

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматичної, електроніки та телекомунікацій  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи


магістр


(ступінь вищої освіти)


на тему «Дослідження ефективності використання двосторонніх сонячних панелей в умовах багатоповерхового будинку»

Виконав: студент 2 курсу, групи 2-мМЕ  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності

Обілець М.В.   
(прізвище та ініціали)

Керівник: Захарченко Р.В.   
(прізвище та ініціали)


Рецензент: Трет'як А.В.   
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2025 рік

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і  
робототехніки  
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій  
Ступінь вищої освіти Магістр  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
автоматики, електроніки та  
телекомунікацій

  
О.В. Шефер  
“ 2 ” вересня 2024 р.

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**Обільцю Максиму Володимировичу**

1. Тема проекту (роботи) **«Дослідження ефективності використання двосторонніх сонячних панелей в умовах багатоповерхового будинку»**  
керівник проекту (роботи) **Захарченко Руслан Володимирович, к.т.н., доцент**  
затверджена наказом вищого навчального закладу від 09.08.2024 року № 818-ф.а
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 19.12.2024 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) документація на розроблення проекту енергопостачання та внутрішніх електромереж житлового будинку.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) **Характеристика об'єкту дослідження за вихідними даними. Переваги та недоліки двосторонніх сонячних панелей. Критерії вибору сонячних панелей для досліджу. Умови проведення та результати досліджу роботи двосторонніх сонячних панелей. Використання сонячних панелей в житлових будинках. Варіанти розміщення сонячних панелей на багатоповерховому будинку. Ефективність використання двосторонніх сонячних панелей. Висновки по роботі.**

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
- 1) Двосторонні сонячні панелі;
  - 2) Дослідження ефективності різних панелей на практиці;
  - 3) Підключення контролера до панелей для досліджу;
  - 4) Загальна схема підключення системи сонячних панелей в житловому будинку;
  - 5) Розміщення сонячних панелей на фасаді будинку;
  - 6) Розміщення сонячних панелей на даху будинку;
  - 7) Висновки.

6. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

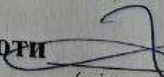
Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
1	Характеристика об'єкту дослідження за вихідними даними	07.10.24		15%	Пл. 3
2	Переваги та недоліки двосторонніх сонячних панелей	16.10.24	I	25%	Пл. 3
3	Критерії вибору сонячних панелей для досліджу	05.11.24		40%	Пл. 4
4	Умови проведення та результати досліджу роботи двосторонніх сонячних панелей	12.11.24		50 %	Пл. 5
5	Використання сонячних панелей в житлових будинках	19.11.24	II	60%	Пл. 6
6	Варіанти розміщення сонячних панелей на багатоповерховому будинку	26.11.24		70%	Пл. 7
7	Ефективність використання двосторонніх сонячних панелей	04.12.23		80%	Пл. 8
8	Висновки по роботі	11.12.24		90%	Пл. 9
9	Оформлення магістерської роботи	19.12.24	III	100%	

Магістрант

  
(підпис)

Обілець М.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Захарченко Р.В.  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДВОСТОРОННІ СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ ТА ЇХ ПРИЗНАЧЕННЯ.....</b>	<b>10</b>
1.1 Історія появи сонячних панелей.....	7
1.2 Двосторонні сонячні панелі: Інноваційний підхід до енергетики..	12
1.3 Двосторонні сонячні панелі для житлових будинків.....	15
1.4 Переваги двосторонніх сонячних панелей в порівнянні з класичними.....	19
<b>РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОСТОРОННІХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПРАКТИЧНОМУ ДОСЛІДІ.....</b>	<b>25</b>
2.1 Критерії вибору сонячних панелей для дослідю.....	27
2.2 Опис обраних панелей для дослідю.....	29
2.3 Вибір контролера для збору та обробки даних.....	33
2.4 Умови проведення дослідю.....	39
2.5 Результати дослідю.....	42
<b>РОЗДІЛ 3 ВИКОРИСТАННЯ ДВОСТОРОННІХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ В БАГАТОПОВЕРХОВОМУ БУДИНКУ.....</b>	<b>42</b>
3.1 Використання сонячних панелей в житлових будинках.....	43
3.2 Будинок, обраний для проєкту встановлення двосторонніх сонячних панелей.....	48
3.3 Розміщення сонячних панелей на житловому будинку.....	49
3.4 Використання обладнання для реалізації системи.....	54
3.5. Місця встановлення на будинку.....	64
3.6. Призначення аварійного джерела живлення.....	67

<b>3.7. Порівняння звичайних панелей з двохсторонніми.....</b>	<b>68</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>71</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>73</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>75</b>

## ВСТУП

Сонячні панелі — це спеціалізовані пристрої, які виконують важливу функцію перетворення енергії сонячного світла на електричну енергію. Цей процес здійснюється за допомогою фотоелектричних елементів, які використовують унікальні властивості напівпровідників для створення електричного струму під впливом сонячного випромінювання. Основний принцип роботи сонячних панелей базується на явищі, відомому як фотоелектричний ефект. Коли фотони, які є частинками світла, потрапляють на фотоелектричний елемент, вони здатні вибивати електрони з атомів кремнію, що, в свою чергу, призводить до утворення електричного струму. Існує кілька основних типів сонячних панелей, серед яких можна виділити монокристалічні, полікристалічні, тонкоплівкові та біфасіальні (двосторонні) панелі, кожен з яких має свої особливості та переваги. Монокристалічні панелі виготовляються з монокристалів кремнію, що робить їх найбільш ефективними серед усіх типів. Вони здатні забезпечувати перетворення від 18% до 22% сонячної енергії на електричну. Ці панелі працюють ефективно навіть за умов низького рівня освітленості, що робить їх універсальними для різних кліматичних умов.

Основною функцією сонячних панелей для житлових будинків є забезпечення автономного живлення при відсутності централізованого електропостачання, що є досить актуальним в наш час. Також цю енергію можливо використовувати для безперебійної роботи засобів зв'язку (інтернет, мобільні мережі, тощо). Залежно від загальної потужності встановлених панелей залежить які саме потреби будинку можна перекривати за допомогою таких систем. Якщо потужність досить висока, то доцільно продавати згенеровану електроенергію в загальну мережу по спеціальному зеленому тарифі, що діє спеціально для альтернативних джерел енергії, це дозволить зробити свій внесок в стабільність енергосистеми а також за кошти, вилучені з реалізації надлишкової потужності розвивати та покращувати благоустрій загальнодоступних ділянок будинку.

Загальна потужність встановлених модулів сильно залежить від доступної площі для розміщення системи. З підвищенням ККД на площу дуже добре справляються двосторонні сонячні панелі завдяки розміщенню світлочутливих

елементів з двох сторін. Залежно від поверхні, на яку встановлені двосторонні модулі дуже сильно відрізняється їхня потужність. Якщо дач та фасад, де вони розміщені пофарбувати білим кольором, це будуть ідеальні умови, які можливо отримати для практичного втілення такої системи з максимальним ККД.

Мета моєї роботи дослідити реальну ефективність використання двосторонніх сонячних панелей в порівнянні з класичними варіантами. Для цього я провів реальний дослід з порівнянням цих двох систем.

Предмет дослідження є двосторонні сонячні панелі, а саме їхня ефективність у порівнянні із звичайними модулями в умовах використання в багатоповерхових житлових будинках. Станом на зараз ці питання є досить актуальними, оскільки з однієї і тієїж самої використаної площі можна суттєво збільшити загальну потужність енергії.

## **РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДВОСТОРОННІ СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ ТА ЇХ ПРИЗНАЧЕННЯ.**

### **1.1 Історія появи сонячних панелей.**

Історія розвитку сонячних панелей бере свій початок у 19 столітті, коли вперше були помічені унікальні властивості перетворення світлової енергії на електричну. Першим важливим кроком до глибшого розуміння цього складного процесу стало відкриття фотоелектричного ефекту в 1839 році французьким фізиком Александром Едмоном Беккерелем. Він зауважив, що під впливом світла на деякі матеріали, зокрема електроліти, з'являється електричний струм, що свідчить про можливість перетворення світлової енергії в електричну. Це відкриття стало справжнім революційним досягненням для свого часу, оскільки воно поклало початок новій епісі в науці та технологіях. Хоча технології для його практичного застосування ще не існували, і науковці лише починали усвідомлювати потенціал цього явища, саме це відкриття стало основою для подальших досліджень у галузі фотоелектрики. Протягом наступних десятиліть вчені продовжували вивчати та експериментувати з різними матеріалами, намагаючись знайти оптимальні рішення для ефективного перетворення сонячної енергії. Це призвело до створення перших сонячних елементів, які, хоч і були примітивними, заклали основи для сучасних технологій, які ми використовуємо сьогодні.

Наступні роки були присвячені подальшим науковим дослідженням, які відкривали нові горизонти в цій галузі, розширюючи наше розуміння фотоелектричних процесів. У 1873 році британський інженер Віллоубі Сміт зробив важливе відкриття, виявивши фоточутливість селену, що стало основою для подальших експериментів у цій сфері. Це відкриття стало важливим кроком у розвитку нових матеріалів, які могли б ефективно перетворювати світлову енергію в електричну. А в 1876 році Вільям Гріел Адамс і Річард Еванс Дей довели, що селен може безпосередньо перетворювати сонячне світло в електрику, що стало першим серйозним кроком до розробки пристроїв на основі фотоелектричного ефекту. Ці досягнення заклали основи для подальшого розвитку технологій, які в наш час стали

невід’ємною частиною енергетичного сектору, відкриваючи нові можливості для використання відновлювальних джерел енергії. Вони не лише сприяли розвитку науки, але й стали основою для створення нових технологій, які дозволяють зменшити залежність від традиційних джерел енергії, що, в свою чергу, має величезне значення для сталого розвитку нашої планети.

Першу фактичну сонячну комірку винайшов американський дослідник Чарльз Фрітц у 1883 році. У своїй роботі він використав селен, покритий тонким шаром золота, щоб створити фотоелектричний елемент, який став першим важливим кроком у розвитку сонячних технологій. Хоча ефективність цього елемента була надзвичайно низькою — лише близько 1% — це була перша технологічно працююча конструкція сонячної батареї, яка продемонструвала можливість перетворення сонячної енергії в електричну. Цей винахід став основою для подальших досліджень у цій галузі, відкриваючи нові перспективи для вдосконалення технологій. Важливо зазначити, що, незважаючи на свою обмежену ефективність, цей елемент став символом надії для вчених і інженерів, які прагнули знайти способи покращення перетворення сонячної енергії. Відтоді почалася еволюція сонячних технологій, що призвела до створення більш ефективних і потужних сонячних панелей, які ми використовуємо сьогодні. [1]

Великий теоретичний прорив стався на початку 20 століття, коли Альберт Ейнштейн у 1905 році розробив теорію, яка пояснювала природу фотоелектричного ефекту. У своїй знаковій роботі він детально описав, як фотони світла, які є частинками світла, вивільняють електрони з атомів у матеріалі, що, в свою чергу, створює електричний струм. Це дослідження не лише стало основою для розуміння фотоелектричного ефекту, але й зробило революцію в загальному сприйнятті фізики світла. В результаті цієї роботи Альберт Ейнштейн отримав Нобелівську премію з фізики у 1921 році, що підкреслило важливість його внеску в науку. Важливість його роботи не можна переоцінити, адже вона стала основою для подальших розробок у сфері сонячної енергетики. Завдяки цим раннім досягненням, науковці змогли розвивати нові технології, які в наш час стали невід’ємною частиною енергетичного сектору, відкриваючи нові можливості для використання відновлювальних джерел

енергії. Ці технології, засновані на принципах, які були вперше описані Ейнштейном, дозволили створити більш ефективні сонячні панелі, які здатні перетворювати сонячну енергію в електричну з високою ефективністю, що, в свою чергу, сприяє зменшенню залежності від викопних видів пального.

Перший значний технологічний стрибок у розвитку сонячної енергетики відбувся в 1941 році, коли Рассел Ohl винайшов перший кремнієвий фотоелектричний елемент. Цей революційний винахід став важливим кроком уперед, оскільки кремній виявився набагато ефективнішим матеріалом для фотоелектричних пристроїв у порівнянні із селеном, який використовувався раніше. Завдяки своїм унікальним фізичним та електричним властивостям, кремній дозволив значно підвищити ефективність перетворення сонячної енергії в електричну, що стало справжнім проривом у цій галузі. Цей винахід проклав шлях для створення сучасних сонячних панелей, які стали більш практичними та перспективними для комерційного застосування. Відзначимо, що з моменту появи кремнієвих елементів, технології сонячної енергетики почали стрімко розвиватися, що, в свою чергу, сприяло розвитку нових технологій у цій галузі. Відзначаючи важливість цього досягнення, можна сказати, що воно стало основою для подальших інновацій, які дозволили знизити витрати на виробництво сонячних панелей та підвищити їхню доступність для широкого загалу, що в свою чергу сприяло популяризації відновлювальних джерел енергії у всьому світі.

Розвиток справжніх сучасних сонячних панелей розпочався в 1954 році, коли інженери компанії Bell Labs — Даріл Чапін, Келвін Фуллер та Джеральд Пірсон — розробили перший ефективний фотоелектричний елемент із кремнію. Цей значний прорив у технології став можливим завдяки їхньому наполегливому дослідженню та експериментам, які тривали протягом багатьох років. Вони досягли вражаючої ефективності 6%, що було величезним досягненням того часу, адже до цього моменту сонячні елементи мали значно нижчу продуктивність. Це був перший раз, коли сонячні панелі могли виробляти достатньо електроенергії для практичного використання, що відкрило нові горизонти для енергетичної індустрії. Цей прогрес став основою для подальших досліджень і розробок у сфері сонячної енергетики, що

вресіті-ресіт прівзело до створення більш потужних і ефективних систем, які ми використовуємо сьогодні. Завдяки цим інноваціям, сонячна енергетика почала активно впроваджуватися в різних сферах, від побутового використання до промислових масштабів, що сприяло зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та покращенню екологічної ситуації на планеті. [2]

Комерційний прорив сонячних панелей відбувся наприкінці 1950-х років, коли їх почали використовувати для забезпечення електроенергії на супутниках, що стало важливим етапом у розвитку цієї технології. У 1958 році супутник Vanguard I став першим космічним апаратом, оснащеним сонячними батареями, які живили його радіопередавачі. Це нововведення не лише продемонструвало потенціал сонячної енергії, але й відкрило нові можливості для її використання в космосі. Використання сонячної енергії в космосі стало ключовим фактором для подальшого розвитку цієї технології, оскільки вона виявилася надійною в умовах, де традиційні джерела живлення були непридатними. Сонячні панелі, які працювали в безповітряному просторі, продемонстрували свою здатність забезпечувати стабільну енергію, що стало важливим кроком у розвитку космічних технологій. Цей успіх спонукав до подальших досліджень у галузі сонячної енергетики, що в свою чергу призвело до вдосконалення технологій виробництва сонячних панелей, їхньої ефективності та надійності, що врешті-решт стало основою для сучасних систем, які ми використовуємо сьогодні.

У 1970-х роках, під час глобальної енергетичної кризи, сонячні технології почали привертати більше уваги як можливий спосіб зменшення залежності від викопного палива. Цей період став важливим етапом у розвитку альтернативних джерел енергії, оскільки суспільство усвідомило необхідність пошуку нових рішень для забезпечення енергетичних потреб. Розробки в області нових матеріалів та технологій дозволили знизити вартість виробництва сонячних панелей і зробити їх доступнішими для широкого використання. Це стало можливим завдяки інноваціям у виробничих процесах, які дозволили зменшити витрати на сировину та підвищити ефективність виробництва. У цей час також почалися дослідження тонкоплівкових фотоелектричних елементів, які дозволяли створювати легкі та гнучкі панелі з більш

низькою собівартістю. Ці нові технології відкрили нові можливості для використання сонячної енергії в різних сферах, від побутового споживання до промислових застосувань, що сприяло подальшому зростанню популярності сонячних панелей у всьому світі. Зокрема, сонячні панелі почали використовуватися не лише в приватних домогосподарствах, але й у великих комерційних проектах, що дозволило зменшити витрати на електроенергію. Це, в свою чергу, стимулювало інвестиції в дослідження та розробки, що призвело до подальшого вдосконалення технологій у цій галузі.

З початку 2000-х років ефективність сонячних панелей продовжувала зростати, а їхня вартість — знижуватися завдяки постійному вдосконаленню виробничих процесів і матеріалів, що використовуються у виробництві. В останні десятиліття на ринку з'явилися двосторонні панелі, які мають унікальну здатність поглинати світло з обох сторін, що значно підвищує їхню загальну продуктивність і робить їх більш привабливими для споживачів. Крім того, розробка перовськітних комірок, які демонструють потенціал значно підвищити ефективність перетворення сонячної енергії, відкриває нові горизонти для зниження витрат на виробництво сонячних панелей. Ці інновації не лише роблять технологію більш доступною, але й сприяють її популяризації серед споживачів, які все більше усвідомлюють переваги використання відновлювальних джерел енергії. Зростаючий інтерес до екологічних рішень та зменшення викидів вуглецю також підштовхує ринок до впровадження нових технологій. Таким чином, розвиток сонячних панелей стає важливим елементом у переході до сталого енергетичного майбутнього, що забезпечує не лише економічні, але й екологічні вигоди.

Нині сонячні панелі є невід'ємною частиною енергетичних стратегій багатьох країн, оскільки вони сприяють зменшенню викидів вуглекислого газу та дозволяють виробляти екологічно чисту енергію. Важливо зазначити, що технологія продовжує розвиватися, і дослідники активно працюють над створенням ще ефективніших, доступніших і стійкіших матеріалів для використання в сонячній енергетиці. Це включає в себе не лише поліпшення існуючих технологій, але й пошук нових рішень, які можуть забезпечити ще більшу ефективність та зменшити вплив на навколишнє середовище.

Серед таких нововведень можна виділити вдосконалення фотогальванічних елементів, які здатні працювати в умовах низького освітлення, а також розробку нових методів зберігання енергії, що дозволяє максимально ефективно використовувати вироблену електрику. Крім того, зростає інтерес до інтеграції сонячних панелей в архітектуру будівель, що відкриває нові можливості для їх використання. Ці інновації не лише підвищують загальну продуктивність систем, але й сприяють зменшенню витрат на енергію, що робить сонячну енергетику ще більш привабливою для широкого кола споживачів.

## **1.2 Двосторонні сонячні панелі: Інноваційний підхід до енергетики**

Двосторонні сонячні панелі, які також відомі під терміном біваріантні панелі, набувають все більшої популярності в сучасній енергетичній галузі. Це зростання популярності відбувається завдяки їх унікальним можливостям ефективно генерувати електричну енергію з обох сторін панелей. Ця технологія є справжнім проривом у сфері сонячної енергетики, оскільки вона дозволяє максимізувати використання сонячного світла, яке падає не лише на верхню, але й на нижню поверхню панелей. Це означає, що навіть у випадках, коли сонячне світло не потрапляє безпосередньо на панелі, вони все ще можуть генерувати електрику, що робить їх надзвичайно ефективними.

Однією з основних переваг двосторонніх панелей є їхня здатність підвищувати загальну продуктивність енергії. Це особливо помітно в умовах, де відбивається світло, наприклад, на снігових покриттях або світлих поверхнях, таких як бетон або пісок. Вони можуть забезпечувати до 30% більше електроенергії в порівнянні з традиційними односторонніми панелями. Це робить їх вигідним інвестиційним рішенням для комерційних і промислових проектів, де важливо отримувати максимальну віддачу від вкладених коштів. Інвестори все частіше обирають двосторонні панелі, оскільки вони можуть значно знизити витрати на електроенергію в довгостроковій перспективі.

Сучасні двосторонні панелі виготовляються з використанням інноваційних матеріалів, таких як монокристалічний кремній. Цей матеріал дозволяє підвищити їхню ефективність і довговічність, що є важливим фактором для тривалого

використання. Крім того, ці панелі мають поліпшену конструкцію, яка забезпечує кращу вентиляцію і зменшує нагрівання. Це, в свою чергу, підвищує загальну ефективність роботи панелей, оскільки вони можуть працювати на оптимальному рівні навіть у спекотну погоду, що є важливим аспектом для регіонів з високими температурами.

Використання двосторонніх сонячних панелей особливо актуально для великих сонячних ферм і комерційних проєктів, де важливо максимізувати виробництво енергії на обмеженій площі. Ця технологія дозволяє зменшити потребу в землі для встановлення панелей, оскільки з одного й того ж простору можна отримати більше електричної енергії. Це є важливим аспектом у контексті зростаючого попиту на відновлювальні джерела енергії, оскільки в багатьох регіонах існує обмежена кількість доступної землі для встановлення сонячних установок. [3]

Двосторонні панелі також стають все більш популярними в приватному секторі. Все більше домогосподарств прагнуть зменшити свої витрати на електроенергію, і завдяки своїй здатності генерувати енергію навіть при розсіяному світлі, такі панелі ідеально підходять для регіонів з мінливими погодними умовами. Це робить їх привабливими для широкого кола споживачів, які шукають ефективні рішення для зменшення своїх витрат на електрику.

Крім того, двосторонні сонячні панелі можуть бути інтегровані в різноманітні конструкції, такі як навіси, парковки та дахи будівель. Це дозволяє максимально використовувати доступну площу, що є важливим аспектом для енергетичного забезпечення. Також це підвищує естетичну привабливість об'єктів, оскільки сучасні панелі можуть бути виконані в різних дизайнах, що дозволяє їм гармонійно вписуватися в архітектуру будівель і ландшафт.

Зростаюча популярність двосторонніх панелей також зумовлена прогресом у технологіях зберігання енергії. Це дозволяє ефективніше використовувати вироблену електрику, забезпечуючи більшу надійність та стабільність енергопостачання. Енергія, згенерована в денний час, може бути збережена для використання в нічний період або під час пікових навантажень, що робить систему більш гнучкою і адаптивною до потреб споживачів.

Загалом, двосторонні сонячні панелі представляють собою інноваційний підхід до виробництва сонячної енергії. Вони поєднують високу ефективність, економічність і екологічність, відіграючи важливу роль у переході до відновлювальних джерел енергії. Це пропонує сталий і вигідний варіант для майбутнього енергетики, оскільки зростаюча потреба в чистій енергії стає все більш актуальною в умовах глобальних змін клімату та зростаючого споживання енергії.

