

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форми навчання  
Кафедра електроенергетики

Проект допущено до захисту  
Зав. кафедрою електроенергетики  
\_\_\_\_\_ І.Л. Лебединський  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**  
на тему  
**«Проект системи електропостачання дошкільного закладу з  
використанням сонячної станції»**

Спеціальність 8.141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконала студентка гр. ЕТмз-91с \_\_\_\_\_ В.С. Коротя

Керівник \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент В.В. Волохін

Консультант  
з економічної частини \_\_\_\_\_ к.е.н., доцент, О.М. Маценко

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ ст.викл. М.А. Никифоров

## РЕФЕРАТ

с. 83, рис. 30, табл. 18, кресл. 2, джерел 22.

**Бібліографічний опис:** Коротя В.С. Проект системи електропостачання дошкільного закладу з використанням сонячної станції [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В.С. Коротя; наук. керівник В.В. Волохін. – Суми: СумДУ, 2020. – 83 с.

**Ключові слова:** система електропостачання, розрахункові навантаження, сонячна електростанція, система електроосвітлення;

система электроснабжения, расчетные нагрузки, солнечная электростанция, система электроосвещения;

power supply system, design loads, solar power plant, electric lighting system.

**Короткий огляд** – Проектом розроблено систему електропостачання дошкільного закладу на основі сонячної електростанції. В роботі проведено: розрахунок навантажень всіх споживачів, поперечного перерізу кабелю, вибір марки кабелю, вибір комутаційної та захисної апаратури. Здійснено вибір обладнання для енергозабезпечення об'єкту, що підлягає проектуванню з метою генерування електроенергії в загальну електромережу.

Проведено техніко-економічний розрахунок, де розглянуто економічну вигоду та окупність сонячної електростанції. Також розглянуто питання охорони праці під час робіт на висоті та проведено розрахунок освітлення досліджуваного об'єкта.

**Сумський державний університет**

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форми навчання

Кафедра електроенергетики

Спеціальність 8.141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедрою електроенергетики

І.Л. Лебединський

“  ”                  2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську роботу студента**

Короті Владислави Сергійвни

1. Тема дипломного проекту «Проект системи електропостачання дошкільного закладу з використанням сонячної станції»

затверджено наказом по університету №             від            

2. Термін здачі студентом завершеної роботи 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вихідними даними для проектування системи електропостачання та електроосвітлення є генеральний план приміщень з зазначенням місць розташування основних електроприймачів (світильників, розеток); перелік електроприймачів з указуванням їхньої потужності та кількості.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити)

- Вступ;
- Науково-дослідна частина;
- Розрахункова частина проекту;
- Техніко-економічний аналіз сонячної станції;
- Охорона праці;
- Висновки;
- Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним позначенням обов'язкових креслень)

- Схема розташування мереж освітлення 1-го поверху;
- Схема розташування мереж освітлення 2-го поверху;
- Схема розташування силових мереж 1-го поверху;
- Схема розташування силових мереж 2-го поверху.

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання видав	Завдання прийняв
Економіка і організація роботи підприємства	Маценко О.М.		

Консультанти проекту:

Маценко О.М. \_\_\_\_\_  
(підпис)

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник проекту Волохін В.В. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання Коротя В.С. \_\_\_\_\_  
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи
1	Характеристика об'єкта	12.10.2020
2	Науково-дослідна частина	29.10.2020
3	Визначення розрахункових навантажень	08.11.2020
4	Розрахунок проектно-технічних характеристик сонячної електростанції	15.11.2020
5	Техніко-економічний аналіз сонячної станції	20.11.2020
6	Охорона праці та розрахунок освітлення	28.11.2020
7	Виконання креслень	05.12.2020
8	Оформлення пояснівальної записки	11.12.2020

Студент-дипломник Коротя В.С. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник проекту Волохін В.В. \_\_\_\_\_  
(підпис)

