допоможе досягти ще нижчих показників [29].

Одним із головних аспектів підвищення енергоефективності є покращення якості проектування будівель, включно з новим будівництвом, реконструкцією та

капітальним ремонтом. Важливим фактором є також аналіз експлуатаційних витрат протягом усього життєвого циклу будівлі, адже понад 50% загальних витрат припадає саме на експлуатаційні потреби.

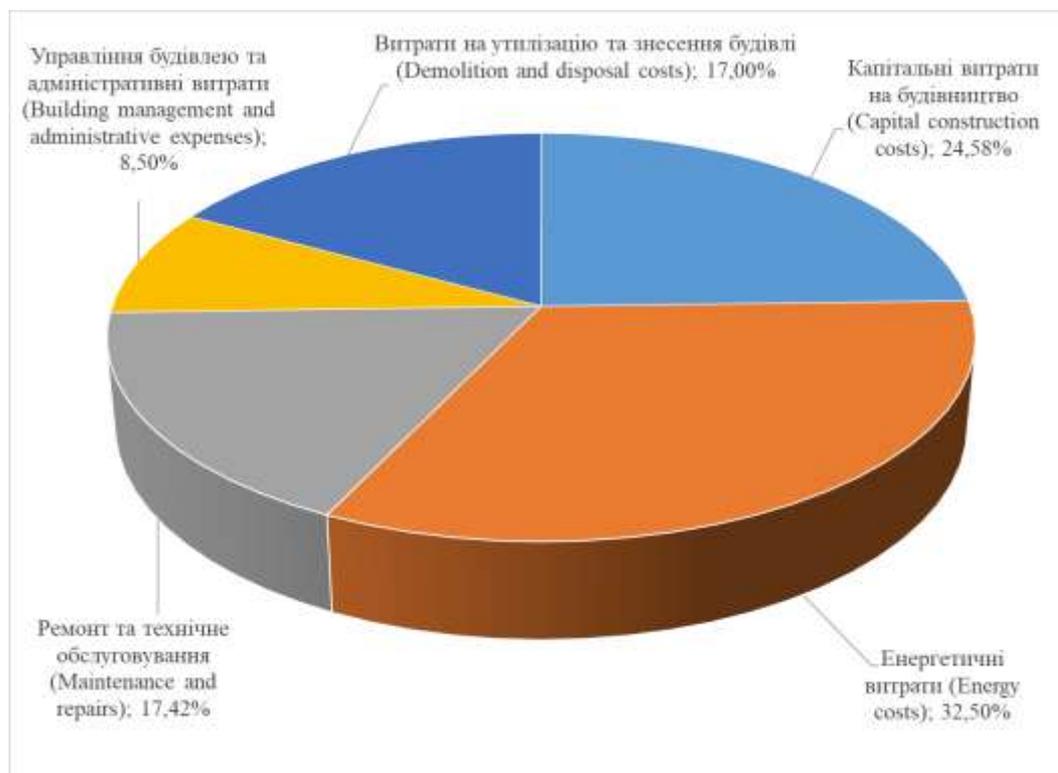


Рис.2.1 – Структура експлуатаційних витрат життєвого циклу будівлі

Примітка 1. Дані отримано з джерел: [30],[31],[27].

Примітка 2. Дані на момент 2024-2025 років наведено без урахування тимчасово окупованих російською федерацією територій та частини територій, на яких ведуться (велися) бойові дії.

Впровадження нових архітектурних і проектних рішень вимагає розробки сучасних інженерних систем, які забезпечуватимуть не лише комфортні умови проживання, а й оптимальні параметри повітрообміну та енергоефективності. Однією з ключових проблем сучасних будівель є порушення природної вентиляції через використання герметичних вікон і дверей, що знижує кратність повітрообміну. Це спричиняє погіршення якості повітря, підвищення рівня вологості, розвиток грибків та плісняви, а також зменшення опору теплопередачі будівельних конструкцій [32].

Без належної припливної вентиляції мешканці змушені регулярно відкривати вікна, що призводить до неконтрольованих тепловтрат. Дослідження показують, що близько 50% загальних втрат теплової енергії у будівлі відбувається через неефективну систему вентиляції. Водночас практично не використовуються системи рекуперації та технології відновлюваної енергетики для забезпечення енергетичних потреб будівель.

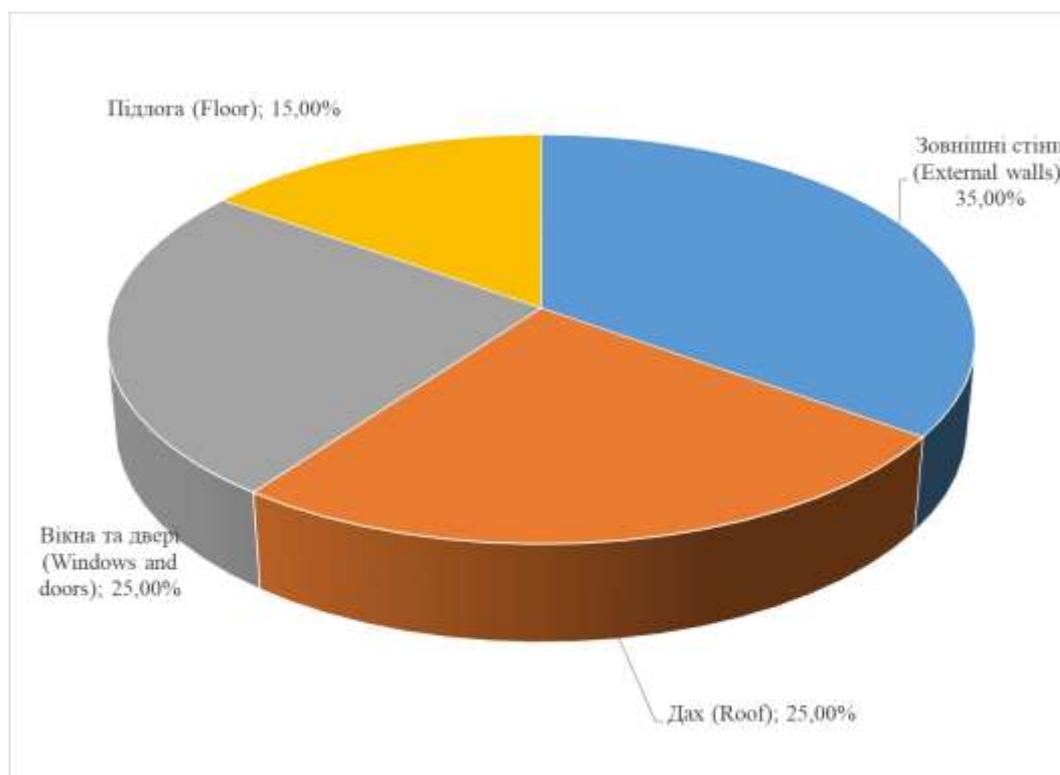


Рисунок 2.2 – Розподіл втрат тепла в будівлі

Примітка 1. Дані отримано з джерел: [30],[31].

Концепція енергоефективного та енергоактивного будівництва розглядає будівлю як об'єкт, що гармонійно взаємодіє з природним середовищем. Основні принципи енергетичної оптимізації передбачають використання ландшафтних, містобудівних, конструктивних та пасивних архітектурних рішень, які дозволяють значно скоротити потребу в енергоресурсах. Наприклад, запровадження пасивних енергосистем дозволяє зменшити енергоспоживання будівлі вдвічі.

За результатами міжнародних досліджень, економічна ефективність пасивних технологій є вищою порівняно з активними системами енергозбереження. Комплексна модернізація енергоспоживання в будівлях

дозволяє скоротити експлуатаційні витрати на 30–50%, тоді як подорожчання будівництва при цьому становить лише 10–15%. Це доводить, що заходи з енергоефективності є доцільними вже на етапі проектування будівель [30].

Однією з ключових проблем залишається погіршення теплоізоляційних характеристик будівельних матеріалів під час експлуатації, що пов'язано з впливом кліматичних факторів і недостатнім технічним обслуговуванням. У європейській практиці для врахування цих змін застосовуються міжнародні стандарти, зокрема ISO 10211, ISO 14683 та DIN 4108. Вони передбачають використання 2D та 3D моделювання для аналізу теплових характеристик будівель.

Згідно з методологією стандартів EN (ISO), коефіцієнти теплопровідності будівельних матеріалів визначаються інструментальними вимірюваннями, після чого коригуються з урахуванням впливу вологості, температури та старіння матеріалів [14]. Це дозволяє більш точно прогнозувати тепловтрати конструкцій протягом усього життєвого циклу будівлі та розробляти ефективні рішення для їх зменшення.

Таким чином, досягнення енергоефективності у житловому секторі потребує комплексного підходу, що включає покращення якості проектування, модернізацію існуючого житлового фонду, оптимізацію інженерних систем та активне впровадження відновлюваних джерел енергії. Виконання цих заходів дозволить не лише знизити витрати на експлуатацію будівель, а й забезпечити довготривалий ефект економії енергоресурсів на національному рівні.

2.3 Типологія дахових конструкцій у приватному будівництві

Дослідження впливу кольору покрівлі на термічні характеристики будівель проводилося як експериментальним, так і теоретичним шляхом. Сучасні технології, такі як зелені дахи та відбивні покрівлі, використовуються для регулювання температури в будівлі, зменшення потреби в кондиціонуванні та зниження ефекту міського теплового острова (UHI). Результати експериментів показали, що влітку температура зовнішньої поверхні прохолодного даху була в середньому на 3,3 °C нижчою, ніж у традиційного даху, тоді як зелений дах знижував температуру на 2,9 °C. Взимку зелений дах ефективно виконував роль

теплоізолятора, підвищуючи температуру поверхні в середньому на 3,3 °C порівняно з прохолодним дахом.

Для аналізу термічних характеристик зеленої покрівлі була застосована модель гіротермічної передачі в поєднанні з програмним забезпеченням THERV [33]. Розрахунки підтвердили, що зелений дах сприяє зменшенню потреби в кондиціонуванні та опаленні верхніх поверхів будівлі на 3,6% і 6,2% відповідно. Прохолодний дах знижує навантаження на охолодження на 3,6%, але збільшує споживання енергії на опалення на 10,4%.

Зелені дахи

Зелені дахи, або озеленені покрівлі, є важливим елементом сучасного екологічного будівництва, що сприяє покращенню мікроклімату міських територій. Вони являють собою частково або повністю засаджені живими рослинами дахи будівель, покриті спеціальним ґрунтом, розміщеним на гідроізолюючій мембрані. Додатково можуть використовуватися шари, що захищають дах від коренів, дренажні системи та системи поливу [34].

Використання зелених дахів має на меті зменшення негативного впливу урбанізації на навколишнє середовище. Збільшення площі зелених насаджень, зокрема зовнішнього озеленення будівель, значно покращує мікроклімат як житлових територій, так і міста в цілому. Зелені насадження виконують різноманітні функції залежно від свого призначення: впливають на іонізацію повітря, очищують міське середовище від пилу та газів, регулюють мікроклімат, впливаючи на тепловий режим, вологість і рухомість повітря [35].

Ефекти від впровадження зелених дахів включають зниження ефекту міського теплового острова, покращення якості повітря, зменшення шумового забруднення та підвищення енергоефективності будівель. Зелені дахи також сприяють збереженню біорізноманіття, створюючи середовище для проживання різних видів рослин і тварин у міському середовищі.

Призначення зелених дахів може бути різноманітним: від створення рекреаційних зон для відпочинку мешканців до використання в якості ізоляційного шару, що знижує енергоспоживання будівлі. Існують два основні види озеленення

міських дахів: екстенсивне та інтенсивне. Екстенсивний зелений дах більш доцільний для тимчасового використання і фактично не призначається для ходіння по ньому. Доступ людей на такий дах-газон, не передбачається.

Дослідження показують, що впровадження зелених дахів є ефективним заходом для адаптації до змін клімату та покращення екологічної ситуації в містах. Збільшення площі зелених насаджень, зокрема зовнішнього озеленення будівель, може значно поліпшити мікроклімат як житлових територій, так і міста в цілому [36].

Загалом, зелені дахи є важливим елементом сталого міського розвитку, що поєднує екологічні, економічні та соціальні переваги, сприяючи підвищенню якості життя в урбанізованих територіях.

Відбивний (холодний) дах

Відбивні або "холодні" дахи є важливим елементом сучасних енергоефективних технологій у будівництві. Вони характеризуються високою відбивною здатністю та здатністю випромінювати поглинуте тепло, що сприяє зниженню температури поверхні даху та зменшенню навантаження на системи кондиціонування повітря в будівлях.

Використання відбивних дахів сприяє зниженню ефекту міського теплового острова, який виникає через накопичення тепла в міських районах. Завдяки високій відбивній здатності, такі дахи зменшують поглинання сонячної радіації, що призводить до зниження температури як самого даху, так і навколишнього середовища [37].

Ефекти від впровадження відбивних дахів включають підвищення енергоефективності будівель, зниження витрат на охолодження та покращення комфорту всередині приміщень. Дослідження показують, що використання таких дахів може призвести до значного зниження споживання енергії на кондиціонування повітря, особливо в теплих кліматичних зонах [38].

Призначення відбивних дахів полягає не лише в енергозбереженні, але й у підвищенні довговічності покрівельних матеріалів. Зниження температурних

коливань на поверхні даху сприяє зменшенню термічного розширення та скорочення матеріалів, що підвищує їх стійкість та подовжує термін експлуатації.

Дослідження в галузі відбивних дахів продовжують розвиватися, зосереджуючись на вдосконаленні матеріалів та технологій їхнього застосування. Зокрема, увага приділяється розробці нових покриттів з підвищеною відбивною здатністю та стійкістю до зовнішніх впливів, а також інтеграції відбивних дахів з іншими енергоефективними системами будівель [39].

Загалом, відбивні дахи є перспективним напрямком у сфері сталого будівництва, що поєднує екологічні та економічні переваги, сприяючи підвищенню якості життя в урбанізованих територіях.

Ефективність холодних дахів визначається трьома основними параметрами:

- Відбивна здатність (SR) – показує, скільки сонячного випромінювання відбиває поверхня. Вона варіюється від 0 (чорні матеріали) до 1 (білі матеріали).
- Теплове випромінювання (IE) – характеризує здатність поверхні випускати поглинене тепло в інфрачервоному діапазоні. Чим вище це значення, тим нижчою буде температура покрівлі.
- Індекс сонячного відбиття (SRI) – узагальнює ефективність матеріалу за двома вищенаведеними параметрами.

Загалом, інтеграція зелених та холодних покрівель у будівництво малоповерхових житлових і комерційних об'єктів дозволяє значно підвищити їхню енергоефективність, покращити мікроклімат та зменшити навантаження на довкілля.

2.4 Інновації у конструкції покрівлі: сонячна черепиця

Сонячна черепиця, відома також як фотовольтаїчна черепиця, є інноваційним рішенням у сфері відновлюваної енергетики, яке поєднує функції традиційного покрівельного матеріалу та сонячної батареї. Вона складається з фотоелектричних модулів, інтегрованих у структуру черепиці, що дозволяє збирати сонячну енергію та перетворювати її на електричну. Це забезпечує естетичний вигляд даху без необхідності встановлення окремих сонячних панелей [40].

У світі використання сонячної черепиці набуває все більшої популярності. Компанії, такі як Tesla, активно розробляють та впроваджують подібні технології, пропонуючи споживачам альтернативу традиційним сонячним панелям. Зокрема, Tesla представила свою сонячну черепицю у 2016 році, підкреслюючи її довговічність та ефективність. Інші виробники, такі як GAF Materials, також оголосили про початок продажу сонячної черепиці, розширюючи ринок цих технологій.

В Україні впровадження сонячної черепиці поки що перебуває на початковому етапі. Однак, з огляду на зростаючий інтерес до відновлюваних джерел енергії та енергоефективних технологій, можна очікувати збільшення попиту на такі рішення. Деякі українські компанії вже пропонують покрівельні сонячні батареї, що дозволяють створити "сонячний дах" для отримання екологічно чистої енергії в будинках, на дачах чи в готелях [41].

Ефекти від використання сонячної черепиці включають зменшення залежності від традиційних джерел енергії, зниження викидів парникових газів та економію на рахунках за електроенергію. Крім того, інтеграція сонячних елементів у покрівлю зберігає естетику будівлі, що є важливим фактором для багатьох власників нерухомості [42].

Призначення сонячної черепиці полягає не лише у виробництві електроенергії, але й у забезпеченні захисту будівлі від зовнішніх впливів, як це робить традиційна черепиця. Таким чином, вона виконує подвійну функцію, поєднуючи енергогенерацію та захист будівлі.

Дослідження у сфері фотоелектричної сонячної енергетики свідчать про перспективність таких технологій. Зокрема, розвиток сонячної енергетики сприяє скороченню викидів вуглекислого газу, зменшенню забруднення атмосферного повітря та поліпшенню соціальних стандартів [43].

Загалом, сонячна черепиця є перспективним напрямком у сфері відновлюваної енергетики, який поєднує функціональність, естетику та екологічність, сприяючи сталому розвитку та підвищенню енергоефективності будівель.

Принцип роботи сонячної черепиці схожий на функціонування традиційних сонячних панелей – вони вловлюють сонячне випромінювання та перетворюють його на електричну енергію. Проте між цими двома системами існують певні відмінності:

— Розмір. Сонячна черепиця за розмірами наближена до звичайної покрівельної черепиці. Її середня ширина становить близько 30 см, довжина – 220 см, а товщина – менше 2,5 см. Для облаштування типової покрівлі будинку необхідно близько 350 таких елементів.

— Матеріали. Найпоширенішими матеріалами для виготовлення сонячної черепиці є селенід міді-індію-галію та монокристалічний кремній. Перший варіант забезпечує ефективність перетворення на рівні 10-12%, тоді як черепиця з монокристалічного кремнію має показник ефективності до 20%, хоча й коштує дорожче.

— Енергетична потужність. Вихідна потужність сонячної черепиці залежить від її конструкції та умов експлуатації. Зазвичай один елемент може генерувати від 13 до 63 Вт, а вся покрівля здатна скоротити витрати на електроенергію на 40-70%.

— Зовнішній вигляд. Завдяки схожості з традиційною покрівлею, сонячна черепиця виглядає значно естетичніше, ніж класичні сонячні панелі, які виступають над дахом. Це робить її популярним вибором для власників житла, які прагнуть зберегти архітектурну гармонію.

— Термін служби. Як і традиційні сонячні батареї, черепиця має тривалий строк експлуатації, що зазвичай перевищує 20 років. Надійність покрівлі залежить від виробника, якості монтажу та умов експлуатації.

— Ефективність. Сонячна черепиця поступається панелям у гнучкості встановлення – її не можна налаштувати під оптимальний кут нахилу для максимального поглинання сонячного світла. Втім, можливість розширення площі покриття дозволяє компенсувати цей недолік.

Сонячна черепиця працює за принципом фотоелектричного ефекту. Коли сонячне випромінювання потрапляє на її поверхню, енергія світла спричиняє

вивільнення електронів, які рухаються по електричному колу, створюючи електричний струм.

2.5 Порівняння енергоефективності традиційних та ВІРV-рішень

Використання фотоелектричних (ФЕ) панелей у житлових будівлях України є одним із перспективних напрямів підвищення енергоефективності та зниження залежності від традиційних джерел енергії. Враховуючи економічну ситуацію, тарифну політику та потенціал сонячної енергетики, доцільність впровадження ФЕ-систем в українських умовах слід розглядати через призму фінансових витрат, строків окупності та довгострокових вигод для споживачів та держави.

Основні витрати на встановлення фотоелектричних систем включають вартість обладнання (сонячні панелі, інвертори, монтажні конструкції), витрати на проектування та встановлення, а також потенційні витрати на обслуговування. За даними останніх досліджень, середня вартість установки сонячної електростанції для домогосподарства потужністю 5 кВт становить близько 4000–6000 доларів США. Завдяки розвитку ринку відновлюваної енергетики ціни на обладнання поступово знижуються, що робить інвестиції доступнішими.

Окупність ФЕ-систем залежить від таких факторів, як обсяги споживання електроенергії, можливість продажу надлишкової енергії за «зеленим тарифом» або за умовами Net Metering (нетто-вимірювання), а також рівень тарифів на електроенергію. У середньому період окупності для приватних домогосподарств в Україні становить 5–8 років, що є прийнятним показником порівняно з терміном служби фотоелектричних панелей (близько 25–30 років).

Головними перевагами використання ФЕ-панелей для домогосподарств є:

- Зниження витрат на електроенергію – споживання власної електроенергії дозволяє скоротити рахунки за електроенергію.
- Можливість додаткового доходу – у разі використання «зеленого тарифу» або Net Metering можна реалізовувати надлишкову електроенергію.
- Захист від зростання тарифів – інвестування у власну електрогенерацію знижує залежність від тарифної політики держави.

Окрім економічних вигод, використання ФЕ-панелей має значний позитивний вплив на навколишнє середовище:

- Зниження викидів CO₂ – сприяє виконанню Україною міжнародних зобов'язань щодо скорочення викидів парникових газів.
- Розвиток децентралізованої енергетики – зменшення навантаження на центральні електромережі та зниження втрат енергії під час транспортування.
- Енергетична незалежність – зниження залежності від імпортованих енергоносіїв та підвищення стійкості енергосистеми країни.

Таким чином запровадження фотоелектричних панелей у житлових будівлях України є економічно доцільним та вигідним як для окремих домогосподарств, так і для держави в цілому. Незважаючи на значні початкові інвестиції, термін окупності є відносно коротким, а подальша експлуатація приносить економічну вигоду. Державні програми стимулювання, розвиток фінансових механізмів та зростаючий інтерес до зеленої енергетики сприяють прискоренню впровадження ФЕ-систем у житловому секторі України.

2.6 Висновки до розділу

1) Вплив зовнішнього покриття будівлі на її теплову поведінку досліджувався як експериментально, так і теоретично. Виявлено, що використання зелених та прохолодних дахів сприяє покращенню внутрішнього мікроклімату, зниженню навантаження на системи кондиціонування та зменшенню ефекту міського теплового острова (УHI).

2) Зелені дахи мають високе альbedo, що сприяє зниженню температури повітря завдяки процесам випаровування та теплоізоляції. Вони забезпечують енергозбереження як у холодний, так і в теплий період року завдяки високій тепловій інерції матеріалів.

3) Прохолодні дахи, що складаються з покриттів із високою відбивною здатністю, ефективно зменшують поглинання тепла. Вони використовують спеціальні мембрани та покриття, які мінімізують вплив тепла на навколишнє середовище та продовжують термін служби покрівлі.

4) Сонячна черепиця є перспективною альтернативою звичайним покрівельним матеріалам, оскільки дозволяє не лише захищати будинок, а й виробляти електроенергію. Вона інтегрується в покрівлю, забезпечуючи привабливий вигляд і значну економію витрат на енергоресурси в довгостроковій перспективі.

3. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ І ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ

Підвищення енергоефективності будівель вимагає комплексного аналізу технічних, економічних та експлуатаційних параметрів. Велика кількість інформації щодо характеристик будівельних конструкцій, енергоспоживання, кліматичних умов та можливих методів модернізації потребує впорядкування та узагальнення. Саме систематизація даних дозволяє структурувати наявну інформацію, що сприяє обґрунтованому вибору оптимальних рішень для підвищення енергоефективності.

У цьому розділі пропонується розглянути процес збору, класифікації та аналізу даних, необхідних для оцінки ефективності заходів з модернізації будівель.

3.1 Переваги та обмеження фотоелектричних систем

Для оцінки ефективності різних покрівельних рішень було проведено порівняльний аналіз їхніх основних характеристик, зокрема впливу на енергоспоживання будівель, екологічних переваг та економічної доцільності. Дослідження показують, що кожен із розглянутих варіантів має як переваги, так і певні обмеження, які необхідно враховувати при виборі оптимального рішення. Дослідники провели порівняльний аналіз енергетичних та екологічних характеристик традиційних, зелених і прохолодних дахів, використовуючи методи динамічного моделювання та з урахуванням рівня теплоізоляції [3], [14], [28]. Встановлено, що зелені та прохолодні дахи забезпечують значні енергозбереження та екологічні вигоди порівняно зі звичайними дахами, які потребують більшої товщини теплоізоляційного шару для досягнення оптимальної ефективності. Зокрема, прохолодні дахи знижують надходження тепла через покрівлю, що може збільшувати витрати на опалення в холодний період року. Однак більшість досліджень зосереджені лише на сезонній чи річній ефективності таких систем, без урахування рівня ізоляції для різних кліматичних зон та актуальних нормативів. Було здійснено числовий аналіз, у якому застосовано методи динамічного моделювання для оптимізації коефіцієнта відбиття сонячного випромінювання дахом у типовій малоповерховій житловій забудові.

Переваги зелених дахів:

- зменшують ефект теплового острова у міських умовах;
- очищують повітря від забруднень та CO₂, сприяючи покращенню здоров'я населення;
- утримують зливові води (до 90% опадів), зменшуючи навантаження на дренажну систему;
- знижують температуру покрівельної поверхні до 40% у спекотний день;
- зменшують рівень шумового забруднення, покращують звукоізоляцію будівель;
- сприяють біорізноманіттю, створюючи середовище для рослин і комах;
- можуть бути легко інтегровані в конструкцію нових або реконструйованих будівель.

Недоліки зелених дахів:

- висока початкова вартість монтажу;
- необхідність додаткової гідроізоляції та корневих бар'єрів;
- підвищене навантаження на конструкцію будівлі через вагу ґрунту і рослинності;
- складність впровадження на існуючих спорудах через статичні обмеження;
- необхідність регулярного догляду та обслуговування залежно від типу зеленого даху.

Переваги прохолодних дахів:

- суттєве зменшення витрат на кондиціонування повітря (на 20-40%);
- покращення мікроклімату всередині будівель;
- зниження викидів вуглекислого газу;
- сприяння боротьбі з ефектом міського теплового острова.

Недоліки прохолодних дахів:

- обмежений термін експлуатації покриття (близько 10 років без належного догляду);
- можливість відблисків, що може спричиняти дискомфорт мешканцям;

- висока початкова вартість встановлення;
- зниження ефективності в холодному кліматі через збільшення потреби в опаленні.

Переваги сонячної черепиці:

- привабливий зовнішній вигляд у порівнянні з традиційними сонячними панелями;
- можливість встановлення на дахах з обмеженим простором;
- стійкість до сильного вітру та несприятливих погодних умов;
- простота монтажу, що не потребує значних модифікацій даху;
- інтеграція з електромережею для безперебійного живлення.

Недоліки сонячної черепиці:

- висока початкова вартість у порівнянні зі звичайними фотоелектричними панелями;
- обмежений вибір виробників і кваліфікованих спеціалістів для встановлення;
- неможливість зміни кута нахилу для оптимізації вироблення енергії;
- потреба в продуманому архітектурному рішенні на етапі проектування будівлі.

Попри значні початкові витрати, сонячна черепиця може забезпечити значну економію енергоресурсів у довгостроковій перспективі, а також сприяти розвитку енергоефективних будівельних технологій. Результати досліджень демонструють, що ефективність різних покрівельних рішень сильно варіюється залежно від кліматичних умов. Наприклад, у теплих регіонах прохолодні дахи дають найбільшу економію електроенергії, тоді як у холодних регіонах їх використання може збільшити витрати на опалення. Натомість зелені дахи демонструють стабільний позитивний ефект незалежно від кліматичної зони, хоча їхній внесок у зниження температури є більш значущим у містах з високою щільністю забудови.

3.2 Порівняльна ефективність варіантів сонячного даху

Вплив прохолодних дахів на мікроклімат усередині будівель, а також на їхнє енергоспоживання визначається низкою факторів. Серед них варто виділити теплофізичні характеристики матеріалів покрівлі, конструктивні особливості

будівлі, особливості її експлуатації, а також кліматичні умови місцевості. Дослідження показали, що ефективність використання прохолодних дахів змінюється залежно від регіону та клімату.

Зокрема, у тропічних регіонах було встановлено, що після встановлення прохолодного даху середня температура внутрішньої поверхні стелі та температура повітря всередині приміщення зменшуються на $6,8^{\circ}\text{C}$ і $2,3^{\circ}\text{C}$ відповідно. Розрахунки енергоспоживання свідчать про потенційну економію електроенергії на рівні $190\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на рік.

