

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент Чепіжний А.В.

ДИПЛОМНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження захисних покриттів для сонячних панелей»

Виконав

(підпис)

Скрипка С.О.
(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС 2301-2м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Чепіжний А.В.
(прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

«_____» _____ 202__ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Скрипка Сергій Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження захисних покриттів для сонячних панелей

керівник роботи: Чепіжний Андрій Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «26» 02 2024 р. № 572/ос

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «11» 11 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи показники з роботи сонячних панелей, технічні характеристики обладнання, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти, постанови

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Вступ.

1. Особливості використання сонячних панелей.

2. Аналіз основних факторів, що впливають на ефективність захисних покриттів сонячної панелі.

3. Дослідження захисних скляних покриттів сонячних панелей.

4. Охорона праці.

5. Економічне обґрунтування.

Висновки та пропозиції.

Список використаної літератури.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.08.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
3	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 28.08.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 16.09.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 14.10.2024 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 4»	до 21.10.2024 р.	
8	Написання висновків та пропозицій	до 28.10.2024 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Скрипка С.О.)

(прізвище, ініціали)

**(Науковий) керівник
дипломної роботи**

(підпис)

(Чепіжний А.В.)

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Дослідження захисних покриттів для сонячних панелей. Магістерська робота / Скрипка Сергій Олександрович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 36 с.

В роботі виконано аналіз основних особливостей роботи сонячних панелей різноманітних типів. Також наведено особливості генерування електроенергії сонячними електростанціями при умовах використання їх на території України.

Проведено аналіз основних факторів, що впливає на ефективність їх роботи відповідно до типів покриттів. Виконано аналіз особливостей проведення робіт з обслуговування сонячних панелей.

Виконано аналіз особливостей просвітлюючих плівок для підвищення ефективності поглинання сонячного опромінення. При цьому враховано особливість впливу на показники ефективності роботи сонячних панелей та впливу на коефіцієнт корисної дії сонячної електростанції.

В роботі проведено аналіз основних заходів з охорони праці та наведено особливості економічної оцінки побудови сонячної електростанції.

Ключові слова: сонячна панель, коефіцієнт відбиття, сонячні промені, ККД, ефективність, просвітлюючі плівки, відбивання, захисне покриття.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	7
1.1 Генерування електроенергії сонячними панелями.....	7
1.2 Аналіз основних типів сонячних панелей.....	10
1.3 Будова сонячних панелей.....	12
Висновки до розділу.....	13
2 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ.....	14
2.1 Аналіз особливостей обслуговування сонячних панелей.....	14
2.2 Особливості використання просвітлюючих покриттів для захисних елементів сонячної панелі.....	18
2.3 Особливості скляного покриття сонячних панелей.....	20
Висновки до розділу.....	23
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ СКЛЯНИХ ПОКРИТТІВ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	24
3.1 Особливості застосування одношарового покриття.....	24
3.2 Особливості методики визначення просвітлюючих покриттів для скляних поверхонь сонячних панелей.....	27
Висновки до розділу.....	29
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	31
Висновки до розділу.....	32
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	33
Висновок до розділу.....	34
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	37

ВСТУП

Актуальність теми. Сонячна енергетика, на сьогодні дає можливість отримання певного забезпечення електричною енергією різноманітні об'єкти.

Необхідно зазначити, що ефективність роботи сонячних панелей фактично повністю залежить від захисного покриття. В сонячних панелях використовуються в основному скляні покриття. При цьому до даних скляних покриттів ставляться доволі жорсткі вимоги.

Першочерговою вимогою є забезпечення необхідного захисту сонячної панелі та її основних елементів. Основними типами захисту є захист від опадів та різноманітних механічних пошкоджень, що можуть бути викликані градом.

Окрім механічного захисту необхідно враховувати захист від хімічних середовищ, що можуть наносити значну руйнацію елементів кремнію та інших елементів сонячної панелі.

Забезпечення подібного ефекту може бути досягнуто з використанням скляного загартованого покриття. При цьому необхідною умовою є забезпечення ефективного просвітлення скла. Виходячи з цього вартість скляного покриття значно зростає. необхідно зазначити, що скло має також певну величину коефіцієнту відбивання сонячних променів. А отже необхідною умовою окрім захисних функцій є ефективне забезпечення зменшення відбитого сонячного опромінення.

Зменшення коефіцієнту відбивання скла можливе з використанням різноманітних плівок, що дозволяють вирішити питання оптичного ефекту для захисних скляних покриттів сонячних панелей.

Виходячи з подібної складності захисного скляного покриття має доволі велику актуальність та проведення подальшого дослідження.

Мета та задачі дослідження. Метою проведення дослідження є визначення параметрів захисних покриттів сонячної панелі з врахуванням їх основних показників.

Для проведення дослідження нами пропонується вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати особливості роботи сонячних панелей та визначити їх загальну будову.
2. Визначити основні вимоги, яким відповідають захисні покриття сонячних панелей.
3. Провести аналіз основних покриттів для зменшення ефекту відбивання сонячного світла.
4. Визначити основні параметри різноманітних показників ефективності нанесених шарів для скляної поверхні.

Об'єктом дослідження в роботі є скляні захисні покриття сонячних панелей, що сприяють забезпеченню ефективності роботи сонячної панелі.

Предметом дослідження в роботі є показники прозорості скляних захисних поверхонь сонячної панелі.

Методи дослідження. В роботі використовувались емпіричні методи, фотоелектричні методи дослідження з використанням органолептичних методів аналізу. Для побудови основних графічних залежностей використовувались графічні методи з використанням математичного аналізу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в визначенні основних параметрів захисних покриттів при виборі сонячних панелей для різноманітних цілей.

1 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

1.1 Генерування електроенергії сонячними панелями

Сьогодні доволі розповсюдженим є використання сонячних панелей в якості джерел живлення основних об'єктів в різних сферах діяльності людини. Фактично найбільш простим поясненням роботи сонячних панелей є перетворення сонячної радіації в електричну енергію.

Станом на сьогодні спостерігається доволі велика кількість різноманітних типів сонячних панелей. При цьому основним розподілом їх є використання різноманітних типів кристалів, таких як монокристали та полікристали. Кристали складаються фактично з різноманітних шарів матеріалів кремнію, фосфору та бору. При цьому фосфор забезпечує генерування негативних зарядів, а бор відповідно генерування позитивних зарядів. В результаті поглинання сонячними панелями фотонів отриманих від сонця спостерігається ініціація електричного струму в вищеназваних матеріалах.

Отримана енергія від фотонів дає можливість електронам виходити з їх атомних орбіт з подальшим виходом в електричне поле. Далі вільні електрони формуються в направлений струм. Подібний процес відомий на сьогодні як фотоелектричний ефект, який пояснюється на сьогодні схемою, наведеною на рисунку 1.1.

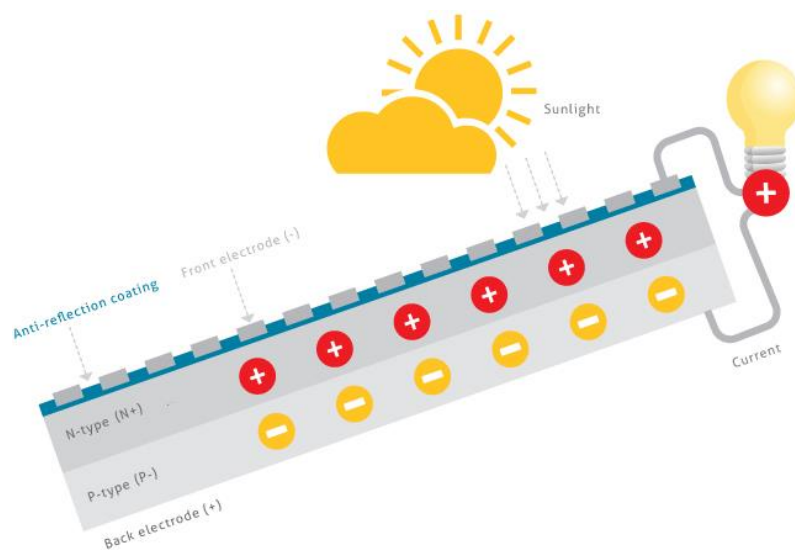


Рисунок 1.1 – Схема виникнення фотоелектричного ефекту

Для гарно виконаного рішення енергоефективності використання сонячних панелей необхідною умовою є значне генерування електроенергії в денний період часу з подальшим споживанням електричної енергії в нічний час. При цьому також не менш важливим є питання забезпечення електроенергією в денний проміжок часу.