Важливо зазначити, що впровадження двосторонніх сонячних панелей може також сприяти розвитку нових робочих місць у сфері відновлювальної енергетики. Зростання попиту на такі технології стимулює інвестиції в дослідження та розробки, а також у виробництво, що, в свою чергу, може призвести до створення нових робочих місць у цій галузі. Це є важливим аспектом для економічного розвитку, оскільки нові робочі місця можуть допомогти знизити рівень безробіття та покращити загальний добробут населення.

Таким чином, двосторонні сонячні панелі не лише забезпечують ефективно виробництво енергії, але й сприяють економічному зростанню та розвитку нових технологій. Вони є важливим кроком у напрямку сталого розвитку, що дозволяє зменшити залежність від викопних видів пального та знизити викиди парникових газів. Це, в свою чергу, допомагає боротися зі змінами клімату та забезпечує чисте, безпечне і доступне енергетичне майбутнє для наступних поколінь.

### **1.3 Двосторонні сонячні панелі для житлових будинків.**

Двосторонні сонячні панелі активно впроваджуються в житлових будинках завдяки своїм численним перевагам, які роблять їх надзвичайно привабливими для споживачів. Ця інноваційна технологія дозволяє генерувати електричну енергію з обох сторін панелей, що значно підвищує їхню ефективність. Це особливо важливо для домогосподарств, які прагнуть знизити витрати на електрику, а також підвищити свою енергетичну автономію, що в умовах сучасного світу стає все більш актуальним. В умовах зростаючих цін на енергію та глобальних змін клімату, використання таких технологій стає не лише вигідним, але й необхідним.

Однією з ключових особливостей двосторонніх панелей є їхня здатність генерувати до 30% більше електроенергії в порівнянні з традиційними

односторонніми моделями. Це досягається завдяки використанню світла, яке відбивається від навколишніх поверхонь, таких як земля, сніг або навіть стіни будівель. Ця особливість робить двосторонні панелі надзвичайно ефективними в різних умовах, включаючи ті, де пряма сонячна радіація може бути обмежена. Наприклад, у зимовий період, коли сніг відбиває сонячне світло, двосторонні панелі можуть продовжувати генерувати електрику, що робить їх ідеальним вибором для регіонів з холодним кліматом. [4]

Встановлення двосторонніх панелей на дахах житлових будинків дозволяє максимально використовувати наявний простір. Це означає, що навіть при обмеженій площі можна отримувати більше електричної енергії, що зменшує потребу в додаткових інвестиціях у нові сонячні установки. Таким чином, домогосподарства можуть отримати значну вигоду від використання цієї технології, не вимагаючи великих витрат на додаткові площі для встановлення. Це особливо важливо для міст, де простір обмежений, а попит на енергію зростає.

Двосторонні панелі особливо ефективні в регіонах із різноманітними погодними умовами. Вони здатні виробляти електрику навіть при розсіяному світлі, що робить їх надійними в умовах, коли пряма сонячна радіація недостатня. Це дозволяє домогосподарствам отримувати стабільне енергопостачання протягом року, незалежно від сезону, що є важливим фактором для забезпечення енергетичної незалежності. Наприклад, у похмурі дні або під час дощів, двосторонні панелі все ще можуть забезпечувати енергією домогосподарства, що зменшує залежність від традиційних джерел енергії.

Ця технологія також може бути інтегрована в різноманітні конструкції, такі як навіси для автомобілів, альтанки або огорожі, що розширює можливості для енергетичного забезпечення. Це дозволяє домогосподарствам використовувати сонячну енергію навіть у випадках, коли дах не підходить для установки панелей. Наприклад, навіс для автомобіля може стати не лише захистом для транспортного засобу, але й ефективним джерелом електричної енергії. Це відкриває нові горизонти для використання сонячної енергії в повсякденному житті, дозволяючи споживачам отримувати енергію в зручній для них спосіб.

Завдяки сучасним системам зберігання енергії, таким як акумулятори, які поєднуються з двосторонніми панелями, домогосподарства можуть накопичувати надлишкову електрику, вироблену вдень, для використання вночі або під час пікових навантажень. Це робить систему енергозабезпечення більш автономною і стабільною, що є важливим аспектом для забезпечення комфортного життя. Наприклад, у вечірній час, коли споживання електрики зростає, домогосподарства можуть використовувати накопичену енергію, що зменшує навантаження на електромережу.

Фінансово інвестиції в двосторонні сонячні панелі можуть швидко окупитися завдяки зниженню витрат на електрику. Багато країн пропонують державні програми підтримки для власників домогосподарств, які впроваджують відновлювальні джерела енергії, що робить цю технологію ще більш привабливою. В результаті, домогосподарства можуть не лише зменшити свої витрати, але й зробити свій внесок у збереження навколишнього середовища, використовуючи чисту, відновлювальну енергію. Це також сприяє розвитку місцевої економіки, оскільки зростає попит на установку та обслуговування сонячних панелей.

Двосторонні сонячні панелі надають багатоквартирним житловим будинкам безліч переваг, що робить їх сучасним, інноваційним і ефективним рішенням для спільного використання енергії. Ці панелі мають унікальну здатність генерувати електроенергію не лише з прямого сонячного світла, але й з відбитого, що значно підвищує їх продуктивність. Це дозволяє максимально ефективно використовувати обмежену площу даху, що є особливо важливим у міських умовах, де простір часто є вкрай обмеженим. Отримана електроенергія може бути використана для освітлення під'їздів, ліфтів, парковок та інших загальних зон, що суттєво знижує витрати кожного мешканця на комунальні послуги. Таким чином, мешканці можуть насолоджуватися зниженням витрат на електрику, що є важливим аспектом у сучасному житті.

Інсталяція таких панелей можлива не лише на дахах, але й на фасадах будівель або у вигляді навісів над паркувальними зонами. Це дозволяє не лише збільшити площу для генерації енергії, але й інтегрувати панелі в архітектурний дизайн будівлі, що робить її більш привабливою та сучасною. Завдяки цьому, мешканці можуть

насолоджуватися не лише економічними вигодами, але й естетичним виглядом свого житла. Важливо зазначити, що сучасні технології дозволяють створювати панелі, які гармонійно вписуються в загальний стиль будівлі, підкреслюючи її індивідуальність. У міських умовах двосторонні панелі ефективно використовують відбите світло, яке надходить від сусідніх будівель або від поверхні землі. Це забезпечує стабільне виробництво електроенергії навіть за умов часткового затінення, що є звичайним явищем у густонаселених районах. Таке рішення не лише знижує енергетичну залежність мешканців від централізованих постачальників електроенергії, але й підвищує автономність будинку в разі аварійних ситуацій, коли доступ до електрики може бути обмежений. Це особливо важливо в умовах, коли енергетичні системи можуть зазнавати збоїв, і мешканці можуть залишитися без електрики на тривалий час.

Інноваційна енергоефективна технологія, що лежить в основі двосторонніх панелей, також сприяє зменшенню вуглецевого сліду будівлі. Це відповідає сучасним екологічним стандартам та вимогам стійкого розвитку, що стає дедалі важливішим у наш час. В умовах глобальних змін клімату та зростаючої уваги до екологічних питань, використання таких технологій стає не лише вигідним, але й відповідальним кроком. Впровадження екологічно чистих технологій у повсякденне життя є важливим аспектом для збереження навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

Використання двосторонніх панелей робить багатоквартирний будинок більш привабливим для потенційних мешканців або покупців. Це свідчить про сучасний підхід до енергозабезпечення та турботу про комфорт і добробут мешканців. Окрім цього, панелі допомагають зменшити теплове навантаження на будівлю влітку, що, в свою чергу, знижує витрати на кондиціонування повітря. Це особливо важливо в умовах спекотного літа, коли витрати на охолодження можуть суттєво вплинути на бюджет домогосподарств.

Фінансові переваги стають помітними завдяки зменшенню витрат на електроенергію. У поєднанні з державними програмами підтримки або податковими пільгами, інвестиції в такі системи окупаються значно швидше, ніж традиційні

методи енергозабезпечення. Це робить двосторонні сонячні панелі не лише вигідним, але й розумним вибором для багатоквартирних будинків. Таким чином, інтеграція двосторонніх сонячних панелей у багатоквартирні будинки є прогресивним кроком, що поєднує економічну вигоду, комфорт мешканців та екологічну відповідальність. Це не лише інвестиція в майбутнє, але й важливий внесок у збереження навколишнього середовища для наступних поколінь.

Крім того, важливо зазначити, що впровадження таких технологій може стати каталізатором для розвитку нових бізнес-можливостей у сфері відновлювальної енергетики. Це може призвести до створення нових робочих місць у галузі монтажу, обслуговування та ремонту сонячних панелей, що, в свою чергу, сприятиме економічному зростанню регіону. Таким чином, двосторонні сонячні панелі не лише покращують якість життя мешканців, але й сприяють розвитку місцевої економіки. Отже, двосторонні сонячні панелі є не лише технологічним досягненням, але й важливим елементом у створенні стійкого та комфортного житлового середовища. Вони забезпечують економічні вигоди, зменшують екологічний слід, підвищують енергонезалежність та роблять будинки більш привабливими для мешканців. В умовах сучасного світу, де питання енергетичної безпеки та екологічної відповідальності стають дедалі актуальнішими, використання таких інноваційних рішень є необхідним кроком для забезпечення комфортного та сталого майбутнього.

[5]

#### **1.4 Переваги двохсторонніх сонячних панелей в порівнянні з класичними.**

Двосторонні сонячні панелі представляють собою надзвичайно інноваційний підхід до виробництва електроенергії, який має значні переваги в порівнянні з традиційними односторонніми моделями. Ці панелі здатні ефективно генерувати енергію з обох сторін, що відкриває нові можливості для енергетичного забезпечення, підвищуючи загальну ефективність використання сонячної енергії. Завдяки своїй конструкції, двосторонні панелі можуть уловлювати сонячне світло, яке відбивається від поверхонь, таких як земля або будівлі, що дозволяє збільшити загальний обсяг виробленої електроенергії. Це робить їх ідеальним вибором для різних умов,

включаючи обмежені простори, де важливо максимально використовувати доступні ресурси.

**Підвищена продуктивність:** Однією з найзначніших переваг двосторонніх панелей є їхня здатність виробляти на 20-30% більше електроенергії порівняно з односторонніми моделями. Це досягається завдяки використанню світла, яке відбивається від навколишніх поверхонь, таких як земля, асфальт або сніг. Завдяки цій унікальній характеристиці, двосторонні панелі стають особливо ефективними в умовах, де пряме сонячне світло може бути обмежене, наприклад, під час хмарних днів або взимку, коли сонце не світить так яскраво, як влітку. Це робить їх ідеальним вибором для регіонів з непостійною погодою, де традиційні панелі можуть не забезпечити достатню продуктивність. Двосторонні панелі здатні адаптуватися до різних умов навколишнього середовища, що дозволяє їм максимально використовувати доступне світло. Вони також можуть бути встановлені в місцях з обмеженим простором, де важливо забезпечити максимальну ефективність. Таким чином, двосторонні сонячні панелі не лише підвищують загальну продуктивність, але й сприяють більш сталому використанню енергії, що робить їх важливим елементом у переході до відновлювальних джерел енергії.

**Економія простору:** Завдяки вищій продуктивності, двосторонні панелі дозволяють максимально використовувати доступний простір, що є надзвичайно важливим аспектом для багатьох домогосподарств та підприємств, які мають обмежену площу для встановлення сонячних систем. Це особливо актуально в умовах сучасного світу, де кожен квадратний метр може мати велике значення. Зменшивши потребу в додаткових установках, власники можуть значно знизити витрати на інсталяцію та обслуговування, що в свою чергу робить використання сонячної енергії більш економічно вигідним і доступним для широкого кола споживачів. Це також означає, що більше людей можуть отримати доступ до відновлювальних джерел енергії, навіть якщо у них немає великої площі для встановлення традиційних панелей. Таким чином, двосторонні панелі не лише сприяють економії простору, але й відкривають нові можливості для тих, хто прагне перейти на екологічні джерела

енергії, забезпечуючи при цьому ефективність і зручність у використанні. Це робить їх важливим елементом у розвитку сталого енергетичного майбутнього.

**Краща адаптивність до погодних умов:** Двосторонні панелі демонструють високу ефективність в різних кліматичних умовах, що робить їх надзвичайно універсальними. Вони здатні генерувати електрику навіть при розсіяному світлі, що є важливим фактором для забезпечення надійного джерела енергії в регіонах з непостійною погодою. Це забезпечує стабільне енергопостачання протягом року, незалежно від пори року чи погодних умов, що є критично важливим для споживачів, які покладаються на безперервність електропостачання. Наприклад, в умовах дощової погоди або в тумані, коли сонячне світло не є інтенсивним, двосторонні панелі все ще можуть забезпечувати значний обсяг електроенергії. Це робить їх надзвичайно корисними для споживачів, які потребують стабільного енергопостачання, навіть у несприятливих умовах. Завдяки своїй здатності адаптуватися до різних погодних ситуацій, двосторонні панелі стають ідеальним вибором для тих, хто прагне зменшити залежність від традиційних джерел енергії та забезпечити екологічно чисте енергопостачання у будь-який час року. [6]

**Довговічність і надійність:** Багато двосторонніх панелей виготовляються з високоякісних, стійких до корозії матеріалів, що забезпечує тривалий термін служби. Ці матеріали, як правило, мають підвищену стійкість до різних зовнішніх впливів, що робить їх ідеальними для використання в умовах, де панелі піддаються агресивному середовищу. Вони часто проходять суворі тестування на витривалість до механічних навантажень, граду, сильного вітру та інших зовнішніх впливів, що робить їх надійними у різних умовах експлуатації. Це означає, що інвестування в такі панелі може бути вигідним у довгостроковій перспективі, оскільки вони потребують менше обслуговування і мають менший ризик поломок. Завдяки своїй конструкції, двосторонні панелі здатні витримувати екстремальні погодні умови, що робить їх надійним вибором для споживачів, які прагнуть до стабільності та безпеки в енергопостачанні.

**Гнучкість у застосуванні:** Двосторонні панелі можна встановлювати не лише на дахах, але й в інших конструкціях, таких як навіси для автомобілів, альтанки,

огорожі та навіть в рамках архітектурних рішень для будівель. Це забезпечує можливість отримання електричної енергії навіть у тих випадках, коли традиційні панелі не можуть бути використані. Наприклад, їх можна інтегрувати в дизайн ландшафту або використовувати в комерційних будівлях, що дозволяє максимально ефективно використовувати доступний простір. Завдяки своїй універсальності, двосторонні панелі можуть бути адаптовані до різних проектів, що робить їх привабливими для архітекторів і дизайнерів, які прагнуть створити естетично привабливі та функціональні рішення. Це відкриває нові можливості для використання сонячної енергії в різних сферах, що сприяє зростанню популярності таких технологій.

**Зменшення вуглецевого сліду:** Використання двосторонніх панелей сприяє значному зменшенню загального вуглецевого сліду, оскільки вони дозволяють генерувати більше електричної енергії на менші площі, що є важливим аспектом у сучасному світі. Це зменшує залежність від викопних видів пального, таких як вугілля, нафта та природний газ, і сприяє переходу до більш стійких форм енергетики, які не завдають шкоди навколишньому середовищу. Зменшення викидів вуглецю є важливим кроком у боротьбі зі змінами клімату, і двосторонні панелі можуть стати важливим інструментом у цій боротьбі, оскільки вони здатні ефективно використовувати сонячну енергію, навіть у умовах обмеженого простору. Це не лише знижує вуглецевий слід, але й підвищує загальну ефективність енергетичних систем.

**Можливість інтеграції з системами зберігання енергії:** Комбінація двосторонніх панелей з акумуляторами забезпечує можливість зберігати надлишкову електрику, що виробляється вдень, для використання вночі або в періоди пікового навантаження. Це підвищує енергетичну незалежність домогосподарств і підприємств, оскільки дозволяє оптимізувати витрати на електрику. Наприклад, власники можуть використовувати накопичену енергію в години, коли тарифи на електрику є найвищими, що дозволяє знизити загальні витрати на енергетичні ресурси. Таким чином, інтеграція двосторонніх панелей з системами зберігання енергії не лише підвищує ефективність використання енергії, але й сприяє економії коштів, що робить їх ще більш привабливими для споживачів.

**Фінансові вигоди:** Інвестиції в двосторонні панелі можуть швидко окупитися завдяки значному збільшенню виробництва електроенергії, а також зниженню витрат на електрику, що є важливим аспектом для багатьох домогосподарств і підприємств. Багато урядів по всьому світу також пропонують різноманітні програми субсидій та податкових пільг, які сприяють стимулюванню використання відновлювальних джерел енергії, що робить цю технологію ще більш привабливою для інвесторів. Це може включати не лише знижки на покупку панелей, але й податкові кредити, які допомагають значно зменшити початкові витрати на встановлення. Таким чином, фінансові вигоди від використання двосторонніх панелей стають очевидними, оскільки вони не лише знижують витрати на електрику, але й забезпечують можливість отримання додаткових фінансових переваг через державні програми підтримки.

Завдяки цим численним перевагам, які надають двосторонні сонячні панелі, вони стають не лише значним технічним досягненням, а й важливим кроком у напрямку сталого розвитку. Ці панелі дозволяють домогосподарствам та підприємствам зменшувати свої витрати на енергію, що є критично важливим у сучасному світі, де енергетичні витрати постійно зростають. Крім того, вони роблять свій внесок у захист навколишнього середовища, зменшуючи викиди вуглецю та інші забруднюючі речовини. В умовах глобальних змін клімату, які вимагають термінових дій, та зростаючої потреби в чистій енергії, двосторонні панелі можуть стати ключовим елементом у переході до більш стійкої енергетичної системи. Вони відповідають сучасним вимогам, забезпечуючи не лише ефективність, але й надійність, що робить їх ідеальним вибором для тих, хто прагне до енергетичної незалежності та екологічної відповідальності.

Приклад:



Рис 1.1 - Двосторонні сонячні панелі.

Підсумовуючи по першому розділі, можна зробити висновок, що ключова особливість двосторонніх сонячних панелей порівняно зі стандартними полягає в їх будові та можливості краще перетворювати сонячну енергію. Стандартні сонячні панелі працюють лише однією стороною, що вловлює пряме сонячне світло. Натомість двосторонні панелі здатні виробляти електроенергію обома поверхнями: лицьова частина поглинає пряме сонячне випромінювання, а тильна використовує світло, що відбивається від поверхонь під панелями та довкола них. Це забезпечує суттєве підвищення загальної ефективності, особливо в умовах потужного відбиття світла, наприклад, від снігового покриву, піщаних поверхонь, бетону чи водою. Завдяки цій характеристиці двосторонні панелі генерують на 30% більше енергії порівняно зі звичайними на однаковій площі. Це робить їх оптимальними для місцевостей з нестабільною погодою або обмеженим монтажним простором. Вони також показують високу результативність при розсіяному освітленні, що особливо

цінно в умовах хмарності чи часткового затінення. Додатковою перевагою є розширені варіанти монтажу. Двосторонні панелі встановлюють не лише на горизонтальних поверхнях, як дахи, але й вертикально на стінах будівель, парканах, сонячних козирках чи спеціальних конструкціях, що робить їх універсальними для різноманітних проєктів. Така гнучкість монтажу створює нові можливості для архітектурної інтеграції та раціонального використання простору. З технічного боку, двосторонні панелі зазвичай виготовляються з високоякісних матеріалів, включаючи подвійне скло та інші витривалі елементи, що підвищує їх довговічність і стійкість до природних факторів. Це гарантує їм довший термін експлуатації порівняно зі звичайними моделями.

Отже, основна відмінність двосторонніх панелей від традиційних полягає у здатності генерувати електроенергію з обох боків, що забезпечує вищу продуктивність, гнучкість монтажу, пристосованість до різних умов та ефективніше використання відновлюваної енергії.

## РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОСТОРОННІХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПРАКТИЧНОМУ ДОСЛІДІ.

### 2.1 Критерії вибору сонячних панелей для дослідю.

Вибір сонячних панелей для проведення досліджень є складним процесом, що вимагає чіткого розуміння мети експерименту, умов, в яких він буде здійснюватися, а також необхідних технічних характеристик обладнання. Перш ніж розпочати, важливо визначити, які саме параметри планується вивчати. Це можуть бути, наприклад, ефективність панелей при різних кутах нахилу, вплив різних погодних умов, тестування відбитого світла, довговічність панелей, а також інші важливі аспекти, які можуть вплинути на результати дослідження. Для отримання комплексних і достовірних даних доцільно вибрати кілька різних типів панелей, таких як монокристалічні, полікристалічні, тонкоплівкові або двосторонні. Це дозволить провести порівняльний аналіз їхньої роботи в однакових умовах, що є важливим для виявлення переваг і недоліків кожного типу.

Технічні характеристики панелей мають величезне значення для успішного проведення експериментів. Наприклад, для лабораторних досліджень зручно використовувати панелі потужністю від 50 до 100 Вт, оскільки вони є компактними, легкими у транспортуванні та простими у встановленні. Важливо, щоб їхні параметри, такі як номінальна напруга, струм, температурні коефіцієнти та спектральна чутливість, були чітко вказані в технічній документації. Це дозволить дослідникам краще зрозуміти, як панелі поведуться за різних умов, і адаптувати експериментальний протокол для досягнення максимально точних і надійних результатів.

Не менш важливим є також місце проведення дослідження. Якщо експеримент планується в лабораторних умовах, необхідно врахувати сумісність панелей із симуляторами сонячного випромінювання або іншими системами, які можуть імітувати реальні умови. У випадку польових досліджень слід враховувати кліматичні особливості місцевості, такі як рівень сонячного випромінювання, вологість, температура, а також можливість впливу вітру чи граду. Для таких умов доцільно

вибирати панелі з посиленням захистом, наприклад, із загартованим склом або додатковими ущільненнями, щоб забезпечити їхню надійність і довговічність.