У середземноморському кліматі на прикладі будівлі школи в Афінах було визначено, що в літній період температура повітря в приміщенні знижується на $1,5\text{--}2^{\circ}\text{C}$, а взимку – на $0,5^{\circ}\text{C}$. Це призводить до зменшення енергетичних витрат на охолодження на 40% у літній сезон, але водночас викликає збільшення витрат на опалення на 10% у зимовий період.

Для холодного клімату було досліджено інноваційне покриття на основі фторвуглецевих сполук, яке дозволило знизити потребу в охолодженні приміщення на 74% влітку, а також зменшило навантаження на опалення на 5% завдяки підвищенню альбедо покрівлі на 120% .

Окреме дослідження в Монреалі вказало, що при недостатній ізоляції даху ($2,4\text{ м}^2\text{K}/\text{Вт}$) підвищення коефіцієнта відбиття сонячної енергії з $0,1$ до $0,9$ дозволяє зменшити навантаження на охолодження на $18\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, однак водночас підвищує енергоспоживання для опалення на $12\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Загальний чистий річний ефект від таких змін склав $6\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

Крім того, дослідники проводили порівняльний аналіз теплової ефективності зелених і прохолодних дахів. Експериментальні дані з субтропічного клімату засвідчили, що білі дахи можуть знизити річне споживання електроенергії на $3,9\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, що у $1,6$ разів перевищує економічний ефект від використання зеленої покрівлі.

У 2018 році вчені провели порівняльне дослідження холодного та зеленого дахів у Сінгапурі, використовуючи чисельне моделювання. Виявлено, що холодний дах зменшує тепловіддачу на $15,53\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, тоді як зелений –

на 13,14 кВт-год/м². Аналогічне дослідження в Нью-Йорку (США) підтвердило, що зелена покрівля забезпечує економію енергії на рівні 40–110% у порівнянні з білим дахом.

З аналізу наведених досліджень можна зробити висновок, що енергетична ефективність прохолодних та зелених дахів суттєво залежить від кліматичних умов. Це ускладнює можливість узагальнення їхніх характеристик та потребує проведення локальних польових експериментів для точного визначення їхнього впливу.

У Шанхаї в останні роки активно впроваджуються зелені та прохолодні дахи як у нових будівлях, так і в процесі модернізації старих споруд. Польові дослідження, проведені у різні пори року, дозволили оцінити їхній вплив на температуру поверхні даху та теплові потоки. Додаткове чисельне моделювання на основі програмного комплексу THERB (Ozaki and Tsujimaru, 2006) дозволило дослідити вплив цих покрівельних технологій на рівень навантаження на опалення та охолодження у типових офісних будівлях.

В результаті аналізу були розглянуті три варіанти дахів: традиційна покрівля з утепленням, ізольований дах із високим коефіцієнтом відбиття сонячного випромінювання та зелена покрівля.

Основні характеристики цих рішень та результати їхнього впливу на енергоефективність будівель наведені в табл. 3.1.

Отримані результати свідчать, що вибір оптимального покрівельного рішення залежить не тільки від кліматичних умов, а й від конструктивних особливостей будівлі та її експлуатаційних характеристик.

Наприклад, у разі недостатньої теплоізоляції даху використання прохолодного покриття може мати зворотний ефект узимку, тоді як зелена покрівля сприяє стабільному температурному режиму протягом року.

Таблиця 3.1– Характеристики покрівельних рішень та їхня енергоефективність

Тип покрівлі	Матеріал	Теплоізоляційні властивості	Відбивна здатність (альbedo)	Термін служби, років	Додаткові енергоефективні особливості
Традиційна металева	Сталь, алюміній, мідь	Низькі	Середня (0,2–0,5)	30–50	Добре підходить для колекторів дощової води
Бітумна черепиця	Бітум, скловолокно, полімери	Середні	Низька (0,05–0,2)	15–30	Потребує додаткової теплоізоляції
Керамічна черепиця	Натуральна глина	Високі	Низька (0,2–0,3)	50–100	Добре акумулює тепло
Композитна черепиця	Полімери, базальтові гранули	Високі	Середня (0,2–0,4)	30–50	Довговічність та міцність
Зелений дах	Рослинний ґрунтовий шар, гідроізоляція	Високі	Висока (0,6–0,9)	40+	Поглинає CO ₂ , знижує ефект міського теплового острова
Відбивний (холодний) дах	Білий або спеціально покритий метал	Середні	Висока (0,6–0,9)	30–50	Зменшує витрати на кондиціонування
Сонячна черепиця	Фотоелектричні елементи, скло	Середні	Висока (0,6–0,9)	25–30	Генерує електроенергію

3.3 Рекомендації щодо вибору типу покрівлі з урахуванням клімату, орієнтації, конструкції

Застосування енергоефективної покрівлі є ключовим етапом у підвищенні теплових характеристик будівель та скороченні енергоспоживання. Нижче розглянемо основні параметри та ефективність різних видів покрівлі: зелених дахів, холодних (відбивних) дахів та сонячної черепиці.

Зелені дахи:

Фінансові витрати: Початкова вартість монтажу є досить високою через вартість матеріалів і складність конструкції. Однак у довгостроковій перспективі зелений дах сприяє енергозбереженню та екологічним перевагам, що частково компенсує витрати.

Теплоізоляція: Завдяки природному шару рослинності зелені дахи створюють надійний термічний бар'єр, що знижує потребу в опаленні взимку та кондиціонуванні влітку.

Екологічна стійкість: Вони поглинають дощову воду, зменшують ефект міського теплового острова та сприяють розвитку біорізноманіття.

Холодні (відбивні) дахи:

Фінансові витрати: Встановлення холодної покрівлі є менш витратним у порівнянні із зеленими дахами. Використання світловідбивних матеріалів дозволяє значно знизити витрати на кондиціонування повітря.

Теплоізоляція: Відбиваючи сонячне випромінювання, ці дахи зменшують нагрівання поверхні, що особливо ефективно в регіонах з жарким кліматом.

Сталий розвиток: Завдяки зменшенню поглинання тепла такі дахи сприяють зниженню енергоспоживання будівель.

Сонячна черепиця:

Фінансові витрати: Початкові інвестиції є високими через інтеграцію сонячних панелей у покрівельну систему. Проте можливість виробництва електроенергії робить їх перспективним рішенням.

Теплоізоляція: Сонячна черепиця виконує переважно функцію генерації електроенергії, а не теплоізоляції.

Екологічна ефективність: Використання сонячної енергії дозволяє скоротити споживання традиційних енергоресурсів, що сприяє екологічній безпеці.

Залежно від кліматичних умов, бюджету та цілей сталого розвитку, власники будівель можуть обрати оптимальний варіант енергоефективної покрівлі, що сприятиме як енергозбереженню, так і комфорту всередині приміщень.

Враховуючи досліджений матеріал варто підсумувати, що все залежить від типу будівлі та кліматичних умов. Пропонується підсумувати дослідження у вигляді рекомендованих сценаріїв:

Для житлових будинків у помірному кліматі (Європа, Україна) рекомендується комбіноване використання зеленої покрівлі та сонячної черепиці для балансування теплового режиму та генерації електроенергії.

Для офісних будівель у спекотних регіонах (Середземномор'я, США, Австралія) оптимальним рішенням є холодний дах з високим коефіцієнтом альбедо, що мінімізує витрати на кондиціонування.

Для міських багатопверхових будівель зелені дахи мають додаткову перевагу у вигляді покращення екологічної ситуації (зниження забруднення повітря, зменшення навантаження на дренажні системи).

3.4 Висновки до розділу

1) Аналіз різних покрівельних рішень у контексті енергоефективності будівель засвідчив важливість систематизації даних щодо теплофізичних характеристик матеріалів, екологічних переваг та економічної доцільності. Порівняльне дослідження показало, що ефективність дахових конструкцій залежить від кліматичних умов, рівня теплоізоляції та особливостей експлуатації будівлі.

2) Особливу увагу було приділено сонячній черепиці як перспективному рішенню, що поєднує функції покрівельного покриття та джерела генерації електроенергії. Перевагами сонячної черепиці є її естетичний вигляд, стійкість до несприятливих погодних умов та можливість інтеграції в електромережу без значних модифікацій будівлі. Однак її ефективність суттєво залежить від орієнтації даху та рівня сонячного випромінювання в конкретному регіоні.

3) Попри високу початкову вартість, довгострокова економія енергоресурсів та скорочення викидів CO₂ роблять це рішення екологічно та економічно виправданим. У поєднанні з зеленими дахами або іншими енергоефективними технологіями сонячна черепиця може значно підвищити енергоефективність будівель у помірному кліматі.

4) Таким чином, систематизація та аналіз даних підтверджують, що сонячна черепиця є інноваційним рішенням, яке має потенціал для широкого застосування в майбутньому, особливо в умовах зростання попиту на відновлювану енергію та екологічно стійке будівництво.

4. ТЕХНІКО-АРХІТЕКТУРНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОБ'ЄКТА

У межах цього розділу розглянемо архітектурно-конструктивні та інженерно-технічні рішення, спрямовані на підвищення енергоефективності малоповерхової житлової будівлі шляхом впровадження сучасних покрівельних систем з використанням сонячної енергії. Аналіз проводиться шляхом порівняння трьох варіантів:

- 1) встановлення традиційних сонячних панелей (фотомодулів),
- 2) інтеграція сонячної черепиці,
- 3) використання сонячних панелей із можливістю зміни кута нахилу залежно від пори року.

Кожен з варіантів пропонується оцінити з урахуванням його впливу на загальні теплотехнічні характеристики даху, річне енергоспоживання, доцільність впровадження в українських кліматичних умовах та відповідність чинним будівельним нормам. Зокрема, при прийнятті технічних рішень враховано положення нормативних документів [44], [45], [46], [47].

Оцінка енергоефективності кожної системи базується на сучасних методиках розрахунку питомого енергоспоживання будівлі та річного сонячного потенціалу покрівлі згідно з [48], [49], [50]. Особливу увагу приділено також можливості зменшення втрат тепла в опалювальний сезон та зниженню навантаження на системи кондиціонування влітку. Таким чином, технічна частина роботи слугує основою для визначення найдоцільнішого з інженерної та економічної точки зору способу інтеграції сонячних технологій у конструкцію покрівлі з урахуванням принципів сталого розвитку.

4.1 Загальна характеристика проєктованої будівлі

Об'єктом дослідження є існуюча малоповерхова житлова будівля, що зведена в смт Стрижавка Вінницької області. Розташована у кліматичному районі І-Північно-західний у відповідності до [51], що потребує забезпечення належного рівня теплозахисту відповідно до вимог [44]. Загальні параметри споруди (поверховість, площа, геометрія, тип фундаменту, конструктивна схема)

визначають технічні межі можливого впровадження енергоефективних покрівельних систем.

Територія забудови належить до II температурної зони згідно з [44], що передбачає суворі вимоги до теплозахисту будівель. У зимовий період середньодобова температура повітря сягає $-5...-7^{\circ}\text{C}$, влітку $+20...+24^{\circ}\text{C}$, що формує необхідність у забезпеченні як якісної теплоізоляції, так і ефективного кондиціонування. Умови розміщення дозволяють ефективно використовувати покрівлю для встановлення сонячних систем з річною інсоляцією до $1280 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Виходячи з положень [44] та [51], підсумуємо умови місцевості розташування будівлі див.табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Кліматичні характеристики для смт Стрижавка

Параметр	Значення	Примітка
Кліматична зона	II	Згідно з ДБН В.2.6-31:2021
Архітектурно-будівельний район	I	Визначено за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010
Зона вологості	Нормальна	Відповідно до нормативних класифікацій
Середня температура опалювального періоду	$-0,1^{\circ}\text{C}$	Враховується при розрахунках тепловтрат
Тривалість опалювального періоду	183 доби	Визначає період, коли потрібне опалення
Температура зовнішнього повітря в зимовий період	-21°C	Розрахункова температура для проектування систем опалення
Температура зовнішнього повітря в літній період	$+22,9^{\circ}\text{C}$	Враховується при проектуванні систем охолодження
Температурна зона	1 (3553 градусо-доби)	Визначає потребу в опаленні
Середньорічна інсоляція	$\sim 1280 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$	Важливо для проектування сонячних систем
Переважаючий напрямок вітру	Північно-західний	Враховується при проектуванні вентиляції
Характеристичне значення снігового покриву	1340 Па	Визначає навантаження на покрівлю
Характеристичне значення вітрового тиску	500 Па	Враховується при розрахунках конструкцій
Глибина промерзання ґрунту	84 см	Важливо для проектування фундаментів
Сейсмічність району	5 балів	Враховується при проектуванні конструкцій

Таким чином, основні кліматичні, географічні та конструктивні умови для будівництва в смт Стрижавка визначено. Для подальшого проектування доцільно розглянути просторову організацію внутрішніх і зовнішніх елементів будівлі.

4.2 Об'ємно-планувальні та функціональні рішення

Досліджувана будівля має компактну об'ємно-просторову структуру з раціональним зонуванням: житлові кімнати орієнтовані на південь та схід для максимального використання природного освітлення й тепла.

Будівля виконана в плані прямокутної форми, загальними розмірами в осях «1»÷«2» - 16,9 м, та в осях «А»÷«Б» - 8,8 м. Сітка вісей будівлі визначена за допомогою виконаних вимірів поздовжніх та поперечних несучих стін. Висота основних приміщень будівлі $H=+2,700\text{м}$. Відносна відмітка будівлі $\pm 0,000\text{м}$ - як відмітка чистої підлоги будинку першого поверху.

На момент обстеження приміщення будівлі експлуатується за основним призначенням. Загальний вигляд будівлі наведений на рис.4.1. Обмірні креслення будівлі наведені в комплекті кресленок АБ аркуш 1.



Рисунок 4.1. Загальний вигляд будівлі

Примітка 1. З метою захисту персональних даних було змінено: адресу розташування будинку, загальний вид змінено з допомогою ШІ.

Визначемо основні показники об'єкту:

- загальні габарити будівлі в осях «1»÷«2» - 16,9 м, та в осях «А»÷«Б» - 8,8 м;
- конструктивний тип об'єкту – безкаркасний;
- загальна висота будівлі від умовної позначки $\pm 0,000\text{м}$ до конька

складає +7,13 м.

- загальна площа проекції обстежуваної покрівлі будівлі – 148,72 м²;
- ступінь вогнестійкості будівлі – III згідно з [52] будинки з несучими та огороджувальними конструкціями з природних матеріалів або штучного каменю, бетону або залізобетону.

Раціональна об'ємно-планувальна структура створює передумови для мінімізації тепловтрат і зручного розміщення інженерних систем. Наступним етапом є розгляд конструктивних рішень, що забезпечують надійність і ефективність огороджувальних конструкцій.

4.3 Архітектурно-конструктивні особливості покрівлі

Конструктивна схема передбачає використання стін з газобетонних блоків з зовнішнім утепленням мінеральною ватою товщиною 150 мм, що відповідає нормативному опору теплопередачі для II зони. Перекриття — монолітне залізобетонне, дах — двосхилий із дерев'яною кроквяною системою. Таке рішення дозволяє зручно інтегрувати сонячну черепицю або панелі з конструкцією дахового покриття.

Основою для зовнішніх та внутрішніх несучих стін будівлі виконаних з газоблоку слугують стрічкові фундаменти виконані із залізобетону шириною 400 глибиною 900.

Несучими елементами будівлі є зовнішні та внутрішні повздовжні стіни, що виконані із газоблоку, нормального формату. Стіни із зовнішньої сторони утеплені мінераловатним утеплювачем. Товщина стін із зовнішнім та внутрішнім опорядженням складає 640мм.

Внутрішні стіни та перегородки будівлі виконанні із газоблоку, нормального формату, товщиною із оздобленням 350мм та 160мм.

Міжповерхове перекриття виконано із збірних залізобетонних круглопустотних плит. Плити перекриття обпираються на зовнішні та внутрішні несучі стіни.

Міжповерхові сходи будівлі – збірні дерев'яні, що обпираються на кладку.

Розроблена конструктивна схема дозволяє інтегрувати сучасні енергозберігаючі системи покрівлі. З огляду на це, розглянемо більш детально компонування даху та його варіантні виконання з точки зору енергоефективності.

4.4 Експлікація даху: конструкція та площі для PV-систем

Покрівля будівлі виконана двоскатною шатровою. Завдяки відповідним похилам покрівлі атмосферні опади, стікають природним чином.

Покрівля являє собою – дерев'яну кроквяну систему, що обперта на зовнішні несучі стіни будівлі. Покрівля виконана із листів покрівельних (фальшпанель), що влаштована по дерев'яній обрешітці.

Дерев'яна обрешітка закріплена до крокв, що формують головний каркас кроквяної системи покрівлі у формі трикутника. Обрешітка виконана із дощок товщиною 30мм шириною 100мм, кроком 350-400мм. Дерев'яні крокви покрівлі виконані поперечним перерізом - 80×180мм. Крок крокв складає. від 1,20 до 1,25м

Крокви в свою чергу в коньковій частині з'єднані між собою встик та розкріплені додатково затяжкою поперечним перерізом - 50×180мм. Крокви на відстані 5,4м від мауерлатів обперті на балки, перерізом 50х180мм. Балки в свою чергу встановлені на дерев'яні стійки перерізом 100х100мм кроком 3,6м. Від низу кожної балки встановлені розкоси під крокви.

Крокви встановлені на мауерлати, що передають та розподіляють навантаження від кроквяної системи на несучі стіни. Мауерлати влаштовані вздовж несучих зовнішніх стін.

Мауерлати встановлені безпосередньо на несучі стіни. Кріплення мауерлату до несучих стін виконано за допомогою стяжок, із круглого металу діаметром 6мм.

Покрівля будівлі обладнана зовнішнім організованим водозливом. Водозлив виконаний накладними жолобами. Ухил жолобів виконаний поступовим зменшенням відстані жолобів від кромки даху. Водостічні труби закріплені до зовнішніх стін будівлі сталевими рогачам розташованими по вертикалі з кроком 1,5м.



Рисунок 4.2. Розріз даху

4.5 Інженерні системи: енергоефективне опалення, вентиляція

Забезпечення теплового комфорту в енергоефективній будівлі вимагає комплексного підходу до систем теплоенергопостачання, гарячого водопостачання та електропостачання. У роботі передбачено використання комбінованої системи, яка включає:

основне джерело теплоти — електричний котел або тепловий насос (повітря-вода), що може живитись частково за рахунок енергії, згенерованої сонячними покрівельними системами;

гаряче водопостачання — за допомогою електричного бойлера з функцією підключення до сонячного колектора;

електропостачання — із покриттям потреб 15 кВт.

Інженерні мережі передбачають застосування приладів класу енергоефективності «А» та вище, а також впровадження розумної системи керування енергоспоживанням (smart home) для автоматичного перемикання між джерелами енергії залежно від їх доступності.

Крім того, враховано екологічний аспект, пов'язаний зі зниженням викидів CO₂ через використання ВДЕ. Всі технічні рішення прийнято з урахуванням [45], та рекомендацій [46] щодо енергетичної сертифікації.

Наступним кроком є аналіз мікрокліматичних систем будівлі, а саме — поєднаної роботи опалення і вентиляції, які безпосередньо впливають на рівень тепловтрат та споживання енергії.

4.6 Оцінка технічного стану та фізичного зносу

Забезпечення сталого мікроклімату в будівлі досягається завдяки синхронізованій роботі систем опалення та вентиляції. Враховуючи кліматичні умови смт Стрижавка та аналіз теплотехнічних характеристик, у проєкті передбачено:

систему водяного опалення з радіаторами у житлових приміщеннях та електричними теплими підлогами у санвузлах;

циркуляційний насос з інверторним керуванням, який забезпечує стабільну подачу теплоносія при мінімальному споживанні енергії;

Для вентиляції запроєктована механічна припливно-витяжна система з рекуператором тепла. Така система дозволяє зберегти до 60–70% тепла, яке виводиться з приміщення разом із відпрацьованим повітрям. Рекуператори використовують низьковольтне живлення, що ідеально сумісне з сонячними установками.

Варто зазначити, що вентиляційне обладнання розміщене у технічному просторі горища, що спрощує його монтаж та обслуговування. Автоматизоване керування рівнем CO₂ та температури дозволяє підтримувати стабільні комфортні умови з мінімальним втручанням користувача.

Таким чином, інтеграція систем опалення та вентиляції у проєкт забезпечує не лише комфорт, а й високий рівень енергоефективності, що відповідає вимогам сучасного сталого будівництва. Це створює надійну основу для подальшого аналізу теплотехнічних показників будівлі з урахуванням покрівельних інновацій.

4.7 Оцінка фізичного зносу та технічного стану будівлі

Оцінка фізичного зносу є важливою складовою технічного аналізу об'єкта будівництва та експлуатації. Визначення зносу проводиться з урахуванням строків служби основних конструктивних елементів будівлі та їхнього поточного технічного стану. У проєктованій ситуації, де об'єкт є новим таким, що проходить модернізацію, оцінювання фізичного зносу має характер прогнозного і використовується для обґрунтування експлуатаційного ресурсу.

Розрахунок фізичного зносу проводиться за формулою (4.1):

$$Z = \frac{T_{\text{експ}}}{T_{\text{норм}}} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

де:

Z — відсоток фізичного зносу конструкції (%),

$T_{\text{експл}}$ — фактичний або очікуваний строк експлуатації (роки),

$T_{\text{норм}}$ — нормативний строк служби конструкції (роки).

Для будівлі в смт Стрижавка, що експлуатується 5 років, з сучасними матеріалами та елементами з тривалим ресурсом отримуємо табл. 4.1:

Таблиця 4.1 – Визначення відсотку фізичного зносу

Конструктивний елемент	$T_{\text{норм}}$, років	$T_{\text{експл}}$, років	Z , % (приблизно)
Фундаменти	100	5	5,00
Зовнішні стіни	80	5	6,25
Перекрыття	80	5	6,25
Дах	40	5	12,50
Інженерні мережі	30	5	16,67

Приймаємо фізичний знос конструкцій будівлі – 9,33%.

Таким чином, фізичний знос усіх основних елементів наближений до 10%, що підтверджує технічну справність будівлі та її повну експлуатаційну придатність. Приймаємо технічний стан конструкції нормальний – категорія технічного стану "1": фактичні зусилля в елементах та перерізах конструкції не перевищують допустимих за розрахунком, відсутні дефекти та пошкодження, які знижують несучу здатність та довговічність або перешкоджають нормальній експлуатації.

Однак при встановленні покрівельних сонячних систем необхідно враховувати додаткове конструктивне навантаження, що розглядатиметься у наступному підпункті.

4.8 Перевірочний розрахунок несучої здатності покриття будівлі

4.8.1 Збір навантажень

4.8.1.1 Навантаження від фотоелектричних модулів та їх кріплення

Згідно з [53], характеристичне значення ваги нестандартного технологічного обладнання визначається за паспортними даними виробника. Для розрахунків приймаємо фотоелектричні модулі типу JAM54S30-420/MR від Ja Solar, розміром 1722x1134x30 мм та вагою 21.5 кг.

Компонент	Характеристичне значення (кг/м ²)	Коеф. надійн. гамма	Розрах. значення (кг/м ²)
Вага модуля	11,03	1,05	11,58
Вага кріплень	3,5	1,2	4,2
Разом			15,78

4.8.1.2 Вага покрівлі

Вага елементів кровляної системи: решетування, покриття і т. д. Користуються наведеними нижче даними:

Вага листів покрівлі – 5кг/м²;

Вага обрешітки (питому вагу оберемо для хвойних порід, зокрема для сосни) товщиною 30мм, кроком 350мм – 7кг/м²;

Для подальшого розрахунку несучої спроможності кровляної системи покрівлі будівлі підсумуємо отримані значення.

Навантаження на 1м² покрівлі складає 12кг*1,2 (Коеф. надійності за навантаженням γ_{fm})=14,4кг/м².

4.8.1.3 Вітрове навантаження

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження визначається за формулою (4.2):

$$W_m = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C \cdot S \quad (4.2)$$

де; $\gamma_{fm} = 0,95$ - коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням вітрового навантаження при терміні експлуатації споруд $T=40$ р;

W_0 - характеристичне значення вітрового тиску. Характерне значення вітрового тиску $W_0=500$ Па.

S – поверхня на яку діє вітрове навантаження, м².

C – коефіцієнт, що визначається за формулою (4.3):

$$C_{e1} = C_{aer} \cdot C_{alt} \cdot C_h \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d \quad (4.2)$$

де: C_{aer} - аеродинамічний коефіцієнт, згідно додатку I [53] $C_{aer} = Ce$

C_h - коефіцієнт висоти споруди, приймаємо $C_h = 1$ – сільська місцевість з огорожами (парканами), невеликими спорудами, будинками і деревами..

$$C_{h+10,48m} = 1,02. \quad C_{h+12,81m} = 1,1124.$$

C_{alt} - коефіцієнт географічної висоти; $C_{alt} = 1$ (п. 9.10 [53]);

C_{rel} - коефіцієнт рельєфу; $C_{rel} = 1$ (п. 9.11 [53]);

C_{dir} - коефіцієнт напрямку; $C_{dir} = 1$ (п. 9.12 [53]);

C_d - коефіцієнт динамічності; $C_d = 1,1$ (п. 9.12 [53]);

Характеристичне значення вітрового тиску для 3-го району: $W_0 = 500$ Па. За формулами [53], розрахунки для схилу даху (кут 27° , $h1/L = 0,72$):

$$C_{e1} \equiv -0,5544$$

$$C_{e2} \equiv -0,444$$

$$C_h = 1,02 - 1,1124$$

$$W_{e1} \approx -0,295 \dots -0,3222 \text{ кН/м}^2$$

$$W_{e2} \approx -0,215 \dots -0,233 \text{ кН/м}^2$$

4.8.1.4 Снігове навантаження

$$S_0 = 1000 \text{ Па};$$

$$S_e = 0,95 \times 1000 \times 0,6 = 570 \text{ Па} = 57 \text{ кг/м}^2 \text{ (вісь А)}, 95 \text{ кг/м}^2 \text{ (вісь Б)}.$$

Таким чином маємо наступні навантаження на покриття враховує кілька складових рис.4.3.

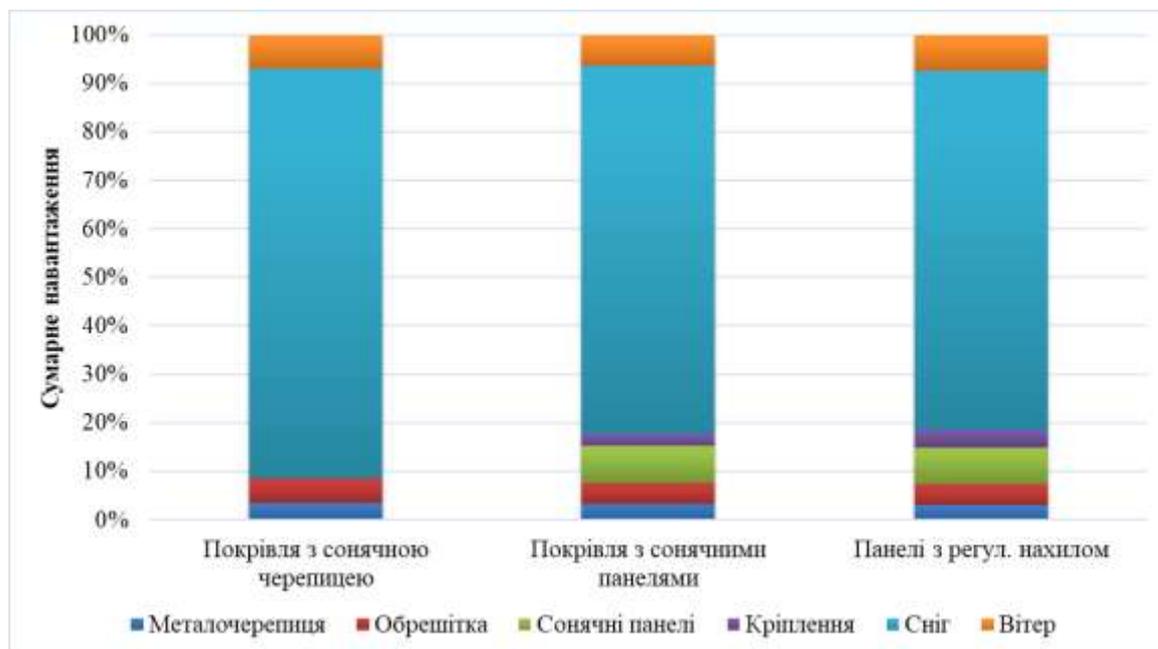


Рисунок 4.3 – Порівняльна діаграма сумарного навантаження для трьох варіантів покрівельних систем.