За умови використання мережевих сонячних електростанцій можливо використання зеленого тарифу, що дозволяє отримувати пасивний дохід від продажу електроенергії. Але необхідно зауважити, що використання автономних сонячних електростанцій не дозволяє використання зеленого тарифу для продажу електроенергії в мережу.

Додатково необхідною умовою використання зеленого тарифу є закладання даної функції ще на етапі будівництва сонячної електростанції.

Основними компонентами сонячної електростанції є акумулятори, контролери заряду, сонячні панелі та інші конструкції. Загальна схема основних елементів сонячної електростанції наведено на рисунку 1.2.

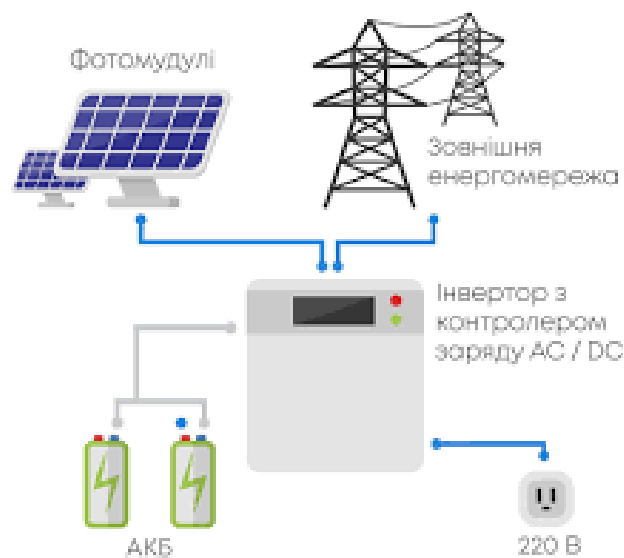


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд сонячної електростанції та основних її елементів

Сонячні панелі генерують певну кількість електроенергії, що є постійним струмом. Далі постійний струм поступає на інвертор, де

виконується заряджання акумуляторів, або передається одразу на продаж до мережі.

Від акумуляторів електрична енергія подається на інвертор, де виконується перетворення постійного струму на змінний та далі подається на живлення електроприладів будинків чи інших приміщень.

Наступним кроком є необхідність використання сонячних панелей, а для їх аналізу необхідною умовою є визначення особливостей їх роботи, що впливає на їх ефективність роботи. Виходячи з цього необхідно враховувати, що кожна сонячна панель складається з двох типів різних напівпровідників.

Це фактично два різних шари:

- перший шар – n-шар, що має зайві електрони;
- другий шар – p-шар, що має недостатню кількість електронів.

Така конструкція сонячних панелей працює наступним чином, що при потраплянні сонячних променів на n-шар вивільняються електрони залишаючи свої атоми. Далі дані електрони переміщуються до p-шару з вільними місцями для відокремлених електронів з першого шару. Виходячи з цього формується певний рух електронів по певному колу, що є замкненим. дане замкнуте коло сформовано фактично акумуляторною батареєю та фотоелементами. Подібний рух електронів фактично виконує заряджання акумуляторних батарей. Особливості формування заряду та загальну роботу сонячної електростанції наведено на рисунку 1.3.

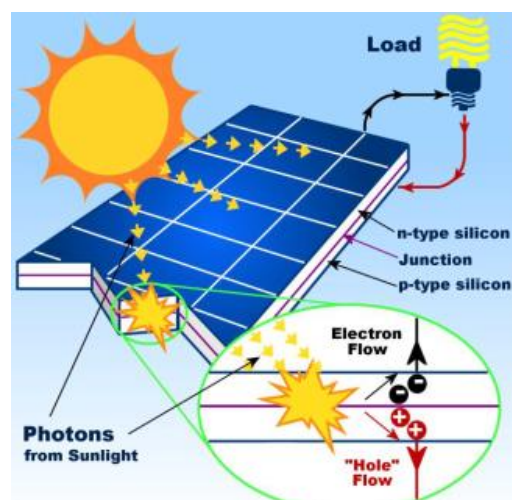


Рисунок 1.3 – Загальна схема роботи сонячної панелі з виробітком електричної енергії

1.2 Аналіз основних типів сонячних панелей

Як зазначалось першочергово використовуються на сьогодні доволі велика кількість різноманітних сонячних панелей. При цьому першочергово вони розподіляються відповідно на монокристалічні та полікристалічні сонячні панелі. Основним матеріалом з якого виготовляються кристали сонячних панелей є кремній або аморфний кремній. При цьому всі елементи виготовлення полікристалічної сонячної панелі та їх осередків повинні бути з'єднані між собою.

Дещо інший ефект спостерігається при використанні монокристалічних панелей, адже вони максимально виготовляються з найбільш чистого кремнію. Даний тип кремнію для сонячних панелей видобувається фактично по методу Чохральського. Після формування кристалу даним методом та затвердіння його розрізають на максимальну кількість пластин з товщиною від 250 до 300 мкм. Для забезпечення гарної провідності даного кристалу необхідною умовою подальшої їх роботи є встановлення металевої сітки, що виконує функції електродів.

Виходячи з цього полікристалічні сонячні панелі мають меншу вартість, але при цьому необхідно зазначити, що вони мають менший ККД. При цьому монокристалічні сонячні панелі є доволі дорогі, але з основних їх плюсів є те, що вони мають максимально можливий ККД. ККД монокристалічних сонячних панелей фактично лежить в межах від 17 до 22 %.

В загальному випадку для визначення основних відмінностей між сонячними панелями з полікристалів чи монокристалів можна зорієнтуватись навіть на зоровий ефект. Монокристалічні сонячні панелі мають більш темний колір (рис. 1.4).

Додатково необхідно зазначити, що на сьогодні також доволі широко застосовуються при виготовленні кристалів аморфний кремній, але дані сонячні панелі є не дуже розповсюджені на ринку.

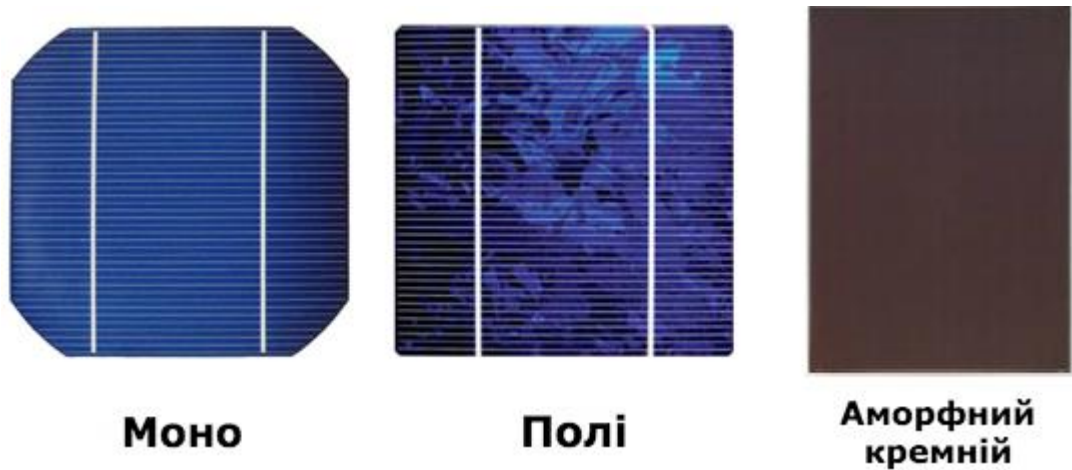


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд сонячних панелей з монокристалами та полікрystalами

Виготовлення полікрystalічних сонячних кристалів потребує після розплавлення кремнію повільного його охолодження. При цьому подібна технологія є значно дешевшою та енергозатратною. Після отримання кристалів, як і в попередньому випадку виконують пронизування їх металевими елементами, що в подальшому виконують функцію електропроводів. Даний тип сонячних панелей має доволі невеликий ККД, що знаходиться в межах від 12 до 18 %. Подібна величина ККД в деяких випадках може мати певні критичні значення, що обмежує фактично їх використання.