Довговічність і механічна стійкість панелей також є важливими характеристиками. Панелі, які використовуються в експерименті, повинні бути легкими для транспортування та монтажу, особливо якщо дослідники планують змінювати місце проведення експериментів. Водночас матеріали, з яких виготовлені панелі, мають бути стійкими до зносу, щоб забезпечити стабільність результатів протягом усього періоду дослідження.

Сумісність із вимірювальним обладнанням є ключовою умовою для успішного проведення експериментів. Панелі повинні легко підключатися до різних датчиків, таких як амперметри, вольтметри або спеціалізовані системи збору даних. Це дозволить реєструвати параметри роботи панелей у реальному часі та отримувати точні вимірювання навіть у змінних умовах. Для цього важливо, щоб панелі мали стандартні роз'єми та відповідали специфікаціям використовуваних вимірювальних приладів.

Бюджет також відіграє значну роль у виборі сонячних панелей для дослідження. Якщо метою дослідження є попередній аналіз або базове тестування, можна використовувати вживані панелі, які коштують дешевше, але все ще можуть надати необхідні дані. Однак для досліджень із високими вимогами до точності та довговічності доцільно інвестувати в нові моделі з перевіреною якістю. При цьому варто враховувати, чи є можливість отримати фінансування або субсидії для проведення експерименту.

Зрештою, вибір сонячних панелей для дослідження має ґрунтуватися на балансі між потребами експерименту, умовами проведення, технічними характеристиками обладнання та фінансовими можливостями. Правильно підібрані панелі забезпечать надійність результатів і сприятимуть успішному завершенню дослідницького проекту, що, безумовно, є метою кожного наукового дослідження.

## 2.2 Опис обраних панелей для досліду.

Для досліду було обрано такі панелі:

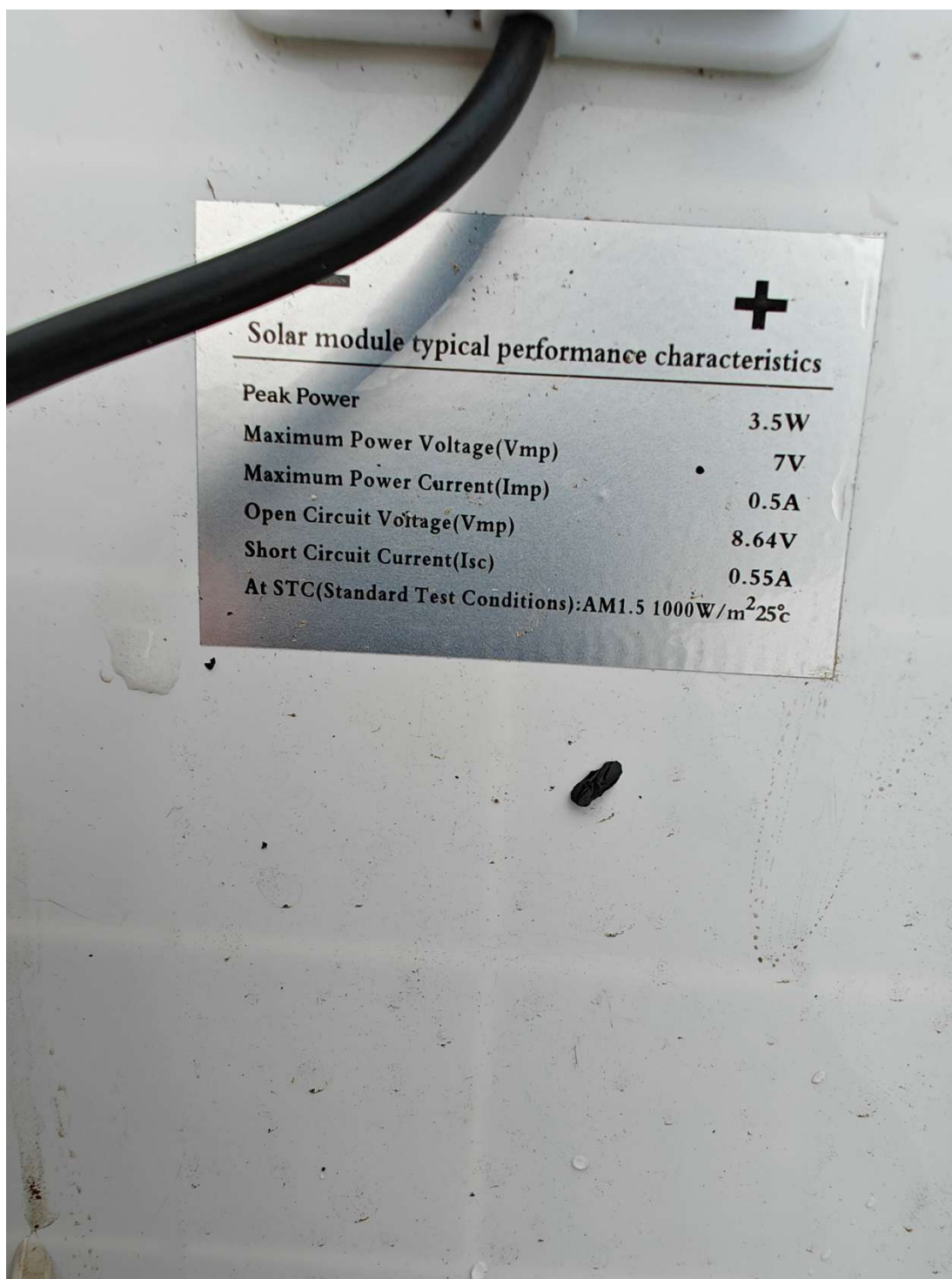


Рис 2.1- Характеристики сонячної панелі.

**Параметри обраних панелей:**

Потужність модуля: 3.5Вт

Вихідна напруга з модуля: 7В

Максимальний струм: 0.5А

Розміри модуля: 140х250мм

Для досліду було взято 3 таких модуля, так як готових двосторонніх панелей не було, але це не завадило зрозуміти їхню ефективність.

Такі модулі можливо зібрати самостійно використовуючи монокристалічні елементи, тут були використані монокристалічні елементи з такими параметрами:

Вихідна напруга: 0.5В

Вихідний струм: 0.48А

Вихідна потужність: 0.24Вт

Фізичні розміри: 55х26мм

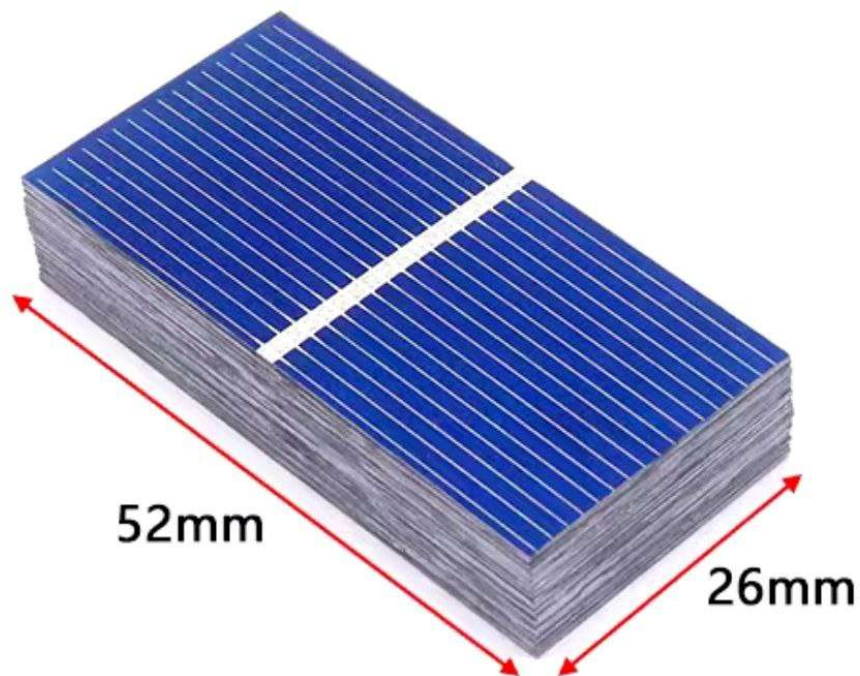


Рис 2.2- Монокристалічні сонячні елементи.

Загальна кількість таких монокристалічних модулів на одній панелі становить 14 шт. Вони з'єднані послідовно, це дозволяє отримати більшу напругу на виході, з якою набагато легше працювати та проводити досліди. Розберу детальніше різницю з'єднання послідовно та паралельно монокристалічних сонячних елементів.

### **Переваги послідовного з'єднання монокристалічних сонячних панелей**

Перевага послідовного з'єднання монокристалічних сонячних панелей у порівнянні з паралельним з'єднанням полягає в можливості значного збільшення вихідної напруги, що має критично важливе значення для підвищення ефективності роботи сонячної енергосистеми. У випадку послідовного з'єднання напруга кожної окремої панелі додається до загальної напруги системи, тоді як струм залишається на рівні однієї панелі. Цей метод з'єднання відкриває кілька ключових переваг, які варто розглянути детальніше. [7]

### **Висока напруга та зменшення втрат енергії**

По-перше, висока напруга в системі, що складається з послідовно з'єднаних панелей, дозволяє значно мінімізувати втрати енергії, які виникають на проводах. Важливо зазначити, що енергетичні втрати в провідці залежать від струму, відповідно до закону Джоуля-Ленца. У послідовному з'єднанні, де струм залишається на рівні однієї панелі, це зменшує теплові втрати, які зазвичай виникають у проводах. Це означає, що можна використовувати дроти меншого перерізу, які є не лише дешевшими, але й легшими для монтажу, що в свою чергу скорочує загальні витрати на встановлення системи.

### **Оптимізація роботи інвертора**

По-друге, послідовне з'єднання сприяє кращій роботі інвертора або зарядного контролера, оскільки ці пристрої зазвичай мають оптимальний діапазон вхідної напруги, в якому вони можуть працювати найбільш ефективно. Завдяки сумуванню напруги кожної панелі, послідовне з'єднання полегшує досягнення необхідного рівня напруги для нормального функціонування обладнання. Це дозволяє підвищити ефективність перетворення енергії, особливо в системах, які призначені для високонапругових установок, де важливо забезпечити стабільну та надійну роботу.

### **Стійкість до затінення**

Ще однією важливою перевагою є здатність системи з послідовним з'єднанням зберігати працездатність навіть за часткового затінення деяких панелей. У сучасних сонячних панелях зазвичай встановлюють байпасні діоди, які забезпечують обхід затінених ділянок. Хоча продуктивність усієї системи може дещо знизитися через затінення, завдяки таким діодам зменшуються втрати потужності, і система продовжує працювати, що є важливим аспектом для забезпечення стабільності енергопостачання.

### **Вразливість до проблем з панелями**

Однак важливо враховувати, що послідовне з'єднання має і свої особливості, які можуть вплинути на загальну продуктивність системи. Якщо одна з панелей працює менш ефективно через пошкодження або часткове затінення, це може негативно вплинути на продуктивність усієї системи. Це відбувається тому, що струм у послідовному з'єднанні обмежується найслабшою панеллю, що може призвести до зниження загальної ефективності.

### **Паралельне з'єднання: переваги та недоліки**

На відміну від цього, паралельне з'єднання дозволяє сумувати струм від усіх панелей, що забезпечує більш незалежну роботу кожної з них. Це означає, що навіть якщо одна з панелей має проблеми, інші можуть продовжувати працювати на повну потужність. Однак цей спосіб з'єднання також має свої недоліки: при високому струмі збільшуються втрати енергії в проводах, що вимагає використання кабелів більшого перерізу. Це, в свою чергу, підвищує витрати на систему, що може бути суттєвим фактором при плануванні бюджету проекту. [8]

### **Вибір між з'єднаннями**

Таким чином, вибір між послідовним і паралельним з'єднанням залежить від вимог конкретної системи. Послідовне з'єднання є більш ефективним у проектах, де пріоритет надається високій напрузі та низьким втратам енергії, особливо в умовах обмежених ресурсів для монтажу кабелів.

Саме через наведені вище фактори я і обрав послідовне з'єднання.

## **2.3 Вибір контролера для збору та обробки даних.**

Вибір контролера для збору та обробки параметрів сонячних панелей є надзвичайно важливим технічним завданням, яке вимагає ретельного врахування особливостей системи, а також мети її використання. Контролер виконує функцію моніторингу ключових характеристик, таких як напруга, струм, потужність, температура панелей, а також відстеження ефективності їхньої роботи в режимі реального часу. Для оптимального вибору контролера потрібно оцінити низку технічних параметрів та функціональних можливостей, які можуть суттєво вплинути на загальну продуктивність системи.

### **Визначення необхідних параметрів**

Першочергово слід визначити набір параметрів, які необхідно вимірювати для досягнення максимальної ефективності. Простий контролер може забезпечувати моніторинг лише напруги та струму, однак для більш глибокого аналізу доцільно використовувати пристрої, що також фіксують такі величини, як температура, інтенсивність сонячного випромінювання, коефіцієнт заповнення (fill factor) або залежність потужності від часу. Такий підхід дозволяє отримувати повноцінну картину енергетичних характеристик системи, що, в свою чергу, сприяє оптимізації її роботи та підвищенню загальної ефективності.

### **Сумісність контролера**

Ключовим аспектом є сумісність контролера із сонячними панелями за параметрами напруги та струму. Контролер повинен підтримувати роботу в діапазоні напруги, яку генерує масив панелей, і бути здатним обробляти максимальний струм без перегріву або зниження точності. Це особливо актуально для систем, які працюють з високою напругою, оскільки неправильний вибір контролера може призвести до серйозних проблем, таких як зниження продуктивності або навіть вихід з ладу обладнання. [9]

### **Швидкість збору та обробки даних**

Не менш важливою є швидкість збору та обробки даних. Для дослідницьких чи промислових систем слід вибирати контролери, здатні виконувати вимірювання з високою частотою оновлення, що забезпечує детальний моніторинг навіть у

динамічних умовах. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни в умовах експлуатації та вчасно виявляти можливі проблеми, що може суттєво підвищити надійність системи.

### **Інтерфейси підключення**

Інтерфейси підключення мають велике значення для інтеграції контролера до загальної системи управління. Сучасні моделі зазвичай підтримують різні протоколи передачі даних, включаючи Ethernet, RS-485, Wi-Fi або Bluetooth, що дає змогу інтегрувати їх у локальні або віддалені системи збору даних. Вибір залежить від особливостей системи та вимог до швидкості передачі даних, а також від умов, у яких буде експлуатуватися контролер.

### **Програмне забезпечення**

Контролери часто постачаються з програмним забезпеченням, яке дозволяє проводити візуалізацію даних, налаштовувати параметри моніторингу та генерувати звіти. Якісне програмне забезпечення має бути гнучким, підтримувати автоматизацію аналізу та забезпечувати зручний інтерфейс для роботи оператора. Це дозволяє не лише спростити процес моніторингу, але й підвищити ефективність управління системою в цілому.

### **Енергоефективність**

Окремо слід оцінити енергоефективність пристрою, особливо якщо він використовується в автономних сонячних системах. Контролер із низьким енергоспоживанням мінімізує вплив на загальну продуктивність системи та забезпечує її стабільність. Це особливо важливо для систем, які працюють у віддалених або важкодоступних місцях, де енергетичні ресурси можуть бути обмеженими.

### **Масштабованість контролера**

Масштабованість контролера є важливим параметром для систем, які передбачають можливість розширення. Пристрій повинен підтримувати підключення додаткових панелей або сенсорів без необхідності заміни основного обладнання. Це дозволяє адаптувати систему до змінюваних умов експлуатації та потреб, що може бути критично важливим для довгострокового використання.

### **Довговічність та стійкість**

Довговічність і стійкість до зовнішніх умов також є ключовими характеристиками. Контролер, призначений для використання в польових умовах, повинен мати високий ступінь захисту (IP65 або вищий), стійкість до пилу, вологи, вібрацій і екстремальних температур. Це забезпечує надійність роботи пристрою в різних кліматичних умовах і продовжує термін його служби.

### **Фінансова складова**

Фінансова складова вибору залежить від рівня функціональності та вимог до системи. Якщо система призначена для базового моніторингу, можна обмежитися бюджетними моделями. Однак для високоточного дослідження варто інвестувати в контролери із розширеними можливостями збору даних та інтеграції. Це може суттєво підвищити якість отриманих даних і, відповідно, ефективність системи. Отже, для досліду від контроллера потрібні були наступні можливості: вимірювати струм, напругу та фіксувати час, також він має бути мінімум трьохканальним для одночасного запису параметрів генерації різних панелей. Звівши ці всі критерії я обрав контроллер МСД-200. Один із головних критеріїв вибору – його фізична наявність.



Рис 2.3 - Контроллер МСД 200.

Розповім трішки детальніше про його можливості. Це високотехнологічний пристрій, спеціально розроблений для моніторингу та аналізу параметрів енергетичних систем, зокрема, сонячних електростанцій. Основне завдання цього модуля полягає в зборі, детальному аналізі та передачі даних про роботу системи, що є критично важливим для забезпечення її ефективності, стабільності та надійності. МСД-200 володіє широким спектром функцій, які роблять його універсальним інструментом для проведення енергетичних досліджень, а також для комерційного використання в різних сферах.

### **Основні можливості МСД-200:**

#### **Збір параметрів.**

Пристрій має можливість відстежувати ключові показники, такі як напруга, струм, потужність, температура елементів системи, а також інші важливі характеристики, що стосуються роботи енергетичних модулів. Це дозволяє

отримувати детальну та точну інформацію про стан енергетичної системи, що є необхідним для своєчасного виявлення можливих проблем і оптимізації роботи.

### **Обробка даних.**

Модуль забезпечує локальну обробку зібраної інформації, що дозволяє швидко аналізувати ефективність роботи системи без необхідності використання додаткових пристроїв. Це значно спрощує процес моніторингу та управління, оскільки дані можуть бути оброблені в реальному часі, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в системі.

### **Передача даних.**

МСД-200 підтримує кілька інтерфейсів для передачі інформації, таких як Ethernet, RS-485 або бездротові з'єднання. Це забезпечує гнучкість у налаштуванні системи моніторингу, дозволяючи інтегрувати модуль у вже існуючі системи або створювати нові рішення відповідно до специфічних вимог проекту.

### **Сумісність із сенсорами.**

Пристрій може працювати з різними типами датчиків, що дозволяє налаштувати систему для збору конкретних даних залежно від вимог проекту. Це робить МСД-200 надзвичайно гнучким і адаптивним рішенням, здатним задовольнити різноманітні потреби користувачів.

### **Налаштування та масштабованість.**

Завдяки модульній архітектурі, МСД-200 легко інтегрується в існуючі системи або розширюється у разі збільшення обсягу енергетичної інфраструктури. Це дозволяє користувачам адаптувати систему до змінюваних умов і потреб, що є важливим аспектом для динамічно розвиваючих енергетичних ринків.

### **Програмна підтримка.**

МСД-200 забезпечується програмним забезпеченням для візуалізації та аналізу даних. Це дозволяє зручно контролювати роботу системи, налаштовувати параметри збору інформації, а також генерувати звіти, що є важливими для прийняття рішень на основі отриманих даних.

### Енергоефективність.

Модуль спроектовано з урахуванням мінімального енергоспоживання, що робить його придатним для використання в автономних системах із обмеженим доступом до енергоресурсів. Це особливо важливо для віддалених або важкодоступних місць, де енергетичні ресурси можуть бути обмежені.

### Надійність та захист.

Пристрій має високий ступінь захисту від зовнішніх впливів (IP-клас), що дозволяє його експлуатацію в суворих умовах, включаючи високі або низькі температури, підвищену вологість і запиленість. Це забезпечує тривалу та безперебійну роботу МСД-200 в різних кліматичних умовах.

Для проведення дослідів я використав наступну схему підключення:

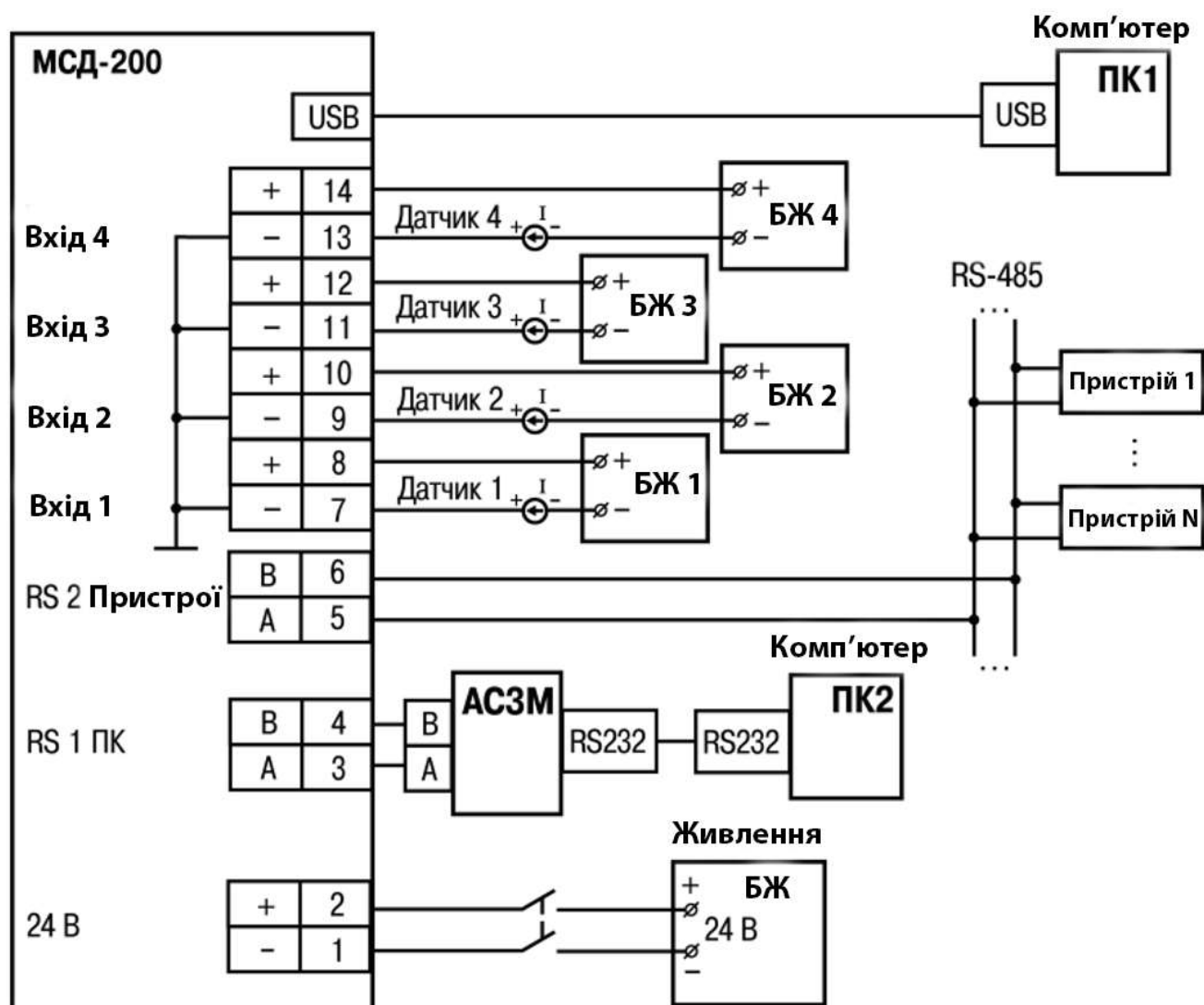


Рис 2.4 - Схема підключення контролера.