4.9 Висновки до розділу

1) У межах технічного аналізу проведено всебічну оцінку архітектурних, конструктивних та інженерних характеристик житлової будівлі, розташованої у смт Стрижавка, Вінницької області. Згідно з кліматичними умовами регіону та вимогами нормативної документації, було підтверджено придатність будівлі до впровадження сучасних покрівельних систем на основі сонячної енергії.

2) Планувальні та конструктивні рішення створюють сприятливі передумови для енергоощадного функціонування: раціональна орієнтація житлових кімнат, компактна форма, використання газобетону з утепленням, наявність мансардного простору.

3) Конструкція даху, що базується на дерев'яній кроквяній системі з достатнім запасом міцності, дозволяє реалізувати всі три варіанти монтажу сонячних елементів.

4) Мікрокліматичне та інженерне забезпечення проєктної будівлі відповідає принципам енергоефективності.

5) Розрахунок фізичного зносу підтверджує технічну справність основних елементів із середнім показником зносу $\sim 9,33\%$, що відповідає категорії "нормальний технічний стан".

6) Конструктивний розрахунок покрівлі із урахуванням додаткових навантажень (вага модулів, снігове та вітрове навантаження) свідчить про допустимість встановлення сонячного обладнання без потреби в посиленні основної структури — за умови правильного проектування вузлів кріплення.

7) Порівняльний аналіз навантажень показав, що найбільше навантаження припадає на систему з регульованим нахилом, переважно через збільшені вітрові тиски. Водночас, за правильного підбору параметрів — усі варіанти можна реалізувати з технічної точки зору.

5. ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКРІВЕЛЬ

5.1 Загальні принципи монтажу

В умовах сучасного будівництва застосування технологій відновлюваної енергетики стає не лише модним трендом, а й необхідністю. Сонячні покрівлі — це комплексне рішення, яке поєднує архітектурну функцію захисту будівлі з енергогенерацією. У цьому розділі розглянуто технологію влаштування трьох основних варіантів сонячних покрівель: традиційні фотомодулі, сонячна черепиця та регульовані системи зі змінним кутом нахилу.

5.2 Організація робіт на об'єкті

Реалізація проєктів сонячних покрівель передбачає чітко організовану послідовність робіт, що охоплює як підготовчі, конструктивно-монтажні, так і електротехнічні заходи. Важливо не лише правильно встановити обладнання, а й забезпечити тривалу надійність, енергоефективність та безпечну експлуатацію системи.

До основних етапів організації виконання робіт належать:

Підготовчий етап:

Обстеження технічного стану покрівлі та аналіз несучої здатності конструкцій, з урахуванням додаткових навантажень від панелей, кріплень, снігу та вітру;

Оцінка орієнтації даху щодо сторін світу та кута нахилу — з метою забезпечення максимальної генерації електроенергії;

Розробка схеми розміщення модулів, з урахуванням архітектурних елементів (вікон, мансард, вентиляційних виводів тощо);

Погодження рішень із проєктною документацією та стандартами (зокрема ДБН В.2.5-23:2010, ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, ПУЕ, ДСТУ EN 62446-1:2021 тощо).

Монтажно-будівельні роботи:

Встановлення нової обрешітки або підсилення наявної, в разі потреби;

Монтаж ізоляційних шарів, вентиляційного зазору, кріпильних профілів або інтегрованих елементів (наприклад, для сонячної черепиці);

Розміщення сонячних модулів, черепиці або конструкцій з регульованим кутом;

Кріплення здійснюється із дотриманням технологічних карт та специфікацій виробника.

Електротехнічні роботи:

Прокладка кабелів постійного струму (DC) від модулів до інвертора з використанням сонячного проводу відповідного перерізу;

Установка інвертора, захисної автоматики, блискавкозахисту, системи заземлення;

Підключення до електромережі, при наявності договору з оператором системи розподілу;

Інтеграція системи моніторингу та реєстрації виробітку через Wi-Fi/RS485/Modbus-протоколи.

Безпека та контроль:

Усі роботи виконуються згідно з чинними нормативами охорони праці, зокрема щодо роботи на висоті, електробезпеки та застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ);

Обов'язковий технічний нагляд та вхідний контроль матеріалів;

По завершенню монтажу проводиться випробування напруги холостого ходу, перевірка полярності, заземлення, робота інвертора та відповідність ПУЕ.

Таким чином, організація монтажу сонячних покрівель вимагає високої кваліфікації персоналу, дотримання технологічної дисципліни та ретельного проектного супроводу. Комплексний підхід до планування та виконання робіт гарантує надійність системи протягом 25–30 років експлуатації.

5.3 Монтаж традиційних сонячних панелей

Встановлення традиційних фотомодулів є найпоширенішим і добре відпрацьованим технічним рішенням у сфері дахової генерації енергії. Цей варіант оптимально поєднує доступність, ефективність та відносну простоту монтажу, що дозволяє масштабувати систему в залежності від потреб користувача. Схема кріплення показана на рис.5.1.

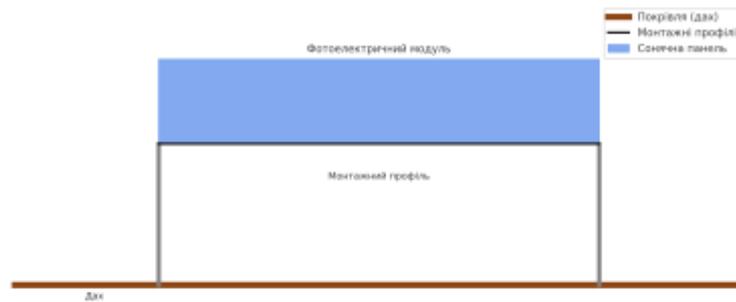


Рисунок 5.1 – Схема кріплення сонячної панелі до даху

Структура системи

До складу класичної дахової сонячної електростанції входять:

фотомодулі (сонячні панелі, здебільшого на основі монокристалічного кремнію);

система кріплення (кронштейни, монтажні рейки, фіксатори);

кабельна система (DC-кабелі, конектори типу MC4);

інвертор (мережевий або гібридний, для перетворення постійного струму у змінний);

електрощитове обладнання (захист, автоматика, облік, грозозахист).

Етапи монтажу

Підготовка покрівлі

Обстежується дах на предмет геометрії, кроку крокв і цілісності покриття.

Визначається орієнтація та оптимальний нахил (у разі неможливості зміни кута, система орієнтується на південь з існуючим ухилом даху).

Монтаж кріплень

До дерев'яних крокв через покрівельне покриття (із ущільненням отворів) кріпляться несучі кронштейни, зазвичай з нержавіючої сталі.

Застосовуються системи типу End Clamp та Mid Clamp з високоміцного алюмінію.

Кронштейни мають регулювання по висоті для компенсації нерівностей.

Установка направляючих

До кронштейнів фіксуються монтажні рейки – алюмінієві профілі з пазами для кріплення фотомодулів.

Рейки орієнтують горизонтально або вертикально залежно від типу покрівлі та розміру панелей.

Монтаж фотомодулів

Панелі встановлюють на рейки і закріплюють затискачами.

Кожна панель має на звороті конектори MC4, якими формується електричний ланцюг (стрінг).

Електротехнічне підключення

Кабелі від стрінгів прокладаються до інвертора (через дахове введення з герметизацією).

Встановлюються захисні пристрої: DC-автоматика, запобіжники, захист від перенапруги (SPD), заземлення та контур блискавкозахисту.

Інвертор монтується у технічному приміщенні або на зовнішній стіні.

Пуско-налагоджувальні роботи

Перевіряються всі електричні з'єднання, параметри напруги, струму, опору ізоляції.

Виконується пробний запуск, система моніторингу фіксує вироблення.

5.4 Технологія сонячної черепиці

Сонячна черепиця — це інноваційне рішення, яке поєднує в собі естетику традиційного покрівельного матеріалу з функціональністю сонячної генерації. Такий підхід дозволяє уникнути зовнішніх навісних конструкцій і створити єдину покрівлю, що одночасно захищає і виробляє енергію.

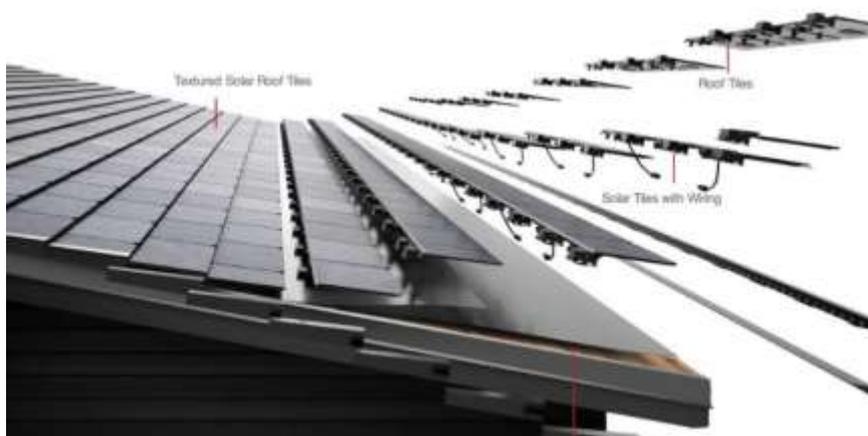


Рисунок 5.2 – Схема улаштування сонячної черепиці

Конструкція системи

Сонячна черепиця складається з модулів невеликого розміру, зазвичай на основі монокристалічних кремнієвих елементів, вбудованих у корпус з міцного скла, полімеру або кераміки. Основні особливості:

Інтеграція у дахове покриття – не вимагає додаткових конструкцій;

Механічне з'єднання – за принципом черепиці з нахльостом;

Електричне з'єднання – через вбудовані конектори (часто MC4-типу);

Високий рівень герметичності та захисту від вологи (IP67).

Етапи монтажу

Підготовка покрівлі

Демонтаж попереднього покриття (якщо наявне);

Монтаж гідроізоляційного шару (сучасні системи мають інтегровану мембрану);

Укладання обрешітки з урахуванням кроку модулів.

Монтаж сонячної черепиці

Елементи укладаються знизу вгору, з перехльостом, аналогічно традиційній керамічній черепиці;

Кожен модуль фіксується механічно та з'єднується в електричний ланцюг.

Підключення

Всі стрінги під'єднуються до збірних коробок струму (DC combiner boxes);

Далі кабелі направляються до інвертора (часто встановленого на горищі чи технічному поверсі);

Монтується система моніторингу та захисту.

Особливості

Зовні покрівля з сонячною черепицею не відрізняється від преміум-класу покриття;

Теплова ефективність покрівлі підвищується за рахунок меншого перегріву;

Система складніша в заміні окремих елементів, але має більшу стійкість до зовнішніх факторів.

5.5 Рішення зі змінним кутом нахилу

Системи зі змінним нахилом панелей забезпечують найвищий рівень адаптації до сезонної сонячної активності. Вони дозволяють змінювати кут установки панелей, що значно підвищує ефективність генерації енергії.

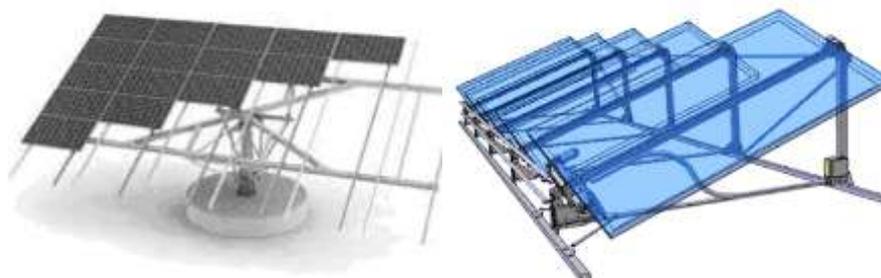


Рисунок 5.3 – Схема улаштування сонячної черепиці

Принцип дії

Сонячна рама встановлюється не фіксовано, а з можливістю регульованого нахилу панелей, який змінюється вручну або за допомогою механічних приводів (актуаторів). Типові рекомендовані кути:

Зима: 55–60° (максимальна висота Сонця низька — потрібен крутий кут);

Весна / Осінь: 35° (проміжне положення);

Літо: 20–25° (Сонце високо — панелі майже лежать горизонтально).

Компоненти системи:

Посилена металева основа з кількома положеннями фіксації;

Сонячні панелі (ті ж типи, що й у звичайних дахових рішеннях);

Ручна або електромеханічна система нахилу;

Кріплення до даху через монтажні пластини або окрему металоконструкцію.

Етапи монтажу:

Підсилення покрівлі — у разі необхідності додаткового навантаження;

Монтаж системи кріплення з шарнірами;

Установка панелей на регульовані кронштейни;

Налаштування сезонних положень та тестування.

Особливості:

Підвищення річного виробітку на 10–25% порівняно з фіксованими системами;

Найкраще працює при площинному або похилому монтажі, де є простір для змін кута;

Вимагає точного балансування для витримування вітрових навантажень.

5.6 Моніторинг, обслуговування, тривалість експлуатації

Виконаєм порівняння параметрів систем таблиця 5.1:

Таблиця 5.1 – Порівняння параметрів досліджуваних систем

Параметр	Сонячна черепиця	Традиційна панель	Регульована система
ККД	12–15%	18–21%	20–22%
Маса на 1 м ²	8–11 кг	15–20 кг	18–22 кг
Вартість (грн/м ²)	3000–4000	1800–2500	2200–2700
Технічна складність	Середня	Низька	Висока

5.7 Сервісне обслуговування та моніторинг

Очищення панелей має проводитись щонайменше двічі на рік. Раз на рік бажано перевіряти електроз'єднання та роботу інвертора. Моніторинг доцільно вести через додатки (Huawei, SolarEdge, Fronius). У разі підключення до 'розумного будинку', система надсилає повідомлення про несправності.

5.8 Висновки до розділу

1) У межах цього розділу проаналізовано три основні варіанти реалізації дахових сонячних систем: традиційні фотомодулі, сонячну черепицю та панелі зі змінним кутом нахилу. Кожне рішення розглянуто з позицій технологічної складності, ефективності, особливостей монтажу, естетики, а також вимог до конструкції покрівлі.

2) Традиційні сонячні панелі залишаються найпоширенішим варіантом через простоту монтажу та високу ефективність. Вони мають добрий ККД (18–21%), але мають суттєвий вплив на зовнішній вигляд будівлі, а також додають значного вагового навантаження на покрівлю.

3) Сонячна черепиця, натомість, є найестетичнішим і найбільш архітектурно інтегрованим варіантом. Вона поєднує функцію покрівельного покриття та генерації електроенергії, забезпечуючи при цьому покращену теплоізоляцію, рівномірне навантаження та кращу стійкість до атмосферних впливів. Незважаючи на нижчий ККД (12–15%), цей варіант виправданий у довгостроковій перспективі — як з енергетичної, так і з візуальної точки зору. Черепиця забезпечує менше нагрівання даху влітку та мінімізує втрати тепла взимку завдяки щільному приляганню модулів.

4) Системи з регульованим нахилом демонструють найвищий потенціал щодо річного виробітку електроенергії (до 25% більше), проте потребують значних витрат на монтаж, обслуговування та додаткове посилення даху. Також є більш вразливими до вітрових навантажень.

5) Проведене в табл. 5.1 порівняння показало, що сонячна черепиця, незважаючи на вищу вартість, забезпечує найбільш збалансований компроміс між естетикою, довговічністю, навантаженням на дах і енергетичним потенціалом.

6) Усі системи потребують регулярного обслуговування (перевірка з'єднань, очищення, моніторинг) — і мають передбачену технічну придатність до експлуатації протягом 25–30 років.

7) З урахуванням конструктивних особливостей досліджуваної будівлі, її архітектури, кліматичних умов смт. Стрижавки, а також довгострокової доцільності — сонячна черепиця розглядається як пріоритетний варіант впровадження.

6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ

У сучасних умовах зростання цін на енергоресурси, а також підвищених вимог до енергоефективності будівель, питання економічної доцільності впровадження сонячних технологій набуває особливої актуальності. Встановлення дахових фотоелектричних систем дозволяє не лише зменшити залежність від зовнішніх джерел електроенергії, а й забезпечити часткову або повну енергетичну автономність домогосподарства.

Цей розділ присвячено детальному аналізу витрат та терміну окупності трьох варіантів реалізації сонячних покрівель, розглянутих у технічній частині.

Метою аналізу є порівняння початкових капіталовкладень, оцінка прогнозованого річного виробітку електроенергії, визначення собівартості 1 кВт·год, розрахунок строку окупності (Payback Period) та оцінка довгострокових фінансових переваг та економії.

Усі розрахунки виконані з урахуванням реальних кліматичних умов для смт Стрижавка Вінницької області, актуальних тарифів на електроенергію на 2025 рік, а також умов "зеленого тарифу", що дозволяє продавати надлишкову енергію у мережу. Крім того, враховано типове споживання електроенергії для п'ятиосібної родини з двома дітьми, що проживає у приватному будинку площею близько 150 м².

Проведене економічне обґрунтування допоможе обрати найоптимальніший варіант сонячної покрівлі з позиції довгострокових фінансових вигод, енергетичної незалежності та сталого розвитку.

6.1 Вихідні дані для розрахунку

Будинок: площа 148,72 м² на 2 поверхи, покрівля – 148,72 м². Сім'я: батько (35 років), мати (27 років), діти (7, 5 та 2 роки). Розглядається встановлення сонячної станції потужністю 15 кВт з видачею надлишкової енергії в мережу.

Типове споживання електроенергії сім'єю з 5 осіб приведене в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Типове споживання електричної енергії

Місяць	Споживання, кВт·год
Січень	1600
Лютий	1450
Березень	1300
Квітень	1150
Травень	1000
Червень	950
Липень	1000
Серпень	1050
Вересень	1100
Жовтень	1250
Листопад	1400
Грудень	1550

Сумарне річне споживання: 15 800 кВт·год.

6.2 Методика розрахунку

Методика базується на розрахунку річної економії та періоду окупності (Payback Period) (6.1):

$$T_{\text{окупності}} = \frac{\text{Загальні витрати}}{\text{Річна економія}} \quad (6.1)$$

Також визначемо собівартість кВт·год, з урахуванням встановлених систем

$$\text{Собівартість 1 кВт} \cdot \text{год} = \frac{\text{Загальні витрати}}{\text{Генерація за період експлуатації}} \quad (6.2)$$

Та грошовий потік

$$\text{Економія} = \text{Споживання} \cdot \text{Тариф} \quad (6.3)$$

6.3 Визначення економічних показників

Розглянемо варіант встановлення сонячної черепиці орієнтовна середня вартість матеріалів і монтажу (на 15 кВт) визначена з допомогою програмного комплексу «КОШТОРИС 8» приведено в додатку Б.

Визначемо прогнозоване значення генерації програмного комплексу «PVsyst» результати приведено в додатку В та порахуємо надлишок у мережу.

Під час розрахунків будемо використовувати індексні позначення: «1» – сонячна черепиця, «2» – традиційна панель, «3» – регульована система

Генерація:

$$\Gamma_1=19\,994 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$$

$$\Gamma_2=19\,709 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$$

$$\Gamma_3=25\,480 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$$

Самоспоживання: 15 800 кВт·год/рік

$$\text{Надлишок}_1 = \text{Генерація}_1 - \text{Самоспоживання} = 19\,994 - 15\,800 = 4\,194 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$\text{Надлишок}_2 = \text{Генерація}_2 - \text{Самоспоживання} = 19\,709 - 15\,800 = 3\,909 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$\text{Надлишок}_3 = \text{Генерація}_3 - \text{Самоспоживання} = 25\,480 - 15\,800 = 9\,680 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Таким чином економічний ефект від впровадження СЕС становить:

$$E_{e1}=19\,994\cdot4,2=83\,974,8 \text{ грн}/\text{рік}$$

$$E_{e2}=19\,709\cdot4,2=82\,777,8 \text{ грн}/\text{рік}$$

$$E_{e3}=25\,480\cdot4,2=83\,974,8 \text{ грн}/\text{рік}$$

Визначимо окупність впровадження системи:

$$C_1=67\,6241/83\,974,8\approx 8,05 \text{ роки}$$

$$C_2=66\,3600/82\,777,8\approx 8,01 \text{ роки}$$

$$C_3=76\,6429/83\,974,8\approx 9,12 \text{ роки}$$

Як бачимо термін окупності впровадження систем складає $8\div 9$ років замість загальноприйнятих до 5. Це зумовлено наступними факторами: вартість систем включає не лише фотоелектричні панелі, а й: спеціалізовану покрівельну конструкцію, монтажні елементи, інвертори, автоматику, проводку.

Це підвищує загальну вартість проекту, у порівнянні зі звичайною сонячною електростанцією на землі або на даху. Відповідно, встановлена потужність системи обмежена, а річний дохід (або економія) – не такий великий, щоб "відбити" інвестиції за 5 років. Використання частини енергії на власні потреби. Якщо відсутній "зелений тариф" або договір Net Metering, частина виробленої енергії використовується в режимі "на місці", без компенсації за надлишок. Це не дає

змоги повною мірою монетизувати надлишкову генерацію, а значить — зменшує річну вигоду. Консервативний підхід до розрахунків тобто обчислення реалістичні, а не оптимістичні — що робить оцінку обґрунтованою.

Порівняння варіантів наведено в таблиці 6.2

Таблиця 6.2 – порівняльний аналіз

Показник	Традиційні панелі	Сонячна черепиця	Регульований кут
Вартість встановлення (тис. грн)	306	390	340
Річна генерація, кВт·год	19 000	15 000	21 000
Економія на електриці, грн	66 360	52 500	73 500
Окупність, років	4,6	7,4	4,1
Естетика	Середня	Висока	Середня

Потенційна економія за 10 років приведена на рисунку 6.1

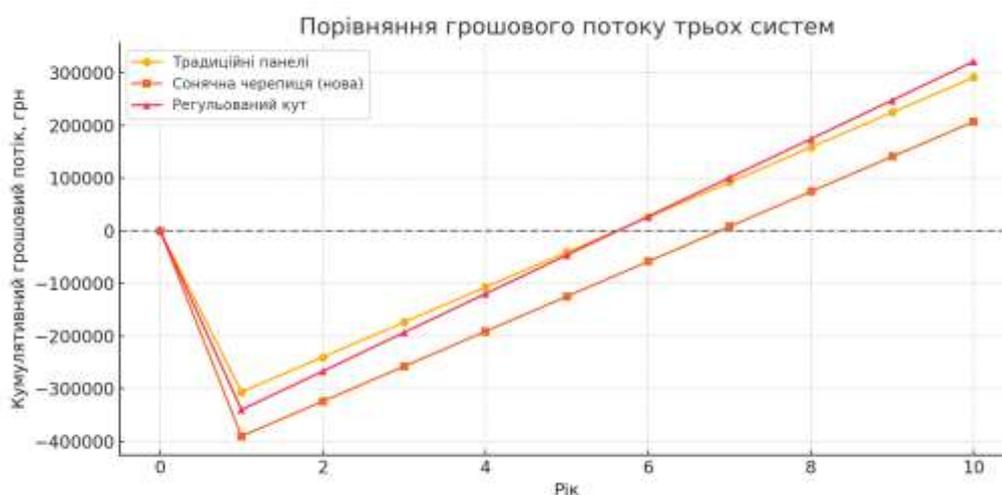


Рисунок 6.1 – Графік грошового потоку для трьох варіантів систем

6.4 Висновки за розділом

1) Проведене економічне обґрунтування демонструє, що впровадження сонячної черепиці — це не лише раціональний вибір для підвищення енергоефективності будівлі, а й стратегічна інвестиція у комфорт, незалежність та довготривалу економію.

2) Незважаючи на формально триваліший термін окупності (≈ 8 років) порівняно з іншими варіантами ($\approx 4-5$ років), сонячна черепиця має низку переваг,

які виходять за межі сухої арифметики: висока естетика: система гармонійно інтегрується в архітектуру будинку без компромісів у вигляді громіздких конструкцій. Подвійна функція: замінює традиційне покриття покрівлі та одночасно генерує енергію — подвійна економія! Безшумна генерація та захист від негоди: на відміну від панелей, черепиця є більш стійкою до вітру, снігу та перепадів температур. Підвищення вартості нерухомості: інноваційна покрівля додає привабливості будинку на ринку, підвищуючи його капіталізацію. Тривалий термін експлуатації: відсутність рухомих елементів знижує потребу в обслуговуванні, а отже — витрати в майбутньому.

3) Термін окупності системи визначено консервативно, з урахуванням лише підтверджених економічних вигод. Але в реальних умовах він може бути суттєво скорочений за рахунок: зростання тарифів на електроенергію; впровадження програм Net Metering; доступу до пільгового кредитування або «зелених» грантів; збільшення енергоспоживання родиною (електромобіль, кондиціонери, теплові насоси тощо).

4) Таким чином, сонячна черепиця — це інтелектуальний вибір для тих, хто цінує довговічність, дизайн і технологічну перевагу, навіть якщо це вимагає трішки більшого терпіння у поверненні інвестицій.

ВИСНОВКИ

1) Енергоефективність житлових будівель в Україні залишається низькою, що обумовлює надмірне енергоспоживання у порівнянні з країнами ЄС. Сучасні технології, зокрема інтегровані фотоелектричні системи (BIPV), є ключовими для зниження енергозалежності та підвищення сталості у будівельному секторі.

2) Європейський Союз демонструє позитивний приклад системного підходу до впровадження енергозберігаючих технологій — через програми стимулювання, законодавчі ініціативи та підтримку інновацій. Україна може ефективно адаптувати ці практики для покращення національного житлового фонду.

3) На державному рівні в Україні вже функціонують програми фінансової підтримки термомодернізації, однак їхня ефективність обмежується через нерівномірне фінансування, бюрократичні перешкоди та низький рівень поінформованості населення про переваги енергоефективних рішень.

4) ЄС активно застосовує фінансові механізми, зокрема податкові пільги, субсидії та "нет-метеринг", що сприяють масовому впровадженню сонячних технологій у приватному секторі та зменшенню залежності від імпорту енергії.

5) Дослідження теплофізичних властивостей дахових матеріалів підтвердило значний вплив типу покриття на енергоспоживання будівлі, внутрішній мікроклімат і навіть загальну екологічну ситуацію в міському середовищі (наприклад, зменшення ефекту "теплового острова").

6) Зелені дахи мають високі енергозберігаючі властивості: завдяки рослинному шару та вологонакопичуючим матеріалам вони не лише ізолюють будівлю від температурних коливань, але й покращують акустику та очищують повітря.

7) Прохолодні дахи з матеріалів з високою відбивною здатністю забезпечують зниження температури покрівлі влітку, зменшуючи навантаження на кондиціонери та подовжуючи термін служби покрівлі.

8) Сонячна черепиця поєднує архітектурну естетику та функціональність: вона інтегрується у дах як повноцінне покриття, одночасно виконуючи функцію генерації електроенергії без потреби у масивних конструкціях.

9) Порівняння різних покрівельних рішень показало, що ефективність сильно залежить від умов експлуатації, регіонального клімату, теплотехнічних параметрів матеріалів та орієнтації даху.

10) Конкретна будівля у смт Стрижавка, Вінницької області, була обрана як об'єкт аналізу. Проведене дослідження підтвердило її готовність до модернізації дахового покриття із застосуванням сонячних елементів, без необхідності суттєвої реконструкції.

11) Конструкція дерев'яного даху з мансардою виявилася придатною для реалізації всіх типів сонячних систем — класичних панелей, черепиці та варіантів з регульованим нахилом, завдяки належному запасу міцності та правильній геометрії даху.

12) Інженерно-кліматичні умови об'єкта відповідають вимогам енергоефективності, а технічний стан будівлі, з рівнем зносу близько 9%, не перешкоджає встановленню сучасного енергообладнання.

13) Статичний розрахунок навантажень підтвердив, що при правильному розрахунку вузлів кріплення всі варіанти сонячних систем можна реалізувати без необхідності посилення конструкцій даху.

14) Серед трьох досліджених варіантів (традиційні панелі, сонячна черепиця, панелі зі змінним кутом) — саме сонячна черепиця виявилася найбільш збалансованим рішенням між естетикою, функціональністю та довговічністю.

15) Традиційні фотопанелі мають високий ККД (до 21%), але візуально можуть порушувати архітектурну цілісність будинку й додають значного навантаження на дах.

16) Регульовані панелі дозволяють отримувати до 25% більше електроенергії на рік, однак потребують складного монтажу, ретельного технічного обслуговування та підвищеної вітростійкості.