Основною проблемою такого низького ККД є те, що в середині кристалу кремнію можуть утворюватись області, що мають зернисті області, які і призводять до ефекту зменшення ККД.

Як зазначалось вище, на рисунку 1.4 також наведені сонячні панелі з аморфного кремнію. При цьому відповідно до матеріалу, що використовується в них вони належать до кремнієвих. Але при цьому відповідно до принципу їх виготовлення вони належать до плівкових типів матеріалів.

Плівкові сонячні панелі мають дуже низький ККД, що лежить в межах до 6 %. Основним плюсом даних плівкових матеріалів, є те, що їх можна гнути та огортати певного роду поверхні.

При цьому в похмуру погоду даний тип сонячних панелей мають доволі низький ККД, але він може бути навіть вищим в порівнянні з сонячними

панелями виготовленими з монокристалів. Загальний вигляд плівкової сонячної панелі наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд полімерної сонячної панелі

Полімерна сонячна панель фактично є плівкою, яка складається з шару полімеру, що є активним елементом. Додатково є певна органічна підкладка та певного роду захисний шар. При цьому з даного типу сонячних панелей можливо створювати певного роду рулони об'єднуючи їх між собою.

Додатково слід зазначити, що дані сонячні панелі використовуються доволі рідко при побудові сонячних електростанцій через низький ККД.

1.3 Будова сонячних панелей

Для більш детального розуміння особливостей будови сонячних панелей, що виготовляються з монокристалічного чи полікристалічного кремнію. Так на рисунку 1.6 наведено особливості організації загальної будови сонячної панелі.

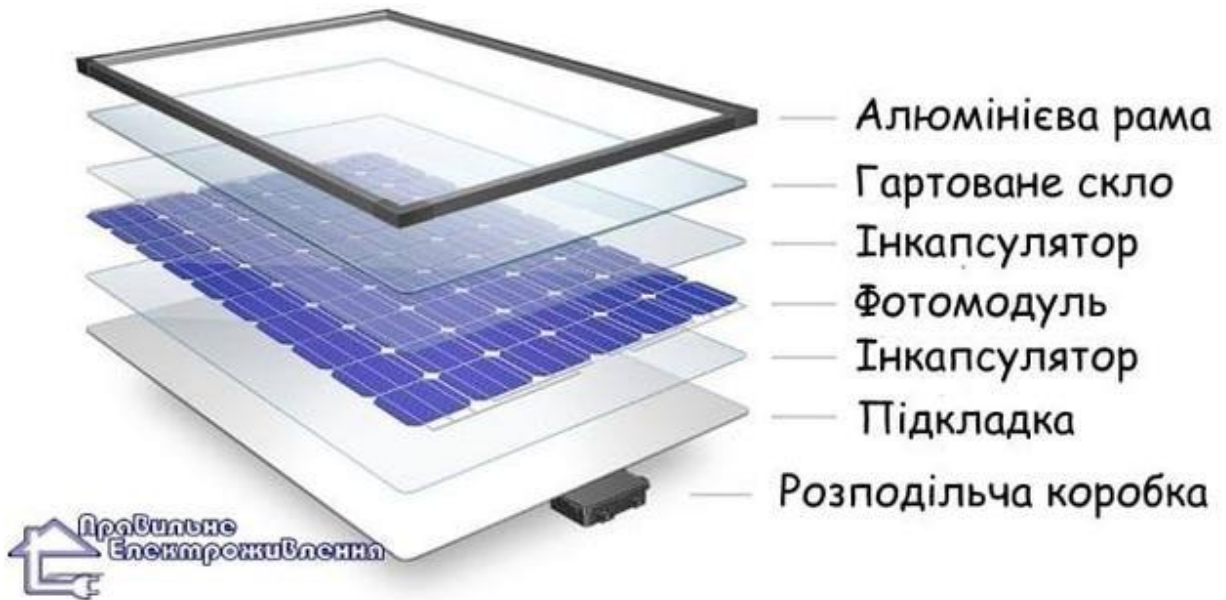


Рисунок 1.6 – Загальна будова сонячної панелі

Загалом фотомодуль закріплюється в спеціальній алюмінієвій рамці. При цьому з передньої його частини він покривається склом, що повинно витримувати значне навантаження спричинене погодними умовами. З задньої частини сонячна панель закрита спеціальною підкладкою для захисту. На цій підкладці закріплюється відповідна розподільча коробка з виводами.

Виходячи з цього необхідною умовою гарної роботи сонячної панелі є використання захисного скляного покриття, що з одного боку повинно виконувати гарний захист сонячної панелі, а з іншого гарно пропускати сонячні промені до фотомодулів.

Висновки до розділу

Виходячи з вищенаведеного основною особливістю роботи сонячних панелей є якість їх будова. Подібні конструкції, що на сьогодні є доволі популярними повинні забезпечувати гарний виробіток електричної енергії та виконувати захист панелі від погодних умов та гарні просвітлювальні якості. Необхідно також враховувати особливості використання сонячних панелей та їх обслуговування.

2 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ

Як вже зазначалось, основним захисним покриттям сонячної панелі є загартоване скло, що покриває сонячну панель. При цьому воно виконує декілька функцій, однією з яких є також гарні просвітлювальні якості.

Основними причинами захисту є першочерговий захист від погодних умов. При цьому загартоване скло повинно витримувати град, зливи та різноманітні незначні пошкодження від гілок дерев та ін.

Необхідно зазначити, що на ефективність захисного покриття в значній мірі впливає і якість обслуговування, тож доцільно також розглянути основні способи обслуговування.

2.1 Аналіз особливостей обслуговування сонячних панелей

Як вже зазначалось ефективність захисного покриття полягає в гарних його просвітлюючих характеристиках. На данні характеристики значний вплив має обслуговування та очищення сонячних панелей від бруду.

Основною особливістю, що викликає потребу в виконанні операцій з обслуговування є значне накопичення пилу на сонячних панелях. Велика кількість пилу значно знижує ефективність роботи сонячної панелі, а отже потреба в очищенні є доволі нагальною на сьогодні.

Процес проведення очистки сонячних панелей можна умовно розділити на природні процеси, ручні процеси, а також методи автоматичні та пасивні.

Природне очищення доволі сильно залежить від різноманітних процесів природного характеру, що залежать від опадів, вітру та так званих гравітаційних сил. Фактично при розміщенні сонячної панелі під певним кутом спостерігається певне здування пилу вітром та під дією гравітації великі частинки пилу спадають до низу. Додатково в результаті дощу виконується змивання пилу з панелей.

Виходячи з цього фактично більшість сонячних електростанцій не потребує додаткового очищення. При цьому виникають ситуації коли потреба в очищенні сонячних панелей є доволі актуальною та нагальною.

Подібні процеси необхідності додаткового очищення сонячних панелей полягають в тому, що в результаті їх роботи утворюються певні електромагнітні процеси, що додатково притягують пил до покриттів.

Вітер додатково окрім очищення сприяє і обдуванню сонячної панелі. В результаті обдуву панелей вітром спостерігається підвищення ефективності їх роботи. Також вітер сприяє зменшенню загальної вологості повітря в тому числі і для панелей, виконуючи просушування їх.

Необхідно зауважити, що вітер фактично не може видалити частинки пилу розміром до 50 мкм. Виходячи з цього залишається фактично застосовувати процес ручного очищення сонячних панелей.