Зібрані данні контроллер одразу записує на карту пам'ятті формату MICRO-SD у вигляді таблиці. Інтервал запису даних становить 3 хв.

#### **2.4 Умови проведення дослідю.**

Дослід було вирішено розпочати 30.10.24 в 14:00. Допомогу з матеріалами та виконанням надавали викладачі нашої кафедри, а саме кандедат технічних наук Захарченко Руслан Володимирович та доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Трет'як Андрій Валерійович. Для імітації двосторонньої сонячної панелі з'єднав два модуля (по 14 монокристалічних елементів в кожному) паралельно. Далі буду вважати їх за двосторонню сонячну панель. Для імітації сталого навантаження використані резистори.



Рис 2.5 - Загальний вид зібраної установки.



Рис 2.6 - Направлення панелей по компасу.



Рис 2.7 – вид із зворотньої сторони на установку.



Рис 2.8 – Фото розміщеної установки.

Локація для проведення досліду вибрав дах будинку, це дозволяє запобігти перешкодам для сонячних променів. Контроллер встановлений в приміщенні, причина тому відсутність повного вологозахисту. Погода змінювалась динамічно, 30 жовтня з 14:00 до 18:59 було сонячно та без хмар, 31 жовтня з 5 ранку до 14:00 було похмуро та крапав дрібний дощ, але це не зірвало дослід. Для покращення характеристик двохсторонньої сонячної панелі була використана алюмінієва фольга. Нижче наведені коефіцієнти відбиття світла для різних матеріалів та поверхностей

матеріал	коефіцієнт відбиття	матеріал	коефіцієнт відбиття
Біла олійна фарба	0,7 – 0,85	Посріблені дзеркальна поверхня	0,9 – 0,94
Облицювання стін: біла	0,7 – 0,85	Дзеркало зі срібною підосноюю	0,75 – 0,9
жовта	0,5 – 0,7	світлий розчин	0,4 – 0,9
червона	0,3 – 0,5	жовтий цегла	0,35 – 0,4
сіра і коричнева	0,25 – 0,5	Світлі деревні плити	0,4 – 0,5
зелена або блакитна	0,15 – 0,45	білий кахель	0,6 – 0,75
Чорний оксамит	0,02 – 0,01	білий фарфор	0,6 – 0,8
Алюміній: анодований	0,85 – 0,9	Біла емаль	0,65 – 0,75
полірований	0,65 – 0,75	білий лак	0,75 – 0,85
матовий	0,55 – 0,6	Біла креслярська папір	0,7 – 0,75
блискучий хром	0,6 – 0,7	Лінія, проведена твердим олівцем	0,45
полірована латунь	0,5 – 0,6	Лінія, проведена м'яким олівцем	0,25
полірована сталь	0,55 – 0,6	чорна туш	0,4
полірований нікель	0,55 – 0,6	Асфальтове покриття доріг	0,05 – 0,15
Біла жерсть	0,65 – 0,7	Бетонне покриття доріг	0,2 – 0,3

Рис 2.9 - Коефіцієнти для відбиття світла.

## 2.5 Результати дослідю.

По закінченню я отримав данні в таблиці з результатами. Для візуального розуміння знизу наведений графік ефективності.



Графік ефективності 1

На цьому графіку показані данні з трьох окремих модулів. Виявилось, що при сонячній погоді в положенні, в якому були панелі, ефективність відбитого проміння

на модулі 3 була вкрай низька, але ситуація змінилася на наступний день, коли сонця не було, переважали дрібні опади у вигляді дощу та хмарність. При таких погодних умовах його ефективність залишилась на такому ж рівні, а от на традиційно встановлених панелях вона знизилась приблизно в 3 рази, що є дуже суттєвою різницею.



Графік різниці ефективності між панелями.

**Висновок до розділу 2:** згідно отриманих даних дослідження, який я описав у цьому розділі роблю висновок, що система з двосторонніми панелями має непоганий приріст в порівнянні зі звичайними модулями. Отже, в наступному розділі буде опис такої системи для практичного використання в багатоповерхових житлових будинках.

## **РОЗДІЛ 3 ВИКОРИСТАННЯ ДВОСТОРОННІХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ В БАГАТОПОВЕРХОВОМУ БУДИНКУ.**

### **3.1 Використання сонячних панелей в житлових будинках.**

Впровадження сонячних панелей у житлових спорудах розпочалося в середині ХХ століття після революційного винаходу кремнієвих фотоелектричних елементів компанією Bell Labs у 1954 році. Початково ці інноваційні панелі використовувалися виключно для енергозабезпечення космічних апаратів, оскільки процес їх виробництва був надзвичайно дорогим та технологічно складним для широкого домашнього застосування. Висока собівартість та обмежена ефективність перших моделей стримували їх масове впровадження. [10]

Початкові спроби встановлення сонячних систем у житлових будинках з'явилися у 1970-1980-х роках на тлі глобальних економічних викликів. Світова енергетична криза стала потужним каталізатором для активізації досліджень та розробок у сфері альтернативних енергетичних джерел. У США та Японії, як провідних технологічних державах того часу, були започатковані перші масштабні пілотні проєкти з впровадження фотоелектричних систем у домогосподарствах. Паралельно екологічні організації розгорнули широку просвітницьку діяльність, сприяючи популяризації відновлюваної енергетики серед громадян та підвищенню обізнаності щодо її переваг.

Масове використання сонячних панелей у житлових будинках набуло значного поширення у 2000-х роках завдяки низці сприятливих факторів. Стрімкий технологічний прогрес та оптимізація виробничих процесів суттєво зменшили витрати на виробництво, зробивши панелі більш доступними для пересічних споживачів. Додатково, уряди багатьох розвинених держав, зокрема Німеччини, Японії та Китаю, запровадили комплексні програми підтримки та впровадили систему "зелених тарифів", що створило потужні економічні стимули для масового монтажу сонячних систем на дахах приватних будинків.

В Україні інтенсивне впровадження сонячних панелей у житлових будинках розпочалося у 2010-х роках і набуло особливої динаміки. Це стало можливим завдяки

впровадженню ефективної системи державної підтримки через механізм "зеленого тарифу", який створив сприятливі умови для власників приватних сонячних електростанцій реалізовувати надлишки генерованої енергії в загальну електромережу на економічно вигідних умовах. Така прогресивна стратегія не тільки значно підвищила зацікавленість населення у розвитку сонячної енергетики, але й суттєво посилила енергетичну незалежність українських домогосподарств, створивши передумови для формування децентралізованої системи енергозабезпечення. [11]

Що таке механізм "зеленого тарифу"? Система **"зеленого тарифу для сонячних електростанцій"** є державною програмою підтримки, що надає фінансові стимули власникам об'єктів відновлюваної енергетики, спонукаючи до впровадження екологічних технологій генерації. Програма спрямована на стимулювання виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, зокрема сонячної енергії, гарантуючи викуп надлишкової енергії за спеціальною підвищеною ставкою порівняно зі стандартними тарифами. Ця ініціатива стала визначальною для розвитку альтернативної енергетики України, створюючи вигідні умови для домогосподарств та підприємств, які прагнуть долучитися до екологічного виробництва енергії та захисту довкілля.

### **Як працює "зелений тариф"?**

#### **Генерація електроенергії:**

Власники сонячних панелей розміщують сучасні фотоелектричні системи на дахах будівель, фасадах або земельних ділянках для генерації екологічної електроенергії із сонячного світла. Інноваційні технології забезпечують оптимальну конверсію сонячного випромінювання в електричну енергію впродовж усього світлового періоду.

#### **Компенсація власного споживання:**

Вироблена електроенергія насамперед використовується для задоволення потреб домогосподарства, включаючи освітлення, живлення побутової техніки та опалювальних систем. Це дозволяє значно скоротити або повністю виключити витрати на електроенергію з центральної мережі.

**Продаж надлишку енергії:**

Надлишкова електроенергія, що перевищує поточне споживання домогосподарства, передається до загальної електромережі через спеціальні двонаправлені лічильники. Власник отримує гарантовану оплату за підвищеним "зеленим тарифом" за кожний переданий кіловат.

**Фінансова підтримка:**

Тариф визначається та контролюється державою, фіксується в євровалюті та гарантується законом на довготривалий період (зазвичай 10-25 років), забезпечуючи стабільний прибуток та прогнозовану окупність інвестицій.

**Основні характеристики системи "зеленого тарифу" для сонячних електростанцій****Пільговий викуп електроенергії:**

Держава забезпечує викуп кожної виробленої кіловат-години за спеціальним підвищеним тарифом, встановленим законодавством, який суттєво перевищує звичайні ринкові розцінки на електроенергію. Це формує вигідні економічні умови для власників сонячних електростанцій та заохочує подальший розвиток зеленої енергетики в державі. Система оплати функціонує прозоро та в автоматичному режимі, гарантуючи регулярні виплати.

**Тривалий період дії:**

Тариф функціонує на довготерміновій основі, забезпечуючи інвесторам впевненість у надійності їхніх інвестицій. В Україні його дію гарантовано до 2030 року, що створює привабливі умови для інвестування та дозволяє здійснити точні розрахунки окупності проекту. Це має особливе значення для приватних домогосподарств при плануванні довгострокових вкладень.

**Потужність приватних станцій:**

У більшості країн світу, зокрема в Україні, діють чіткі обмеження щодо потужності приватних сонячних електростанцій. Для українських домогосподарств встановлено максимальний ліміт у 30 кВт, що є збалансованим показником для забезпечення власного споживання та продажу надлишкової енергії. Такі обмеження сприяють стабільній роботі електромережі.

### **Зниження тарифу з часом:**

Завдяки технологічному прогресу та здешевленню виробництва сонячних панелей, тарифи для нових підключень поступово знижуються. Водночас, для власників раніше встановлених систем зберігаються початкові вигідні умови, що забезпечує справедливий баланс на ринку сонячної енергетики.

### **Специфіка "зеленого тарифу" в нашій країні**

**Історія впровадження:** Механізм був запроваджений у 2009 році як стратегічна державна ініціатива. Він був розроблений для стимулювання розвитку відновлюваної енергетики та посилення енергетичної незалежності України. Імплементация цього механізму стала визначальним етапом у трансформації енергетичного сектору та зниженні залежності від традиційних джерел енергії.

**Фіксовані тарифи:** Держава встановлює тарифи з урахуванням типу енергії та часу введення станції в експлуатацію, беручи до уваги технічні характеристики та ринкову ситуацію. Зокрема, тарифи для сонячних електростанцій у 2024 році були знижені порівняно з минулими періодами, проте зберігають інвестиційну привабливість для власників та інвесторів. Це створює оптимальний баланс між розвитком галузі та економічною ефективністю.

### **Підключення до мережі:**

Домогосподарства, які планують встановлення сонячних панелей, повинні пройти обов'язкову процедуру ліцензування та укласти відповідний договір з енергопостачальником. Процес передбачає проведення технічної експертизи, підготовку всієї необхідної документації та монтаж спеціалізованого обладнання для обліку генерованої електроенергії.

**Валютна прив'язка:** Розрахунки за "зеленим тарифом" в Україні проводяться в національній валюті з прив'язкою до євро, що гарантує захист доходів власників від інфляційних процесів та коливань валютного курсу. Така система оплати підвищує інвестиційну привабливість галузі.

### **Переваги механізму:**

#### **Фінансова вигода:**

Власники сонячних панелей забезпечують собі стабільний пасивний прибуток

через продаж електроенергії за підвищеним тарифом порівняно з роздрібними цінами. Це забезпечує не тільки повернення початкових вкладень в обладнання, але й генерує стійкий дохід. Згідно з дослідженнями, інвестиції в сонячні панелі окуповуються за 4-6 років при поточному "зеленому тарифі".

### **Екологічна користь:**

Відбувається зниження споживання викопного палива та значне скорочення викидів парникових газів. Сонячна електростанція потужністю 10 кВт щороку зменшує викиди CO<sub>2</sub> на 5 тонн, що дорівнює ефекту від висадки 250 дерев.

### **Стимул для інвестицій:**

"Зелений тариф" активізує розвиток відновлюваної енергетики, приваблюючи різних інвесторів. Це створює робочі місця, розвиває технології та посилює енергонезалежність держави.

### **Виклики та обмеження**

#### **Високі витрати для держави:**

Фінансування "зелених тарифів" створює істотне навантаження на енергетичну систему та державну скарбницю, що потенційно веде до підвищення тарифів для споживачів. Експертні оцінки показують, що річні виплати за "зеленим тарифом" сягають багатомільярдних сум.

#### **Залежність від законодавчих змін:**

Коригування політики підтримки та регуляторного поля може критично впливати на інвестиційну довіру та галузеву стабільність. Це породжує додаткові ризики для довготермінових капіталовкладень.

#### **Необхідність модернізації мереж:**

Впровадження численних сонячних електростанцій потребує ґрунтовного вдосконалення та розширення електропередавальної інфраструктури, що вимагає масштабних інвестицій у оновлення електромереж.

### **Міжнародний досвід**

У Німеччині система "зеленого тарифу" успішно функціонує з 2000 року та стала визначальним чинником стрімкого розвитку сонячної енергетики. Завдяки послідовній державній стратегії та надійним механізмам підтримки, країна досягла

значних показників: понад 50 ГВт встановленої потужності сонячних електростанцій, що генерує приблизно 10% від загального енергоспоживання.

Китайська держава також інтенсивно стимулює розвиток сонячної енергетики через комплексну систему пільг та субсидій, що дозволило країні зайняти провідну позицію у виробництві та впровадженні сонячних панелей. За минуле десятиліття Китай збільшив потужність сонячних електростанцій більш ніж у 100 разів.

Механізм "зеленого тарифу" є ключовим інструментом у стимулюванні переходу до відновлюваної енергетики, сприяючи зменшенню залежності від викопного палива та посиленню екологічної безпеки. Практика провідних держав підтверджує ефективність такої політики для реалізації цілей сталого розвитку та декарбонізації економіки.

### 3.2 Будинок, обраний для проєкту встановлення двосторонніх сонячних панелей.

За основу взято багатопверховий будинок наведений нижче:



Рис 3.1 - Фасад будівлі для реалізації проєкту.

Згідно обраного будинку можна зробити висновок про можливість встановлення панелей. На мою думку, для найбільшої ефективності використання

двосторонніх сонячних панелей на існуючу площу потрібно використовувати дах та фасад будинку.

### **3.3 Розміщення сонячних панелей на житловому будинку.**

Використання фасаду житлового будинку для розміщення двосторонніх сонячних панелей — це інноваційний та високоефективний метод інтеграції відновлюваних джерел енергії у сучасне міське середовище. Такий прогресивний підхід дозволяє трансформувати вертикальні площини будівель, які традиційно залишаються невикористаними, у потужні джерела генерації екологічно чистої електроенергії. Це особливо актуально для густонаселених урбаністичних зон, де кожен квадратний метр площі має велике значення.

Переваги розміщення двосторонніх сонячних панелей на фасадах житлових будинків

#### **Раціональне використання простору:**

У сучасних багатоповерхових будинках фасади надають значну корисну площу для встановлення сонячних панелей, при цьому зберігаючи цінний простір на дахах для інших важливих потреб, таких як розміщення телекомунікаційного обладнання, створення зелених зон або облаштування місць для відпочинку мешканців. Це дозволяє максимально ефективно використовувати наявну площу будівлі.

#### **Підвищення ефективності завдяки двосторонній конструкції:**

Інноваційні двосторонні сонячні панелі мають унікальну здатність вловлювати сонячне світло як з фронтальної, так і з тильної сторони, що суттєво підвищує їх ефективність. Це особливо важливо в умовах міського середовища, де присутня велика кількість відбиваючих поверхонь - скляні фасади сусідніх будівель, асфальтовані дороги, світлі стіни та інші елементи міської інфраструктури, які створюють додаткове відбите освітлення.

#### **Покращення енергоефективності будівлі:**

Сучасні фасадні сонячні панелі виконують одразу декілька важливих функцій. Окрім генерації електроенергії, вони забезпечують ефективну теплоізоляцію будівлі, захищають від надмірного сонячного випромінювання та перегріву приміщень у

літній період. Це призводить до значного зниження витрат на опалення взимку та кондиціонування влітку, покращуючи загальний енергетичний баланс будівлі. [12]

### **Екологічна вигода та зниження вуглецевого сліду:**

Впровадження двосторонніх сонячних панелей є важливим кроком у напрямку сталого розвитку та екологічної відповідальності. Це рішення активно сприяє переходу до зеленої енергетики, суттєво знижує залежність від традиційних джерел енергії та значно зменшує викиди парникових газів в атмосферу, що особливо важливо для великих міст.

### **Естетична та архітектурна інтеграція:**

Сучасні сонячні панелі можуть бути майстерно інтегровані в архітектурний дизайн будівлі, створюючи гармонійне поєднання функціональності та естетики. Вони можуть використовуватися як стильні декоративні елементи, наприклад, у вигляді напівпрозорих панелей різних відтінків, які надають будівлі ультрасучасного вигляду та підкреслюють її інноваційний характер.

### **Виклики, пов'язані з розміщенням сонячних панелей на фасадах**

#### **Орієнтація фасадів та сонячне випромінювання:**

Ефективність роботи сонячних панелей значною мірою залежить від оптимального розташування будівлі та орієнтації її фасадів відносно сторін світу. Панелі, встановлені на південних фасадах, отримують максимальну кількість прямого сонячного світла протягом дня, тоді як західні та східні фасади можуть демонструвати нижчу продуктивність через менш сприятливий кут падіння сонячних променів.

#### **Технічна складність установки:**

Процес монтажу сонячних панелей на вертикальні поверхні вимагає використання спеціалізованих кріплень та підтримуючих конструкцій, що потребує додаткових технічних рішень та може призвести до збільшення загальної вартості проекту. Важливо забезпечити надійність та безпеку кріплень з урахуванням вітрових навантажень.

### **Оптимізація використання відбитого світла:**

Для максимальної ефективності системи необхідно ретельно аналізувати та враховувати відбивальні властивості навколишніх поверхонь, що вимагає складних розрахунків та моделювання при проектуванні системи. Це включає врахування сезонних змін та потенційних змін у міській забудові.

### **Вартість інвестицій:**

Початкові капіталовкладення у встановлення фасадних сонячних панелей можуть бути досить значними, включаючи витрати на обладнання, монтаж та системи керування. Проте, завдяки тривалому терміну експлуатації та постійній економії на енергоресурсах, такі інвестиції мають хороший потенціал окупності.

### **Перспективи використання фасадних сонячних панелей**

Впровадження двосторонніх сонячних панелей на фасадах багатоповерхових будинків відкриває широкі перспективи для розвитку енергетичної незалежності, особливо в умовах щільної міської забудови, де традиційно обмежені можливості для встановлення класичних сонячних електростанцій. Ця передова технологія є важливим елементом сучасної децентралізованої енергетики, що повністю відповідає глобальним екологічним трендам та активно сприяє розвитку концепції розумних міст (smart cities). [13]

Це комплексне рішення дозволяє органічно поєднати екологічну відповідальність, економічну доцільність та сучасні архітектурні тенденції, створюючи енергоефективні будівлі нового покоління, які визначатимуть майбутнє міського розвитку.

Ефективне використання даху будинку дозволяє суттєво збільшити загальну потужність генерації встановленої системи.

**Інноваційне застосування двосторонніх сонячних панелей на даху будівлі** є одним з найбільш прогресивних та перспективних напрямків у галузі відновлюваної енергетики, що майстерно об'єднує сучасні технологічні інновації, оптимальне використання доступного простору та значно покращену ефективність генерації сонячної енергії. Двосторонні сонячні панелі є передовою технологією, що здатна ефективно збирати та конвертувати сонячну енергію з обох сторін модуля,

максимізуючи використання як прямого сонячного світла, так і відбитого випромінювання від поверхні даху та оточуючого середовища.

## **Основні переваги встановлення двосторонніх сонячних панелей на даху**

### **1. Оптимізація доступного простору:**

Дахова поверхня будівлі являє собою значний невикористаний простір, який зазвичай залишається енергетично пасивним. Встановлення сонячних панелей на даху дозволяє перетворити цю площу на потужну платформу для генерації енергії, не займаючи додаткової території. Це рішення особливо цінне в умовах щільної міської забудови, де кожен метр площі має велике значення. Такий підхід також запобігає конфліктам з іншими видами використання земельних ділянок.

### **Підвищена ефективність генерації електроенергії:**

Інноваційна технологія двосторонніх панелей забезпечує генерацію електроенергії як від прямого сонячного світла, так і від розсіяного та відбитого випромінювання з поверхні даху. Використання інноваційних світловідбивних матеріалів, зокрема високоякісної білої мембрани, спеціальної рефлексивної фарби або передових відбивних покриттів, підвищує коефіцієнт відбиття даху та збільшує продуктивність системи на **10-30%** порівняно зі стандартними односторонніми панелями. Це суттєво підвищує рентабельність установки.