17) Сонячна черепиця забезпечує подвійний ефект: виконує функцію даху і водночас генерує електроенергію. Попри нижчий ККД (12–15%), її щільне прилягання зменшує теплові втрати взимку та перегрівання влітку.

18) Економічний аналіз вказує, що термін окупності сонячної черепиці — близько 8 років, проте за сприятливих умов (зростання тарифів, участь у "зеленій" програмі, використання Net Metering) він може бути скорочений до 4–5 років.

19) Сонячна черепиця як інвестиція — це не лише енергозбереження, але й підвищення вартості об'єкта нерухомості, зниження експлуатаційних витрат та внесок у екологічну безпеку.

20) Забезпечення безпеки при монтажі сонячних систем — обов'язкова складова проєкту. Дотримання вимог охорони праці, електробезпеки, мікрокліматичних норм та протидії надзвичайним ситуаціям забезпечує ефективно та безпечно впровадження енергоефективних дахових технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Tykhonchuk L., Prokorchuk T. Енергоефективність в публічному управлінні житлово-комунальною сферою. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*. 2023. С. 324–338.
2. Kliat Y., Solomitsky A., Semenenko O., Vodchyts O., Voytsehovskiy R., Polyvoda M. Визначення та класифікація загроз енергетичній безпеці України в сучасних умовах військових викликів. *Social Development and Security*. 2024. С. 272–285.
3. Azhaman I. A., Habib A., Pushchina N. V., Melnychuk O. I. Світовий досвід розвитку системи енергетичного менеджменту та перспективи його впровадження в Україні. *Journal of Strategic Economic Research*. 2023. С. 73–81.
4. Дзюбенко А. Ю., Клепач О. І., Ковальський В. П. Підвищення енергоефективності житлових будинків при реконструкції. Вінниця, 2022. 68 с.
5. Енергетична стратегія України на період до 2030 року URL:: <http://www.uazakon.com> (дата звернення: 15.03.2025).
6. Шпанюк М. С., Джига Є. П., Кравчук В. А., Ковальський В. П. Доцільність впровадження «зеленого будівництва». Вінниця, 2022. 75 с.
7. Апатенко Т., Безлюбченко О. Формування енергоефективної житлової забудови в контексті відновлення українських міст. *Енергоефективне місто. XXI століття* : матеріали конф., м. Одеса, 10–11 листоп. 2022 р. Одеса, 2022. С. 1–8.
8. Димо Б. В. Дослідження ефективності утеплення стін багатоквартирних будинків старої забудови. *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці* : матеріали XV Міжнар. наук.-техн. конф., м. Миколаїв, 26–27 верес. 2024 р. Миколаїв, 2024. С. 1–6.
9. Батіщева Н. М. Удосконалення механізмів регулювання системи житлово-комунального господарства територіальної громади : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 99 с.
10. Дешко В. І., Буяк Н. А., Білоус І. Ю., Сапунов А. О. Підвищення рівня ефективності споживання енергії в дитячому садку, та його вплив на рівень

теплого комфорту. *Київський національний університет технологій та дизайну*. 2023. № 2 (13). С. 27–35.

11. Сонячні модулі в архітектурі URL: <https://eco-tech.com.ua/ua/a340973-solnechnye-moduli-sovremennoj.html> (дата звернення: 05.03.2025).

12. Сайт Solar System URL: <https://solarsystem.com.ua/soniachnyj-dah-v-rivnomu/> (дата звернення: 05.03.2025).

13. Багрій В. В., Кучеренко Л. В., Денисенко В. О., Якименко Є. П. Дослідження перспективи впровадження ВІРV технологій в Україні. Вінниця, 2023. 55 с.

14. Європейський парламент та Рада Європейського Союзу. Директива (ЄС) 2023/1791 Європейського парламенту та Ради про енергоефективність та внесення змін до Регламенту (ЄС) 2023/955 (перероблений). 2023. 40 с.

15. Kairies K. P., Haberschusz D., Magnor D., Sauer D. U. Aktuelle Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum KfW-Förderprogramm „Erneuerbare Energien–Speicher“. *Nachhaltige Energieversorgung und Integration von Speichern: Tagungsband zur NEIS 2015*. 2015. С. 193–198.

16. Barroco F., Cappellaro F., Palumbo C. *Le comunità energetiche in Italia. Una guida per orientare i cittadini nel nuovo mercato dell'energia*. 2020. 112 с.

17. Fuentes V. *The political, economic and environmental impacts of the SDE++ scheme in solar PV technologies in the Dutch electricity market* : master's thesis. University of Twente, 2022. 95 с.

18. Tellenne C. Géopolitique des énergies renouvelables. *Politique étrangère*. 2024. Т. 244, № 4. С. 59–70.

19. Berardi U. The Benefits of Green Roofs in Urban Environments: A Review of Recent Studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. № 58. С. 1375–1387.

20. Akbari H., Levinson R., Berdahl P. Cool Roofs for Reducing Building Cooling Energy Use. *Energy and Buildings*. 2008. Т. 40, № 3. С. 295–302.

21. Peng J., Lu L., Yang H. Review on Life Cycle Assessment of Solar Photovoltaic Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. № 19. С. 255–274.

22. Інноваційні екологічно чисті будівельні матеріали: прокладаючи шлях до сталого будівництва // *Constructive Voices*. 2023. – URL: <https://constructive-voices.com/uk/> (дата звернення: 12.01.2025).
23. Алюмінієвий покрівельний матеріал *Chalco Aluminum*. 2024. – URL: <https://www.chalcoaluminum.com/> (дата звернення: 12.01.2025).
24. Енергозберігаючі технології в будівництві: тенденції та перспективи URL: <https://360o.info/building/> (дата звернення: 14.01.2025).
25. Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout C. A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*. 2008. Т. 40, № 3. С. 394–398.
26. Li D., Yang H. W., Lam J. C. Zero energy buildings and sustainable development implications – A review. *Energy*. 2013. Т. 54. С. 1–10.
27. Державна служба статистики України. *Звіт про результати діяльності Державної служби статистики України за 2022 рік*. Київ : Державна служба статистики, 2023. 134 с.
28. Гижа А. В. Порівняння використання навісних вентилязованих фасадів та технології утеплення «мокрый фасад» для огорожувальних конструкцій будівель. *Матеріали міжнар. наук.-техн. конф. «Інноваційні технології в будівництві», м. Вінниця, 20–22 листоп. 2024 р.* Вінниця, 2024. С. 81–85.
29. González-Torres M., Pérez-Lombard L., Coronel J. F., Maestre I. R., Paolo B. Activity and efficiency trends for the residential sector across countries. *Energy and Buildings*. 2022. Т. 273. 112072.
30. ДСТУ ISO 15686-5:2020. Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування довговічності. Частина 5. Оцінювання вартості життєвого циклу. [Чинний від 2020-12-01]. Вид. офіц. Київ, 2020. 52 с.
31. Човнюк Ю. В., Приймаченко О. В. Методи аналізу витрат життєвого циклу нерухомості. *Просторовий розвиток*. 2023. Т. 4. С. 152–175.
32. João P., Costa L., Baptista G. M. *Engenharia do Ambiente. Residential Sector Energy Consumption at the Spotlight*. 2015. 88 с.

33. Yamamoto T. Case Study on Thermal Comfort with and Without Fill Using Thermal Environment Analysis for Building Envelopes with Thermally Complex Geometry – URL: <https://ssrn.com/abstract> (дата звернення: 07.03.2025).

34. Шевченко Т., Ковальчук Л., Гаврилюк В. Озеленені дахи як елемент енергоефективних технологій у будівництві. *Екологія міста та урбаністика*. 2023. Т. 14, № 2. С. 45–58.

35. Климчук О., Ткаченко І. Вплив зелених дахів на покращення мікроклімату міських територій. *Журнал Національного авіаційного університету*. 2022. Т. 11, № 1. С. 30–42.

36. Петренко Ю. Особливості впровадження зелених дахів у міське середовище. *Будівництво та архітектура*. 2021. Т. 27, № 3. С. 76–89.

37. Pisello A. L., Cotana F., Brinchi L. On an innovative cool roof prototype: Thermal-energy and economic assessment. *Energy Procedia*. 2016. Т. 101. С. 1077–1084.

38. Santamouris M., Synnefa A., Karlessi T. Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. *Solar Energy*. 2011. Т. 85, № 12. С. 3085–3102.

39. Zinzi M., Agnoli S. Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. *Energy and Buildings*. 2012. Т. 55. С. 66–76.

40. Ковальчук А. В., Петрова О. М. Інтеграція фотоелектричних систем у покрівельні конструкції будівель. *Вісник Київського національного університету будівництва і архітектури*. 2020. № 12. С. 45–50.

41. Rakosevic P. R., Pantic M. S., Djordjevic B. D. Performance analysis of building-integrated photovoltaic systems: A case study. *Renewable Energy*. 2020. Т. 144. С. 2581–2590.

42. Mahmoud S. M., El-Sebaei A. A., El-Naggar M. M. A review of technologies used in building integrated photovoltaic systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 2017. Т. 9, № 6. С. 65–71.

43. Chatzipanagi A., Ioannidis A., Kampelis M. Building-integrated photovoltaics (BIPV): Review of system integration options. *Renewable Energy*. 2020. Т. 146. С. 67–84.
44. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2021-02-21] Київ : Мінрегіон України, 2021. 104 с.
45. ДБН В.2.5-20:2017. Інженерне обладнання будівель і споруд. Енергетична ефективність будівель. [Чинний від 2017-06-17] Київ : Мінрегіон України, 2017. 72 с.
46. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013. Настанова з енергетичного сертифікування будівель. [Чинний від 2013-02-21] Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 56 с.
47. EN ISO 52000-1:2017. Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment. [Чинний від 2017-02-16] Brussels : ISO, 2017. 76 p.
48. Garg U., Chauhan S., Nagaich U., Jain N. Current advances in chitosan nanoparticles based drug delivery and targeting. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*. 2019. Т. 9, № 2. С. 195–204.
49. Zinzi M., Agnoli S., Fasano G. Comparazione tra standard e strumenti di calcolo per le prestazioni solari e luminose di componenti vetrati con accoppiamento di schermature solari. *ENEA, Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile*. 2014. С. 5–15.
50. Dominguez A., Primack J. R., Rosario D. J., Prada F., Gilmore R. C., Faber S. M., та ін. Extragalactic background light inferred from AEGIS galaxy-SED-type fractions. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2011. Т. 410, № 4. С. 2556–2578.
51. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-01-01] Київ, 2010. 65 с.
52. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинний від 2017-01-12] Київ : Мінрегіон України, 2016. 97 с.
53. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження та впливи. [Чинний від 2007-01-04] Київ : Держбуд України, 2006. 120 с.

54. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-01-08] Київ : МОЗ України, 1999. 40 с.

55. ДСТУ Б А.3.2-11:2009. Система стандартів безпеки праці. Роботи покрівельні і гідроізоляційні. [Чинний від 2010-01-07] Вимоги безпеки. Київ : Мінрегіон України, 2009. 38 с.

56. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок. [Чинний від 2007-01-01] Київ : Мінпаливенерго України, 2006. 624 с.

57. ДСТУ EN 50110-1:2019. Експлуатування електроустановок. Частина 1. Загальні вимоги (EN 50110-1:2013, IDT). [Чинний від 2019-01-10] Київ : Держенергоефективності, 2019. 61 с.

58. Стандарт 90.1-2022. Енергетичний стандарт для майданчиків і будівель, крім малоповерхових житлових будинків. [Чинний від 2022-01-12] ASHRAE, 2022. 208 с.

59. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний від 2022-01-10] Київ : ДП «НДІБК», 2022. 94 с.

60. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-06] Київ : Мінпраці України, 2001. 76 с.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Використання енергоефективної покрівлі з фотоелектричних панелей при будівництві малоповерхових житлових будинків

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 1,68 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ✓ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Бікс Ю. С. доцент, гарант ОП

(прізвище, ініціали, посада)

Швець В. В. доцент, зав.каф. БМГА

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Блащук Н. В.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

Блащук Н. В., доц.

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

(підпис)

Грищук М.О.

(прізвище, ініціали)

ВІДГУК ОПОНЕНТА
на магістерську кваліфікаційну роботу
студента Гринюка Максима Олександровича

на тему: Використання енергоефективної покрівлі з фотоелектричними панелями при будівництві малоповерхових житлових будинків

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена актуальній проблемі підвищення енергоефективності малоповерхових житлових будівель шляхом використання покрівель із фотоелектричними панелями. У роботі розглянуто можливості поєднання архітектурно-конструктивних рішень із сучасними технологіями генерації сонячної енергії для досягнення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат.

У магістерській кваліфікаційній роботі виконано аналіз сучасного стану конструкцій покрівель із ВДЕ (відновлюваними джерелами енергії), обґрунтовано вибір технологічного рішення щодо встановлення покрівлі з фотоелектричними елементами сонячної черепиці, наведено техніко-економічне порівняння та рекомендації щодо впровадження таких рішень у сучасне будівництво. Робота містить текстову та графічну частини. Текстова частина оформлена на аркушах формату А4 і включає аналіз проблематики, дослідження типів покрівельних систем з ВДЕ, конструктивні рішення та технічні розрахунки. Графічна частина представлена на 10 аркушах формату А1.

Робота виконана відповідно до чинних норм і стандартів. Магістерська кваліфікаційна робота оформлена згідно з вимогами. Дотримано графік виконання роботи.

Робота може бути реалізована в практичній діяльності.

У магістерській роботі виявлено наступні недоліки:

1. У текстовій частині варто було б більше уваги приділити питанням ізоляції та монтажної придатності панелей на різних типах покрівель.
2. У висновках бажано чіткіше вказати економічну доцільність впровадження системи у порівнянні з традиційними покрівлями.
3. З метою врахування всіх особливостей монтажу, у розділі з графічними матеріалами варто більш деталізувати вузли кріплення панелей.

Висновок:

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на високому рівні та відповідає вимогам до випускної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр».

Студент Гринюк Максим Олександрович заслуговує присвоєння кваліфікації магістр за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія.

Опонент

Добент каф. ІСБ, к.т.н.

(підстава: науковий ступінь, місце знаходження)



Слободан Н. М.
(підстава, прізвище)

Відгук керівника

на магістерську кваліфікаційну роботу

здобувача Грищука Максима Олександровича

на тему: «Використання енергоефективної покрівлі з фотоелектричних панелей при будівництві малоповерхових житлових будинків»

Тема МКР відповідає напрямку наукових досліджень кафедри БМГА. Магістерська кваліфікаційна робота є актуальною і присвячена важливим питанням енергонезалежності індивідуальних житлових будинків за рахунок використання покрівель з фотоелектричними елементами. Через повномасштабне вторгнення РФ маємо серйозні проблеми в енергетичній галузі, тому дослідження є актуальною задачею для підвищення енергонезалежності.

У процесі виконання здобувач Грищук М. О. успішно застосовував програмні комплекси для обробки аналітичного та графічного матеріалу. У підготовці роботи проявив старанність та наполегливість. Самостійно, базуючись на сучасних нормативних вимогах розглянув різні варіанти розташування фотоелектричних елементів на покрівлі.

Здобувач дотримувався графіку виконання магістерської кваліфікаційної роботи, вчасно представив роботу на попередньому захвасті.

Результати досліджень представлені у магістерській кваліфікаційній роботі апробовані на міжнародній науково-технічній конференції ВНТУ «Молодь в науці».

Магістерська робота повністю відповідає встановленим вимогам щодо змісту, структури та оформлення.

Робота може бути реалізована в практичній діяльності.

У магістерській роботі виявлено наступні недоліки:

1. У текстовій частині присутні незначні помилки.
2. У висновках недостатньо чітко описана економічна доцільність впровадження запропонованої системи у порівнянні з традиційними покрівлями.

Проте вказані недоліки не впливають на позитивне враження від роботи.

Висновки: якість підготовки здобувача Грищука М. О. відповідає вимогам освітньої програми підготовки «Промислове та цивільне будівництво» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», галузь знань «Архітектура та будівництво» і при відповідному захвасті заслуговує присвоєння ступеня магістра та на оцінку «А» 90 балів.



Н. В. Блащук

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи К.Т.Н., доцент

(назва організації, що затверджує)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зведений кошторисний розрахунок в сумі _____ 663,600 тис. грн.

В тому числі зворотних сум _____ тис. грн.

(посилання на документ про затвердження)

"___" _____ 20__ р.

ЗВЕДЕНИЙ КОШТОРИСНИЙ РОЗРАХУНОК
ВАРТОСТІ ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА № _____

Улаштування ФЕС 15кВт житлової будівлі смт.Стрижавка (традиційні фотовольтаїчні елементи)

(найменування об'єкта будівництва)

Складений в поточних цінах станом на 08 квітня 2025 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування глав, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	інших витрат	загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
Глава 2. Об'єкти основного призначення						
1	02-001	Монтаж	495,954			495,954
2	02-002	Пусконаладжувальні роботи	36,214			36,214
		Разом за главою № 2	532,168			532,168
		Разом за главами № 1 - 7	532,168			532,168
		Разом за главами № 1 - 12	532,168			532,168
	Розрахунок №5 (Додаток 8, Настанова)	Кошторисний прибуток (П) (8,33 грн./люд.-г.)(1,99 грн./люд.-г.)	13,301			13,301
	Розрахунок №6 (Додаток 8, Настанова)	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій (АВ) (4,37 грн./люд.-г.)(3,26 грн./люд.-г.)			7,531	7,531
		Разом	545,469		7,531	553,000
		Податок на додану вартість			110,600	110,600
		Всього по зведеному кошторисному розрахунку	545,469		118,131	663,600

Керівник проектної організації

[підпис (ініціали, прізвище)]

Головний інженер проекту
(Головний архітектор проекту)

[підпис (ініціали, прізвище)]

Керівник

відділу

(найменування)

[підпис (ініціали, прізвище)]

Додаток 1
до Настанови (пункт 3.11)Улаштування ФЕС 15кВт житлової будівлі смт.Стрижавка (традиційні фотовольтаїчні елементи)
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-001

на

Монтаж

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№Кошторисна вартість 495,954 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 1,53694 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 132,265 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,9 розряд

Складений в поточних цінах станом на 08 квітня 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КМ11-31-2	Монтаж мережевого інвертора	шт	1,0	1 184,17	-	1 184	1 160	-	13,6000	13,60
2	1604-6049	Мережевий інвертор	шт	1,0	1 159,81	-	79 767	-	-	-	-
3	КМ10-669-9	Установлення сонячних панелей	шт	36,0	375,91	1,27	13 533	13 487	46	4,8000	172,80
4	1504-15417	Фотовольтаїчний модуль	шт	36,0	374,64	0,15	112 733	-	5	0,0021	0,08
5	КМ39-56-1	Підключення сонячних панелей	шт	36,0	3 131,48	-	92 111	92 111	-	30,9200	1 113,12
6	КБ9-34-5	Монтаж опорних конструкцій етажеркового типу	1 т конструкцій	0,23075	2 558,63	-	516	516	-	27,6800	6,39
7	С121-779	Металеві конструкції кріплення ФЕМ	т	0,23075	2 237,37	-	49 905	-	-	-	-
8	С111-1848	Болти будівельні з гайками та шайбами для збору металоконструкцій	т	0,024	216 274,82	-	4 177	-	-	-	-
					174 024,21	-					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	KM8-572-3	Блок керування шафного виконання або розподільний пункт [шафа], що встановлюється на стіні, висота і ширина до 600x600 мм	шт	1,0	272,90	-	273	273	-	3,2000	3,20
					272,90	-			-	-	-
10	1517-2080	Шафа керування	шт	1,0	17 300,58	-	17 301				
11	KM8-146-4	Кабель до 35 кВ, що прокладається з кріпленням накладними скобами, маса 1 м до 3 кг	100 м	2,5	2 586,56	-	6 466	6 466	-	32,0000	80,00
					2 586,56	-			-	-	-
12	15091-1022 Варіант 1	Кабель постійного струму мідний 1x6мм2 черв.кольору KBE Solar PV1-F/PV WIRE 6.0мм2. DB+	1000м	0,125	61 679,94	-	7 710				
13	15091-1022 Варіант 2	Кабель постійного струму мідний 1x6мм2 чорн.кольору KBE Solar PV1-F/PV WIRE 6.0мм2. DB-	1000м	0,125	61 679,94	-	7 710				
14	KM8-471-4	Заземлювач вертикальний з круглої сталі діаметром 16 мм	10 шт	0,6	905,30	-	543	543	-	11,2000	6,72
					905,30	-			-	-	-
15	C1545-548	Комплект заземлення різьбовий D16 3м (StgZn)	шт	6,0	471,58	-	2 829				
16	KM8-472-2	Заземлювач горизонтальний у траншеї зі сталі штабової, переріз 160 мм2	100 м	0,36	1 810,59	-	652	652	-	22,4000	8,06
					1 810,59	-			-	-	-
17	C1545-269	Смуга металева гар.оцинкована 30x3,5 мм	м	36,0	1 115,31	-	40 151				
		Разом прямих витрат по кошторису					437 561	115 208	46		1 403,89
									5		0,08
		Разом прямі витрати				грн.	437 561				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	322 307				
		вартість ЕММ				грн.	46				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		5			
		заробітна плата робітників				грн.		115 208			
		всього заробітна плата				грн.		115 213			
		Загальновиробничі витрати				грн.	58 393				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					132,97
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		17 052			
		Всього по кошторису				грн.	495 954				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					1 536,94

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Кошторисна заробітна плата					грн.	132 265			

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Улаштування ФЕС 15кВт житлової будівлі смт.Стрижавка (традиційні фотовольтаїчні елементи)
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на пусконаладжувальні роботи № 02-002

на Пусконаладжувальні роботи
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)Кошторисна вартість 36,214 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,25001 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 28,108 тис. грн.

Складений в поточних цінах станом на 08 квітня 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.	Витрати труда пусконаладжувального персоналу, люд.год	
							8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	КП1-49-21	Інвертор автономний, напруга до 1 кВ, силою струму до 15 А	шт	1,0	10 882,90	10 883	98,0000	98,00
2	КП1-61-2	Пристрої, що заземлюють. Вимірювання опору розтіканню струму контуру з діагоналлю до 20 м	Вимір.	6,0	222,10	1 333	2,0000	12,00
3	КП2-11-3	Контролер зв'язку з ЕОМ, телемеханічним комплексом.	шт	1,0	13 326,00	13 326	120,0000	120,00
Разом прямих витрат по кошторису						25 542	230,00	
Разом прямі витрати			грн.			25 542		
в тому числі:								
заробітна плата робітників			грн.			25 542		
Загальновиробничі витрати			грн.			10 672		
трудомісткість в загальновиробничих витратах			люд-г				20,01	
заробітна плата в загальновиробничих витратах			грн.			2 566		
Всього по кошторису			грн.			36 214		
Кошторисна трудомісткість			люд-г				250,01	
Кошторисна заробітна плата			грн.			28 108		

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Улаштування ФЕС 15кВт житлової будівлі смт.Стрижавка (фотовольтаїчні елементи поворотного типу)
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-001

на

Монтаж

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№Кошторисна вартість 571,010 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 1,55215 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 133,572 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,9 розряд

Складений в поточних цінах станом на 08 квітня 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
					6	7	8	9	10		
1	КМ11-31-2	Монтаж мережевого інвертора	шт	1,0	1 184,17	-	1 184	1 160	-	13,6000	13,60
					1 159,81	-			-	-	-
2	1604-6049	Мережевий інвертор	шт	1,0	79 766,62		79 767				
3	КМ10-669-9	Установлення сонячних панелей	шт	36,0	375,91	1,27	13 533	13 487	46	4,8000	172,80
					374,64	0,15			5	0,0021	0,08
4	1504-15417	Фотовольтаїчний модуль	шт	36,0	3 131,48		112 733				
5	КМ39-56-1	Підключення сонячних панелей	шт	36,0	2 558,63	-	92 111	92 111	-	30,9200	1 113,12
					2 558,63	-			-	-	-
6	КБ9-34-5	Монтаж опорних конструкцій поворотного типу	1 т конструкцій	0,295014	5 470,57	-	1 614	1 614	-	67,6800	19,97
					5 470,57	-			-	-	-
7	С121-779	Металеві конструкції кріплення ФЕМ (поворотного типу)	т	0,295014	417 774,82		123 249				
8	С111-1848	Болти будівельні з гайками та шайбами для збору металоконструкцій	т	0,024	174 024,21		4 177				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	KM8-572-3	Блок керування шафного виконання або розподільний пункт [шафа], що встановлюється на стіні, висота і ширина до 600x600 мм	шт	1,0	272,90	-	273	273	-	3,2000	3,20
					272,90	-			-	-	-
10	1517-2080	Шафа керування	шт	1,0	17 300,58	-	17 301				
11	KM8-146-4	Кабель до 35 кВ, що прокладається з кріпленням накладними скобами, маса 1 м до 3 кг	100 м	2,5	2 586,56	-	6 466	6 466	-	32,0000	80,00
					2 586,56	-			-	-	-
12	15091-1022 Варіант 1	Кабель постійного струму мідний 1x6мм2 черв.кольору KBE Solar PV1-F/PV WIRE 6.0мм2. DB+	1000м	0,125	61 679,94	-	7 710				
13	15091-1022 Варіант 2	Кабель постійного струму мідний 1x6мм2 чорн.кольору KBE Solar PV1-F/PV WIRE 6.0мм2. DB-	1000м	0,125	61 679,94	-	7 710				
14	KM8-471-4	Заземлювач вертикальний з круглої сталі діаметром 16 мм	10 шт	0,6	905,30	-	543	543	-	11,2000	6,72
					905,30	-			-	-	-
15	C1545-548	Комплект заземлення різьбовий D16 3м (StgZn)	шт	6,0	471,58	-	2 829				
16	KM8-472-2	Заземлювач горизонтальний у траншеї зі сталі штабової, переріз 160 мм2	100 м	0,36	1 810,59	-	652	652	-	22,4000	8,06
					1 810,59	-			-	-	-
17	C1545-269	Смуга металева гар.оцинкована 30x3,5 мм	м	36,0	1 115,31	-	40 151				
		Разом прямих витрат по кошторису					512 003	116 306	46		1 417,47
									5		0,08
		Разом прямі витрати				грн.	512 003				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	395 651				
		вартість ЕММ				грн.	46				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		5			
		заробітна плата робітників				грн.		116 306			
		всього заробітна плата				грн.		116 311			
		Загальновиробничі витрати				грн.	59 007				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					134,60
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		17 261			
		Всього по кошторису				грн.	571 010				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					1 552,15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Кошторисна заробітна плата						грн.	133 572			

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Улаштування ФЕС 15кВт житлової будівлі смт.Стрижавка (фотовольтаїчні елементи поворотного типу)
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на пусконаладжувальні роботи № 02-002

на Пусконаладжувальні роботи
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)Кошторисна вартість 46,291 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,31958 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 35,929 тис. грн.

Складений в поточних цінах станом на 08 квітня 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.	Витрати труда пусконаладжувального персоналу, люд.год	
							8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	КП1-49-21	Інвертор автономний, напруга до 1 кВ, силою струму до 15 А	шт	1,0	10 882,90	10 883	98,0000	98,00
2	КП1-61-2	Пристрої, що заземлюють. Вимірювання опору розтіканню струму контуру з діагоналлю до 20 м	Вимір.	6,0	222,10	1 333	2,0000	12,00
3	КП2-11-3	Контролер зв'язку з ЕОМ, телемеханічним комплексом.	шт	1,0	13 326,00	13 326	120,0000	120,00
4	КП2-13-6	Прилад контролю і налагодження	шт	1,0	7 107,20	7 107	64,0000	64,00
Разом прямих витрат по кошторису						32 649	294,00	
Разом прямі витрати			грн.			32 649		
в тому числі:								
заробітна плата робітників			грн.			32 649		
Загальновиробничі витрати			грн.			13 642		
трудомісткість в загальновиробничих витратах			люд-г				25,58	
заробітна плата в загальновиробничих витратах			грн.			3 280		
Всього по кошторису			грн.			46 291		
Кошторисна трудомісткість			люд-г				319,58	
Кошторисна заробітна плата			грн.			35 929		

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

(назва організації, що затверджує)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зведений кошторисний розрахунок в сумі _____ 676,241 тис. грн.

В тому числі зворотних сум _____ тис. грн.

(посилання на документ про затвердження)

"___" _____ 20__ р.