При ручному очищенні застосовують розчин, що складається з демінералізованої води та різноманітних миючих засобів. Це необхідно для підвищення ефективності процесу очищення.

Необхідно зазначити, що пил спричиняє також пошкодження захисного покриття зменшуючи при цьому їх просвітлюючі властивості. В результаті миття та механічної дії ефект пошкодження сонячних панелей значно виростає. А отже знижується при цьому їх ефективність.

Миття сонячних панелей ручними методами можливо виконати на невеликих установках, з можливістю доступу до них з використанням мінімальної кількості додаткових засобів.

Автоматичну мийку сонячних панелей виконують фактично з використанням спеціальних машин для миття, що формують значні струмені води, які збивають пил з сонячних панелей. Подібні процеси очищення є доволі ефективними на великих об'єктах сонячної енергетики.

Для зменшення ефекту від пошкодження пилом та від операцій очищення необхідною умовою є час проведення операцій очищення. В основному їх проводять рано в ранці, коли на сонячних панелях присутня певна кількість вологи.

Відповідно до такої проблематики можливість очищення сонячних панелей значно зменшується в ручному режимі. При цьому автоматичні системи дозволяють ефективно виконувати їх. Керування процесом очищення виконується фактично без участі людини в будь-який зручний час. Керування всім обладнанням для очищення сонячних панелей здійснюється комп'ютером з відповідним програмним забезпеченням.

Очищення додатково потребує механічних дій з боку систем очищення. При цьому очищення щіткою виконується фактично одразу після нанесення водного розчину на панель.

Для забезпечення ефективного очищення можуть також застосовуватись різноманітні пасивні методи. Також застосовуються в пасивних методах електродинамічні екрани та покриття, що є антизабруднюючі.

Електродинамічні екрани створюють певну електростатичну силу, що дозволяє відштовхувати частинки пилу. Даний спосіб фактично не потребує застосування води чи інших розчинів.

Для більш детального аналізу різноманітних методів очищення пропонується розглянути їх основні переваги та недоліки (табл. 2.1)

Таблиця 2.1 – Порівняння різних способів очищення сонячних панелей

Метод очищення	Переваги та недоліки
1	2
Природне очищення	Переваги: відсутність витрат на прибирання; ефективність сонячної панелі можна відновити за допомогою сильного дощу або танення снігу; видалення великих частинок пилу з поверхонь фотоелектричних панелей через сильний вітер
	Недоліки: відкладення пилу та ефективність знижуються за рахунок невеликих опадів у запиленій атмосфері з подальшим запиленням вітром.
Ручне очищення струменем високого тиску	Переваги: прибирання можна проводити за необхідності.
	Недоліки: дорогі витрати робочої сили та водних ресурсів; вимагає навченого персоналу; водні ресурси в посушливих зонах дуже обмежені; ПАР,

	що використовується для видалення органічної плівки, шкідливий для навколишнього середовища.
Автоматизоване очищення контрольованим розпиленням води	Переваги: при використанні процесу очищення води знижується робоча температура комірки та підвищується ефективність; можна активувати за допомогою насоса автоматично або вручну.
	Недоліки: не зручний для широкомасштабних фотоелектричних систем; масштабованість методу не є економічно ефективною; потрібні водні ресурси; не забезпечує рівномірного очищення по всій поверхні; втрата води при випаровуванні.
Робототехнічна система очищення	Переваги: очищення можна автоматизувати; ефективні системи водоспоживання використовуються для економічного очищення.
	Недоліки: потребує водних ресурсів для очищення; їй потрібна команда техніків для контролю роботи робота; не є економічно ефективним у деяких додатках через енергоспоживання роботизованого пристрою; високі витрати на експлуатацію та обслуговування
Протизабруднене покриття	Переваги: покращує ефективність очищення природних миючих засобів; триває кілька років; ефективний спосіб зробити поверхню або сильно гідрофобною, або гідрофільною; дозволяє уникнути осідання пилу та підвищує ефективність роботи сонячних батарей.
	Недоліки: адгезія пилу сильно залежить від електростатичних характеристик плівки та пилу
Електродинамічний екран	Переваги: не потребує водних ресурсів або робочої сили для роботи; споживання енергії дуже низьке.
	Недоліки: на стадіях розробки довговічність невідома; продуктивність, обмежена відносною вологістю нижче 50%.

При цьому основною умовою використання захисних покриттів є необхідність витримувати значні температури, як високі так і низькі. Також воно має бути стійким до ультрафіолетового випромінювання та не пошкоджуватись від сонячних променів.

Всі сонячні панелі виконують з розрахунком на піщані чи пилові бурі, що можуть виникати в пустелях.

2.2 Особливості використання просвітлюючих покриттів для захисних елементів сонячної панелі

При проходженні світла через зону розподілу двох середовищ, що є прозорими виникає певне відбивання сонячних променів. Фактично на сьогодні відбивання сонячних променів може бути в межах до 15 %. При цьому цей показник залежить від показників заломлення для кожного окремого матеріалу. Так для певних покриттів може втрачатись фактично до 8% світла через його заломлення.

Виходячи з цього окрім виконання захисних функцій покриття необхідною умовою є забезпечення гарного ефекту проходження світла через нього. Принцип дії даного типу просвітлюючих покриттів для скла панелі ґрунтується на процесах інтерференції. Даний процес можна зобразити графічно (рис. 2.1).

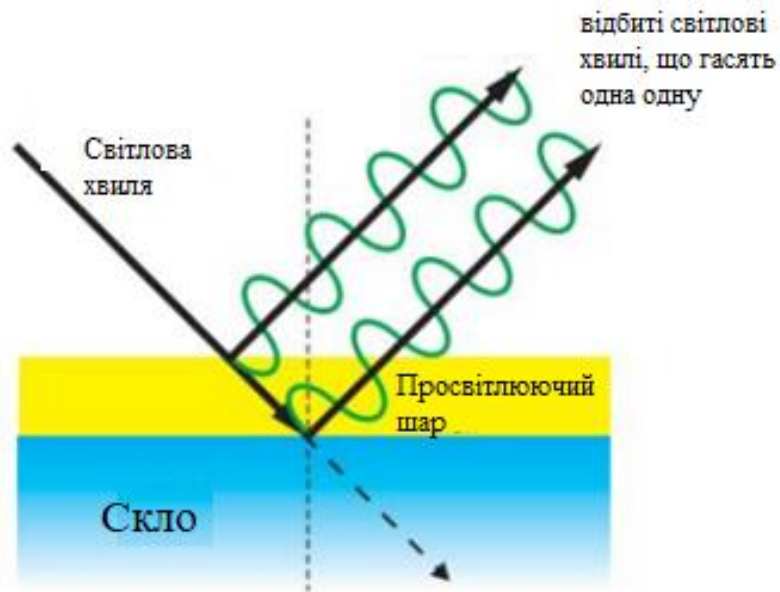


Рисунок 2.1 – Ефект від використання просвітлюючих покриттів сонячної панелі

Для загального розуміння процесу інтерференції необхідно враховувати певну хвильову природу світла. А отже світловий промінь можна представити в вигляді певної хвилі. При цьому за умови поширення двох хвиль в одному напрямку їх параметри збігаються утворюючи одну хвилю з значно

більшою величиною амплітуди. Якщо дві фази не сходяться за параметрами, то вони гасяться одна одною. Цей ефект і є явищем інтерференції світла.

Для зменшення відбивання світла від скла сонячної панелі на нього наноситься просвітлюючий шар. В результаті утворюється дві зони розподілу, які відбивають необхідним чином світло.

Необхідно також зазначити, що кількість просвітлюючих покриттів та їх товщина здатні значно посилювати ефект інтерференції. Так для графічного зображення даних покриттів пропонується виконати наступну схему (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд багатофункціональних покриттів

Доволі часто подібні просвітлюючі шари використовуються на різноманітних фотолінзах, окулярах та інших оптичних пристроях. В якості матеріалів, що використовуються для забезпечення просвітлюючого ефекту застосовуються різноманітні матеріали. При цьому вони можуть бути мінеральними речовинами чи навіть бути оксидами певних металів. Так може використовуватись фтористий магній чи фтористий кальцій.