### **Зменшення навантаження на будівлю:**

Сонячні панелі, стратегічно встановлені на покрівлі, забезпечують низку додаткових корисних функцій, включаючи високоефективну теплоізоляцію та надійний захист від перегріву. Вони формують природний захисний бар'єр, який значно зменшує нагрівання даху в спекотні літні місяці, що веде до суттєвої економії на кондиціонуванні та охолодженні приміщень будівлі. Крім того, панелі створюють міцний захисний шар, який ефективно протидіє різним атмосферним опадам та збільшує довговічність покрівлі.

**Енергоефективність та економія:** Встановлення системи двосторонніх сонячних панелей дозволяє власникам будинків самостійно виробляти екологічно чисту електроенергію для власного споживання, що суттєво скорочує витрати на електропостачання. При цьому надлишкова енергія може бути вигідно продана в

загальну енергомережу за привабливим "зеленим тарифом", створюючи додаткове джерело пасивного доходу для власників системи.

### **Довговічність і надійність:**

Інноваційні двосторонні сонячні панелі демонструють виняткову стійкість до екстремальних погодних явищ, включаючи штормові вітри, масивні снігові навантаження та рясні опади. Із гарантованим терміном служби **25-30 років**, ці системи представляють собою надійну довгострокову інвестицію з передбачуваною окупністю та стабільним прибутком впродовж усього періоду використання.

### **Сприяння екологічній стійкості:**

Ефективне використання дахового простору для встановлення сонячних панелей суттєво зменшує викиди парникових газів та прискорює світовий перехід до екологічно чистої енергетики. Така стратегія цілком узгоджується з глобальними цілями боротьби зі змінами клімату та сприяє поступовому зниженню залежності від традиційних викопних енергоресурсів, що є критично важливим для майбутнього нашої планети.

### **Ключові чинники впливу на продуктивність двосторонніх сонячних панелей даху**

#### **1. Орієнтація та нахил даху:**

Ключовим фактором максимальної продуктивності є коректне розташування панелей, при цьому оптимальним вважається південний напрямок із кутом нахилу **30-35°**, що гарантує найефективніше поглинання сонячної енергії впродовж світлового дня та забезпечує максимальний річний видобуток електроенергії.

#### **2. Відбивна здатність даху:**

Використання сучасних матеріалів з покращеними світловідбивними властивостями, зокрема спеціальних білих покриттів, вискоєфективних відбивних мембран або передових рефлексивних матеріалів, суттєво покращує продуктивність зворотної сторони панелей та загальну ефективність системи.

### **3. Відсутність затінення:**

Оптимальна ефективність системи забезпечується за відсутності будь-яких об'єктів, що створюють тінь, включаючи ТВ-антени, вентиляційні системи, димарі або сусідні високі споруди, які можуть зменшувати продуктивність панелей.

### **4. Мікрокліматичні умови:**

Продуктивність системи значною мірою визначається місцевими кліматичними характеристиками, причому найвища ефективність спостерігається в регіонах із максимальною кількістю сонячних днів протягом року. Варто зауважити, що взимку сніговий покрив може позитивно впливати на загальну продуктивність завдяки додатковому відбиттю сонячного світла від білосніжної поверхні.

#### **Висота установки:**

Оптимальне розташування панелей над поверхнею даху забезпечує необхідний простір для природної вентиляції, що гарантує ефективне охолодження системи та підтримує максимальну продуктивність навіть за високих температур довкілля.

### **3.4 Використання обладнання для реалізації системи.**

Вибір обладнання для встановлення системи двосторонніх сонячних панелей у приватному будинку є фундаментальним кроком, що безпосередньо визначає ефективність функціонування всієї енергетичної установки. Якісно підібрані компоненти забезпечують не тільки оптимальний рівень генерації електроенергії, але й тривалий термін експлуатації, стабільність роботи, безпечне використання та зручність технічного обслуговування впродовж усього періоду експлуатації. Грамотний підбір обладнання забезпечує створення ідеальної конфігурації, що повністю задовольнить потреби кожного домогосподарства. Розглянемо докладно основні компоненти, потрібні для реалізації такої системи, та ключові аспекти їх вибору.

#### **Двосторонні сонячні панелі.**

Двосторонні панелі - це передове технологічне рішення, що забезпечує генерацію електроенергії з обох боків модуля, максимально використовуючи як пряме сонячне світло на фронтальній поверхні, так і відбите випромінювання на зворотній стороні.

### **Критерії вибору:**

**Коефіцієнт перетворення:** При виборі сонячних модулів ключовим фактором є їх здатність перетворювати сонячне випромінювання в електричну енергію. Найбільш ефективними вважаються панелі з показниками конверсії 20-25%, оскільки вони гарантують оптимальну продуктивність генерації електроенергії на наявній площі інсталяції. Підвищений коефіцієнт конверсії забезпечує більший вихід енергії при меншій кількості встановлених панелей.

**Матеріал:** Сучасний ринок пропонує різноманітні типи фотоелектричних панелей на основі кристалічного кремнію. Монокристалічні модулі, виготовлені з цільного кристала кремнію, забезпечують максимальну ефективність (22-25%) та надійність, але коштують дорожче. Полікристалічні панелі з множинних кристалів мають нижчу ефективність (15-17%), проте є економічно вигіднішими. Вибір матеріалу залежить від фінансових можливостей та доступного простору для встановлення.

**Стійкість до погодних умов:** Для гарантування довготривалої експлуатації важливо перевірити наявність сертифікатів, що підтверджують стійкість панелей до атмосферних впливів. Критично важливою є стійкість до сильних вітрів (з навантаженням від 2400 Па), граду (витримування ударів градин до 25 мм), екстремальних температур (діапазон від -40°C до +85°C), а також снігу та підвищеної вологості.

Для своєї системи я пропоную сонячні панелі виробника LP Longi Solar Half-Cell 580W

Вони мають наступні характеристики:

- Тип  
монокристалічні панелі
- Потужність, W  
580
- Кількість фотоелементів, шт  
144 (6\*12)\*2

- Товщина профілю, мм  
30
- Ступінь захисту  
IP68
- Робоча температура, °C  
-40 ~ +85
- Напруга в максимальній точці, V  
42,37
- Напруга відкритого контуру, V  
51,06
- Струм короткого замикання, A  
14,46
- Ефективність фотомодуля, %  
22,45
- Довжина кабелю, см  
24,5 + конектор 6,5 см
- Довжина, мм  
2278
- Ширина, мм  
30
- Висота, мм  
1134

Фото обраної панелі:

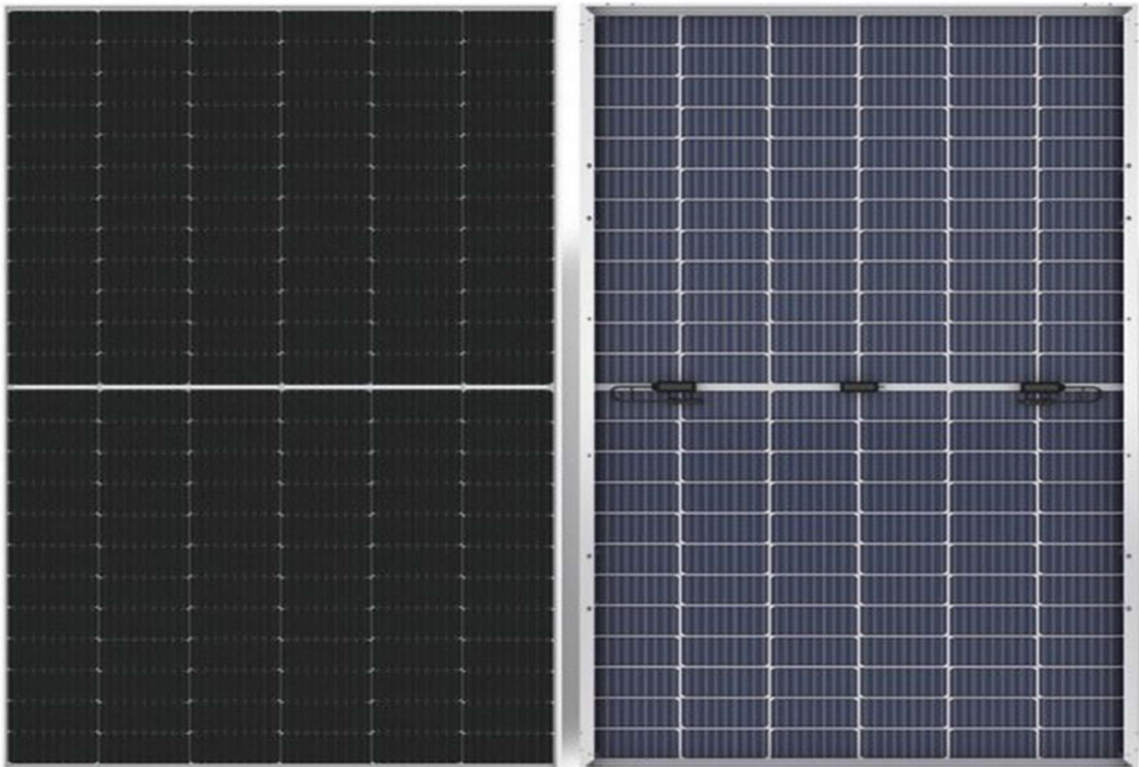


Рис 3.2 - Фото обраної панелі.

## 2. Інвертори

Інвертори є основним елементом сонячної електростанції, який здійснює трансформацію постійного струму від фотоелектричних панелей у змінний струм, що використовується для роботи побутової техніки та передачі в загальну електромережу.

### Типи інверторів:

**Мережеві інвертори:** Це стандартне рішення для систем з підключенням до централізованої мережі. Вони відрізняються економічністю та легкістю монтажу, але не можуть працювати автономно при відсутності напруги в мережі.

**Гібридні інвертори:** Є комплексним рішенням, що дозволяє підключати акумуляторні батареї. Це забезпечує накопичення енергії для використання в години пікового споживання або при перебоях електропостачання.

### Критерії вибору:

**Потужність:** Інвертор повинен відповідати загальній потужності сонячних панелей та забезпечувати обробку максимального навантаження. При розрахунку

потужності необхідно враховувати не тільки сумарну потужність панелей, а й додавати резерв 10-15% для забезпечення стабільної роботи при пікових навантаженнях. Це гарантує надійну роботу системи при максимальній генерації.

**Ефективність:** Рекомендується обирати інвертори з високим ККД (понад 95%) для мінімізації втрат при перетворенні енергії. Сучасні якісні інвертори досягають ефективності до 98%, що суттєво покращує загальну продуктивність та зменшує період окупності.

Універсальним рішенням для такої системи буде використання гібридного сонячного інвертору 10,2 кВт Dahtromn AGH-10.2KW 48V

### Фото пропонованого інвертору:

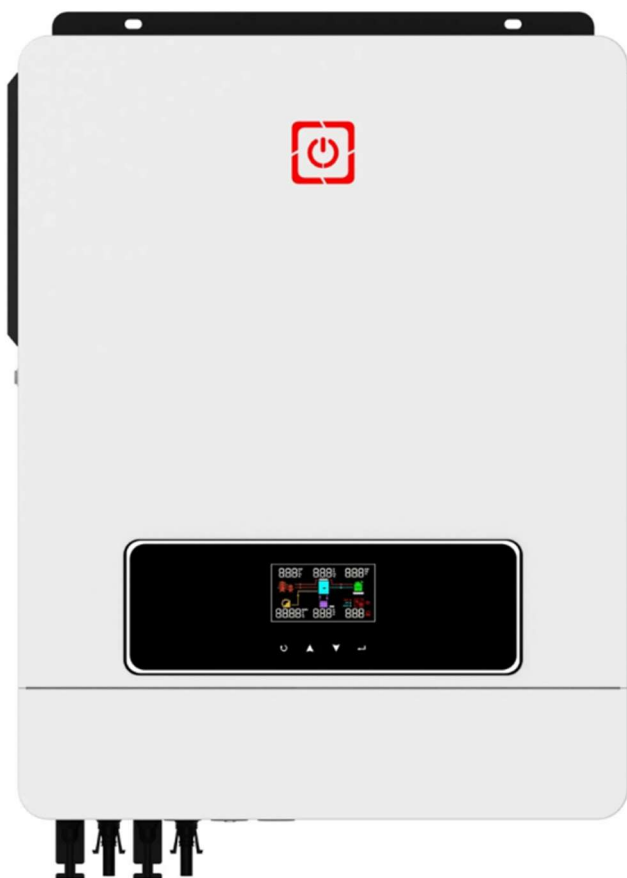


Рис 3.3 - Обраний інвертор для системи.

Обраний інвертор має прийнятну ціну та досить непогані параметри. Він є однофазним, але максимальний вихідний струм становить 44.3А при напрузі 220-240В з чистим сінусом, що буває критично для чутливої електроніки. Цей інвертор

вміє працювати з будь-якими популярними типами акумуляторів, але найкраще на мою думку використовувати LiFePO<sub>4</sub> комірки. Вони мають досить високу вартість, але дуже добре працюють в подібних системах. Ці акумулятори мають високу струмовіддачу на навантаження, заряджаються високим струмом (обраний інвертор вміє видавати до 160А при напрузі 48В на акумуляторі, що є досить потужним. Під час стабілізаційних відключеннях світла це дуже суттєво, адже система розроблена як аварійне джерело живлення, коли відсутнє енергопостачання а під час «простою» може віддавати надлишкову потужність в мережу та приносити певний прибуток.

### **3. Система монтажу**

Коректний монтаж панелей забезпечує їх максимальну ефективність та тривалий термін служби. Професійна установка гарантує оптимальне розміщення панелей та їх надійне кріплення.

#### **Критерії вибору:**

**Матеріали:** Застосовуйте корозійностійкі матеріали (алюміній, нержавіюча сталь) для монтажу панелей, що гарантує довготривале використання. Всі елементи кріплення мають бути захищені від корозії та відповідати світовим стандартам якості.

**Тип конструкції:** Доступні фіксовані або регульовані (з налаштуванням кута нахилу) конструкції. Регульовані системи демонструють вищу ефективність, проте вартують дорожче. Вони найбільш доцільні в місцевостях зі значними сезонними змінами положення сонця.

#### **Акумуляторні системи**

Акумулятори забезпечують збереження надлишкової електроенергії від панелей для використання в темний час доби або при перебоях. Це гарантує енергетичну автономність, що надзвичайно актуально під час відключення світла в наслідок природніх явищ та військових дій на території нашої країни та оптимізує використання сонячної енергії.

#### **Типи акумуляторів:**

**Літій-іонні акумулятори:** Демонструють виняткову продуктивність та тривалий термін експлуатації, хоча мають вищу вартість. Відрізняються підвищеною щільністю енергії, що дозволяє максимально ефективно використовувати простір.

Характеризуються мінімальним саморозрядом та здатністю витримувати багатотисячні цикли заряду-розряду без суттєвої деградації. Особливо цінуються за легку вагу та компактні розміри.

**Свинцево-кислотні акумулятори:** Економічно вигідніші, проте поступаються ефективністю та довговічністю. Лишаються затребуваними для малих систем через доступну ціну та нескладне обслуговування. Оптимально функціонують при середніх температурах без потреби у складних системах контролю. В системах із сонячними панелями мають малу ефективність та досить малий термін служби. Під час роботи з такими АКБ потрібно чітко дотримуватись правил експлуатації. В процесі роботи виділяють отруйний та горючий газ, що може привести до отруєння або смерті.

### **Критерії вибору:**

**Ємність:** Обирайте акумулятори з достатньою ємністю для забезпечення нічного енергоспоживання. Розраховуючи необхідний об'єм, враховуйте середньодобове споживання, період автономної роботи та допустиму глибину розряду. Рекомендовано додати 20-30% запасу для компенсації природного зниження ємності з часом. [14]

**Система управління:** Обов'язковим є наявність системи моніторингу та керування (BMS), що контролює процеси заряду-розряду. Сучасні BMS забезпечують комплексний захист від критичних режимів роботи та надають детальну аналітику через смартфон.

### **Контролери заряду**

Контролери заряду оптимізують енергетичний потік між сонячними панелями та акумуляторами, гарантуючи безпечну роботу. Вони є ключовим елементом у забезпеченні ефективності системи та захисті всіх компонентів від перевантажень.

### **Критерії вибору:**

**Тип контролера:** Необхідно обрати між ШИМ (широко-імпульсна модуляція) та MPPT (відстеження точки максимальної потужності) контролерами. MPPT контролери демонструють значно вищу ефективність порівняно з ШИМ, особливо при суттєвій різниці напруги між панелями та акумуляторами. Вони здатні збільшити загальну продуктивність системи на 20-30%. [15]

**Максимальна напруга:** Контролер має повністю відповідати технічним параметрам системи та мати необхідний запас потужності для надійної роботи при пікових навантаженнях.

### **Електричне обладнання для розподілу енергії**

Це обладнання є критично важливим для безпечного розподілу електроенергії в будинку та забезпечення стабільної роботи сонячної електростанції. Правильний підбір компонентів забезпечує тривалу та безперебійну експлуатацію системи.

#### **Критерії вибору:**

**Електрощит:** Обирайте розподільчі щити із достатньою кількістю автоматичних вимикачів та надійним захистом від перенапруги. Щит має відповідати необхідному класу захисту IP та витримувати максимальне навантаження системи. Необхідно передбачити простір для подальшого розширення та монтажу додаткових елементів. Оптимальним вибором є щити модульного типу для простоти технічного обслуговування.

**Кабелі:** Застосовуйте кабельну продукцію з якісною ізоляцією, розраховану на підвищені навантаження та стійку до впливу середовища. Підбираючи переріз кабелів, враховуйте максимальні струми, протяжність ліній та потенційні втрати напруги. Для зовнішнього монтажу обов'язково використовуйте кабелі з УФ-захистом та подвійною ізоляцією.

### **Система заземлення та блискавкозахист**

Заземлення відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки та захисту системи від електричних розрядів. Коректно спроектована система заземлення мінімізує ризики пошкодження обладнання та гарантує безпеку людей від ураження струмом.

#### **Критерії вибору:**

**Матеріали:** Застосовуйте елементи заземлення з міді або сталі, що характеризуються підвищеною стійкістю до корозії та повністю відповідають чинним нормативам. Всі точки з'єднання необхідно надійно ізолювати від впливу атмосферних опадів та можливих механічних пошкоджень.

**Проектування системи:** Грамотне проектування системи заземлення гарантує надійний захист від перенапруги. Система має відповідати локальним будівельним нормам та стандартам електробезпеки.

### **Моніторингові системи**

Моніторинг ефективності системи дозволяє контролювати її роботу та оперативно усувати несправності. Сучасні системи моніторингу забезпечують комплексний збір та обробку даних у реальному часі.

### **Критерії вибору:**

**Тип моніторингу:** Вибір між локальними та хмарними системами є ключовим для результативного контролю. Хмарні рішення надають змогу дистанційно отримувати дані через інтернет з будь-якого місця, забезпечуючи автоматичне створення резервних копій та оновлень. Локальні системи, попри обмежений доступ, функціонують без інтернет-підключення та гарантують повний контроль інформації.

**Додаткові функції:** Наявність розширеного функціоналу для спостереження в режимі реального часу, зокрема автоматичні сповіщення про збої, глибокий аналіз ефективності, візуальне представлення даних та генерація системних звітів. Суттєвою перевагою є можливість поєднання з іншими компонентами "розумного" будинку.

### **Використання АВР**

#### **Призначення та функціональні характеристики АВР**

АВР забезпечує набір важливих операцій, що гарантують стабільне та безперервне постачання електроенергії споживачам.

**Автоматичне переключення:** При втраті живлення від основного джерела АВР миттєво, за частки секунди, виконує перемикання на резервне джерело, гарантуючи неперервність електропостачання для всього підключеного устаткування та систем. Це критично важливо для об'єктів, де короткотривала відсутність електроенергії може мати серйозні наслідки.

**Моніторинг та аналіз:** АВР має інтегровану систему контролю параметрів електромережі, що безперервно відслідковує показники напруги, струму та частоти. Система виявляє найдрібніші відхилення від нормативних значень, зокрема падіння напруги, перевантаження мережі, короткі замикання та інші аномалії. Це запобігає

пошкодженню коштовного електрообладнання та забезпечує його тривалу експлуатацію.

**Забезпечення безпеки:** АВР впроваджує комплексну систему захисту від аварійних ситуацій. При виявленні критичних відхилень параметрів система негайно вимикає живлення, запобігаючи пошкодженням обладнання та пожежам. АВР також здійснює самодіагностику та реєстрацію подій.

### **Принцип роботи АВР**

АВР є інтегрованою електромеханічною системою, що поєднує сучасний контролер та потужні комутаційні елементи. Його робота здійснюється за таким алгоритмом:

#### **Нормальний режим:**

У звичайному режимі електроживлення подається від головного джерела, гарантуючи безперебійну роботу всіх електричних пристроїв та систем будинку. АВР постійно здійснює контроль основних параметрів мережі, зокрема напруги, частоти та сили струму, зіставляючи їх із встановленими нормативними показниками.

#### **Виявлення проблеми:**

Коли система реєструє відхилення параметрів від дозволених меж (повний блекаут, критичне зниження напруги, дисбаланс фаз тощо), вона автоматично запускає процедуру аварійного перемикання. Контролер аналізує тип несправності та визначає потребу переходу на резервне живлення.

#### **Переключення на резервне живлення:**

АВР здійснює оперативне та надійне перемикання навантаження на альтернативне джерело живлення. Система забезпечує першочергове електропостачання критичних об'єктів будівлі - аварійного освітлення, ліфтових механізмів, протипожежних систем, охоронної сигналізації та інших важливих споживачів. Процес комутації відбувається майже миттєво, що унеможливорює збої в роботі обладнання.