ЗВЕДЕНИЙ КОШТОРИСНИЙ РОЗРАХУНОК
ВАРТОСТІ ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА № _____

Улаштування ФЕС 15кВт житлової будівлі смт.Стрижавка (фотовольтаїчні елементи типу черепиця)

(найменування об'єкта будівництва)

Складений в поточних цінах станом на 08 квітня 2025 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування глав, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	інших витрат	загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
Глава 2. Об'єкти основного призначення						
1	02-001	Монтаж	516,756			516,756
2	02-002	Пусконаладжувальні роботи	36,214			36,214
		Разом за главою № 2	552,970			552,970
		Разом за главами № 1 - 7	552,970			552,970
		Разом за главами № 1 - 12	552,970			552,970
	Розрахунок №5 (Додаток 8, Настанова)	Кошторисний прибуток (П) (8,33 грн./люд.-г.)(1,99 грн./люд.-г.)	6,581			6,581
	Розрахунок №6 (Додаток 8, Настанова)	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій (АВ) (4,37 грн./люд.-г.)(3,26 грн./люд.-г.)			3,983	3,983
		Разом	559,551		3,983	563,534
		Податок на додану вартість			112,707	112,707
		Всього по зведеному кошторисному розрахунку	559,551		116,690	676,241

Керівник проектної організації

[підпис (ініціали, прізвище)]

Головний інженер проекту
(Головний архітектор проекту)

[підпис (ініціали, прізвище)]

Керівник

відділу

(найменування)

[підпис (ініціали, прізвище)]

Улаштування ФЕС 15кВт житлової будівлі смт.Стрижавка (фотовольтаїчні елементи типу черепиця)
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-001

на

Монтаж

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість	516,756 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	0,74539 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата	66,767 тис. грн.
Середній розряд робіт	4,2 розряд

Складений в поточних цінах станом на 08 квітня 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КМ11-31-2	Монтаж мережевого інвертора	шт	1,0	1 184,17	-	1 184	1 160	-	13,6000	13,60
2	1604-6049	Мережевий інвертор	шт	1,0	1 159,81	-	79 767	-	-	-	-
3	КВ6-22-1	Покриття дахів черепицею із вбудованими модулями по дерев'яній основі, дахи прості	м2	74,0	213,47	-	15 797	15 797	-	2,2400	165,76
4	1504-15417	Фотовольтаїчний модуль (0,359м2)	шт	207,0	213,47	-	263 590	-	-	-	-
5	КМ39-56-1	Підключення сонячних панелей	шт	207,0	1 273,38	-	32 888	32 888	-	1,9200	397,44
6	КБ9-34-5	Монтаж опорних конструкцій поворотного типу	1 т конструкцій	0,02108	158,88	-	115	115	-	67,6800	1,43
7	С121-779	Металеві конструкції кріплення ФЕМ	т	0,02108	5 470,57	-	8 807	-	-	-	-
8	С111-1848	Болти будівельні з гайками та шайбами для збору металоконструкцій	т	0,008	417 774,82	-	1 392	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	KM8-572-3	Блок керування шафного виконання або розподільний пункт [шафа], що встановлюється на стіні, висота і ширина до 600x600 мм	шт	1,0	272,90	-	273	273	-	3,2000	3,20
					272,90	-			-	-	-
10	1517-2080	Шафа керування	шт	1,0	17 300,58		17 301				
11	KM8-146-4	Кабель до 35 кВ, що прокладається з кріпленням накладними скобами, маса 1 м до 3 кг	100 м	2,5	2 586,56	-	6 466	6 466	-	32,0000	80,00
					2 586,56	-			-	-	-
12	15091-1022 Варіант 1	Кабель постійного струму мідний 1x6мм2 черв.кольору KBE Solar PV1-F/PV WIRE 6.0мм2. DB+	1000м	0,125	61 679,94		7 710				
13	15091-1022 Варіант 2	Кабель постійного струму мідний 1x6мм2 чорн.кольору KBE Solar PV1-F/PV WIRE 6.0мм2. DB-	1000м	0,125	61 679,94		7 710				
14	KM8-471-4	Заземлювач вертикальний з круглої сталі діаметром 16 мм	10 шт	0,6	905,30	-	543	543	-	11,2000	6,72
					905,30	-			-	-	-
15	C1545-548	Комплект заземлення різьбовий D16 3м (StgZn)	шт	6,0	471,58		2 829				
16	KM8-472-2	Заземлювач горизонтальний у траншеї зі сталі штабової, переріз 160 мм2	100 м	0,36	1 810,59	-	652	652	-	22,4000	8,06
					1 810,59	-			-	-	-
17	C1545-269	Смуга металева гар.оцинкована 30x3,5 мм	м	36,0	1 115,31		40 151				
		Разом прямих витрат по кошторису					487 175	57 894			676,21
		Разом прямі витрати				грн.	487 175				-
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	429 281				
		заробітна плата робітників				грн.		57 894			
		всього заробітна плата				грн.		57 894			
		Загальновиробничі витрати				грн.	29 581				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					69,18
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		8 873			
		Всього по кошторису				грн.	516 756				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					745,39
		Кошторисна заробітна плата				грн.		66 767			

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Улаштування ФЕС 15кВт житлової будівлі смт.Стрижавка (фотовольтаїчні елементи типу черепиця)
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на пусконаладжувальні роботи № 02-002

на Пусконаладжувальні роботи
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)Кошторисна вартість 36,214 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,25001 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата 28,108 тис. грн.

Складений в поточних цінах станом на 08 квітня 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.	Витрати труда пусконаладжувального персоналу, люд.год	
							8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	КП1-49-21	Інвертор автономний, напруга до 1 кВ, силою струму до 15 А	шт	1,0	10 882,90	10 883	98,0000	98,00
2	КП1-61-2	Пристрої, що заземлюють. Вимірювання опору розтіканню струму контуру з діагоналлю до 20 м	Вимір.	6,0	222,10	1 333	2,0000	12,00
3	КП2-11-3	Контролер зв'язку з ЕОМ, телемеханічним комплексом.	шт	1,0	13 326,00	13 326	120,0000	120,00
Разом прямих витрат по кошторису						25 542	230,00	
Разом прямі витрати			грн.			25 542		
в тому числі:								
заробітна плата робітників			грн.			25 542		
Загальновиробничі витрати			грн.			10 672		
трудомісткість в загальновиробничих витратах			люд-г				20,01	
заробітна плата в загальновиробничих витратах			грн.			2 566		
Всього по кошторису			грн.			36 214		
Кошторисна трудомісткість			люд-г				250,01	
Кошторисна заробітна плата			грн.			28 108		

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Project

Variant: New simulation variant

No 3D scene defined, no shadings

System power: 15.84 kWp

Styzhavka - Ukraine



Project: Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:
08/04/25 08:54
with v7.3.1

Project summary

Geographical Site Styzhavka Ukraine	Situation Latitude Longitude Altitude 261 m Time zone UTC+2	Project settings Albedo 0.20
Meteo data Styzhavka Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=100% - Synthetic		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 27 / 0 °	Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)
System information		
PV Array	Inverters	
Nb. of modules 207units	Nb. of units 1 unit	
Pnom total 15.84 kWp	Pnom total 15.00 kWac	
	Pnom ratio 1.056	

Results summary

Produced Energy 19709 kWh/year	Specific production 1244 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 87.91 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Predef. graphs	6
Single-line diagram	7



PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:
08/04/25 08:54
with v7.3.1

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth	24 / 0 °		
		Models used	
		Transposition	Perez
		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Circumsolar	separate
Horizon		Near Shadings	
Free Horizon		No Shadings	
		User's needs	
		Unlimited load (grid)	

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	JA Solar	Manufacturer	Huawei Technologies
Model	JAM-30-M	Model	SUN2000-15KTL-ZHM5-380V
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	30 Wp	Unit Nom. Power	15.0 kWac
Number of PV modules	207units	Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 unit
Nominal (STC)	15.84 kWp	Total power	15.0 kWac
Modules	2 Strings x 18 In series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>55°C)	16.5 kWac
Pmpp	14.55 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.06
U mpp	676 V	No Power sharing between MPPTs	
I mpp	22 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	16 kWp	Total power	15 kWac
Total	36 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	80.2 m²	Pnom ratio	1.06

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	517 mΩ	Loss Fraction	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	30°	50°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	0.990	0.947	0.896	0.815	0.641	0.399	0.000



PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:
08/04/25 08:54
with v7.3.1

Main results

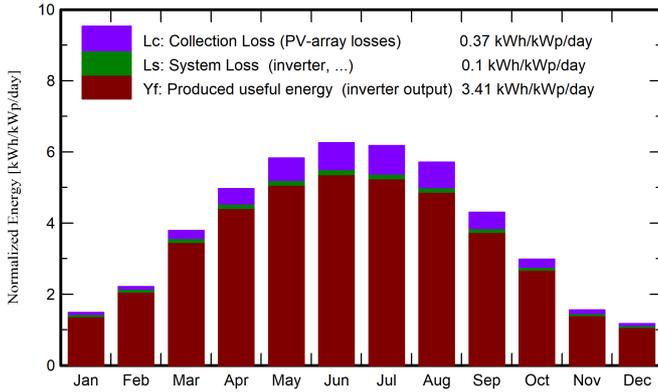
System Production

Produced Energy 19709 kWh/year

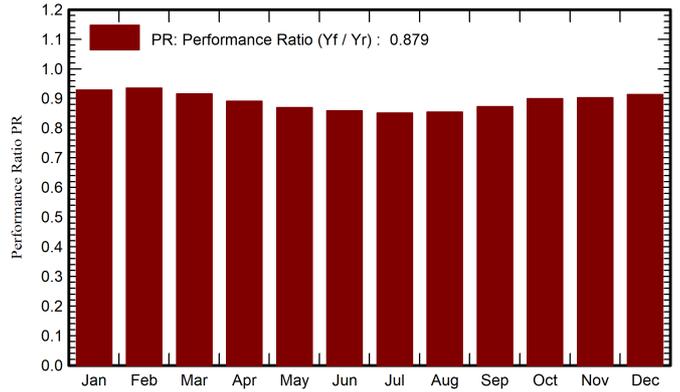
Specific production
Performance Ratio PR

1244 kWh/kWp/year
87.91 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	28.8	17.13	-3.73	46.1	44.9	709	678	0.929
February	43.6	25.15	-2.93	61.9	60.3	951	916	0.935
March	92.9	45.96	2.21	117.5	114.7	1756	1704	0.916
April	132.2	65.12	9.35	148.9	145.3	2159	2101	0.890
May	173.9	83.26	15.38	180.8	176.2	2555	2490	0.870
June	186.1	88.06	18.14	187.6	182.7	2619	2553	0.859
July	186.6	80.64	20.35	191.4	186.5	2646	2581	0.851
August	159.9	66.73	19.74	176.9	172.6	2455	2395	0.855
September	107.0	47.56	13.95	129.0	125.5	1832	1781	0.872
October	67.6	35.44	8.13	92.5	90.3	1359	1317	0.899
November	30.2	17.82	3.26	46.7	45.4	697	668	0.903
December	22.8	15.85	-1.67	36.3	35.2	554	526	0.914
Year	1231.8	588.72	8.58	1415.4	1379.5	20292	19709	0.879

Legends

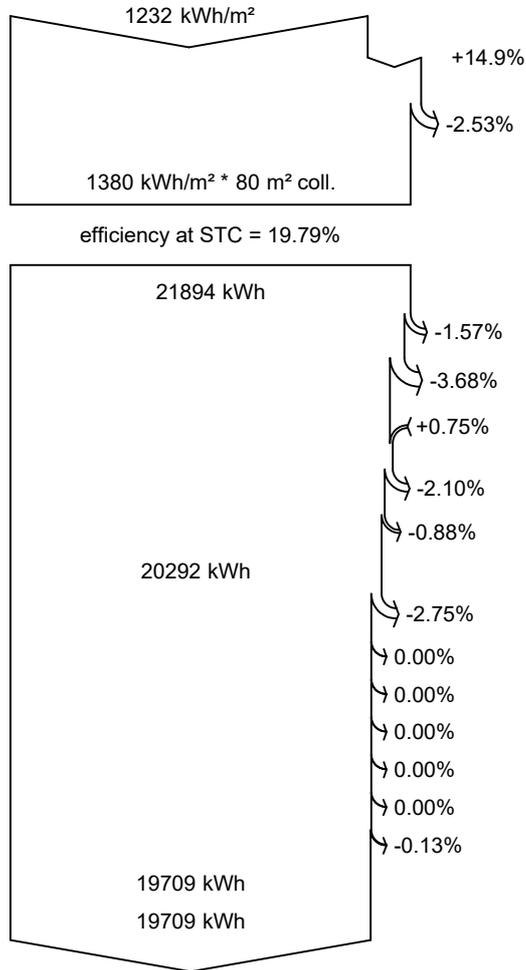
- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio



PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
08/04/25 08:54
with v7.3.1

Loss diagram



- Global horizontal irradiation**
- Global incident in coll. plane**
- IAM factor on global
- Effective irradiation on collectors**
- PV conversion
- Array nominal energy (at STC effic.)**
- PV loss due to irradiance level
- PV loss due to temperature
- Module quality loss
- Mismatch loss, modules and strings
- Ohmic wiring loss
- Array virtual energy at MPP**
- Inverter Loss during operation (efficiency)
- Inverter Loss over nominal inv. power
- Inverter Loss due to max. input current
- Inverter Loss over nominal inv. voltage
- Inverter Loss due to power threshold
- Inverter Loss due to voltage threshold
- Night consumption
- Available Energy at Inverter Output**
- Energy injected into grid**

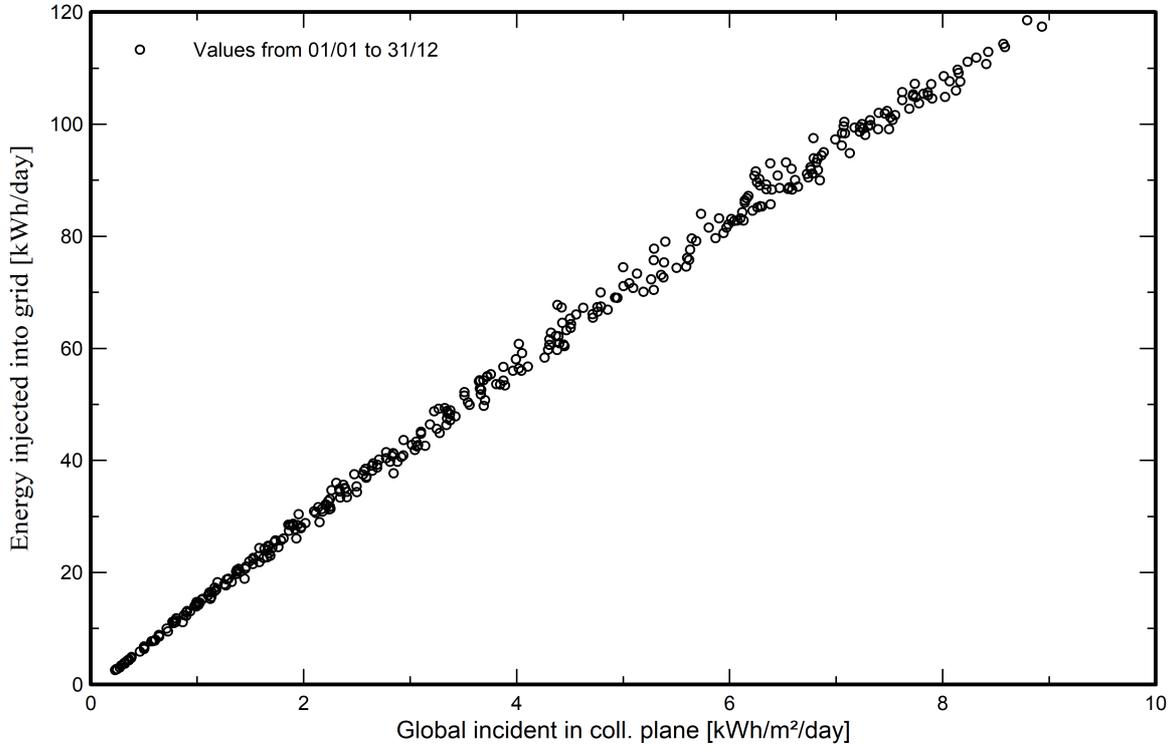


PVsyst V7.3.1

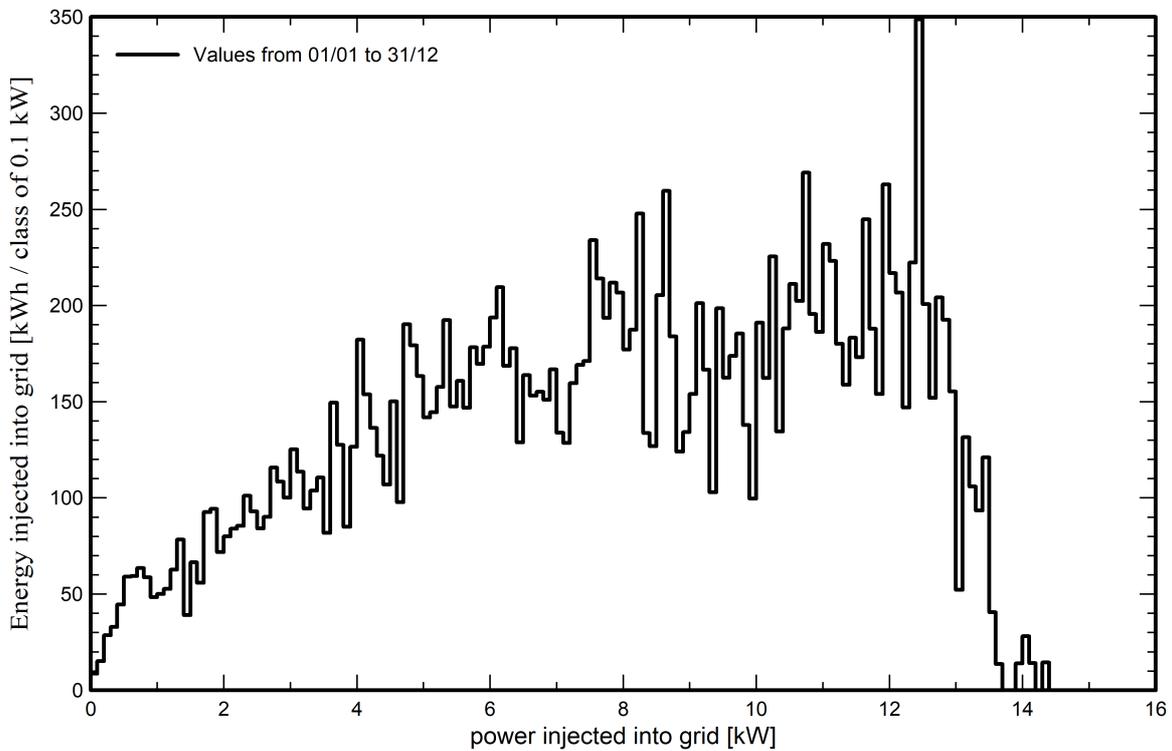
VC0, Simulation date:
08/04/25 08:54
with v7.3.1

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

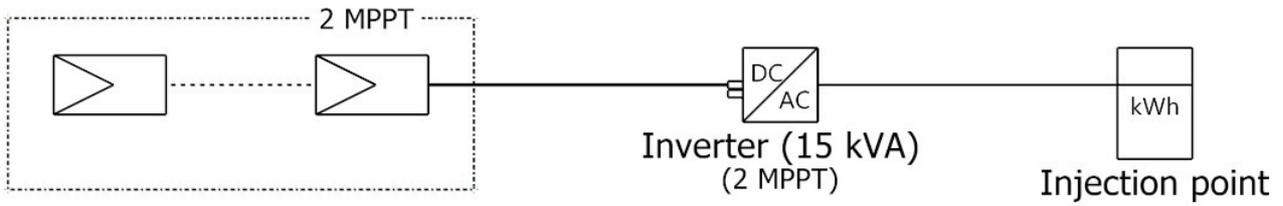




PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
08/04/25 08:54
with v7.3.1

Single-line diagram



PV module	
Inverter	1
String	

Project

VC0 : New simulation variant

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Project

Variant: New simulation variant

No 3D scene defined, no shadings

System power: 16.80 kWp

Styzhavka - Ukraine



Project: Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:
08/04/25 08:58
with v7.3.1

Project summary

Geographical Site Styzhavka Ukraine	Situation Latitude Longitude Altitude 261 m Time zone UTC+2	Project settings Albedo 0.20
Meteo data Styzhavka Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=100% - Synthetic		

System summary

Grid-Connected System PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 27 / 0 °	No 3D scene defined, no shadings Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)
System information		
PV Array Nb. of modules 36 units Pnom total 16.80 kWp	Inverters Nb. of units 1 unit Pnom total 15.00 kWac Pnom ratio 1.120	

Results summary

Produced Energy	19994 kWh/year	Specific production	1190 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	87.92 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Predef. graphs	6
Single-line diagram	7



Project: Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
08/04/25 08:58
with v7.3.1

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth	24 / 0 °		
		Models used	
		Transposition	Perez
		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Circumsolar	separate
Horizon		Near Shadings	
Free Horizon		No Shadings	
		User's needs	
		Unlimited load (grid)	

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	JA solar	Manufacturer	Huawei Technologies
Model	JAM78-S30-600-MR	Model	SUN2000-15KTL-ZHM5-380V
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	600 Wp	Unit Nom. Power	15.0 kWac
Number of PV modules	36 units	Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 unit
Nominal (STC)	16.80 kWp	Total power	15.0 kWac
Modules	2 Strings x 14 In series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>55°C)	16.5 kWac
Pmpp	15.34 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.12
U mpp	570 V	No Power sharing between MPPTs	
I mpp	27 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	17 kWp	Total power	15 kWac
Total	28 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	78.3 m ²	Pnom ratio	1.12

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	352 mΩ	Loss Fraction	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s							
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



Project: Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:
08/04/25 08:58
with v7.3.1

Main results

System Production

Produced Energy 19994 kWh/year

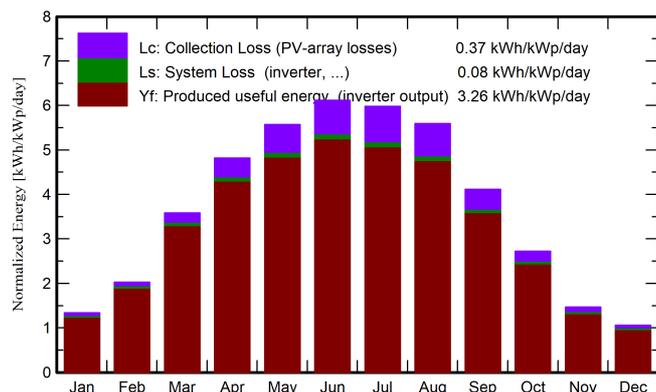
Specific production

1190 kWh/kWp/year

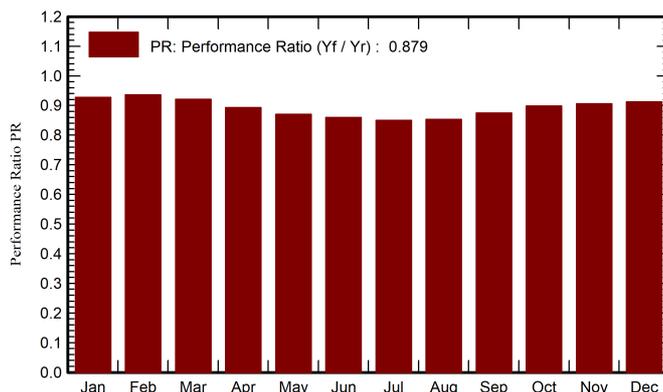
Performance Ratio PR

87.92 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	28.8	17.13	-3.73	41.5	39.5	671	647	0.928
February	43.6	25.15	-2.93	56.8	54.4	920	893	0.936
March	92.9	45.96	2.21	111.2	107.6	1761	1720	0.921
April	132.2	65.12	9.35	144.7	140.3	2219	2171	0.893
May	173.9	83.26	15.38	172.7	167.1	2580	2524	0.870
June	186.1	88.06	18.14	183.5	177.5	2708	2649	0.859
July	186.6	80.64	20.35	185.3	179.5	2705	2646	0.850
August	159.9	66.73	19.74	173.4	168.3	2541	2485	0.853
September	107.0	47.56	13.95	123.4	119.4	1855	1813	0.874
October	67.6	35.44	8.13	84.4	81.3	1306	1274	0.898
November	30.2	17.82	3.26	44.0	41.9	691	669	0.905
December	22.8	15.85	-1.67	32.8	30.9	523	502	0.913
Year	1231.8	588.72	8.58	1353.6	1307.8	20482	19994	0.879

Legends

- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio



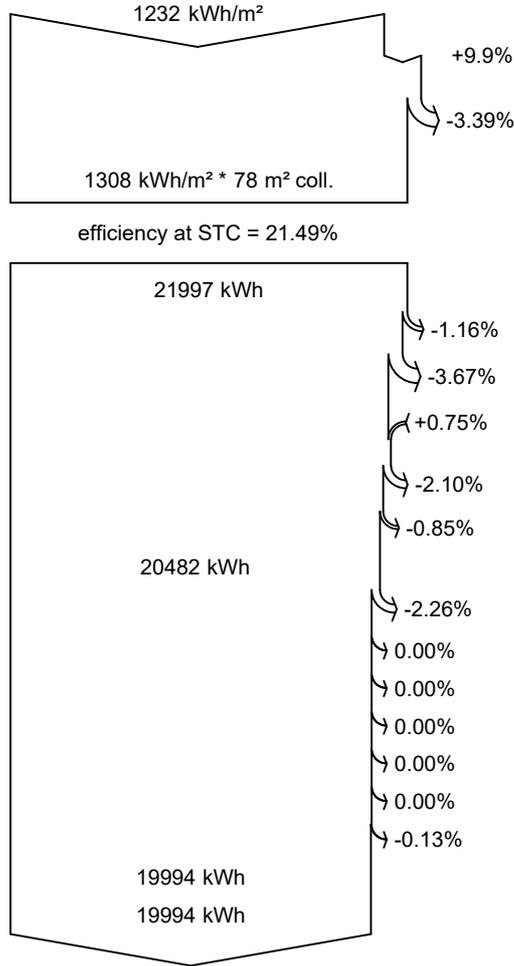
Project: Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
08/04/25 08:58
with v7.3.1

Loss diagram



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

IAM factor on global

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Night consumption

Available Energy at Inverter Output

Energy injected into grid



Project: Project

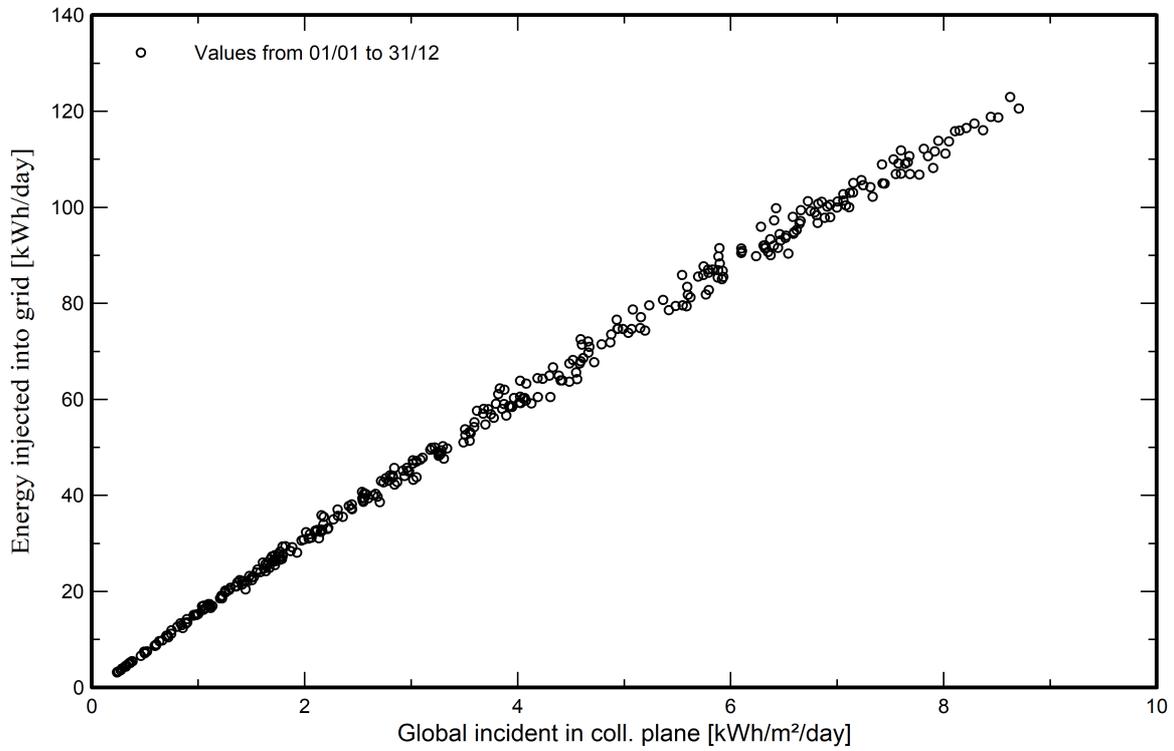
Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