При цьому необхідно враховувати, що всі подібні матеріали мають певні властивості. Так наприклад є певного роду відмінності, що можуть бути пов'язані з значним тепловим розширенням. Виходячи з цього необхідною умовою нанесення їх на скло сонячної панелі потрібно враховувати дану відмінність. Також при використанні різноманітних мінеральних речовин навіть може зменшуватись міцність скляного покриття.

Необхідно також зазначити, що збільшення величини заломлення призводить до збільшення параметру відбиття сонячних променів. При цьому коефіцієнт відбивання сонячних променів можна визначити з рівняння:

$$r = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де n – величина заломлення світлової хвилі;

r – значення коефіцієнту відбивання світла.

Додатково необхідно вказати, що нанесення різноманітних просвітлюючих покриттів мають і зворотний ефект, адже вони сприяють збільшеному забрудненню. Виходячи з цього необхідно використовувати спеціальний гідрофобний шар, що наноситься фактично поверх шарів для забезпечення просвітлюючого ефекту.

Для зміни коефіцієнту відбиття скляної поверхні сонячної панелі використовують фактично чотири варіанти:

- нанесення інтерференційних покриттів;
- використання ефекту поляризації світлових потоків;
- створення мікротекстурних нерівностей на склі;
- використання градієнта зміни величини заломлення.

Ці варіанти додатково можуть застосовуватись для вирішення питання зменшення відбиття світла від поверхонь.

2.3 Особливості скляного покриття сонячних панелей

Загалом на сонячні панелі дається гарантія терміном до 25 років. А отже важливим параметром є забезпечення даного терміну експлуатації та використання відповідних матеріалів. При цьому необхідно зважувати на те, що заміна даних елементів у випадку пошкодження повинна відбуватись доволі легко.

При цьому якість захисного покриття має доволі значний вплив на вартість сонячної панелі. При цьому в дешевих сонячних панелях

використовується недороге скло. Дане скло доволі швидко виходить з ладу та значно втрачає свої початкові характеристики. Подібні ефекти приводять до помутніння та різкого зниження пропускну здатності. Також дешеве скло для сонячних панелей не володіє необхідними міцнісними показниками та не здатне виконати захист сонячних панелей.

В результаті використання дешевого скляного покриття на сонячних панелях може бути те, що воно не витримає навіть малий градус. В результаті розтріскування захисного скла може проникнути вода до інших елементів панелі та викликати вихід їх з ладу.

Додатково в дешевих скляних покриттях відсутнє антибликове покриття, що також призводить до зменшення загальної ефективності сонячних панелей. Виходячи з цього перед вибором та купівлею сонячних панелей необхідною умовою є врахування захисного покриття сонячних панелей. Всі елементи сонячної панелі вказуються в відповідному сертифікаті на неї. При цьому скляне покриття сонячної панелі описується окремим пунктом в технічній характеристиці сонячної панелі.

При створенні панелей з аморфного кремнію в якості захисного покриття використовується силан, що є певним з'єднанням кремнію з фактично воднем. При цьому силан наноситься на сонячну панель даного типу тонким шаром, що і забезпечує певну їх гнучкість.

У всіх інших сонячних панелях в якості захисного покриття використовується загартоване скло з ударостійким ефектом. В результаті проведення загартування скляного покриття ним набувається певної механічної міцності, а також стійкості до різноманітних механічних впливів. При цьому при руйнуванні воно утворює дрібні осколки, що не мають гострих країв. Особливості подібного скляного покриття наведено на рисунку 2.3.

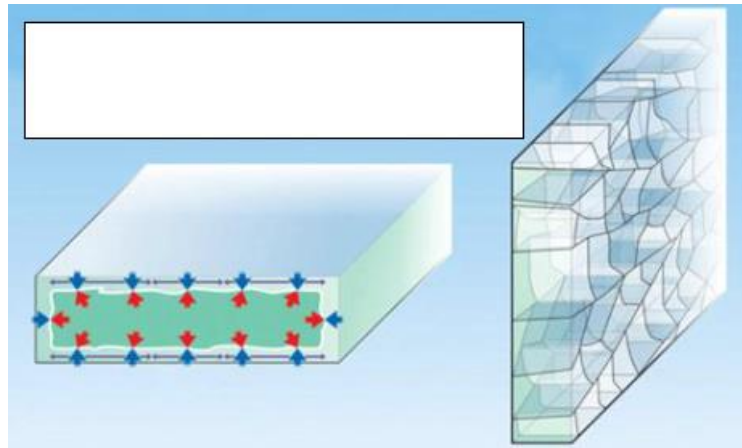


Рисунок 2.3 – Особливості розподілу навантаження в загартованому скляному покритті сонячних панелей

Необхідно зазначити, що даний тип скляного покриття повинен витримувати фактично удар кулькою, яка має вагу 250 г. при цьому дану кульку скидають з висоти в 2 метри.

Додатково необхідно зазначити, що скло для сонячних панелей повинно мати більшу величину прозорості, за рахунок зменшення кількості оксиду заліза з одночасним підвищенням оксидів свинцю та барію. При цьому для більшої ефективності після виконання всіх процесів по загартуванню скляного покриття на нього наноситься антиблікове покриття.

Дослідженнями доведено, що скляне покриття для сонячних панелей пропускає через себе від 95 до 97,5 % сонячного випромінювання. Подібні покриття виготовляються фактично в чотири етапи. Першим етапом є загартування скла. На другому етапі виконується механічне полірування скла. Третій етап забезпечує хімічну обробку з травленням поверхні для заміни іонів кальцію на інші іони калію, а також кобальту. І лише на четвертому етапі виконується «вбудовування» в поверхню скляного покриття антиблікового покриття. Для нанесення подібного покриття використовують технологію NSTM.

В результаті подібного обробітку виникає фактично ідеальна поверхня скла, що володіє гарним захистом від несприятливих факторів механічного чи хімічного характеру, а також від різноманітних природних впливів. При цьому фактично воно має гарні пропускні властивості.

Доволі часто для захисту сонячних панелей використовують подвійне скло. При цьому напівпровідниковий шар впаяний між двома скляними поверхнями. Основною причиною використання даної технології є однаковий ефект теплового розширення, що дозволяє підвищити термін експлуатації сонячних панелей. При цьому прозорість та показники надійності даної сонячної панелі залишаються подібними до попередніх. Такий ефект дозволяє фактично збільшити довговічність сонячної панелі до 30 %.

Висновки до розділу

Враховуючи основні особливості захисного покриття можна сказати, що до скла сонячної панелі ставляться доволі значні вимоги. Воно повинно забезпечувати доволі велику кількість показників починаючи від надійності, міцності та прозорості. Вартість сонячних панелей фактично напряму залежить від якості виконання скляного покриття.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ СКЛЯНИХ ПОКРИТТІВ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Як зазначалось вище, для сонячних панелей використовуються доволі велика кількість різноманітних технологій та методів обробки. Всі ці заходи призначенні для забезпечення необхідного захисту сонячної панелі та її основних елементів.

Виходячи з цього необхідно зазначити, що при нанесенні просвітлюючих покриттів на скляні поверхні сонячних панелей вдається отримати значну їх ефективність. Виходячи з цього необхідно провести дослідження застосування саме просвітлюючих покриттів.

3.1 Особливості застосування одношарового покриття

Основною метою даного нанесення одношарового покриття полягає в тому, щоб досягти складання відбитих світлових хвиль, від поверхонь, що утворюють розподіл. Даний метод можна зобразити графічним методом (рис. 3.1).