#### **Повернення до основного джерела:**

Після стабілізації параметрів основного електропостачання, АВР виконує розширену перевірку стійкості мережі протягом визначеного періоду. За умови

збереження нормативних показників система переходить до живлення споживачів від мережі. В цей час акумулятори заряджаються, а надлишкова потужність може бути реалізована в мережу згідно умов зеленого тарифу. [16]

### 3.5. Місця встановлення на будинку.

Для найкращої фінансової ефективності та раціонального використання площі розміщувати панелі потрібно в декількох місцях: на фасаді та даху будинку. Це дозволяє залишити певну частину площі даху будинку для встановлення інших інженерно-технічних комунікацій. Загальна кількість панелей становить 18 модулів. На фасаді встановлено 6 модулів загальною потужністю 3.48 кВт. Використання фасаду, як місце для встановлення сонячних панелей це досить прогресивне рішення. Схема розташування модулів на фасаді будинку:



Рис 3.4 - Встановлені панелі на фасаді.

Обране розташування панелей не перекриває вікна, естетично впливає на зовнішній вигляд будівлі, додаючи їй більш технологічного вигляду.

Наступним кроком є встановлення панелей на даху будівлі. Оптимальна кількість панелей становить 12 шт. Це дозволить не займати сильно площу, але суттєво збільшити потужність системи на 6.96 кВт. Схема встановлення панелей на даху приведена нижче.

## План даху

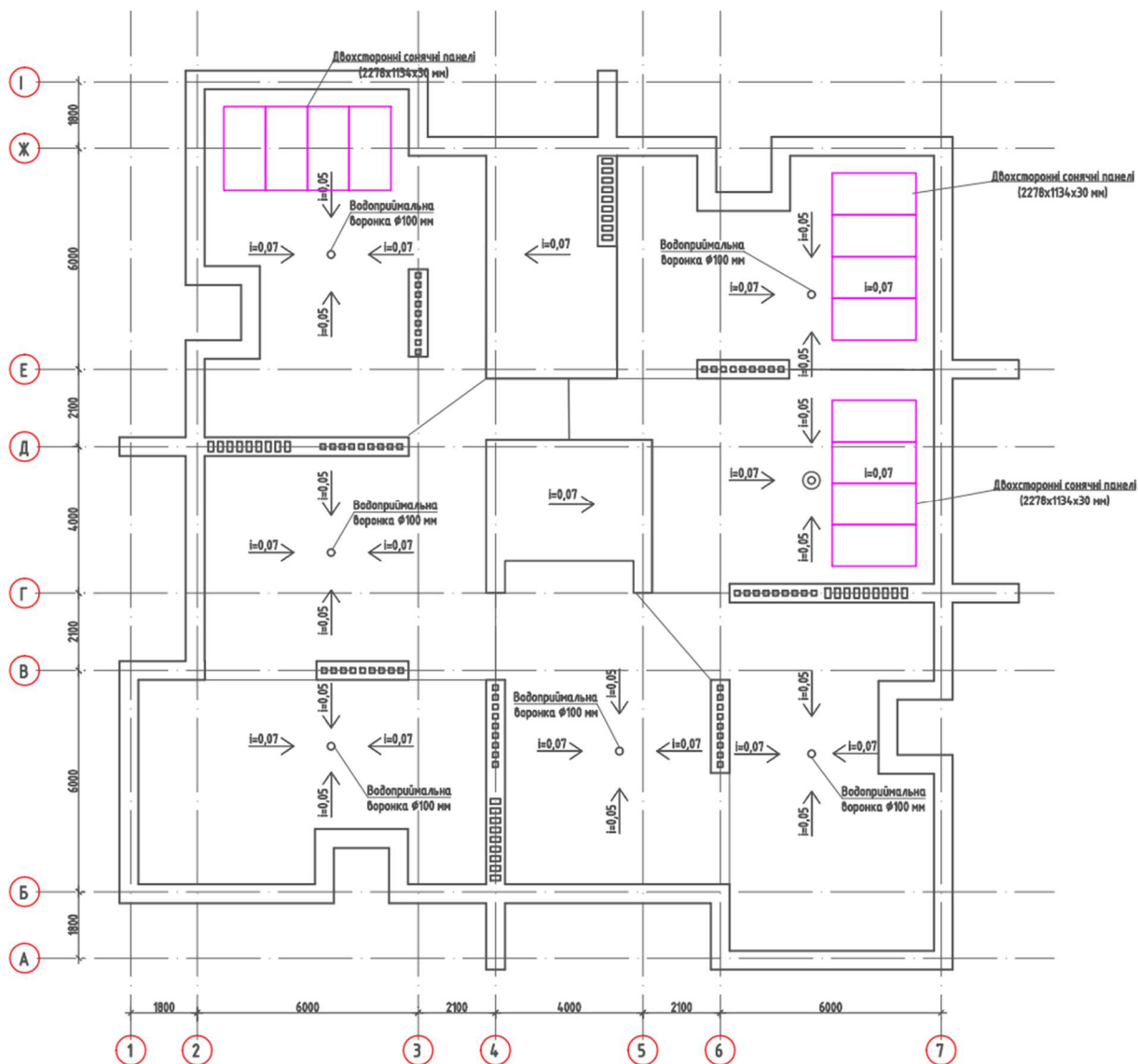


Рис 3.5 - Розташування сонячних панелей на даху будівлі.

Обраний варіант розміщення панелей дозволяє зайняти невелику площу даху для можливого розміщення іншого інженерно-технічного обладнання, розвинути максимальну ефективність генерації.

Для підключення до інвертору потрібно використовувати паралельно-послідовне з'єднання модулів. Для цього загальну кількість панелей потрібно розділити на 3 підгрупи по 6 модулів в кожному. Це дозволить мінімізувати втрати на кабелях та забезпечить оптимальну роботу інвертору. Вхідна напруга на інверторі

від сонячних панелей в ідеальних для них умовах становить 254,22 В зі струмом 41.07 А що становить 10440 Вт максимальної потужності.

### **3.6. Призначення аварійного джерела живлення.**

Отже, будинок має досить високу потужність автономного джерела живлення, яку можна реалізувати досить широко. Першочергово потрібно забезпечити безпеку мешканців під час відсутності енергопостачання. Обраний будинок має досить сучасну систему безпеки (встановлений контроль доступу для підїздів з відеозв'язком, камери відеоспостереження біля підїздів та та парковці біля будинку). В загальному ця система постійно споживає приблизно 500 Вт потужності, 24/7 та 365 днів в рік. Наступна система, яка також потребує постійного електропостачання це освітлення загальнодоступних місць. Наведений будинок має освітлення біля підїзду по датчику руху (потужність лампи 100Вт) та освітлення в самих підїздах (загальна кількість ламп становить 11 шт та потужність кожної становить 20 Вт). Загальна потужність освітлювальних приладів становить 320 Вт.

Система також підходить для безперебійного живлення обладнання провайдерів інтернету та зв'язку, щоб не залишитись без доступу в мережу інтернет та завжди залишатися на зв'язку. Світч інтернет провайдера, залежно від встановленої моделі може споживати до 500 Вт. Це досить серйозна потужність для автономного джерела живлення.

Загальна потужність базових споживачів становить 1320 Вт. Це становить 12,64% від максимальної потужності сонячних панелей. Завдяки великому запасу енергії можна організувати місцевий «пункт незламності», в якому можливо підзарядити гаджети або зігрітись взимку. При наявності централізованого енергопостачання надлишкову потужність краще продавати по «зеленому тарифу».

### **3.7. Порівняння звичайних панелей з двохсторонніми.**

Для порівняння підбираю односторонні панелі з максимально подібним розміром. Найбільш подібною виявилась модель LP Longi Solar Half-Cell 550W. Вона має досить подібні характеристики до двохсторонньої панелі, але поступається фактичній потужності, яку вона може віддати в реальних умовах в середньому на 10-13%. Це вже досить суттєва різниця, адже якщо порівняти їхню вартість, різниця

становить в середньому 7% на користь звичайних панелей, але економічно доцільніше є саме двостороння сонячна панель.

### **Двосторонні сонячні панелі: аналіз рентабельності та продуктивності**

Рентабельність та продуктивність визначаються низкою специфічних характеристик, що відрізняють їх від звичайних односторонніх систем. Ця прогресивна технологія забезпечує оптимальне використання сонячної енергії, вловлюючи як пряме, так і відбите світло. Завдяки цій властивості, двосторонні панелі показують істотно вищу ефективність порівняно з традиційними моделями. Розглянемо ці особливості детальніше.

#### **Рентабельність: швидша окупність вкладень.**

**Додаткова генерація енергії:** Інноваційна технологія двосторонніх панелей забезпечує виробництво електроенергії з обох сторін модуля, ефективно використовуючи як пряме сонячне випромінювання, так і світло, відбите від землі, снігового покриву чи навколишніх об'єктів. Це дозволяє збільшити загальну генерацію на **10-30%**, залежно від умов монтажу та особливостей локації. Така підвищена продуктивність гарантує власникам більший прибуток від "зеленого тарифу", суттєво знижує витрати на електроенергію для особистого споживання та прискорює повернення початкових інвестицій. [17]

**Економія площі:** Двосторонні панелі забезпечують вищу продуктивність з тієї ж площі завдяки здатності вловлювати відбите світло, що дозволяє значно скоротити загальну кількість панелей для досягнення цільової потужності системи. Це суттєво знижує витрати на монтажну інфраструктуру, включаючи кріплення, кабелі, інвертори та інші допоміжні компоненти. Крім того, це спрощує процеси встановлення та технічного обслуговування.

**Збільшення ефективності використання інвестицій:** Завдяки вищій продуктивності та оптимальному використанню доступного простору, двосторонні панелі забезпечують швидшу окупність капіталовкладень порівняно зі стандартними

односторонніми моделями. В середньому період окупності двосторонніх панелей складає **4-7 років**, тоді як для односторонніх цей показник зростає до **5-8 років**. Це робить двосторонні панелі особливо привабливим вибором для довготермінових інвестицій у сонячну енергетику.

**Довговічність:** Двосторонні панелі демонструють виняткову надійність завдяки спеціальному захисному покриттю з обох боків, що забезпечує тривалий термін служби до **25-30 років**. Це гарантує стабільне виробництво електроенергії та дозволяє власникам отримувати значний економічний ефект протягом багатьох років після окупності інвестицій. Використання передових технологій та якісних матеріалів забезпечує стійкість до погодних впливів та мінімальне зниження ефективності.

**Ефективність:** максимальна генерація енергії через двостороннє поглинання та оптимізовану структуру.

**Підвищена продуктивність завдяки відбитому світлу:** Тильна сторона панелей має здатність виробляти електроенергію, використовуючи світло, що відбивається від монтажної поверхні. Для досягнення максимальної ефективності рекомендується обирати поверхні з високими показниками відбиття сонячного світла. Оптимальними варіантами є світлі покрівлі, бетонні поверхні, матеріали з підвищеним коефіцієнтом альbedo та спеціальні світловідбивні покриття. При правильному виборі поверхні загальна ефективність системи може зрости на 5-30%.

**Універсальність монтажу:** Двосторонні панелі демонструють високу ефективність не тільки при встановленні на дахах, але й у вертикальних конструкціях - на фасадах висотних будівель, парканах чи звукоізоляційних бар'єрах уздовж автошляхів. Вони ефективно використовують світло під різними кутами протягом доби, забезпечуючи більш рівномірне виробництво енергії. Така гнучкість у встановленні робить їх оптимальним вибором для міського середовища з обмеженим горизонтальним простором.

**Вища продуктивність у похмурі дні:** Завдяки унікальній здатності ефективно поглинати розсіяне світло, двосторонні панелі показують кращі результати навіть за

несприятливих погодних умов. Це мінімізує сезонні коливання генерації та гарантує стабільніше енергопостачання впродовж року. У хмарну погоду їх ефективність перевищує звичайні модулі на 10-15%.

**Зменшення втрат енергії:** Двосторонні панелі створюються із застосуванням передових фотоелементів останнього покоління, що гарантують істотно вищий рівень конверсії сонячного випромінювання в електроенергію. Завдяки прогресивним виробничим технологіям та інноваційним матеріалам, коефіцієнт корисної дії таких панелей сягає **20-24%**, порівняно з **16-22%** у односторонніх. Це забезпечується оптимізованою будовою фотоелементів, вдосконаленим захистом від втрат та високоякісними провідниковими компонентами, що знижують опір при передачі струму.

#### **Довгострокова економічна ефективність інвестицій**

**Зниження витрат на супутнє обладнання:** Завдяки збільшеній генерації енергії двосторонні панелі значно зменшують необхідність у додаткових інверторах, кабельних системах та монтажних конструкціях. Це призводить не тільки до зменшення початкових інвестицій, але й оптимізує витрати на технічне обслуговування та модернізацію системи в довгостроковій перспективі. Експерти підраховують, що економія на додатковому обладнанні може досягати 15-20% у порівнянні зі стандартними системами. [18]

**Покращення енергетичного балансу:** Ефективніше використання доступної сонячної енергії через двосторонню генерацію суттєво підвищує загальну продуктивність системи. Це робить двосторонні панелі особливо привабливими для масштабних комерційних та житлових інсталяцій, де критично важливо максимізувати виробництво енергії на обмеженому просторі. Додаткова генерація з тильного боку може збільшити загальну ефективність системи на 5-30% залежно від умов монтажу та оточення.

**Стійкість до зношування:** Інноваційна двошарова скляна конструкція забезпечує панелям виняткову стійкість до різних зовнішніх факторів, включаючи

УФ-випромінювання, опади, температурні коливання та механічні пошкодження. Це мінімізує ризик несправностей та потребу в дорогому ремонті, забезпечуючи надійну роботу протягом експлуатаційного періоду понад 25 років.

### **Приклад економічної моделі окупності**

#### **Встановлення системи на 20 кВт:**

**Односторонні панелі:** Забезпечують генерацію 24 000 кВт·год електроенергії щорічно, що повністю покриває енергетичні потреби типового комерційного об'єкта. За актуальних ринкових умов та стандартного режиму експлуатації період повернення інвестицій складає 6 років, враховуючи початкові капіталовкладення та поточні витрати.

**Двосторонні панелі:** Забезпечують виробництво 30 000 кВт·год щорічно (включаючи додаткову генерацію від відбитого світла), що зменшує термін окупності до 4,8 року завдяки оптимізованій продуктивності.

#### **Доходи від "зеленого тарифу":**

При поточному тарифі 0,15 євро за кВт·год річний прибуток від двосторонніх панелей перевищує показники односторонніх на 20%, що підвищує інвестиційну привабливість. Додатковий дохід забезпечується завдяки збільшеній генерації та ефективнішому використанню сонячної енергії.

Підсумовуючи проведену роботу видно, що саме двосторонні сонячні панелі мають повну перевагу над звичайними. Основні з наведених це швидша окупність, більша генерація з такої ж площі та посилений захист від навколишнього середовища.

## ВИСНОВКИ

Двосторонні сонячні панелі є інноваційним проривом у сфері альтернативної енергетики, створюючи нові можливості для оптимального використання енергії сонця. Завдяки здатності вловлювати сонячний світ з двох сторін панелі, ці сучасні модулі показують значно кращі результати ефективності в порівнянні з звичайними односторонніми аналогами, що забезпечує значну фінансову вигоду при тривалому використанні та прискореному терміні повернення вкладених коштів.

Такі прогресивні системи демонструють надзвичайну результативність в різних умовах розміщення, зокрема в обмежених міських умовах або на спеціальних конструкціях, таких як навіси для паркування чи аграрні об'єкти. Їх підвищена продуктивність особливо відчутна при встановленні на відбиваючих поверхнях або у вертикальному розташуванні.

Екологічна безпека та незначне вплив на довкілля роблять двосторонні панелі ідеальним рішенням для нових енергетичних систем. Їх застосування стає ключовим елементом у досягненні енергетичної автономії, скороченні викидів вуглецю та просуванні сталого розвитку в сучасному суспільстві, де екологічна відповідальність стає все важливішою.

Впровадження двосторонніх сонячних панелей у багатоповерхових житлових комплексах є інноваційним та економічно обґрунтованим підходом, що має численні суттєві переваги. Ця інженерна розробка забезпечує оптимальне використання даху та фасадів будівлі для виробництва електричної енергії. Ключова характеристика двосторонніх панелей полягає у їхній здатності генерувати енергію з обох поверхонь, поглинаючи як пряме сонячне світло, так і відбите. Це значно збільшує загальну продуктивність енергогенерації, що набуває особливої цінності в умовах міста, де кожен метр площі є надзвичайно важливим.

В економічному аспекті, двосторонні панелі демонструють кращі показники окупності порівняно зі стандартними односторонніми. Підвищена продуктивність на 10-30% не тільки скорочує витрати жителів на електроенергію, а й створює

можливість отримання прибутку від реалізації надлишкової енергії за "зеленим тарифом". У контексті багатоповерхових будинків, де енергоспоживання може бути значним, такі панелі стають ефективним засобом зменшення фінансового тягаря для мешканців та покращення енергоефективності споруди.

Технічна адаптивність двосторонніх панелей робить їх оптимальним рішенням для розміщення на дахах і фасадах висотних будівель. Вони демонструють високу ефективність у різноманітних умовах експлуатації, включаючи вертикальний монтаж, що дозволяє гармонійно вписати їх у фасади без порушення архітектурної естетики. Додатково, двосторонні панелі характеризуються високою довговічністю та стійкістю до зовнішніх факторів, включаючи ультрафіолетове випромінювання, забруднення та механічні впливи. Це гарантує стабільність їхньої роботи протягом тривалого періоду, що критично важливо для довгострокових проєктів.

Екологічний аспект цього рішення також заслуговує уваги. Застосування двосторонніх сонячних панелей допомагає знизити емісію вуглекислого газу, забезпечуючи екологічно чисте виробництво енергії. У багатоповерхових житлових комплексах це створює можливість розбудови стійкої енергетичної системи, що відповідає сучасним вимогам переходу до відновлюваної енергетики.

Отже, інтеграція двосторонніх сонячних панелей у багатоповерхові будинки дозволяє ефективно вирішити декілька стратегічних завдань: мінімізувати енергетичну залежність, збільшити економічну ефективність для мешканців, раціонально використовувати доступну площу та зробити значний внесок у збереження довкілля. Ця технологія являє собою перспективне та довготривале рішення для сучасного будівництва житла.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Dutta, D. \*DIY Off-Grid Solar Power for Everyone\*. 2023.
2. Chase, J. \*Solar Power Finance Without the Jargon\*. 2021.
3. Mezghani, L., & Jouini, A. \*The Economics of Solar Power\*. 2020.
4. Albadi, M., & Abdel-Rahman, E. \*Solar Photovoltaic Power Intermittency and Implications on Power Systems\*. 2020.
5. Foster, R., Ghassemi, M., & Cota, A. \*Solar Energy: Renewable Energy and the Environment\*. 2018.
6. Green, M. A. \*Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications\*. 2019.
7. Kalogirou, S. A. \*Solar Energy Engineering: Processes and Systems\*. 2019.
8. Luque, A., & Hegedus, S. \*Handbook of Photovoltaic Science and Engineering\*. 2018.
9. Markvart, T., & Castañer, L. \*Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications\*. 2019.
10. Wenham, S. R., Green, M. A., Watt, M. E., & Corkish, R. \*Applied Photovoltaics\*. 2019.
11. Nelson, J. \*The Physics of Solar Cells\*. 2018.
12. Razykov, T. M., Ferekides, C. S., Morel, D., Stefanakos, E., Ullal, H. S., & Upadhyaya, H. M. \*Solar Photovoltaic Electricity: Generation, Storage, and Applications\*. 2020.
13. Goswami, D. Y., & Kreith, F. \*Principles of Solar Engineering\*. 2019.
14. Tyagi, V. V., & Rahim, N. A. \*Solar Energy: Systems, Challenges, and Opportunities\*. 2020.
15. Rüther, R. \*Solar Energy Conversion Systems\*. 2019.

16. Parida, B., & Iniyar, S. \*Solar Photovoltaic Technology Production: Growth and Development\*. 2020.
17. Sopian, K., & Othman, M. Y. \*Advances in Solar Photovoltaic Power Plants\*. 2019.
18. Singh, P., & Ravindra, N. M. \*Solar Photovoltaic Technology and Systems: A Manual for Technicians, Trainers, and Engineers\*. 2018.

## **ДОДАТКИ**

## **Chapter 1 General Information about Bifacial Solar Panels and Their Purpose**

### **1.1 The History of Solar Panels**

The history of solar panels dates back to the 19th century when the unique properties of converting light energy into electrical energy were first observed. The first significant step towards a deeper understanding of this complex process was the discovery of the photovoltaic effect in 1839 by the French physicist Alexandre Edmond Becquerel. He noted that when light impacted certain materials, particularly electrolytes, an electric current appeared, demonstrating the potential for converting light energy into electricity. This discovery was a revolutionary achievement for its time, as it marked the beginning of a new era in science and technology. Although the technology for practical application did not yet exist, and scientists were only beginning to realize the potential of this phenomenon, this discovery laid the groundwork for further research in the field of photovoltaics. Over the following decades, scientists continued to study and experiment with various materials, trying to find optimal solutions for the efficient conversion of solar energy. This led to the creation of the first solar cells, which, although primitive, laid the foundations for modern technologies that we use today.

Subsequent years were dedicated to further scientific research, which opened new horizons in the field, expanding our understanding of photovoltaic processes. In 1873, British engineer Willoughby Smith made an important discovery by identifying the photoconductivity of selenium, which became the basis for further experiments in this area. This discovery was a significant step in developing new materials that could effectively convert light energy into electricity. In 1876, William Grylls Adams and Richard Evans Day demonstrated that selenium could directly convert sunlight into electricity, marking the first serious step toward the development of devices based on the photovoltaic effect. These achievements laid the foundation for the further development of technologies that today have become an integral part of the energy sector, opening new possibilities for utilizing renewable energy sources. They not only advanced science but also became the foundation for creating new technologies that reduce dependence on traditional energy sources, which is of enormous importance for the sustainable development of our planet.

The first practical solar cell was invented by American researcher Charles Fritts in 1883. In his work, he used selenium coated with a thin layer of gold to create a photovoltaic element, which became the first significant step in the development of solar technologies. Although the efficiency of this element was extremely low—only about 1%—it was the first working solar cell that demonstrated the possibility of converting solar energy into electricity. This invention became the basis for further research in the field, opening new prospects for improving the technology. It is important to note that despite its limited efficiency, this element became a symbol of hope for scientists and engineers who sought ways to improve the conversion of solar energy. From that point on, the evolution of solar technologies began, eventually leading to the creation of more efficient and powerful solar panels that we use today.