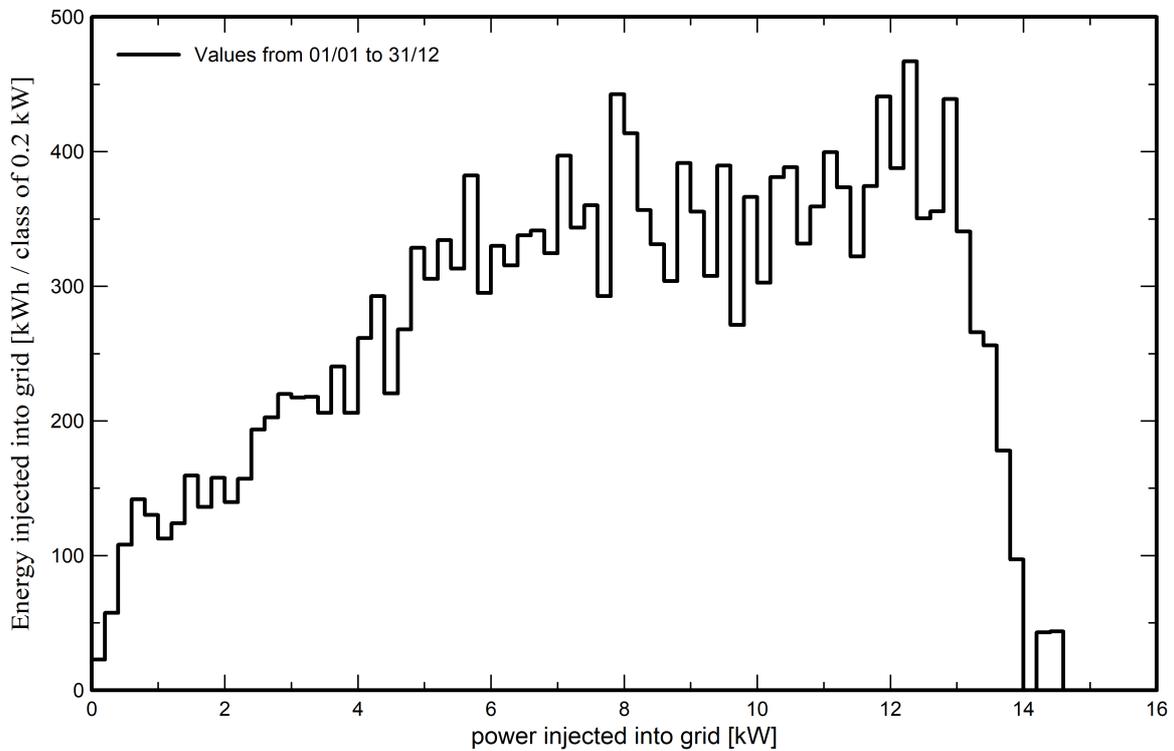
VC0, Simulation date:
08/04/25 08:58
with v7.3.1

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

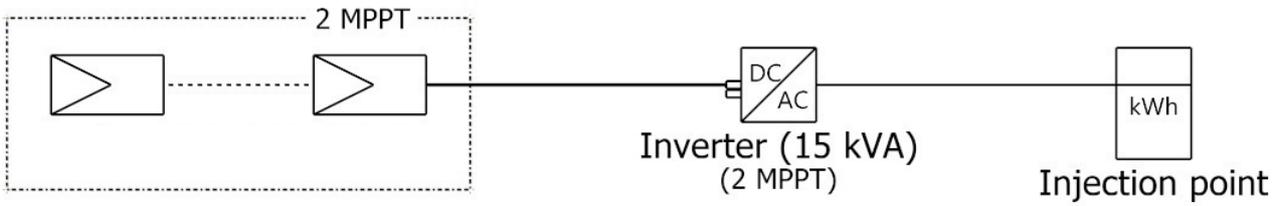




PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
08/04/25 08:58
with v7.3.1

Single-line diagram



PV module	3
Inverter	2
String	2

Project

VC0 : New simulation variant

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Project

Variant: New simulation variant

No 3D scene defined, no shadings

System power: 21.60 kWp

Styzhavka - Ukraine



Project: Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:
08/04/25 09:00
with v7.3.1

Project summary

Geographical Site Vinnytsya Ukraine	Situation Latitude Longitude Altitude 36 m Time zone UTC+2	Project settings Albedo 0.20
Meteo data Vinnytsya Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=100% - Synthetic		

System summary

Grid-Connected System PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 27 / 0 °	No 3D scene defined, no shadings Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)
System information		
PV Array Nb. of modules 36 units Pnom total 21.60 kWp	Inverters Nb. of units 1 unit Pnom total 15.00 kWac Pnom ratio 1.440	

Results summary

Produced Energy	25480 kWh/year	Specific production	1180 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	87.15 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Predef. graphs	6
Single-line diagram	7



Project: Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
08/04/25 09:00
with v7.3.1

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth	24 / 0 °		
		Models used	
		Transposition	Perez
		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Circumsolar	separate
Horizon		Near Shadings	
Free Horizon		No Shadings	
		User's needs	
		Unlimited load (grid)	

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	JA solar	Manufacturer	Huawei Technologies
Model	JAM78-S30-600-MR	Model	SUN2000-15KTL-ZHM5-380V
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	600 Wp	Unit Nom. Power	15.0 kWac
Number of PV modules	36 units	Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 unit
Nominal (STC)	21.60 kWp	Total power	15.0 kWac
Modules	2 Strings x 18 In series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>55°C)	16.5 kWac
Pmpp	19.73 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.44
U mpp	732 V	No Power sharing between MPPTs	
I mpp	27 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	22 kWp	Total power	15 kWac
Total	36 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	101 m ²	Pnom ratio	1.44

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	452 mΩ	Loss Fraction	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s							
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



Project: Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:
08/04/25 09:00
with v7.3.1

Main results

System Production

Produced Energy 25480 kWh/year

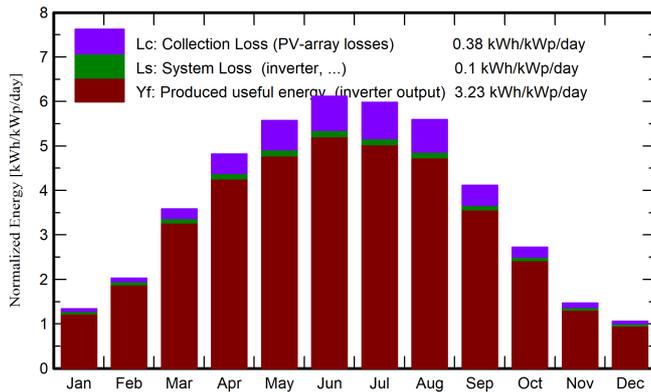
Specific production

1180 kWh/kWp/year

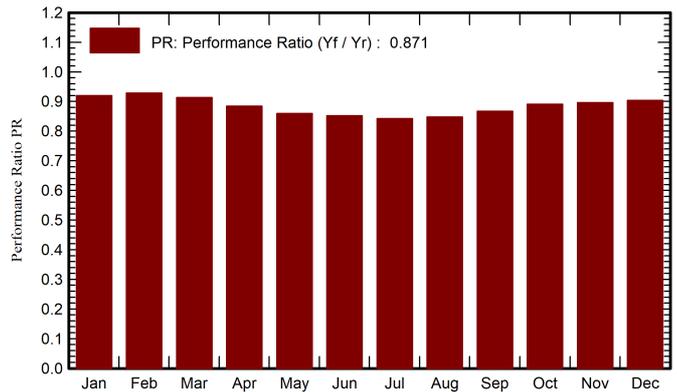
Performance Ratio PR

87.15 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio
January	28.8	17.13	-3.73	41.5	39.5	862	825	0.920
February	43.6	25.15	-2.93	56.8	54.4	1183	1139	0.929
March	92.9	45.96	2.21	111.2	107.6	2262	2193	0.914
April	132.2	65.12	9.35	144.7	140.3	2845	2765	0.885
May	173.9	83.26	15.38	172.7	167.1	3294	3204	0.859
June	186.1	88.06	18.14	183.5	177.5	3470	3377	0.852
July	186.6	80.64	20.35	185.3	179.5	3463	3372	0.842
August	159.9	66.73	19.74	173.4	168.3	3260	3175	0.848
September	107.0	47.56	13.95	123.4	119.4	2381	2312	0.867
October	67.6	35.44	8.13	84.4	81.3	1680	1625	0.891
November	30.2	17.82	3.26	44.0	41.9	889	851	0.897
December	22.8	15.85	-1.67	32.8	30.9	673	640	0.904
Year	1231.8	588.72	8.58	1353.6	1307.8	26262	25480	0.871

Legends

- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio



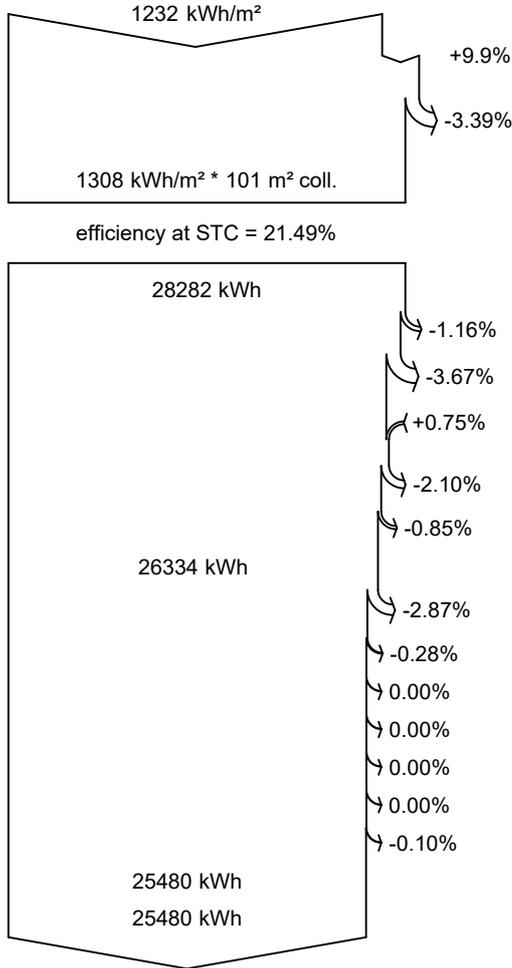
Project: Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:
08/04/25 09:00
with v7.3.1

Loss diagram



- Global horizontal irradiation**
- Global incident in coll. plane**
- IAM factor on global
- Effective irradiation on collectors**
- PV conversion
- Array nominal energy (at STC effic.)**
- PV loss due to irradiance level
- PV loss due to temperature
- Module quality loss
- Mismatch loss, modules and strings
- Ohmic wiring loss
- Array virtual energy at MPP**
- Inverter Loss during operation (efficiency)
- Inverter Loss over nominal inv. power
- Inverter Loss due to max. input current
- Inverter Loss over nominal inv. voltage
- Inverter Loss due to power threshold
- Inverter Loss due to voltage threshold
- Night consumption
- Available Energy at Inverter Output**
- Energy injected into grid**

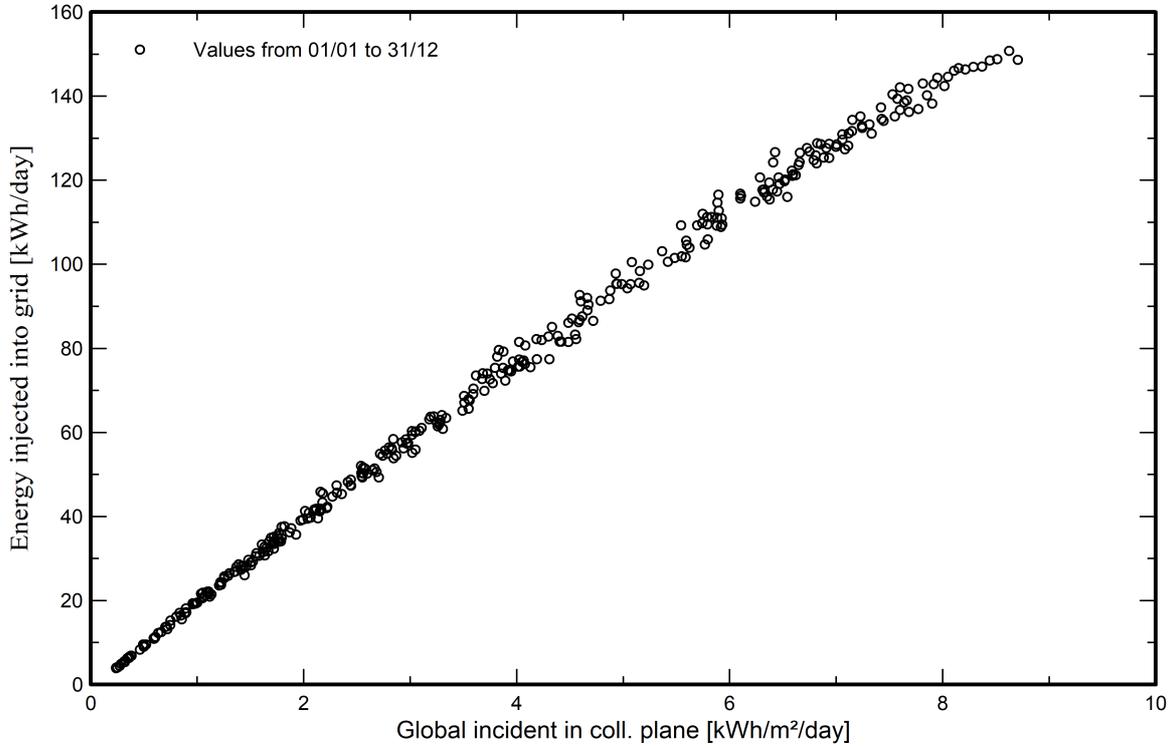


PVsyst V7.3.1

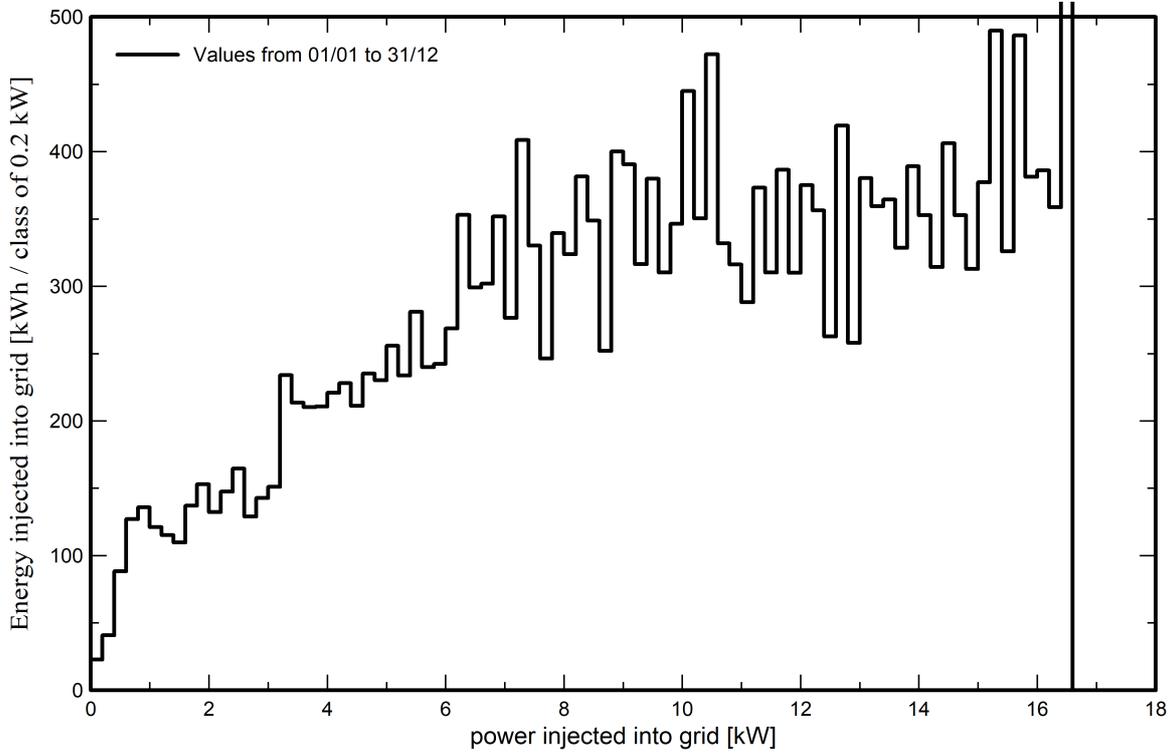
VC0, Simulation date:
08/04/25 09:00
with v7.3.1

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

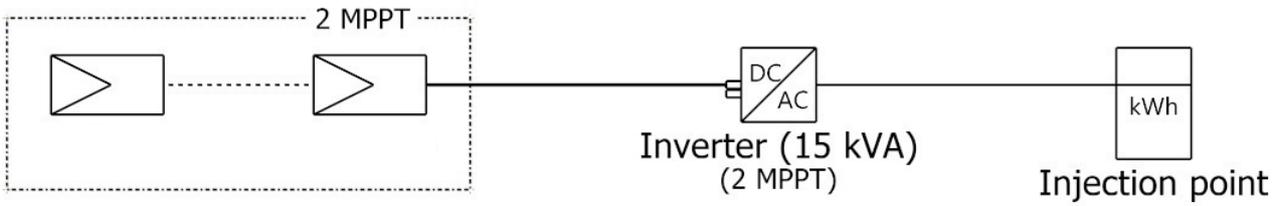




PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:
08/04/25 09:00
with v7.3.1

Single-line diagram



PV module
Inverter	.
String	

Project

VC0 : New simulation variant

ДОДАТОК Г

ВІДОМІСТЬ АРКУШІВ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

Аркуш	Найменування	Примітка
ЛИСТ 1	Титульний аркуш	
ЛИСТ 2	Вступ	
ЛИСТ 3	Аналіз сучасного стану питання	
ЛИСТ 4	Типи інтеграції фотоелектричних систем у житлові будівлі, що розглядаються	
ЛИСТ 5	Переваги та недоліки основних типів енергоефективних покрівель	
ЛИСТ 6	Порівняння способів монтажу	
ЛИСТ 7	Аналіз генерації	
ЛИСТ 8	План 1 - поверху, План 2 - поверху, Фасад 1-2, Фасад А-Б, Асконометрія, Розріз А-А	
ЛИСТ 9	План покрівлі, План влаштування крокв'яної системи, Асконометрія, Розріз 1-1	
ЛИСТ 10	План покрівлі улаштування фотоелементів. План розкладки ФЕМ. Основні вузли кріплення	
ЛИСТ 11	Будгенплан. Календарний план графік виконання робіт. Основні економічні показники	

Використання енергоефективної покрівлі з фотоелектричних панелей при будівництві малоповерхових житлових будинків

Автор: **Максим ГРИЦУК** — студент групи Б-23мз, ВНТУ

Науковий керівник: **Блащук Наталя Вікторівна** — к.т.н, доц. каф. будівництва та цивільної інженерії, ВНТУ

У сучасних умовах зростаючого енергоспоживання та необхідності зниження викидів парникових газів, питання підвищення енергоефективності житлових будівель набуває особливої важливості. В Україні більшість житлового фонду характеризується значними втратами теплової енергії, що призводить до високих витрат на опалення та значного навантаження на паливно-енергетичний комплекс країни. Одним із перспективних рішень є впровадження фотоелектричних елементів у конструкції будівель, що дозволяє зменшити залежність від традиційних енергоресурсів та сприяє розвитку відновлюваної енергетики.

Мета дослідження

Аналіз сучасного стану енергоефективності житлових будівель в Україні, оцінка потенціалу впровадження фотоелектричних технологій та порівняння з практиками країн ЄС.

Завдання дослідження

1. Дослідити сучасний стан житлового фонду України з точки зору енергоефективності.
2. Проаналізувати існуючі державні програми та законодавчі ініціативи щодо підвищення енергоефективності житлових будівель.
3. Вивчити досвід країн Європейського Союзу у впровадженні фотоелектричних систем у житлових будівлях.
4. Оцінити економічну доцільність та потенційні переваги використання фотоелектричних панелей в українських реаліях.
5. Запропонувати рекомендації щодо впровадження енергоефективних заходів у житловий сектор України.

Наукова новизна та практичне значення

Дослідження надає комплексну оцінку стану енергоефективності житлових будівель в Україні, аналізує потенціал впровадження фотоелектричних технологій та їх економічну ефективність. Результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення державних програм підтримки енергоефективності, розробки стратегій модернізації житлового фонду та залучення інвестицій у сферу відновлюваної енергетики.

Аналіз сучасного стану питання

Актуальність:

- Україна має високе споживання енергії у житловому секторі близько (250 кВт·год/м² на рік)
- Потреба у впровадженні відновлюваних джерел енергії
- Фотоелектричні системи – ключ до зниження витрат та енергетичної незалежності

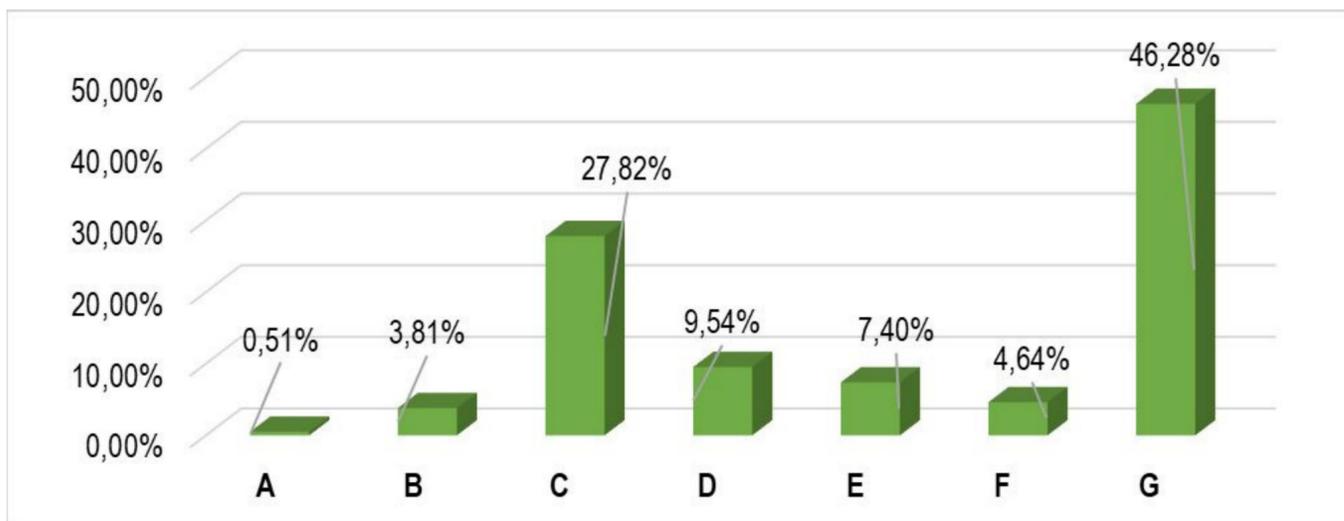


Рис. 3.1 - Розподіл сертифікованих будівель за класом енергоефективності

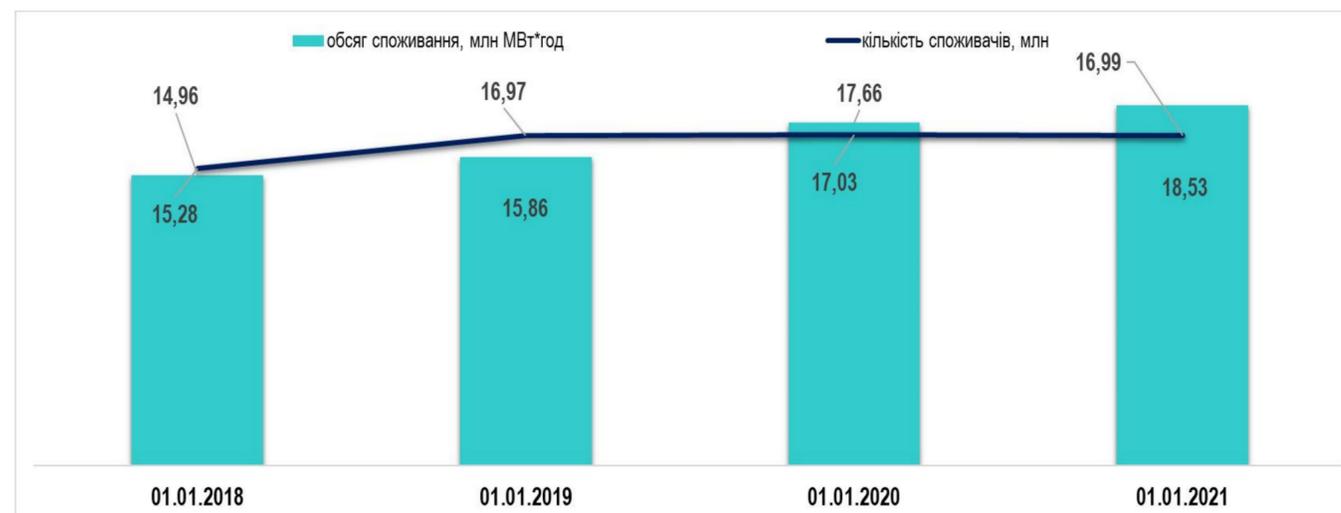


Рис. 3.2 - Аналіз обсягів споживання електроенергії

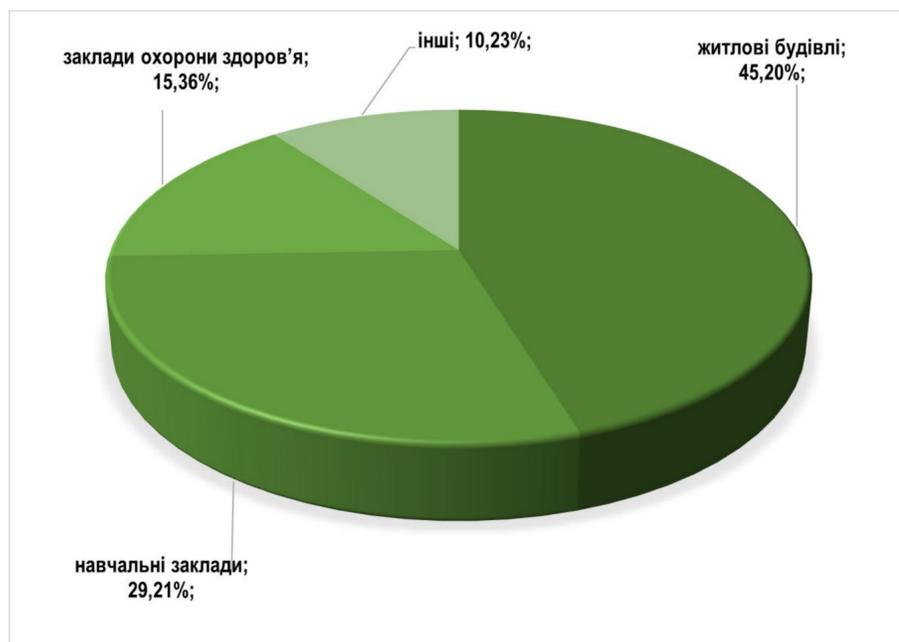


Рис. 3.3 - Розподіл класу G за призначенням будівлі

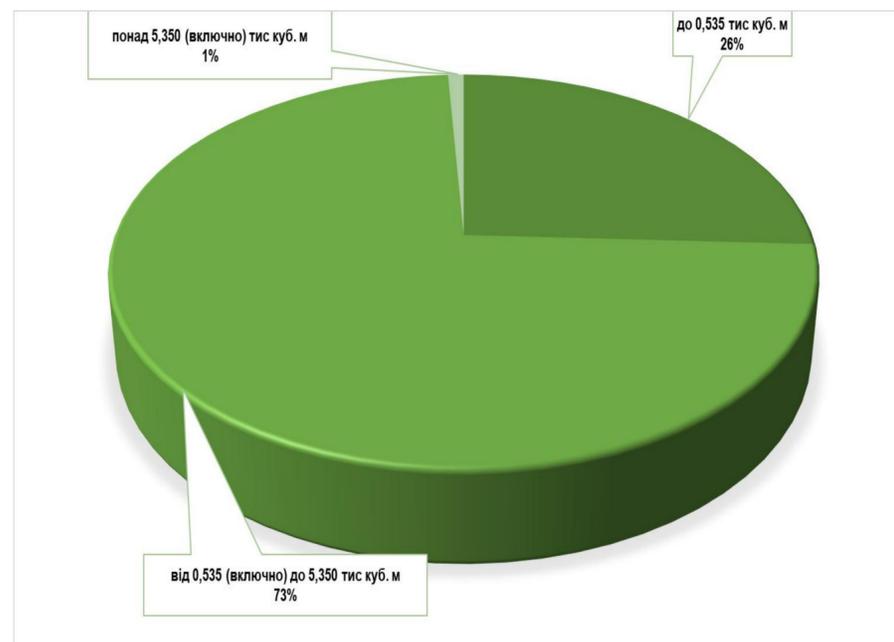


Рис. 3.4 - Аналіз обсягів споживання природного газу

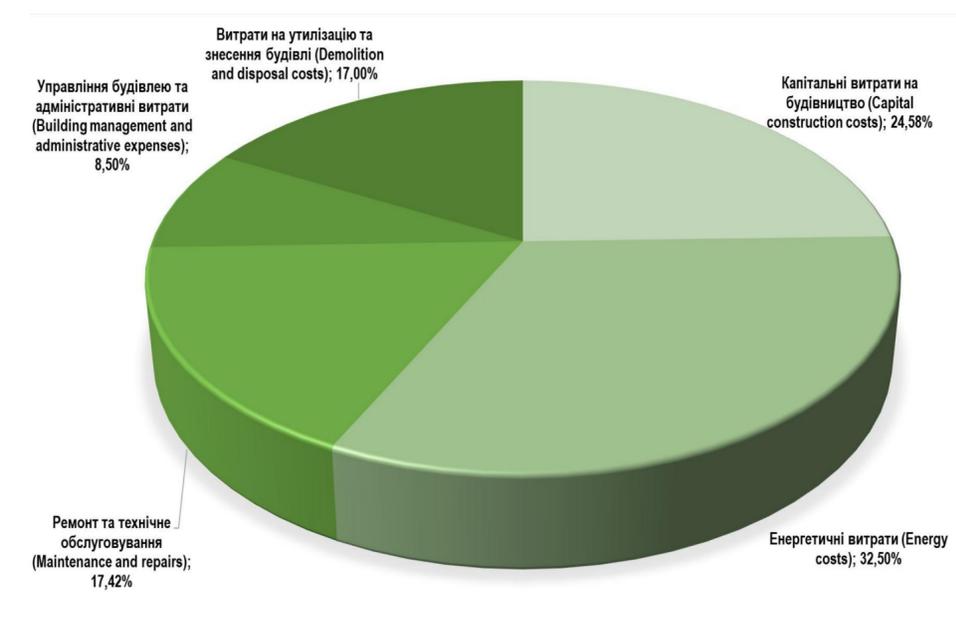


Рис. 3.5 - Аналіз експлуатаційних витрат

Типи інтеграції фотоелектричних систем у будівлі

Сонячна черепиця

- Альтернатива звичайним сонячним панелям.
- Гармонійно вписується у дизайн будинку.