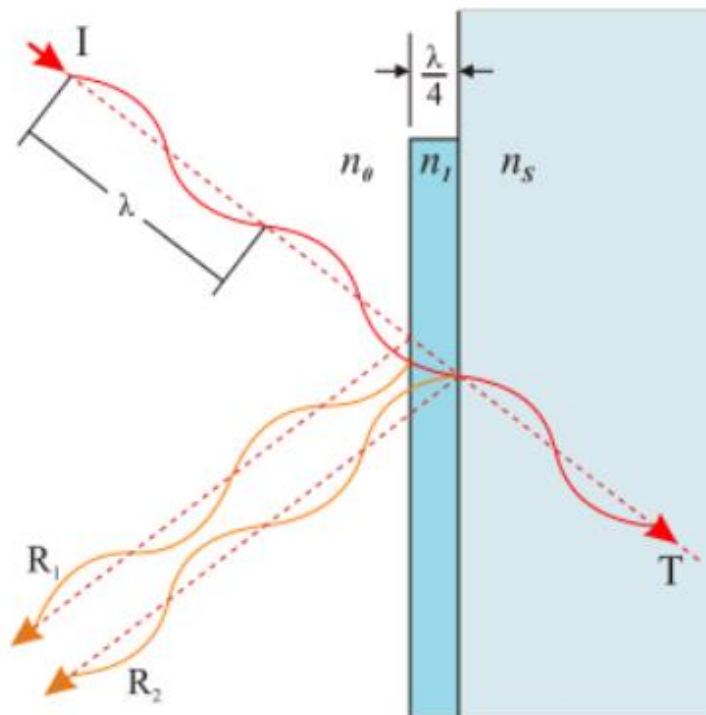


Рисунок 3.1 – Особливості роботи одношарового просвітлюючого покриття

Відповідно до рисунку 3.1, на скляну поверхню нанесено покриття просвітлююче, що має товщину $\lambda/4$. При цьому видно з даного рисунку, що при товщині покриття кратному половині величини довжини хвилі відбувається фактично збільшення коефіцієнта відбивання скляною поверхнею.

Виходячи з цього найбільш ефективною є чверть хвильова товщина плівки. При цьому зсув по фазах для сусідніх значень довжин є малим порівняно з певним просторовим періодом хвилі. Подібного ефекту досягається з використанням просвітлюючого покриття при якому одна довжина хвилі дає можливість досягти ефекту просвітлювання, а для інших світлових хвиль даний ефект не доступний. При цьому одну хвилю просвітлює а інші відбиває. При цьому дані хвилі можуть розрізнятися за величиною довжини на 10 %. Так наприклад можна використовувати хвилі довжиною 500 та 550 нм. Дані хвилі знаходяться в зеленій частині спектру.

Необхідно також зазначити, що сонячне світло має також різні спектри в різні години доби. Тому при виконанні вибору просвітлюючого покриття необхідно враховувати дану особливість.

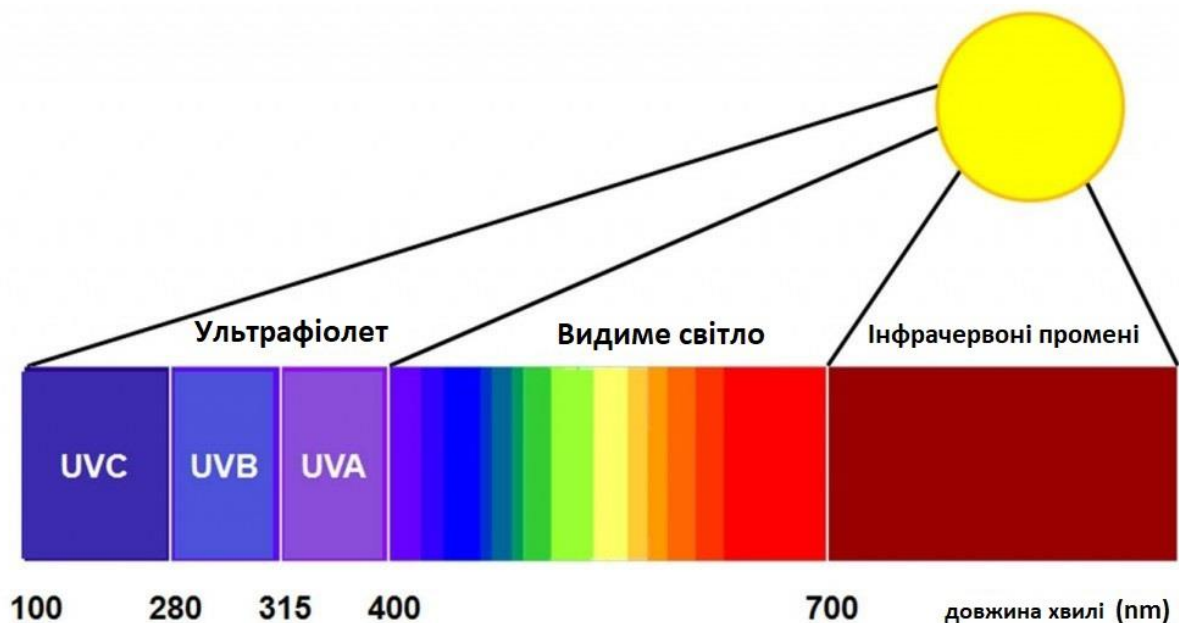


Рисунок 3.2 – Спектри сонячного світла

При цьому значний результат на виконання просвітлюючих покриттів має саме їх товщина. При яких їх спектральні максимуми чи навіть мінімуми збігаються. Виходячи з такого ефекту при білому світлі з значною товщиною плівки не відбувається ефект інтерференції. А отже в подібних умовах просвітлюючі плівки не працюють.

Необхідно також зазначити, що довжина шляху для світлового променя в плівці залежить від загального значення кута падіння. При цьому за умови косоного падіння променів виникає зміщення відображення в бік коротких довжин хвилі. При зворотному процесі відбувається зміна хвиль в бік довгих хвиль.

Навколишнє середовище для скляного покриття зазвичай має коефіцієнт заломлення, що близький до 1. При цьому показник заломлення для просвітлюючого шару також повинен визначатись відповідно до умов використання. Він повинен бути рівним кореню квадратному від величини заломлення скла.

Традиційно в якості просвітлюючих шарів застосовують фторид магнію. Даний матеріал має малий показник заломлення світла, а також додатково володіє гарними механічними властивостями. При цьому загальний показник корозійної стійкості даного покриття є дуже високим.

За умови виконання просвітлення фторидом магнію скляного покриття сонячної панелі, який має величину заломлення 1,4 спостерігається зменшення відбивання на величину рівну від 4 до 1,5 %. При цьому чотирехвильова товщина плівки може майже повністю зменшити ефект відбивання сонячних променів.

Необхідно зазначити, що просвітлення фторидом магнію має значну залежність від довжини хвилі, а отже це дає певного роду недолік при використанні даного методу.

Виходячи з цього доволі часто використовують двошарове чи навіть багатошарове просвітлення. При цьому ефект просвітлення досягається для значно ширшого діапазону хвиль та їх довжин. Отже слід зауважити, що

використання більшої кількості просвітлюючих покриттів дозволяє забезпечити більший ефект просвітлення порівняно з одношаровим.

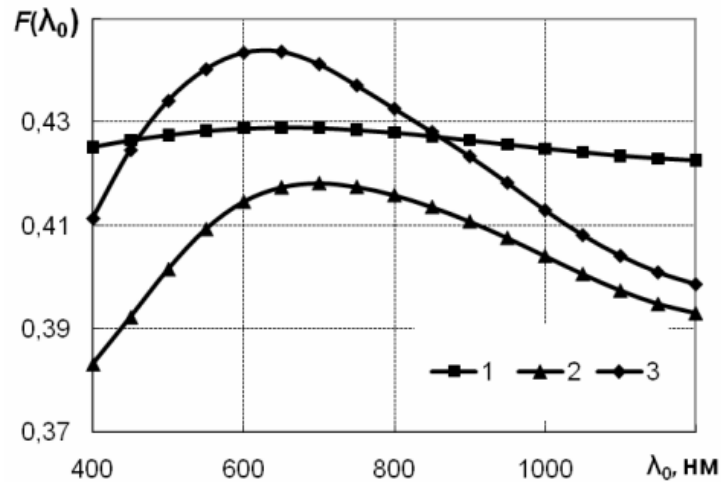
3.2 Особливості методики визначення просвітлюючих покриттів для скляних поверхонь сонячних панелей

Для проведення теоретичного визначення застосовуються основні елементи та співвідношення в галузі сонячної енергетики. Також додатковою умовою є використання теорії різноманітних тонких плівок, що дозволяє виконати та оцінити ефективність просвітлюючих плівок.