A major theoretical breakthrough occurred at the beginning of the 20th century when Albert Einstein, in 1905, developed a theory that explained the nature of the photovoltaic effect. In his groundbreaking work, he described in detail how photons of light, which are particles of light, free electrons from atoms in a material, thereby creating an electric current. This research not only became the foundation for understanding the photovoltaic effect but also revolutionized the general understanding of light physics. As a result of this work, Albert Einstein was awarded the Nobel Prize in Physics in 1921, underscoring the importance of his contribution to science. The significance of his work cannot be overstated, as it became the foundation for further developments in solar energy. Thanks to these early achievements, scientists were able to develop new technologies that have become an integral part of the energy sector today, opening new possibilities for utilizing renewable energy sources. These technologies, based on principles first described by Einstein, have allowed the creation of more efficient solar panels capable of converting solar energy into electricity with high efficiency, which, in turn, helps reduce dependence on fossil fuels.

The first significant technological leap in the development of solar energy occurred in 1941 when Russell Ohl invented the first silicon photovoltaic cell. This revolutionary invention was a major step forward, as silicon proved to be a much more effective material for photovoltaic devices compared to selenium, which had been used previously. Due to its unique physical and electrical properties, silicon significantly improved the efficiency of converting solar energy into electricity, marking a real breakthrough in the field. This invention paved the way for the creation of modern solar panels, which became more practical and promising for commercial use. Since the advent of silicon elements, solar energy technologies began to develop rapidly, which, in turn, contributed to the development of new technologies in this field. Emphasizing the importance of this achievement, it can be said that it became the foundation for further innovations that allowed for reduced costs in solar panel production and increased their accessibility to the general public, thereby contributing to the popularization of renewable energy sources worldwide.

The development of true modern solar panels began in 1954, when engineers from Bell Labs—Daryl Chapin, Kelvin Fuller, and Gerald Pearson—developed the first efficient silicon photovoltaic cell. This significant breakthrough in technology was made possible due to their persistent research and experiments, which lasted for many years. They achieved an impressive efficiency of 6%, which was a major accomplishment at the time, as prior to this, solar cells had much lower performance. This was the first time that solar panels could produce enough electricity for practical use, opening new horizons for the energy industry. This progress became the foundation for further research and development in solar energy, eventually leading to the creation of more powerful and efficient systems that we use today. Thanks to these innovations, solar energy began to be actively implemented in various sectors, from household use to industrial-scale applications, which helped reduce dependence on traditional energy sources and improve the ecological situation on the planet.

The commercial breakthrough for solar panels occurred in the late 1950s, when they were first used to power satellites, marking an important stage in the development of this technology. In 1958, the Vanguard I satellite became the first spacecraft equipped with solar

batteries that powered its radio transmitters. This innovation not only demonstrated the potential of solar energy but also opened new opportunities for its use in space. The use of solar energy in space became a key factor for the further development of this technology, as it proved reliable in conditions where traditional power sources were unsuitable. Solar panels operating in a vacuum demonstrated their ability to provide stable energy, which was a significant step in the development of space technologies. This success stimulated further research in the field of solar energy, which in turn led to improvements in the production, efficiency, and reliability of solar panels, eventually forming the basis for the modern systems we use today.

In the 1970s, during the global energy crisis, solar technologies began to attract more attention as a potential means of reducing dependence on fossil fuels. This period became an important stage in the development of alternative energy sources, as society realized the need to find new solutions to meet energy needs. Developments in new materials and technologies allowed for a reduction in the cost of producing solar panels, making them more accessible for widespread use. This became possible due to innovations in manufacturing processes, which reduced raw material costs and increased production efficiency. During this time, research into thin-film photovoltaic elements also began, allowing for the creation of lightweight and flexible panels with lower production costs. These new technologies opened up new possibilities for using solar energy in various fields, from household consumption to industrial applications, contributing to the growing popularity of solar panels worldwide. In particular, solar panels began to be used not only in private households but also in large commercial projects, reducing electricity costs. This, in turn, stimulated investments in research and development, leading to further technological advancements in the field.

Since the 2000s, the efficiency of solar panels has continued to increase, and their cost has continued to decrease due to ongoing improvements in production processes and materials. In recent decades, bifacial panels have emerged, which have the unique ability to absorb light from both sides, significantly increasing their overall performance and making them more attractive to consumers. In addition, the development of perovskite cells, which show potential to greatly improve the efficiency of converting solar energy, is opening new horizons for reducing the cost of solar panel production. These innovations not only make the technology more accessible but also promote its popularization among consumers, who are increasingly aware of the advantages of using renewable energy sources. The growing interest in ecological solutions and reducing carbon emissions is also driving the market to implement new technologies. Thus, the development of solar panels is becoming an important element in the transition to a sustainable energy future, providing both economic and ecological benefits.

Today, solar panels are an integral part of energy strategies in many countries, as they help reduce carbon dioxide emissions and enable the production of clean energy. It is important to note that the technology continues to develop, and researchers are actively working on creating even more efficient, affordable, and durable materials for use in solar energy. This

includes not only improving existing technologies but also seeking new solutions that could provide even greater efficiency and reduce environmental impact.

Among these innovations, one can highlight the improvement of photovoltaic elements capable of working in low-light conditions, as well as the development of new energy storage methods, allowing for the most efficient use of produced electricity. In addition, there is increasing interest in integrating solar panels into building architecture, opening up new possibilities for their use. These innovations not only increase the overall productivity of systems but also contribute to reducing energy costs, making solar energy even more attractive to a wide range of consumers.

## **1.2 Bifacial Solar Panels: An Innovative Approach to Energy**

Bifacial solar panels, also known as bi-variant panels, are gaining increasing popularity in the modern energy sector. This rise in popularity is due to their unique ability to effectively generate electrical energy from both sides of the panels. This technology is a real breakthrough in solar energy, as it allows for maximizing the use of sunlight that falls not only on the upper surface but also on the lower surface of the panels. This means that even when sunlight does not directly hit the panels, they can still generate electricity, making them highly efficient.

One of the main advantages of bifacial panels is their ability to increase overall energy productivity. This is especially noticeable in conditions where light is reflected, such as on snow-covered surfaces or light-colored surfaces like concrete or sand. They can provide up to 30% more electricity compared to traditional monofacial panels. This makes them a profitable investment solution for commercial and industrial projects, where maximizing return on investment is important. Investors are increasingly choosing bifacial panels, as they can significantly reduce electricity costs in the long term.

Modern bifacial panels are manufactured using innovative materials such as monocrystalline silicon. This material enhances their efficiency and durability, which are critical factors for long-term use. Moreover, these panels feature an improved design that provides better ventilation and reduces overheating. This, in turn, increases the overall performance of the panels, enabling them to operate at optimal levels even in hot weather, a crucial aspect for regions with high temperatures. The use of bifacial solar panels is particularly relevant for large solar farms and commercial projects, where maximizing energy production within a limited area is important. This technology reduces the need for land as more electricity can be generated from the same space. This is a significant factor in the context of growing demand for renewable energy sources, as many regions have limited land available for solar installations. Bifacial panels are also gaining popularity in the private sector. More households aim to reduce their electricity costs, and with the ability to generate energy even in diffused light, these panels are ideal for regions with variable weather conditions. This makes them

appealing to a wide range of consumers seeking efficient solutions to lower their electricity expenses.

In addition, bifacial solar panels can be integrated into various structures, such as canopies, parking lots, and building roofs. This allows for maximum use of available space, an important aspect for energy provision. It also enhances the aesthetic appeal of properties, as modern panels can be designed in various styles to harmonize with building architecture and landscaping.

The growing popularity of bifacial panels is also driven by advancements in energy storage technologies. These allow for more efficient use of the generated electricity, ensuring greater reliability and stability in power supply. Energy produced during the day can be stored for use at night or during peak demand periods, making the system more flexible and adaptable to consumer needs.

Overall, bifacial solar panels represent an innovative approach to solar energy production. They combine high efficiency, cost-effectiveness, and environmental sustainability, playing a crucial role in the transition to renewable energy sources. This offers a sustainable and profitable option for the future of energy, as the increasing demand for clean energy becomes more pressing amidst global climate change and growing energy consumption. It is worth noting that the implementation of bifacial solar panels can also promote job creation in the renewable energy sector. The growing demand for such technologies drives investments in research, development, and manufacturing, which in turn can lead to the creation of new jobs in this field. This is an important aspect of economic development, as new jobs can help reduce unemployment and improve overall population welfare. Thus, bifacial solar panels not only ensure efficient energy production but also contribute to economic growth and the development of new technologies. They are a significant step towards sustainable development, helping to reduce reliance on fossil fuels and lower greenhouse gas emissions. This, in turn, aids in combating climate change and provides a clean, safe, and affordable energy future for the next generations.

### Bifacial Solar Panels for Residential Buildings

Bifacial solar panels are actively being implemented in residential buildings due to their numerous advantages, which make them highly attractive to consumers. This innovative technology allows for electricity generation from both sides of the panels, significantly increasing their efficiency. This is particularly important for households aiming to reduce electricity costs and enhance their energy autonomy, which is becoming increasingly relevant in today's world. With rising energy prices and global climate change, using such technologies is not only beneficial but also necessary. One of the key features of bifacial panels is their ability to generate up to 30% more electricity compared to traditional single-sided models. This is achieved by utilizing light reflected from surrounding surfaces such as the ground, snow, or even building walls. This

feature makes bifacial panels highly efficient in various conditions, including those where direct sunlight is limited. For example, during winter, when snow reflects sunlight, bifacial panels can continue generating electricity, making them an ideal choice for regions with cold climates.

Installing bifacial panels on residential roofs maximizes the use of available space. This means that even with limited area, more electricity can be produced, reducing the need for additional investments in new solar installations. Thus, households can significantly benefit from using this technology without requiring extensive expenses on additional installation space. This is particularly important in urban areas where space is limited, and energy demand is growing.

Bifacial panels are especially effective in regions with diverse weather conditions. They can produce electricity even in diffused light, making them reliable in conditions where direct sunlight is insufficient. This ensures stable energy supply throughout the year, regardless of the season, which is crucial for achieving energy independence. For instance, on cloudy days or during rain, bifacial panels can still provide households with energy, reducing dependence on traditional energy sources.

This technology can also be integrated into various structures, such as carports, gazebos, or fences, expanding possibilities for energy provision. This enables households to use solar energy even when the roof is unsuitable for panel installation. For example, a carport can not only protect a vehicle but also serve as an efficient source of electricity. This opens new horizons for utilizing solar energy in everyday life, allowing consumers to access energy in a convenient way.

Thanks to modern energy storage systems, such as batteries paired with bifacial panels, households can store excess electricity generated during the day for use at night or during peak demand. This makes the energy supply system more autonomous and stable, which is an essential aspect of ensuring a comfortable life. For example, in the evening, when electricity consumption increases, households can use stored energy, reducing strain on the power grid.

Financially, investments in bifacial solar panels can quickly pay off due to lower electricity costs. Many countries offer government support programs for homeowners adopting renewable energy sources, making this technology even more appealing. As a result, households can not only reduce expenses but also contribute to environmental preservation by using clean, renewable energy. This also supports local economies, as the demand for solar panel installation and maintenance grows.

Bifacial solar panels provide numerous benefits for multi-family residential buildings, making them a modern, innovative, and efficient solution for shared energy use. These panels can generate electricity not only from direct sunlight but also from reflected light, significantly enhancing their productivity. This allows for the most efficient use of limited roof space, which is especially important in urban settings where space is often scarce. The

electricity generated can be used for lighting entrances, elevators, parking lots, and other communal areas, significantly reducing individual utility costs. This enables residents to enjoy lower electricity expenses, a critical aspect of modern living.

Installation of such panels is possible not only on roofs but also on building facades or in the form of canopies over parking areas. This allows not only to increase the area for energy generation but also to integrate the panels into the architectural design of the building, making it more attractive and modern. Thanks to this, residents can enjoy not only economic benefits but also the aesthetic appearance of their homes. It is important to note that modern technologies allow the creation of panels that harmoniously fit into the overall style of the building, emphasizing its individuality.

In urban conditions, bifacial panels effectively utilize reflected light coming from neighboring buildings or from the ground surface. This ensures stable electricity production even under conditions of partial shading, which is a common phenomenon in densely populated areas. Such a solution not only reduces residents' energy dependence on centralized electricity suppliers but also increases the autonomy of the house in case of emergencies when access to electricity may be limited. This is especially important in conditions where energy systems may experience failures, and residents may be left without electricity for extended periods.

The innovative energy-efficient technology underlying bifacial panels also contributes to reducing the building's carbon footprint. This aligns with modern environmental standards and sustainable development requirements, which are becoming increasingly important in our time. In the context of global climate change and growing attention to environmental issues, the use of such technologies becomes not only profitable but also a responsible step. The implementation of eco-friendly technologies in everyday life is an essential aspect of preserving the environment for future generations.

The use of bifacial panels makes apartment buildings more attractive to potential residents or buyers. This reflects a modern approach to energy supply and care for the comfort and well-being of residents. In addition, the panels help reduce the thermal load on the building in summer, which, in turn, lowers air conditioning costs. This is particularly important in hot summer conditions when cooling costs can significantly impact household budgets.

The financial advantages become apparent through reduced electricity costs. Combined with government support programs or tax incentives, investments in such systems pay off much faster than traditional energy supply methods. This makes bifacial solar panels not only a profitable but also a smart choice for apartment buildings. Thus, the integration of bifacial solar panels into apartment buildings is a progressive step that combines economic benefits, resident comfort, and environmental responsibility. It is not only an investment in the future but also an important contribution to preserving the environment for future generations.

Furthermore, it is important to note that the implementation of such technologies can act as a catalyst for the development of new business opportunities in the field of renewable

energy. This may lead to the creation of new jobs in the installation, maintenance, and repair of solar panels, which, in turn, will contribute to the economic growth of the region. Thus, bifacial solar panels not only improve the quality of life for residents but also foster the development of the local economy.

Therefore, bifacial solar panels are not only a technological achievement but also an important element in creating a sustainable and comfortable living environment. They provide economic benefits, reduce the environmental footprint, increase energy independence, and make homes more attractive to residents. In the modern world, where energy security and environmental responsibility are becoming increasingly relevant issues, the use of such innovative solutions is a necessary step towards ensuring a comfortable and sustainable future.

#### **1.4 Advantages of bifacial solar panels compared to traditional ones.**

Bifacial solar panels represent an extremely innovative approach to electricity generation, which has significant advantages compared to traditional monofacial models. These panels can effectively generate energy from both sides, opening new opportunities for energy supply and increasing the overall efficiency of solar energy utilization. Due to their design, bifacial panels can capture sunlight reflected from surfaces such as the ground or buildings, allowing for an increase in the total amount of generated electricity. This makes them an ideal choice for various conditions, including limited spaces where it is important to make the most of available resources.

**Increased productivity:** One of the most significant advantages of bifacial panels is their ability to produce 20-30% more electricity compared to monofacial models. This is achieved through the use of light reflected from surrounding surfaces, such as the ground, asphalt, or snow. Thanks to this unique feature, bifacial panels become particularly effective in conditions where direct sunlight may be limited, such as on cloudy days or in winter when the sun does not shine as brightly as in summer. This makes them an ideal choice for regions with variable weather, where traditional panels may not provide sufficient productivity. Bifacial panels can adapt to various environmental conditions, allowing them to make the most of available light. They can also be installed in places with limited space, where maximizing efficiency is crucial. Thus, bifacial solar panels not only enhance overall productivity but also contribute to a more sustainable use of energy, making them an important element in the transition to renewable energy sources.

**Space-saving:** With higher productivity, bifacial panels allow for the maximum use of available space, which is an extremely important aspect for many households and businesses that have limited areas for installing solar systems. This is especially relevant in the modern world, where every square meter can be of great significance. By reducing the need for additional installations, owners can significantly lower installation and maintenance costs, which in turn makes solar energy use more economically viable and accessible to a broader range of consumers. This also means that more people can access renewable energy sources, even if they do not have a large area for installing traditional panels. Thus, bifacial panels

not only promote space savings but also open new opportunities for those seeking to transition to ecological energy sources while ensuring efficiency and convenience of use. This makes them an important element in the development of a sustainable energy future.

**Better adaptability to weather conditions:** Bifacial panels demonstrate high efficiency in various climatic conditions, making them extremely versatile. They can generate electricity even in diffuse light, which is an important factor for ensuring a reliable energy source in regions with unpredictable weather. This provides stable energy supply throughout the year, regardless of the season or weather conditions, which is critically important for consumers who rely on continuous electricity supply. For example, in rainy weather or fog, when sunlight is not intense, bifacial panels can still provide a significant amount of electricity. This makes them extremely useful for consumers who need stable energy supply, even in unfavorable conditions. Due to their ability to adapt to different weather situations, bifacial panels become an ideal choice for those looking to reduce dependence on traditional energy sources and ensure eco-friendly energy supply at any time of the year.

**Durability and reliability:** Many bifacial panels are made from high-quality, corrosion-resistant materials, ensuring a long service life. These materials typically have increased resistance to various external influences, making them ideal for use in environments where the panels are subjected to aggressive conditions. They often undergo rigorous testing for durability against mechanical loads, hail, strong winds, and other external impacts, making them reliable in various operating conditions. This means that investing in such panels can be beneficial in the long term, as they require less maintenance and have a lower risk of breakdowns. Thanks to their design, bifacial panels can withstand extreme weather conditions, making them a reliable choice for consumers seeking stability and safety in energy supply.

**Flexibility in application:** Bifacial panels can be installed not only on roofs but also in other structures such as carports, gazebos, fences, and even within architectural solutions for buildings. This provides the opportunity to generate electrical energy even in cases where traditional panels cannot be used. For example, they can be integrated into landscape design or used in commercial buildings, allowing for the most effective use of available space. Due to their versatility, bifacial panels can be adapted to various projects, making them attractive to architects and designers who seek to create aesthetically pleasing and functional solutions. This opens new opportunities for utilizing solar energy in various fields, contributing to the growing popularity of such technologies.

**Reduction of carbon footprint:** The use of bifacial panels significantly contributes to the overall reduction of the carbon footprint since they allow for generating more electrical energy on smaller areas, which is an important aspect in the modern world. This reduces dependence on fossil fuels such as coal, oil, and natural gas, and promotes the transition to more sustainable forms of energy that do not harm the environment. Reducing carbon emissions is an important step in combating climate change, and bifacial panels can become an important tool in this struggle, as they can effectively utilize solar energy even in limited

space conditions. This not only lowers the carbon footprint but also increases the overall efficiency of energy systems.

**Integration with energy storage systems:** The combination of bifacial panels with batteries provides the ability to store excess electricity generated during the day for use at night or during peak load periods. This enhances the energy independence of households and businesses, as it allows for optimizing electricity costs. For example, owners can use stored energy during hours when electricity rates are highest, allowing them to lower their overall energy resource costs. Thus, the integration of bifacial panels with energy storage systems not only improves energy utilization efficiency but also contributes to cost savings, making them even more attractive to consumers.

**Financial benefits:** Investments in bifacial panels can pay off quickly due to significant increases in electricity production, as well as reduced electricity costs, which is an important aspect for many households and businesses. Many governments worldwide also offer various subsidy programs and tax incentives that promote the use of renewable energy sources, making this technology even more attractive to investors. This may include not only discounts on panel purchases but also tax credits that help significantly reduce initial installation costs. Thus, the financial benefits of using bifacial panels become evident as they not only reduce electricity costs but also provide opportunities for additional financial advantages through government support programs.

Thanks to these numerous advantages provided by bifacial solar panels, they become not only a significant technological achievement but also an important step towards sustainable development. These panels enable households and businesses to reduce their energy costs, which is critically important in the modern world where energy costs are constantly rising. In addition, they contribute to environmental protection by reducing carbon emissions and other pollutants. In the context of global climate changes that require urgent action and the growing demand for clean energy, bifacial panels can



Figure 1.1 - Bifacial solar panels.

In summary of the first chapter, it can be concluded that the key feature of bifacial solar panels compared to standard ones lies in their design and ability to convert solar energy more efficiently. Standard solar panels operate with only one side, which captures direct sunlight. In contrast, bifacial panels can generate electricity from both surfaces: the front side absorbs direct solar radiation, while the rear side utilizes light reflected from surfaces beneath and around the panels. This provides a significant increase in overall efficiency, especially under conditions of strong light reflection, such as from snow cover, sandy surfaces, concrete, or bodies of water. Due to this characteristic, bifacial panels generate 30% more energy compared to conventional panels on the same area. This makes them optimal for areas with unstable weather or limited installation space. They also demonstrate high performance in diffused lighting, which is particularly valuable in cloudy conditions or partial shading. An additional advantage is the expanded installation options. Bifacial panels can be installed not only on horizontal surfaces like roofs but also vertically on building walls, fences, solar awnings, or special structures, making them versatile for various projects. This installation flexibility creates new opportunities for architectural integration and rational space utilization. From a technical perspective, bifacial panels are typically made from high-quality materials, including double glass and other durable elements, which enhance their longevity and resistance to natural factors. This ensures a longer service life compared to conventional models. Thus, the main difference between bifacial panels and traditional ones lies in their ability to generate electricity from both sides, providing higher productivity, installation flexibility, adaptability to different conditions, and more efficient use of renewable energy.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції  
**«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:**  
**ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»**

20 грудня 2024 року



**Полтава 2024**

<b><i>В.О. Пантєлєєв</i></b> ІНТЕГРОВАННИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ІНЦИДЕНТІВ.....	35
<b><i>С.В. Індик, В.В. Панич</i></b> ПРОЄКТУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ.....	37
<b><i>М.В. Обілець, Р.В. Захарченко</i></b> ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОСТОРОННІХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПРАКТИЧНОМУ ДОСЛІДІ.....	39
<b><i>А.В. Марчук</i></b> СЕРВІСИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ З ОБ'ЄКТНИМИ ХМАРНИМИ СХОВИЩАМИ.....	41
<b><i>О.С. Марченко, В.М. Галай</i></b> РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕВАТОРОМ.....	43
<b><i>О.В. Шефер, В.І. Романенко</i></b> ПОБУДОВА СЕНСОРНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИТОКУ ГАЗУ З ГАЗОПРОВОДУ.....	45
<b><i>І.М. Дюдюк, О.С. Фомін</i></b> УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З ПІДВИЩЕНОЮ ЗАВАДОСТІЙКІСТЮ.....	47
<b><i>О.В. Шефер, С.В. Мигаль</i></b> ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ 5G ТА 6G В КОНТЕКСТІ СПОЖИВЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	49
<b><i>О.Г. Дрючко, О.В. Сухоребрий, О.О. Куденко</i></b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАКТУ OTN DWDM.....	51
<b><i>С.Г. Кислиця, С.І. Демус</i></b> РОЗВИТОК МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ МАЙБУТНЬОГО ПОКОЛІННЯ.....	54
<b><i>О.В. Шефер, І.П. Плюйко, Я.О. Зоць</i></b> ПРИНЦИПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІД ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВПЛИВІВ.....	56
<b><i>С.Г. Кислиця, Н.М. Слепченко</i></b> ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ.....	58
<b><i>С.С. Удовик</i></b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ Li-Fi ДЛЯ ПОБУДОВИ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА.....	60

Сучасні тенденції в проектуванні корпоративних мереж орієнтовані на застосування новітніх технологій, таких як 5G, хмарні обчислення, штучний інтелект та Інтернет речей. Інтеграція цих технологій у розподілені мережі дозволяє значно збільшити швидкість обміну даними, забезпечити безпеку на новому рівні, а також оптимізувати використання ресурсів.