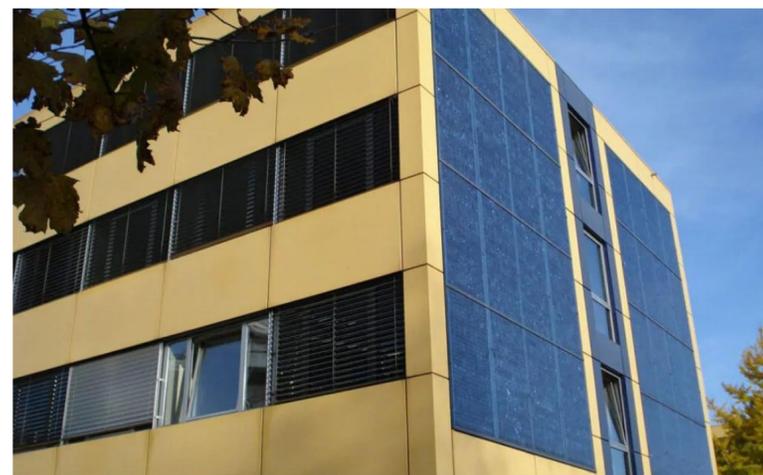
Прозорі сонячні вікна

- Поєднання функції скління та генерації енергії.
- Використовуються у висотних будівлях.



Фасадні модулі

- Вбудовуються у зовнішні стіни.
- Ефективно для багатоповерхових будівель.

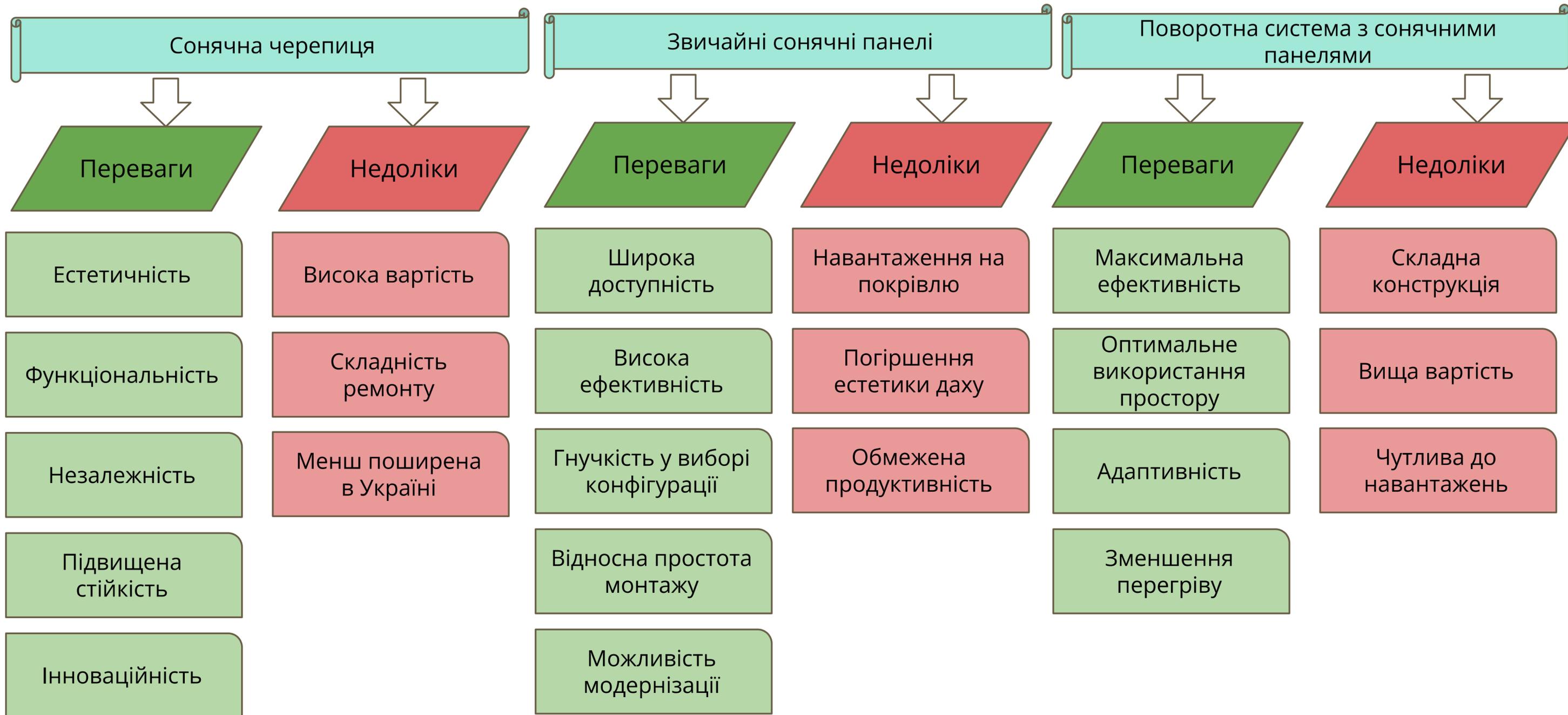


Дахові панелі

- Найпоширеніший варіант.
- Легко встановлюються на дахи будь-якого типу.



Переваги та недоліки основних типів енергоефективних покрівель



Порівняння способів монтажу

Сонячна черепиця

Покрокова технологія монтажу:

- Провести аналіз даху
- Демонтаж старого покриття.
- Монтаж пароізоляційної плівки.
- Улаштування обрешітки.
- Прокладка кабельних каналів.
- Монтаж стартової черепиці.
- Укладання сонячної черепиці.
- Підключення елементів.
- Установлення інвертора.
- Перевірка електричних з'єднань.
- Проведення електровимірювань.
- Пусконаладжувальні роботи.
- Введення системи в експлуатацію.

Звичайні сонячні панелі

Покрокова технологія монтажу:

- Аналіз даху.
- Укріплення несучих елементів.
- Розмітка місць кріплення анкерів.
- Монтаж анкерних гаків до крокв.
- Встановлення направляючих.
- Прокладка кабелів.
- Монтаж ФЕМ на профілях.
- Підключення міжпанельної комутації.
- Монтаж інвертора.
- Захист мережі..
- Налаштування інвертора.
- Тестування продуктивності.
- Підключення до системи.
- Документація та пусконаладження.

Поворотна система з сонячними панелями

Покрокова технологія монтажу:

- Аналіз даху.
- Укріплення основи даху.
- Установка несучих рам.
- Розмітка і кріплення базових елементів.
- Збірка конструкції для зміни кута.
- Монтаж направляючих для панелей.
- Установка фотомодулів.
- Прокладка електрокабелів.
- Перевірка ізоляції та опору контуру заземлення.
- Тестування регульовального механізму.
- Підключення до мережі.
- Пусконаладжувальні роботи.
- Документація та передача об'єкту в експлуатацію.

Аналіз генерації

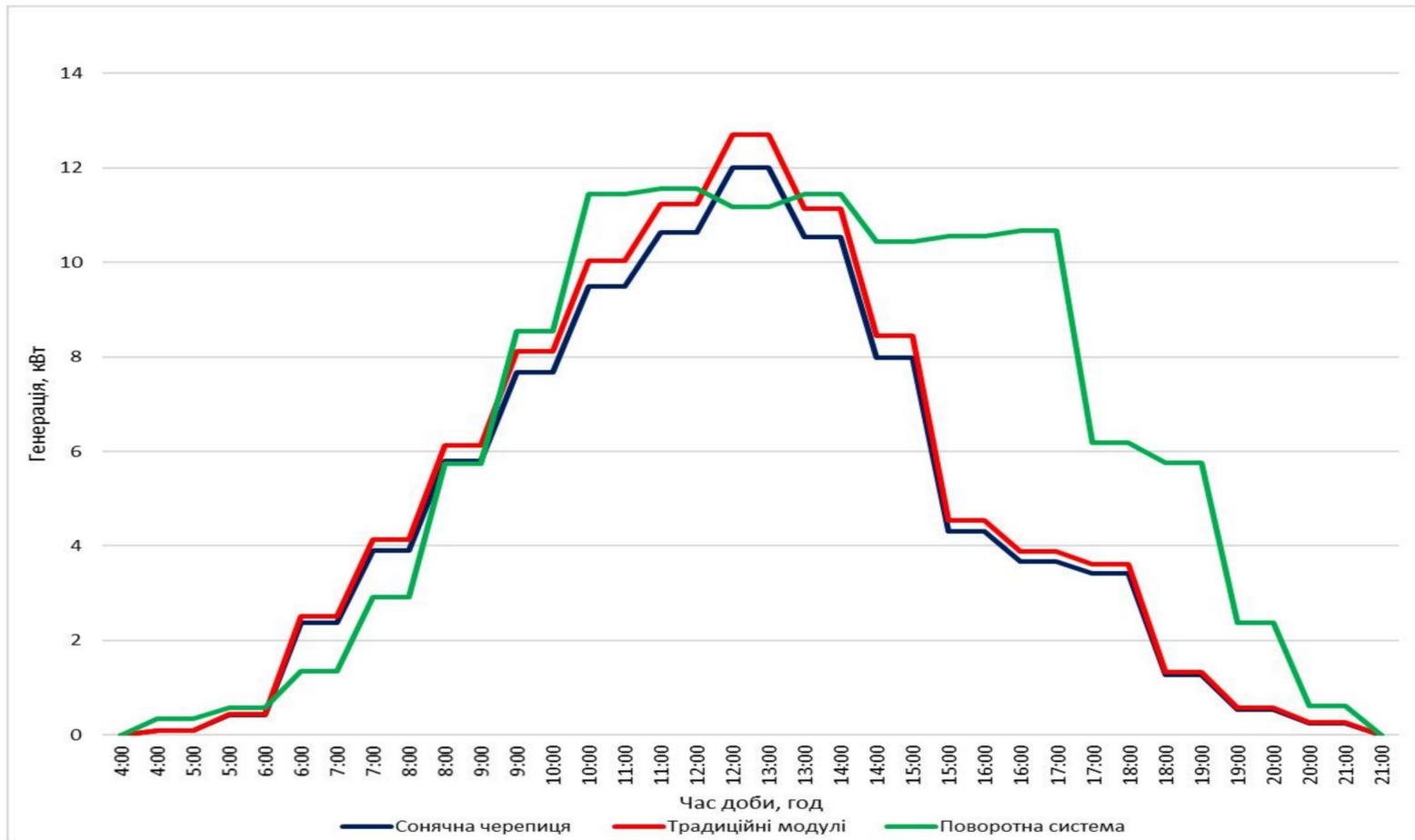


Рис. 7.1 - Погодинний виробіток

	Загальний виробіток	ККД	Власне споживання	Ймовірна генерація
	кВт	%	кВт	кВт
Сонячна черепиця	20292,00	0,89	23,73	625,67
Традиційні модулі	20480,00	0,89	30,42	631,47
Поворотна система	26262,00	0,88	243,33	962,94

Табл 7.1 - порівняльна таблиця

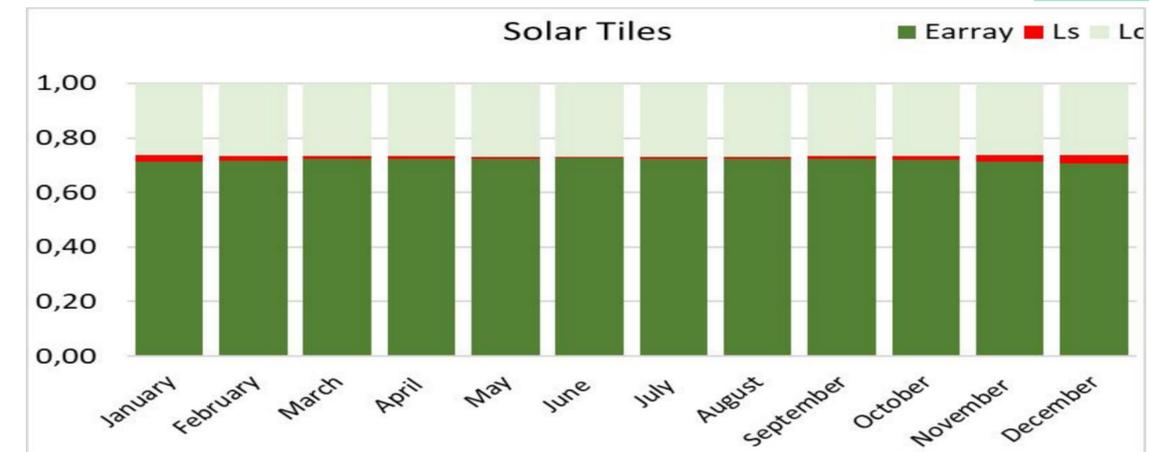


Рис. 7.2 - Помісячний виробіток (Сонячна черепиця)



Рис. 7.3 - Помісячний виробіток (Традиційні модулі)

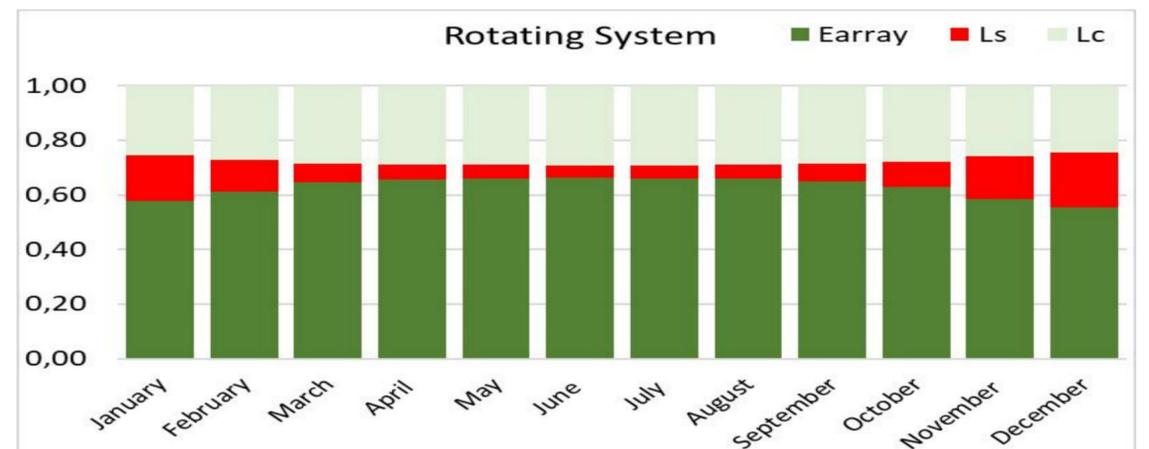
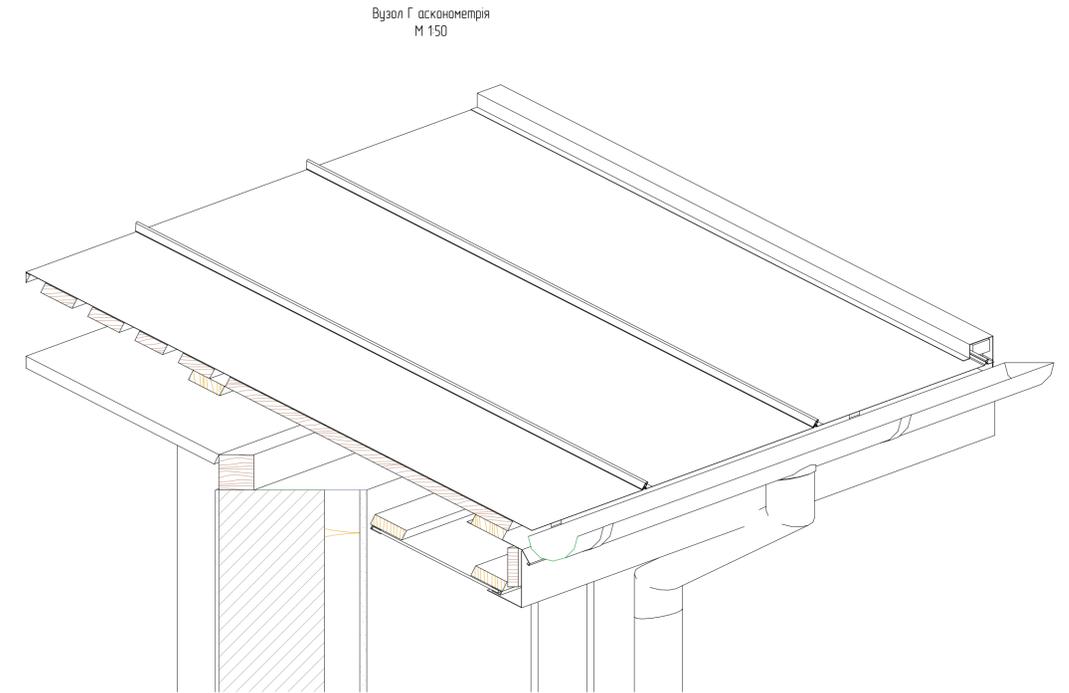
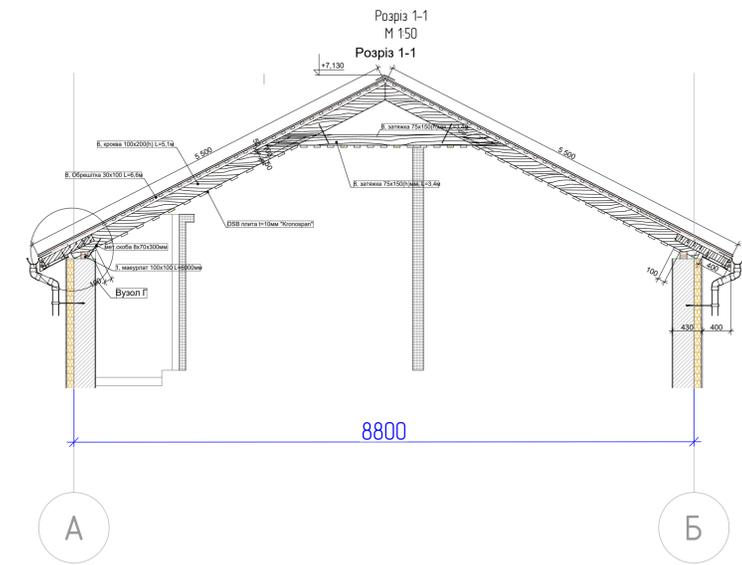
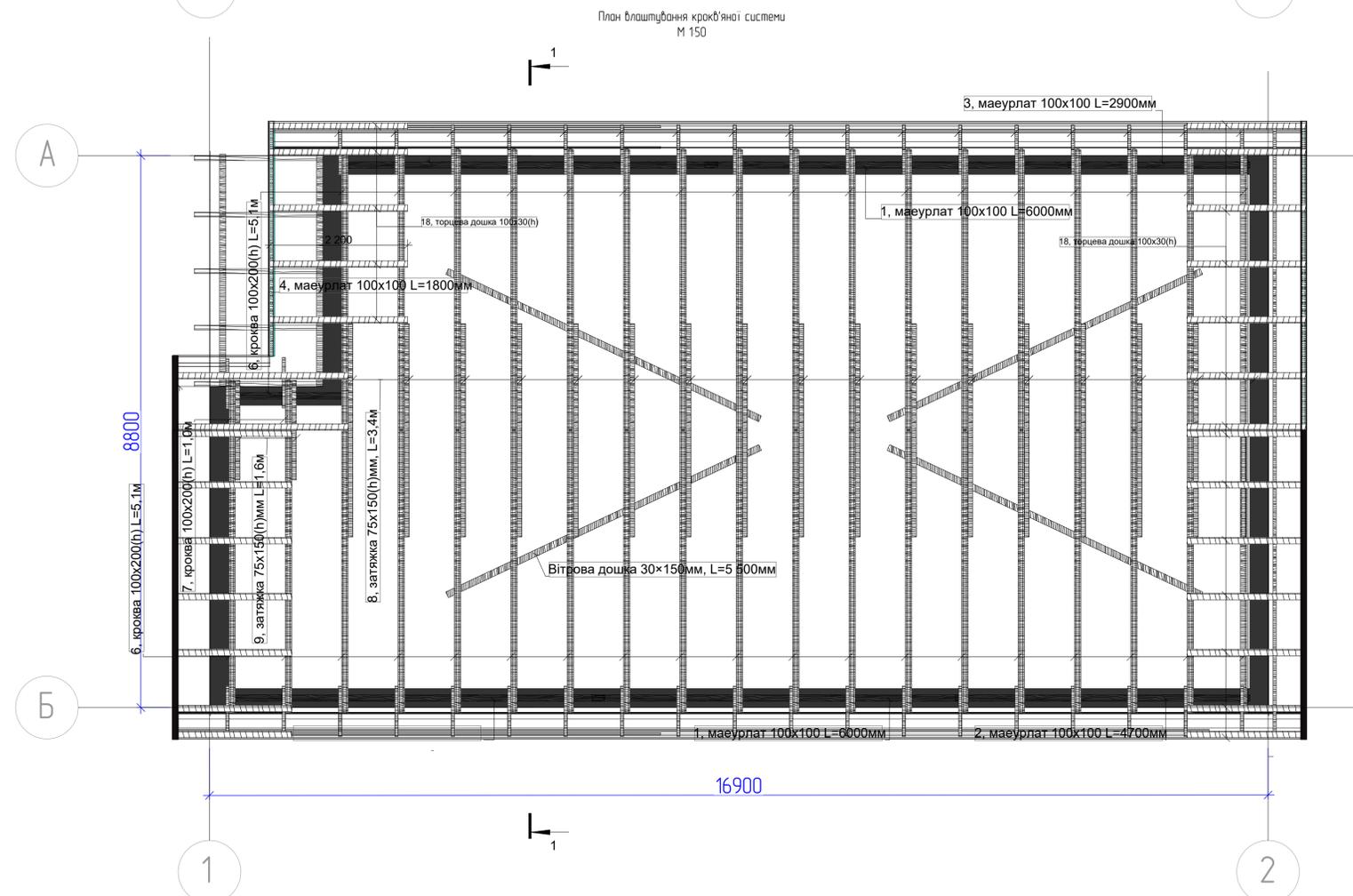
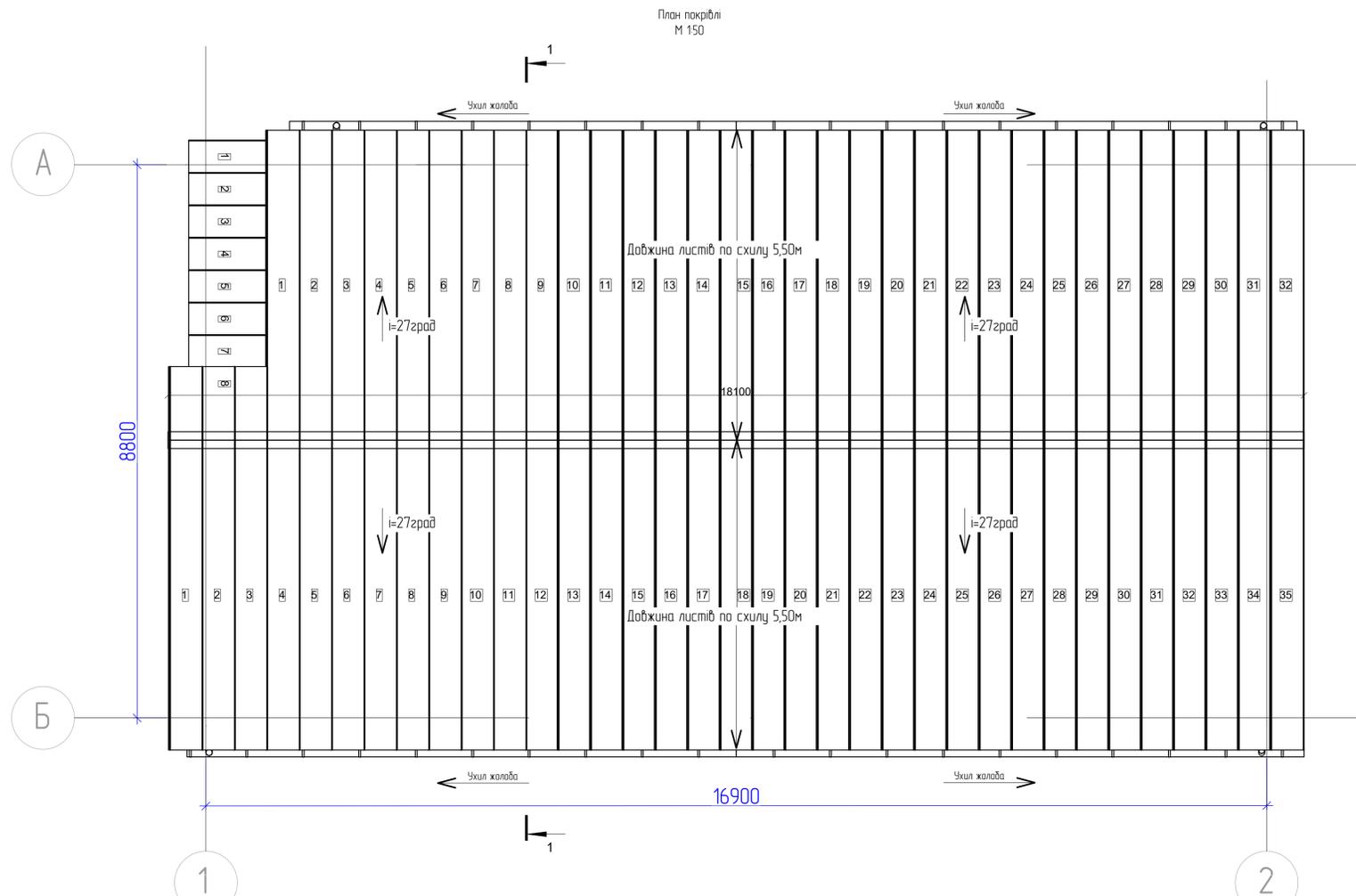


Рис. 7.4 - Помісячний виробіток (Поворотна система)



Покрівля будівлі виконана двоскатною шатровою. Завдяки відповідним похилам покрівлі атмосферні опади, стікають природним чином.