На практиці для їх аналізу використовують еліпсометричні та фотометричні методи. За умови використання еліпсометричного методу застосовують зазвичай дві моделі плівок. При цьому фактично виконуються такі етапи:

- вибір критерію для проведення оцінки покриття;
- розрахунок оптимальних параметрів для всіх можливих варіантів сонячного освітлення;
- створення покриттів, що мають низькі величини заломлення;
- порівняння показників ефективності отриманих параметрів.

Так на рисунку 3.3 наведено криві, що характеризують тришарове просвітлююче покриття.



1 – $n_1 = 1,45, n_1 d_1 = \lambda_0 / 4, 2 - n_1 = 1,92, n_2 = 1,45, n_1 d_1 = n_2 d_2 = \lambda_0 / 4, 3 - n_1 = 1,65, n_2 = 1,92, n_3 = 1,45, n_1 d_1 = n_3 d_3 = \lambda_0 / 4, n_2 d_2 = \lambda_0 / 2$

де λ_0 - довжина хвилі найменшого відображення.

Рисунок 3.3 – Параметри ефективності покриттів в залежності від товщини

З рисунку 3.3 можна зробити наступний висновок, що при застосуванні тришарового покриття отримуємо найбільшу ефективність. при цьому різниця з одношаровим покриттям складає 3 %.

Також необхідно зазначити, що для одношарового покриття характерна фактично найменша залежність ефективності роботи від довжини хвилі.

Необхідно звернути увагу також на те, що при використанні одношарового покриття є більш технологічним, особливо за умови, що скляне покриття має доволі великі розміри. Виходячи з цього нами пропонується застосовувати одношарові покриття в подальших дослідженнях.

Врахувавши показник заломлення для одношарового покриття в якості змінної було отримано залежності від оптичних параметрів. Результати досліджень одношарового покриття для скла сонячної панелі наведено на рисунку 3.4.

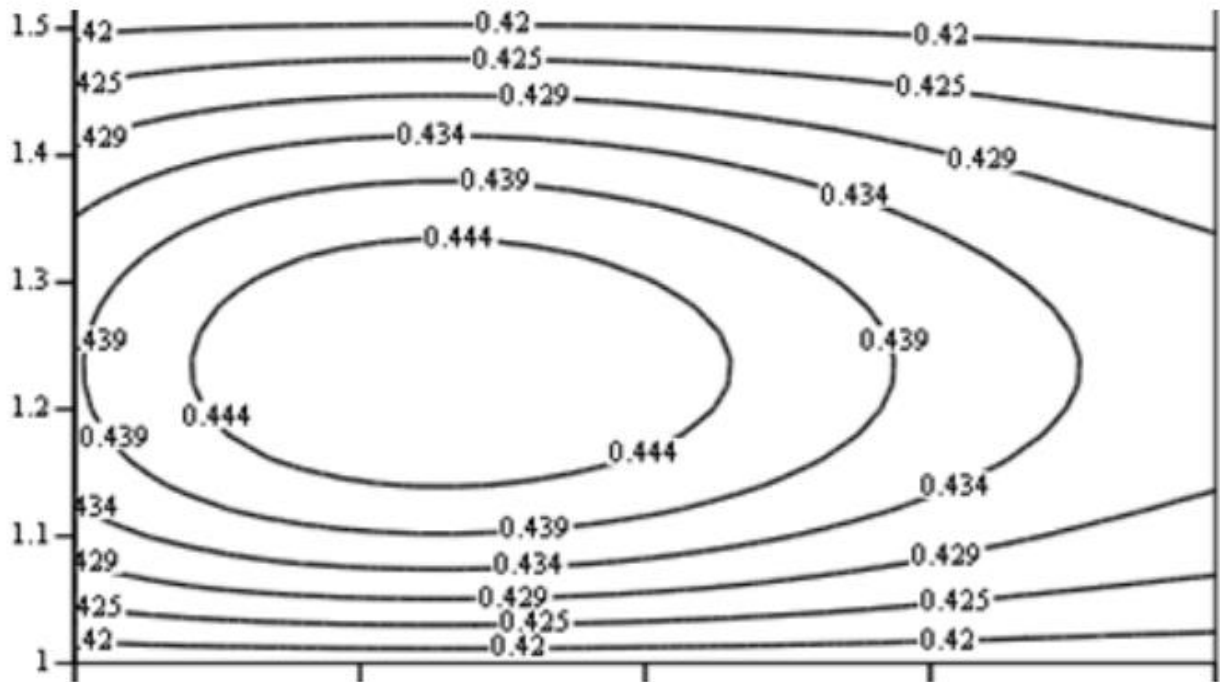


Рисунок 3.4 – Результати ефективності одношарового покриття для скла сонячної панелі

При цьому з даного графіку видно, що функція ефективності для одношарового покриття має певні максимуми, що за умови нормального падіння має значення 0,449. Нанесення на скло сонячної панелі подібного покриття призводить до зростання ефективності приблизно на 8% порівняно з чистою скляною поверхнею.

При цьому за умови використання в якості матеріалу SiO_2 спостерігається збільшення ефективності їх на величину до 3%.

За умови падіння сонячних променів під певним кутом спостерігається певне зниження ефективності подібних покриттів.

Висновки до розділу

Необхідно зазначити, що ефективність просвітлюючих покриттів для сонячних панелей доволі сильно залежить від величини спектральної чутливості для конкретного матеріалу сонячної панелі. Також спостерігається певна залежність від розподілу інтенсивності випромінювання від сонця, що отримується в точці земної кулі де встановлено сонячну панель. При цьому

необхідною умовою є врахування основних параметрів сонячного випромінювання, в залежності від пори року та часу доби.

Іншою умовою, що впливає на роботу сонячної панелі та загальну ефективність просвітлюючого покриття є погодні умови. Виходячи з цього необхідною умовою є підбирання покриття таким чином, щоб воно забезпечувало необхідний ефект. Даний ефект досягається фторидом магнію, що використовується в якості просвітлюючого покриття.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Будівництво електростанцій різноманітної потужності для забезпечення електричною енергією населених пунктів потребує доволі значних коштів. При цьому організація її роботи повинна бути виконана в суворій відповідності з всіма нормативними документами та законодавчими актами.

Особливістю побудови великих територій з сонячними електростанціями чи іншими джерелами альтернативної енергії є те, що доводиться приділяти доволі значні заходи для вирішення питань по організації охорони праці.

Вся територія, що використовується під альтернативні джерела енергії має бути огорожена від вільного доступу людей.

Слід зауважити, що використання таких огорож не обов'язкове для використання вітроелектрогенераторів, оскільки доступ повинен бути обмежений лише до штанги, у випадку розміщення в ній додаткового обладнання.

Що до інших заходів з охорони праці то необхідно зауважити, що використання подібних джерел енергії потребує в першу чергу кваліфікованих працівників, що будуть здатні до вирішення всіх питань з будівництва та експлуатації даних електростанцій.

До електричної частини даних електростанцій не можна допускати працівників, що не мають відповідної освіти, не пройшли інструктаж чи не мають права на виконання подібних робіт.

Слід сказати, що помимо електричної частини, що в значній мірі впливає на людину в таких електростанціях присутні ще додатково різноманітні електромагнітні фактори, шум, значні вібрації та інше.