Дослідження вказують на важливість комплексного підходу до проектування розподілених корпоративних мереж, що враховує як вимоги безпеки, так і ефективність використання ресурсів. Розробка оптимальних топологій, впровадження систем безпеки, а також технологій для управління трафіком і балансування навантаження дозволяє значно покращити продуктивність і надійність таких мереж. Отримані результати можуть бути використані для проектування мереж у компаніях, що мають потребу в безпечному та ефективному обміні даними між віддаленими підрозділами, а також для подальших досліджень у сфері оптимізації мережевих архітектур у великих організаціях.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Kent S., Seo K. *Security Architecture for the Internet Protocol (RFC 4301)* [Електронний ресурс] / *Internet Engineering Task Force*. – 2005. – Режим доступу: <https://www.ietf.org/rfc/rfc4301.txt>.
2. Kosiur D. *IPSec: The New Security Standard for the Internet, Intranets, and Virtual Private Networks*. – Prentice Hall, 2000. – 320 с.
3. Cisco Systems. *Cisco IPsec VPN Design Guide* [Електронний ресурс] / Cisco Systems, Inc. – 2018. – Режим доступу: <https://www.cisco.com>.

### DESIGN OF A DISTRIBUTED CORPORATE NETWORK

*S. Indyk, PhD (Engineering), Associate Professor,*

*V. Panych, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 620.91:621.311.243**

*М.В. Обілець, магістрант,*

*Р.В. Захарченко, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОСТОРОННІХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПРАКТИЧНОМУ ДОСЛІДІ

Сонячні панелі широко увійшли в нашу буденність. Вони використовуються в домашніх приладах (світильниках, калькуляторах) слугують доповненням для портативних джерел електроенергії (повербанки, зарядні станції) а також відіграють чималу роль в енергетиці.

З розвитком технологій, модернізуються і самі панелі, підвищується їхнє ККД та термін служби до зменшення продуктивності (деградації кремнію). Одним з можливих варіантів збільшення потужності на ту ж саму площу є двосторонні сонячні панелі. Таке рішення дозволяє отримати з модуля більше енергії, що є дуже корисним для обмеженого місця встановлення.

Для розуміння вигоди та фактичних переваг, що можна отримати проведено дослід з використанням трьох панелей потужністю 3,5 Вт, максимальним струмом 7 В та струмом 0,5 А. Для імітації двосторонньої панелі з'єднано два елементи внутрішніми сторонами один до іншого. Третя панель одностороння та взята для порівняння. Панелі встановлено на даху чотирьох поверхової будівлі з плоскою покрівлею. Для об'єктивного розуміння генерації експеримент тривав протягом 24 годин.

Для збору даних обрано контролер МСД-200. Він записував параметри експерименту – поточний час та генерований струм. Результати експерименту зображені на графіку:

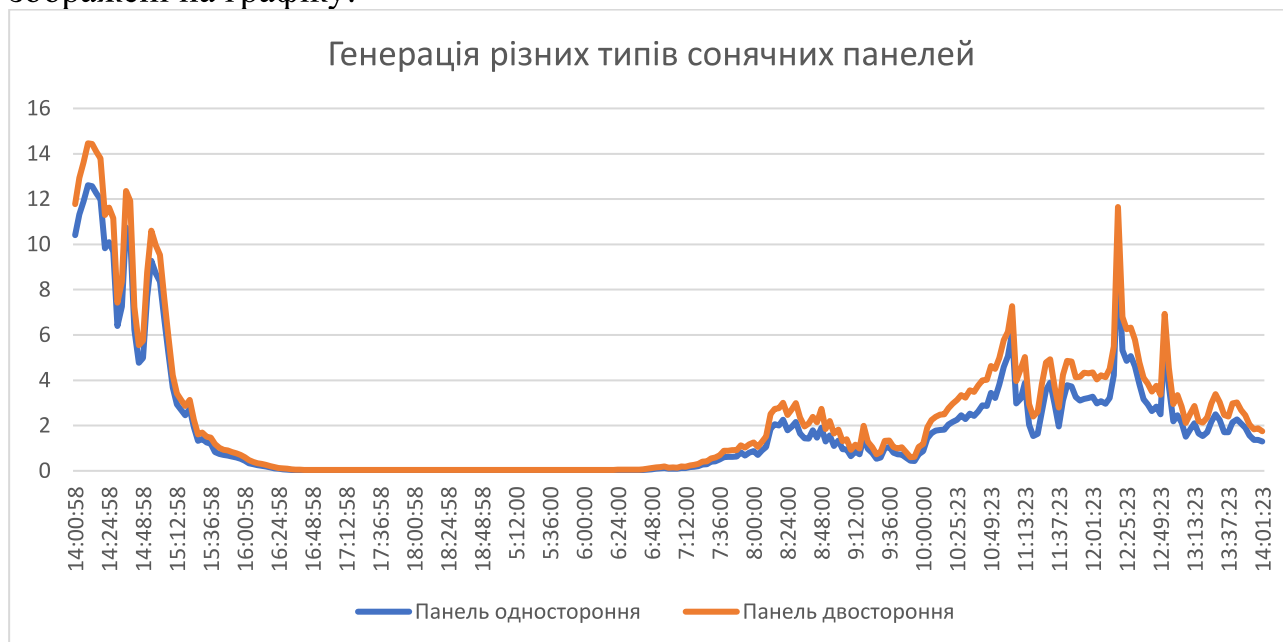


Рис. 1. Порівняння генерації різних типів панелей

З отриманих результатів видно переваги двосторонніх сонячних панелей:

- більш ефективне використання площі;
- приріст ККД в середньому на 14%.

Це дозволяє отримати більше енергії, яку можна накопичувати в акумуляторних батареях та використовувати на резервні потреби важливих систем таких як зв'язок, інтернет та освітлення. Що в сьогоднішніх реаліях життя дуже актуально.

Якщо розглядати з економічної точки зору, то обирати одразу двосторонні сонячні панелі на дахи будинків та фасади стає вигідно, так як ціна в порівнянні із звичайними панелями не надто відмінна (в середньому на 5-10%), а у

довгостроковій перспективі це значно підвищує кількість згенерованої електроенергії.

Дослідження показало, що двосторонні сонячні панелі вигідно обирати та встановлювати вже зараз.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Науковий колектив Центру Разумкова. "Перспективні технології фотоелектричної сонячної енергетики": Київ, Центр Разумкова: 2021 рік

2. Збірник матеріалів конференції "Новітні технології в енергетиці" колектив Тернопільського національного технічного університету, Тернопіль, ТНТУ, 2020 рік.

### DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF DOUBLE-SIDED SOLAR PANELS IN A PRACTICAL EXPERIMENT

*M. Obilets, Master's Student,*

*R. Zakharchenko, PhD, Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 004.8**

*А.В. Марчук, к.т.н.*

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

### СЕРВІСИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ З ОБ'ЄКТНИМИ ХМАРНИМИ СХОВИЩАМИ

В сучасному інформаційному середовищі спостерігається стрімке зростання обсягів даних, які потребують надійного зберігання та ефективної обробки. Хмарні сховища даних відіграють ключову роль у вирішенні цих завдань. Одним з важливих напрямків розвитку хмарних сховищ є їх інтеграція з сервісами інтелектуальної обробки даних [1-4]. Актуальність теми обумовлена потребою в розробці рекомендацій щодо вибору сервісів для інтелектуальної обробки даних, які інтегровані з об'єктними хмарними сховищами. Кількість і склад таких сервісів постійно зростає.

Проведемо аналіз можливостей інтелектуальної обробки даних в хмарних сховищах найбільш відомих хмарних провайдерів: Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP) та Oracle Cloud Infrastructure (OCI). Кожен з них має свої реалізації об'єктних сховищ: AWS S3, Azure Blob Storage, Google Cloud Storage, OCI Object Storage. Всі вони можуть інтегруватись з різноманітними сервісами інтелектуальної обробки даних відповідного провайдера. Для зручності нашого аналізу та рекомендацій розіб'ємо їх на групи за призначенням.

Обробка текстових даних включає розпізнавання тексту з документів та витягування корисної інформації, такої як імена, дати, адреси, а також аналіз

Міністерство освіти та науки України  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

**Дослідження ефективності використання  
двосторонніх сонячних панелей в умовах  
багатоповерхового будинку**

Кваліфікаційна робота магістра

Виконав:

Студент групи 2-мМЕ

Обілець М.В.

Керівник:

доцент, канд. техн. наук

Захарченко Р.В.

Полтава 2025

Метою роботи дослідити реальну ефективність використання двосторонніх сонячних панелей в порівнянні з класичними варіантами. Для цього я провів реальний дослід з порівнянням цих двох систем. Для виконання поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні завдання:

- Ознайомитись з типами та видами двосторонніх панелей;
- Провести реальний дослід ефективності різних типів панелей;
- Підібрати електрообладнання та матеріали на основі прийнятих технологічних рішень;
- Розрахувати електричні навантаження системи;

**Об'єкт дослідження** – ефективність використання двосторонніх сонячних панелей в умовах житлового будинку.

**Предмет дослідження** – двосторонні сонячні панелі та їх переваги у порівнянні зі звичайними панелями.

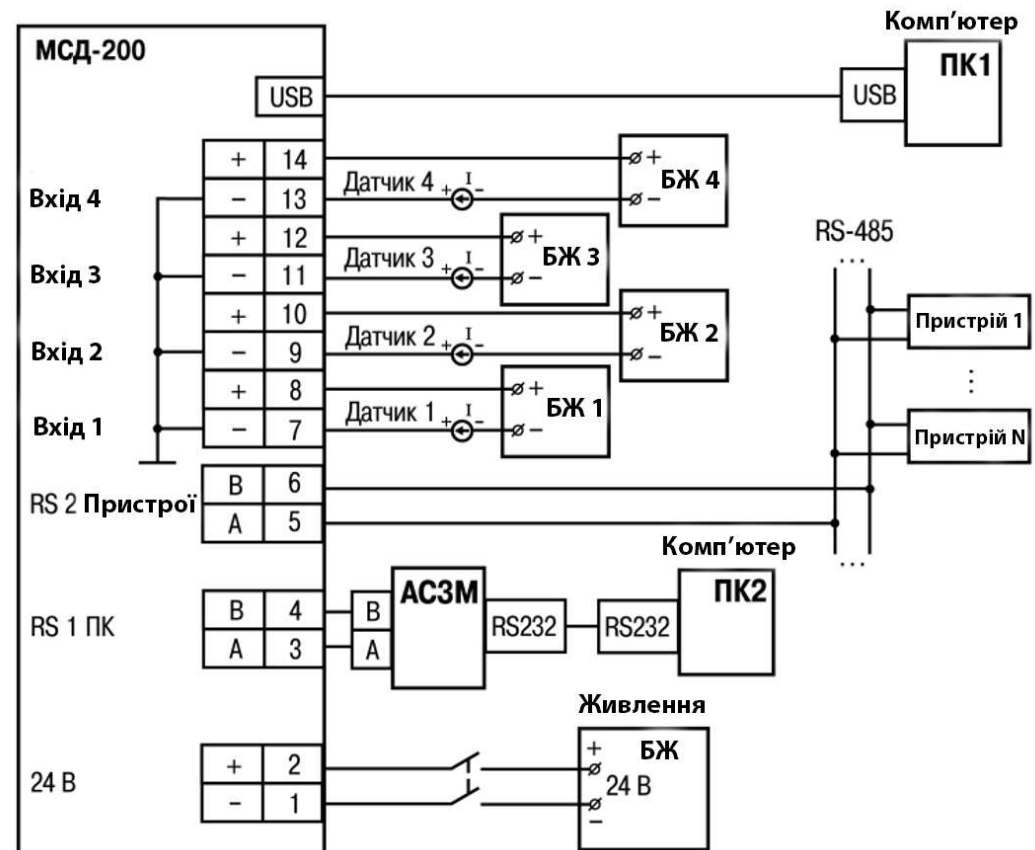
## Двосторонні сонячні панелі



## Дослідження ефективності на практиці

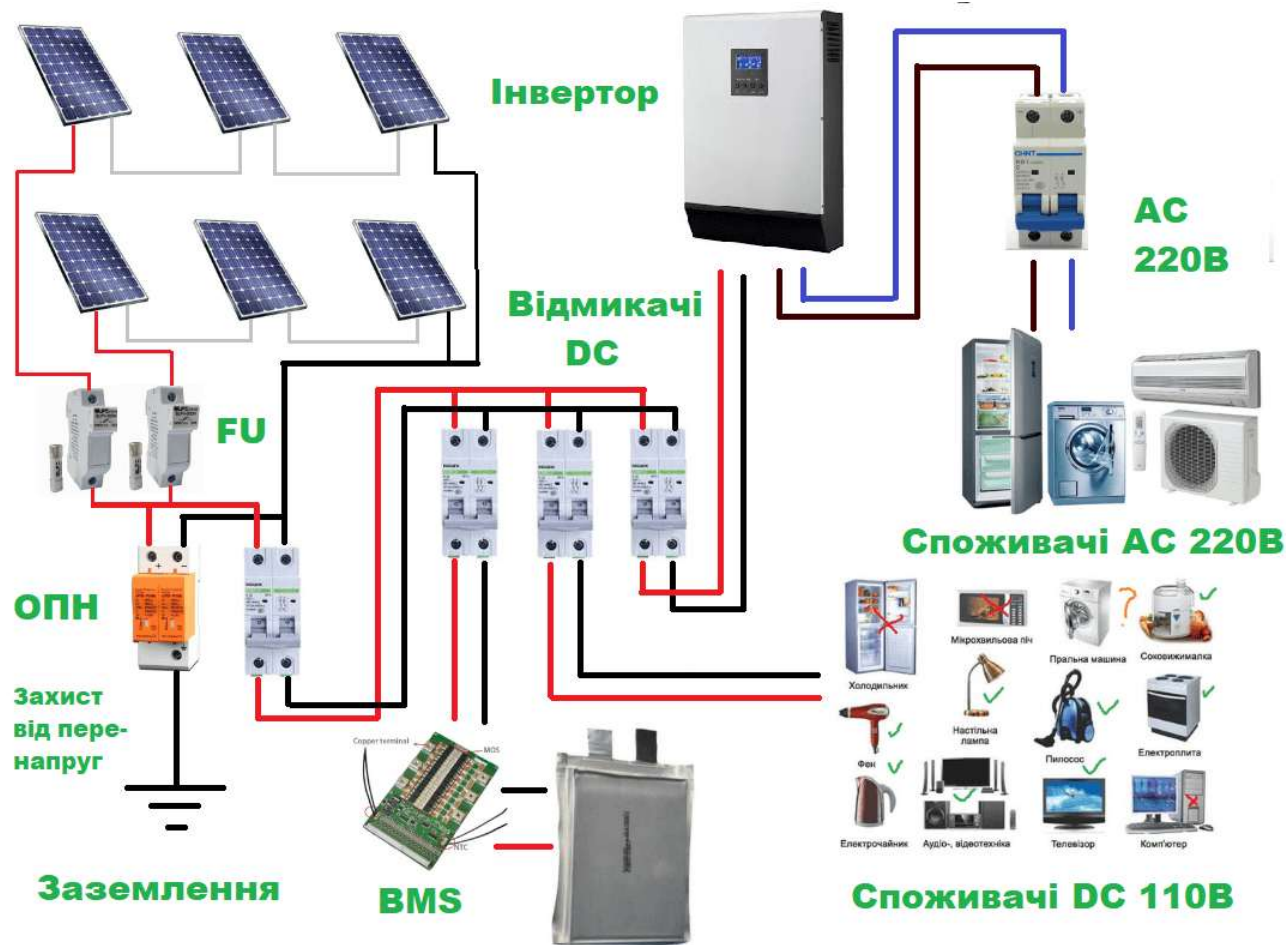


# Підключення контролера до панелей для досліду



# Загальна схема підключення системи сонячних панелей в житловому будинку

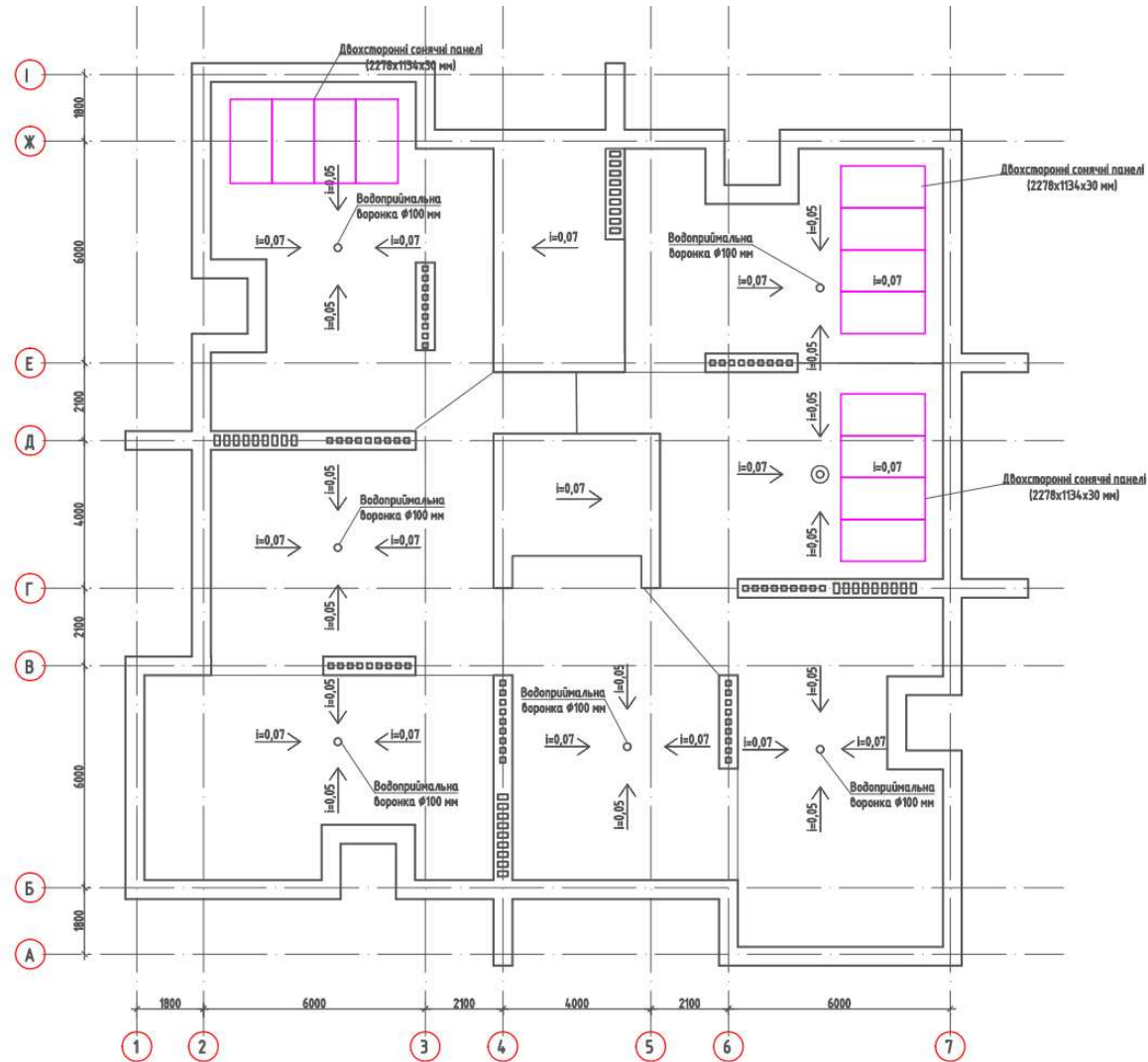
6



# Розміщення сонячних панелей на фасаді будинку



# Розміщення сонячних панелей на даху будинку



# Висновки

- Двосторонні сонячні панелі зараз активно з'являються на ринку. Провівши дослід я побачив, що різниця між двосторонніми та односторонніми системами може бути до 20%. Враховуючи різницю у складності монтажу та вартості двосторонніх модулів у порівнянні зі звичайними видно, що двосторонні панелі є більш оптимальним вибором.
- За рахунок збільшеної кількості генеруючої енергії та одну і ту ж займану площу, двосторонні панелі надають можливість зробити систему набагато більшої потужності та стійкості у порівнянні зі звичайними модулями. Саме через це обрана система чудово підходить для багатоповерхових житлових будинків. Встановлення панелей робить їх більш футуристичними та надає чималі переваги при відключеннях світла. Під час централізованого електропостачання така система надає можливість отримувати додаткові фінанси з продажу електроенергії по зеленому тарифу які можна витратити на розвиток прилеглої території чи покращення інших умов проживання.