Покрівля являє собою – дерев'яну кроквяну систему, що опирається на зовнішні несучі стіни будівлі. Покрівля виконана із листів покрівельних (фальшпанель), що влаштована по дерев'яній обрешітці.

Дерев'яна обрешітка закріплена до крокв, що формують головний каркас кроквяної системи покрівлі у формі трикутника. Обрешітка виконана із дощок товщиною 30мм шириною 100мм, кроком 350-400мм. Дерев'яні крокви покрівлі виконані поперечним перерізом – 80x180мм. Крок крокв складає від 1,20 до 1,25м.

Крокви в свою чергу в канькавій частині з'єднані між собою встик та розкріплені додатково затяжкою поперечним перерізом – 50x180мм. Крокви на відстані 5,4м від маеурлатів опираються на балки, перерізом 50x180мм. Балки в свою чергу встановлені на дерев'яні стійки перерізом 100x100мм кроком 3,6м. Від низу кожної балки встановлені розкоси під крокви.

Крокви встановлені на маеурлати, що передають та розподіляють навантаження від кроквяної системи на несучі стіни. Маеурлати влаштовані вздовж несучих зовнішніх стін.

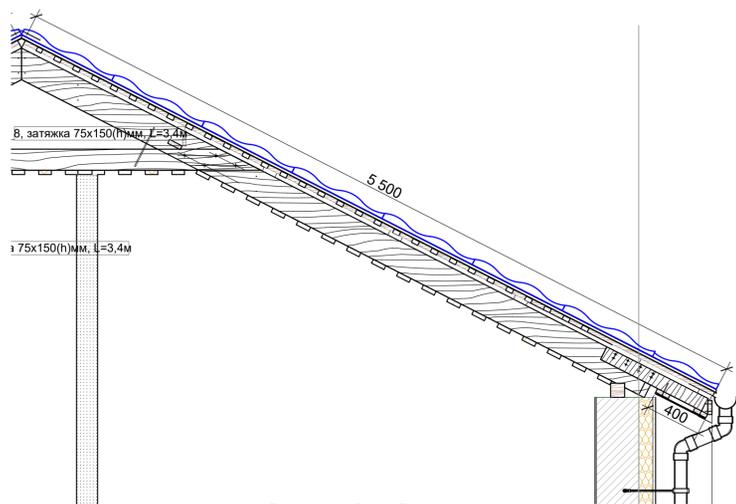
Маеурлати встановлені безпосередньо на несучі стіни. Кріплення маеурлату до несучих стін виконано за допомогою стяжок, із крутлою металу діаметром 6мм.

Покрівля будівлі обладнана зовнішнім організованим водозливом. Водозлив виконаний накладними жолобами. Ухил жолобів виконаний поступовим зменшенням відстані жолобів від кромки даху. Водостічні труби закріплені до зовнішніх стін будівлі сталевими розгачом розташованими по вертикалі з кроком 1,5м.

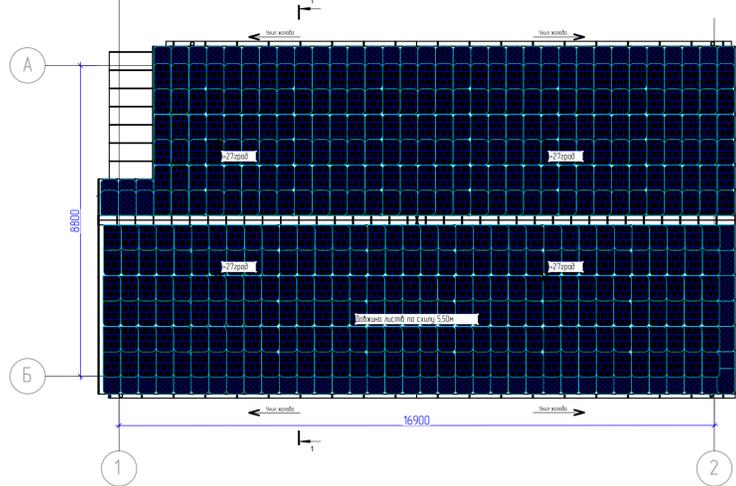
Конструкція даху створює технічну можливість для встановлення фотоелектричних систем різних типів.

08-11МКР.009.КБ					м. Вінниця		
Зн.	Кіл. уч.	Арх.	№ док.	Дата	Використання енергоефективної покрівлі з фотоелектричних панелей при будівництві малоповерхових житлових будинків		
Розробив	Гришук	Блашук	08.25	08.25	Склад	Архив	Архив
Перевірив	Блашук	Маселька			П	7	9
Норм.Контр.	Блашук				ВНТЧ, група Б-23Мз		
Керівник	Блашук				План покрівлі, План влаштування кроквяної системи, Асканометрія, Розріз 1-1		
Опонець	Блашук						
Затвердив	Блашук						

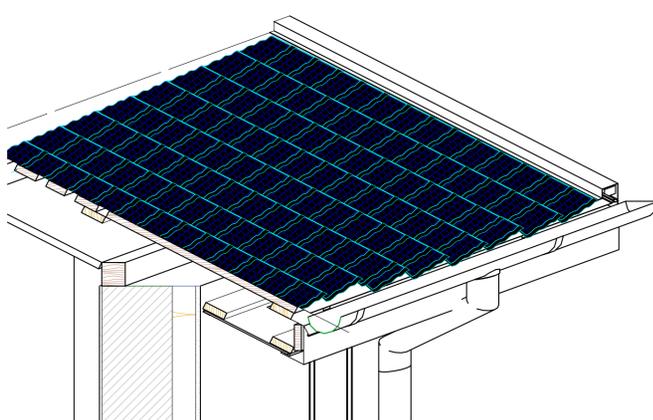
Розріз 1-1. Улаштування ФЕМ черепиця М 125



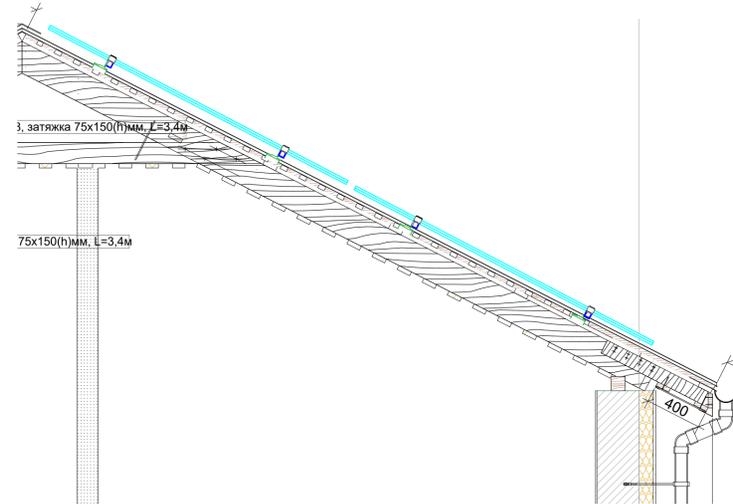
План розкладки ФЕМ черепиця М 1100



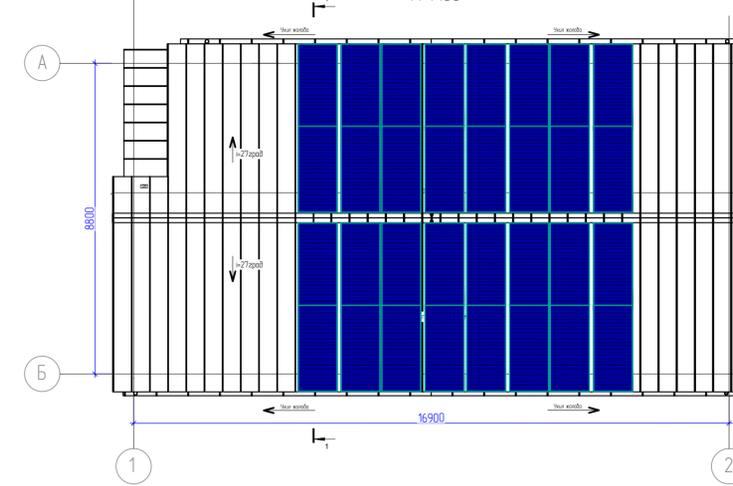
Асконометрія вузол Г ФЕМ черепиця



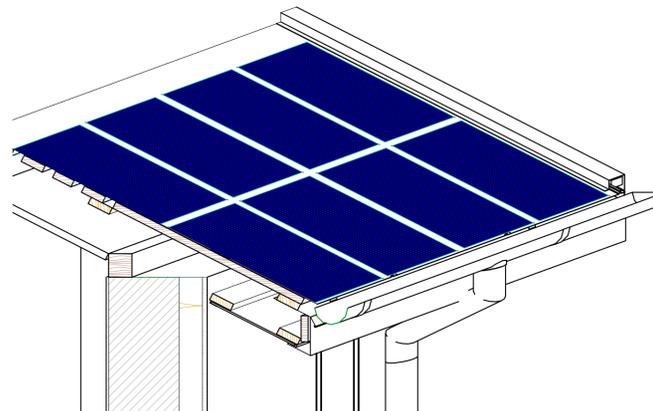
Розріз 1-1. Улаштування ФЕМ звичайна система М 125



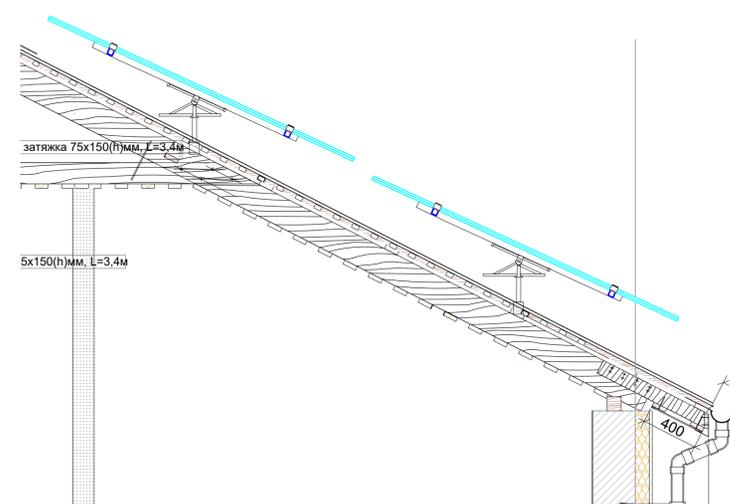
План розкладки ФЕМ звичайна система (поворотна система) М 1100



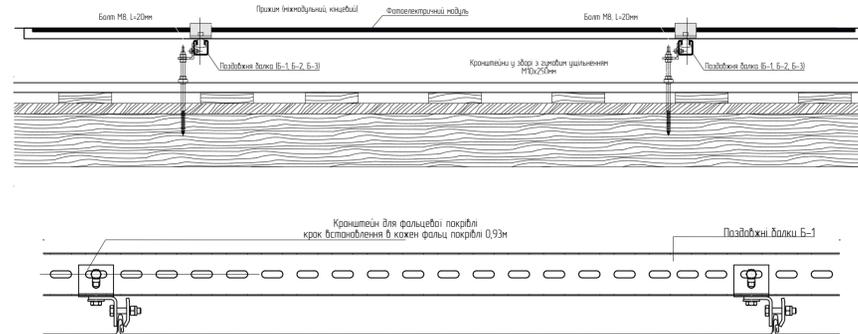
Асконометрія вузол Г ФЕМ звичайна система (поворотна система)



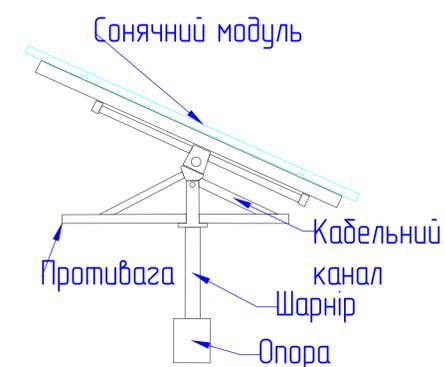
Розріз 1-1. Улаштування ФЕМ поворотна система М 125



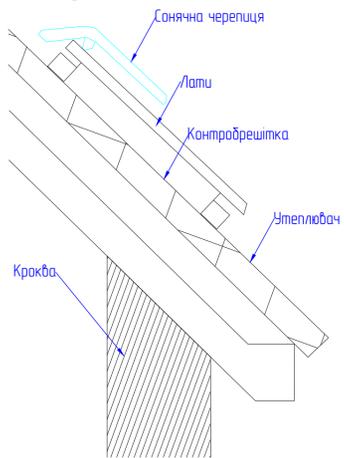
Типові вузли кріплення ФЕМ звичайна система



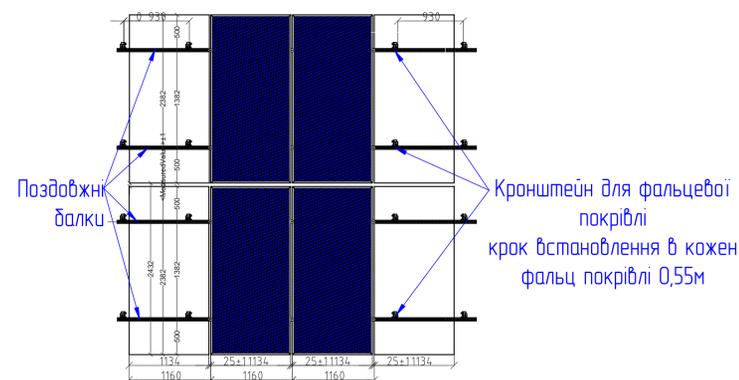
Типовий вузол кріплення ФЕМ поворотна система



Типовий вузол кріплення ФЕМ черепиця



Типовий вузол кріплення ФЕМ звичайна система



08-11/МКР.009.КБ					№ Висвітки		
Зм.	Кіл. чч.	Арк.	№ док.	Дата	Сторін	Аркуш	Аркушів
Розробив	Гришук						
Перевірив	Блашук				П	8	9
Норм.Контр.	Мазьська						
Кермив	Блашук						
Опонецт	Сидоренко						
Зап'яверив	Шель						

Використання енергоефективної покрівлі з фотоелектричних панелей при будівництві багатоповерхових житлових будинків

План покрівлі улаштування фотоелементів, план розкладки ФЕМ. Основні вузли кріплення

ВНТЧ, група Б-23Мз

Клієнт: Формат А1

Календарні графіки виконання робіт (СЕС 15 кВт)



Примітки:

Загальні положення

Роботи проводяться на скатному даху із дотриманням правил техніки безпеки при роботі на висоті.

Тривалість етапів узгоджена з типовими строками монтажу відповідних елементів.

У графіку передбачені лише основні етапи монтажу. Підготовчі та пусконаладжувальні роботи враховуються окремо.

Варіант 1 – Сонячна черепиця Переваги: естетичний вигляд, інтеграція в дах без додаткових кріплень. Недоліки: відносно довгий термін монтажу. Рекомендація: особливо уважно контролювати герметичність стиків, щоб уникнути протікань.

Варіант 2 – Звичайні панелі Найшвидший за термінами монтаж варіант. Ефективний за співвідношенням ціна/якість. Рекомендація: ретельно перевірити кріплення на кожному етапі, враховуючи навантаження від вітру.

Варіант 3 – Поворотна система Переваги: потенційно вища генерація завдяки слідуванню за сонцем. Недоліки: найбільш трудомісткий монтаж та складність обслуговування. Рекомендація: перевірити жорсткість монтажу конструкцій та точність калібрування поворотних механізмів.

Загальні технічні зауваження

Всі монтажні роботи виконуються згідно з ДБН В.2.5-39:2008 та

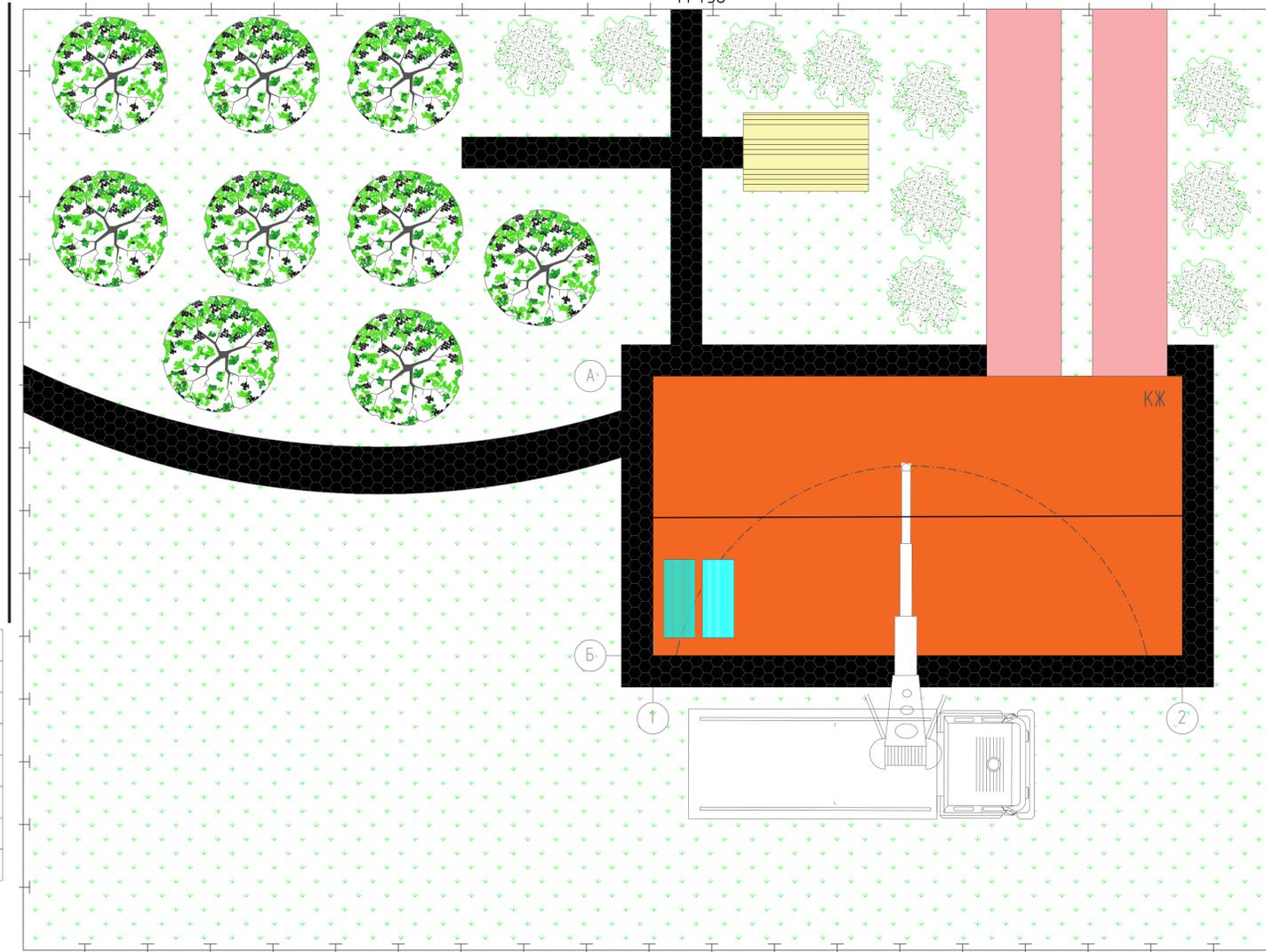
технічними рекомендаціями виробника обладнання.

Необхідно врахувати резерв часу на можливі погодні затримки. Після завершення всіх монтажних робіт рекомендовано провести оглядовий аудит СЕС перед запуском у роботу.

	Житловий напівсферичний будинок
	Асфальтобетонне покриття
	Покриття тилу протипурна плітка
	Газон
	Дерево
	Кущ
	Будівельний кран маніпулятор
	Паркан

Схема монтажу

М 1:50



Примітки:

Підготовка робочого місця:

Перед початком монтажу необхідно організувати тимчасові підставки з піддонів або дерев'яних щитів для складування сонячних панелей, черепиці, кріплень тощо. Забезпечити проходи з дощок або підкладок до місця монтажу для уникнення пошкодження газону протипурного покриття чи іншої благоустроєної території. Зони складування матеріалів розміщувати поза межами садових насаджень та не ближче ніж 1 м до стовбурів дерев.

Організація території:

Усі транспортні шляхи для доставки матеріалів слід тимчасово захистити геотекстилем або фанерними щитами, щоб зберегти покриття дорожжю.

Під час монтажу забороняється складувати матеріали безпосередньо на ґрунті або газоні.

Охорона зелених насаджень:

При складанні та розміщенні вантажу забезпечити огороження дерев та кущів. Заборонено складування або проїзд механізмів у зону крони дерев.

Зона монтажу:

Робоча зона на даху повинна бути чітко визначена та позначена. Заборонено перебування старонніх осіб у зоні потенційного падіння інструменту або матеріалів. Використання монтажних лісів або драбин повинно передбачати захист покриття фасаду та відмастки.

Енергобезпека та техніка безпеки:

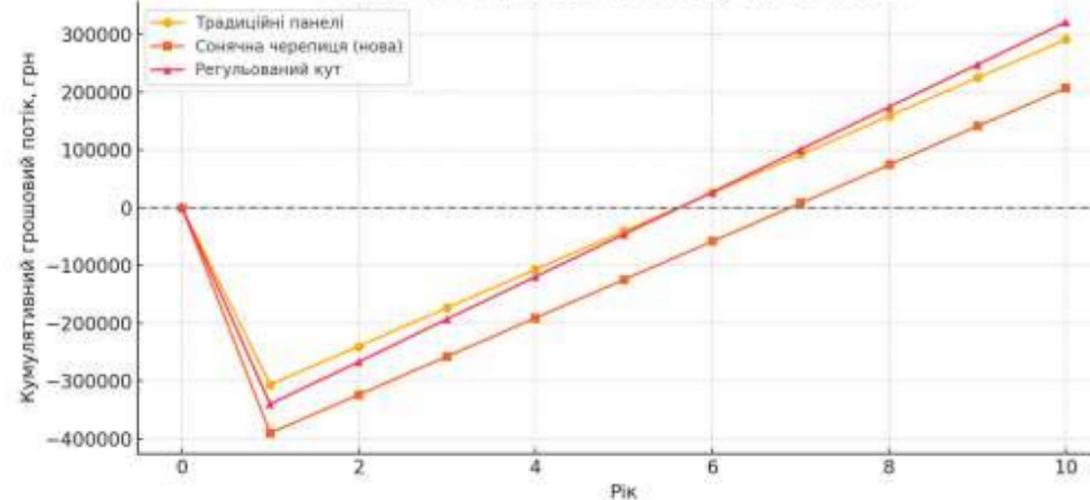
Забезпечити захист існуючих інженерних мереж, що можуть бути пошкоджені під час пересування техніки або працівників.

Роботи проводити згідно з ПБЕЕС та ДБН А.3.2-2-2009.

ТЕП досліджуваних варіантів

Показник	Традиційні панелі	Сонячна черепиця	Регульований кут
Вартість встановлення (тис. грн)	306	390	340
Річна генерація, кВт·год	19 000	15 000	21 000
Економія на електриці, грн	66 360	52 500	73 500
Окупність, років	4,6	7,4	4,1
Естетика	Середня	Висока	Середня

Порівняння грошового потоку трьох систем



08-11/КР.0047/ВР				11/51		
м. Вишківця						
Зм.	Зм.	Кп. пр.	Арх.	№ док.	Дата	
Розробл.	Розробл.	Групув.	Арх.	№ док.	Дата	
Перевірл.	Перевірл.	Благоустр.	Арх.	№ док.	Дата	
Норм.Контр.	Норм.Контр.	Мат.Співр.	Арх.	№ док.	Дата	
Керівник	Керівник	Благоустр.	Арх.	№ док.	Дата	
Опонуєнт	Опонуєнт	Мат.Співр.	Арх.	№ док.	Дата	
Затверд.	Затверд.	Мат.Співр.	Арх.	№ док.	Дата	

Дякую за увагу

Контактні дані: **Максим ГРИЦУК** — студент групи Б-23мз, ВНТУ.

тел. +380977374993

e-mail: grishuk.maksim.93@ukr.net

					08-11.МКР.009			
					м. Вінниця			
Тип	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробка	Григор				Використання енергоефективної покритті з фотоелектричних панелей при будівництві багатоповерхових житлових будинків	Сталія	Лист	Листів
Перевірка	Бончук			08.05		II	1	9
Н. контроль	Мачусяк			08.06				
Керівник	Бончук			08.05	Тема роботи	ВНТУ, гр. Б-23м		
Опосеред.	Слободян							
Завершено	Швеч							

					08-11.МКР.009			
					м. Вінниця			
Тип	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробка	Григор				Використання енергоефективної покритті з фотоелектричних панелей при будівництві багатоповерхових житлових будинків	Сталія	Лист	Листів
Перевірка	Бончук			08.05		II	2	9
Н. контроль	Мачусяк			08.06				
Керівник	Бончук			08.05	Вступ	ВНТУ, гр. Б-23м		
Опосеред.	Слободян							
Завершено	Швеч							

					08-11.МКР.009			
					м. Вінниця			
Тип	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробка	Григор				Використання енергоефективної покритті з фотоелектричних панелей при будівництві багатоповерхових житлових будинків	Сталія	Лист	Листів
Перевірка	Бончук			08.05		II	3	9
Н. контроль	Мачусяк			08.06				
Керівник	Бончук			08.05	Аналіз сучасного стану питання	ВНТУ, гр. Б-23м		
Опосеред.	Слободян							
Завершено	Швеч							

					08-11.МКР.009			
					м. Вінниця			
Тип	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробка	Григор				Використання енергоефективної покритті з фотоелектричних панелей при будівництві багатоповерхових житлових будинків	Сталія	Лист	Листів
Перевірка	Бончук			08.05		II	4	9
Н. контроль	Мачусяк			08.06				
Керівник	Бончук			08.05	Тема аналізу фотоелектричних систем у житловій будівлі, що розглядається	ВНТУ, гр. Б-23м		
Опосеред.	Слободян							
Завершено	Швеч							

						08-11.МКР.009		
						м. Вінниця		
Зам.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Використання енергозберігаючої покриття з фотоселективними властивостями при будівництві багатоповерхових житлових будинків	Сталія	Лист	Листів
Розробив	Григор					II	5	9
Перевірив	Башук			26.05.2020				
Н. контроль	Мисисала			10.06.2020				
Керівник	Башук			18.05.2020				
Специалт	Слободан				Перевірка та видача основних умов енергозберігаючої покриття			ВНТУ, гр. Б-23м
Завершив	Швеч							

						08-11.МКР.009		
						м. Вінниця		
Зам.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Використання енергозберігаючої покриття з фотоселективними властивостями при будівництві багатоповерхових житлових будинків	Сталія	Лист	Листів
Розробив	Григор					II	6	9
Перевірив	Башук			26.05.2020				
Н. контроль	Мисисала			10.06.2020				
Керівник	Башук			18.05.2020				
Специалт	Слободан				Перевірка способів монтажу			ВНТУ, гр. Б-23м
Завершив	Швеч							

						08-11.МКР.009		
						м. Вінниця		
Зам.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Використання енергозберігаючої покриття з фотоселективними властивостями при будівництві багатоповерхових житлових будинків	Сталія	Лист	Листів
Розробив	Григор					II	7	9
Перевірив	Башук			26.05.2020				
Н. контроль	Мисисала			10.06.2020				
Керівник	Башук			18.05.2020				
Специалт	Слободан				Аналіз генералі			ВНТУ, гр. Б-23м
Завершив	Швеч							