Всі ці фактори не приносять шкоди у випадку коли електростанція з альтернативних джерел енергії знаходиться поза населеним пунктом і майже не контактує з населенням. У випадку безпосередньої близькості до житлових будинків виникають значні впливи на людей та на навколишнє середовище.

Вирішення питань, що пов'язані з використанням, будівництвом та подальшою реалізацією необхідного обладнання для підключення до мережі необхідно виконати всього одну умову.

Цією умовою виступає компанія, якій належать ті чи інші електричні мережі. Працівники таких компаній доволі часто самі виділяють бригади для виконання цих робіт. Тож оскільки ці бригади є фактично навченими професіоналами то виникає по перше якість виконання роботи, а по друге зменшується рівень травматизму при введенні в експлуатацію таких електростанцій.

Висновки до розділу

Виконання всіх заходів з охорони праці є необхідною умовою будь, якого виробництва, в тому числі і виробництва електричної енергії, це доволі сильно диктує правила до вимог з охорони праці. Невиконання цих вимог завжди веде до виникнення травматизму та летальних випадків.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Для проведення будівництва сонячних електростанцій є доволі обґрунтованим та прорахованим по видам робіт. Тож наведемо орієнтовний кошторис на виконання робіт пов'язаних з будівництвом сонячної електростанції на 1МВт для населеного пункту (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Кошторис на будівництво сонячної електростанції

Назва робіт		Вартість USD
Проектно-вишукувальні роботи та документальний супровід	Розробка робочого проекту фотоелектричної сонячної електростанції до виходу із КТП; проект АСКОЕ. проект підключення до зовнішніх мереж, отримання ліцензії на генерацію Документальний супровід: надання ТУ. членство у ДП «Енергоринок», одержання "зеленого тарифу" на юридичну особу загарбника (при необхідності оформлення нової юридичної особи).	26045
Обладнання	Фотоелектричні модулі (ФЕМ) Risen Energy 275W 5BB. 3800 шт Децентралізовані перетворювачі (інвертори) ABB PVS-100-TL. 9 шт. Сполучні коробки (АС). 9 шт. Система моніторингу. 1 комплект Комплект кріплень для ФЕМ типу ККФЕЕМ, статика (холодна оцюювка). 3800 комплектів Система охоронної сигналізації та відеоспостереження. заземлення, блискавкозахист. Паркан та 1 КПП	399000
	Кабельно-провідникова продукція	41964,50
Монтажно-будівельні роботи	Установка опорних металоконструкцій Прокладання кабелів постійного та змінного струму Прокладання кабелів мереж власних потреб об'єкта Монтаж сонячних панелей на опорні металоконструкції Монтаж інверторів та силових щитів Монтаж КТП. Монтаж системи заземлення Монтаж системи АСКОЕ. Оснащення робочого місця оператора (сервер АСКУЕ – мобільне робоче місце з доступом до глобальної мережі). Програмування інверторів та налаштування системи моніторингу Пусконаладжувальні роботи Навчання персоналу	80000
	Підстанція Будівництво зовнішніх мереж Реалізація проекту	6000
Всього		754409,50

Висновок до розділу

Отже як видно з отриманих даних кошторису вартість будівництва подібних електростанцій є доволі значною при умові розміщення великої кількості сонячних панелей для певної території.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Виходячи з вищенаведеного основною особливістю роботи сонячних панелей є якісна їх будова. Подібні конструкції, що на сьогодні є доволі популярними повинні забезпечувати гарний виробіток електричної енергії та виконувати захист панелі від погодних умов та гарні просвітлювальні якості. Необхідно також враховувати особливості використання сонячних панелей та їх обслуговування.

2. Враховуючи основні особливості захисного покриття можна сказати, що до скла сонячної панелі ставляться доволі значні вимоги. Воно повинно забезпечувати доволі велику кількість показників починаючи від надійності, міцності та прозорості. Вартість сонячних панелей фактично напряму залежить від якості виконання скляного покриття.

3. Необхідно зазначити, що ефективність просвітлюючих покриттів для сонячних панелей доволі сильно залежить від величини спектральної чутливості для конкретного матеріалу сонячної панелі. Також спостерігається певна залежність від розподілу інтенсивності випромінювання від сонця, що отримується в точці земної кулі де встановлено сонячну панель. При цьому необхідною умовою є врахування основних параметрів сонячного випромінювання, в залежності від пори року та часу доби.

Іншою умовою, що впливає на роботу сонячної панелі та загальну ефективність просвітлюючого покриття є погодні умови. Виходячи з цього необхідною умовою є підбирання покриття таким чином, щоб воно забезпечувало необхідний ефект. Даний ефект досягається фторидом магнію, що використовується в якості просвітлюючого покриття.

4. Виконання всіх заходів з охорони праці є необхідною умовою будь, якого виробництва, в тому числі і виробництва електричної енергії, це доволі сильно диктує правила до вимог з охорони праці. Невиконання цих вимог завжди веде до виникнення травматизму та летальних випадків.

5. Отже як видно з отриманих даних кошторису вартість будівництва подібних електростанцій є доволі значною при умові розміщення великої кількості сонячних панелей для певної території.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. – К., 2008.
2. Дослідження тенденцій розвитку вітроенергетики в Європі і в Україні С. Кудря, Б. Тучинський, В. Дресвянніков, З. Рамазанова /Вітроенергетика України. – 2004. – № 1–2.
3. Кудря С., Тучинський Б. «Бізнесопридатність» вітроенергетики України /Докл. II Междунар. конф. «Нетрадиционная энергетика в XXI веке». – Ялта, 2001
4. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії /О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен та ін. За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007.
5. Енергетичні ресурси та потоки За заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2003.
6. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії Під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: «Українські енциклопедичні знання», 2007.
7. Даковські М., Вянцковські С.-К. Про енергетику для споживачів та скептиків. – Львів: ЕКОінформ, 2007.
8. Жовтянський В.А. Стан виконання Комплексної державної програми енергозбереження та перспективи її послідовної реалізації /Проблеми загальної енергетики. – 2000.
9. Руденко М.Д. Енергія прогресу: Нариси з фізичної економії. – К.:Молодь,1998.
10. Склярів В.Ф. Необхідність прогнозування забезпечення екологічної та енергетичної політики /Екологічна безпека в аспекті перспективного розвитку енергетики України. Громадські слухання: Зб. матеріалів. – К., 2008.
11. Енергетика світу та України. Цифри та факти Г.К. Вороновський, С.П. Денисюк, О.В. Кириленко та ін. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2005.

12. Дулесова, Н. Ст. Системи електропостачання : навчальний посібник по курсовому проектуванню / Н. Ст. Дулесова. – Абакан: :Ред.-вид. сектор ХТІ філії СФУ, 2016.
13. Розрахунок електричних навантажень: Проектуємо електрику разом – Москва, 2013.
14. Наземне сонячне випромінювання: ТОВ «Енергосистеми». – Санкт-Петербург, 2017.
15. Барановська В.Є. Методичні рекомендації щодо використання зелених закупівель у державному та приватному секторах економіки: посібник / В.Є. С. В. Берсіна, О. Д. Богдан, О. І. Возний, М. Ю. Камаса, В. Г. Потапенко, В. В. Савицький, Л. А. Шереметьєва, І. І. Яресковська. К .: Інтерсервіс Верлаг, 2013
16. Енергетична стратегія України до 2035 року. Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р
17. Аккумулятор тяговий панцерний MicroArt 2-720./ ЕнерджіВінд.– Москва, 2017.
18. Види контролерів для сонячних батарей і як вибирати. Електрика в будинку. – Москва, 2017.
19. Охоткин, Р. П. Методика розрахунку потужності сонячних електростанцій / Г. П. Охоткин. // Вісник Чуваського університету. – Чебоксари, 2013.
20. Шевцов А. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії в Україні у світлі нових європейських ініціатив.
21. Петрук В.Г. Аналіз сучасного стану альтернативної енергетики та рекомендації по екологізації паливно-енергетичного комплексу України. Матеріали II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. (Вінниця, 2014).