## **Умовні позначення**

ЕЕ – електроенергія

АВ – автоматичний вимикач

ВРП – ввідний розподільчий пристрій

ДБН – державні будівельні норми

СОУ – стандарт організації України

ГОСТ – державний стандарт

ЕП – електричні пристрої

ККД – коефіцієнт корисної дії

КТП – комплектна трансформаторна підстанція

ПВХ – полівінілхлорид

ПЗВ – пристрій захисного відключення

ПУЕ – правила улаштування електроустановок

СБ – сонячна батарея

СЕ – сонячна енергетика

СЕС – сонячна електрична станція

ФЕП – фотоелектричні перетворювачі

ЩО – щит освітлення

ЩС-ТП – щит силовий теплопункту

## ЗМІСТ

Вступ .....	7
1. Науково-дослідна частина. Аналіз та вибір геометричних параметрів конструкції сонячної станції .....	11
1.1. Види монтажних конструкцій сонячних панелей .....	11
1.2. Розрахунок кутів розташування сонячних панелей .....	14
2. Розрахункова частина .....	23
2.1. Загальна характеристика об'єкта .....	23
2.2. Визначення рохрахункових навантажень .....	24
2.3. Вибір та перевірка силових кабелів .....	29
2.4. Рохрахунок потужності сонячної станції .....	36
2.5. Аналіз роботи та вибір обладнання сонячної станції .....	42
3. Оцінка вартості та строк окупності сонячної станції .....	56
3.1. Поняття та види сонячної станції дошкільного закладу .....	56
3.2. Економічна вигода та окупність сонячної електростанції .....	65
3.3. Розрахунок окупності .....	68
4. Охорона праці .....	71
4.1. Види інструктажів і порядок їх проведення .....	71
4.2. Вимоги безпеки під час виконання робіт на висоті .....	73
4.3. Розрахунок електроосвітлення .....	76
Висновки .....	79
Додаток А .....	80
Додаток Б .....	81
Список використаних джерел .....	83

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	МР 5.8.14 1.355 ПЗ		
Розроб.	Коротя				Проект системи	Лит.	Лист
Перевірив	Волохін				електропостачання дошкільного		Листів
Реценз.					закладу з використанням	6	83
Н. Контр.	Никифоров				сонячної станції		
Затвердив	Лебединський					СумДУ, ЕТмз-91с	

## Вступ

Сонце грає виняткову роль в житті Землі. Весь органічний світ нашої планети зобов'язаний Сонцю своїм існуванням. Сонце - це не тільки джерело світла і тепла, але і первинне джерело багатьох інших видів енергії (нафти, вугілля, води, вітру).

У порівнянні з іншими енергоносіями і джерелами енергії сонячна енергія має ряд безсумнівних переваг. В першу чергу, енергія Сонця є екологічно чистою, тому що при роботі сонячна електростанція не виділяє в навколошнє середовище шкідливих речовин. Другою перевагою є висока ресурсомісткість сонячної енергії, обумовлена великою її кількістю, одержуваної Землею від Сонця. По-третє, особливість реалізація систем сонячної енергії дозволяє масштабувати їх і виготовляти такі системи масово, в тому числі для автономного використання.

Сонячна електроенергетика – напрямок нетрадиційної енергетики, заснований на безпосередньому використанні сонячного випромінювання для отримання електроенергії.

Середня кількість сонячної енергії, що потрапляє в атмосферу Землі, величезна – біля 1,353 кВт/м<sup>2</sup>, або 178 000 ТВт. Набагато менша її кількість досягає поверхні Землі, а частка, яку можна використовувати, ще менша. Проте, сонячна енергія і поновлювана сировина являють собою такий ресурсний потенціал, який набагато перевищує потенціал ресурсів, що добуваються з землі. Обсяг енергії, яка щорічно віддається Землі Сонцем, у 15 000 разів більше річного споживання атомної енергії й енергії з викопних джерел. Це значить, що в перспективі є можливість замінити весь потенціал викопних ресурсів ресурсами сонячної енергії.

На даний момент сумарна потужність всіх сонячних електростанцій по всьому світу складає 39778 МВт.

За статистичними даними сонячна інсоляція на території України становить 3500-5200 МДж/м<sup>2</sup> за рік. Ефективність застосування сонячних

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	7
					МР 5.8.141.355 ПЗ	

батарей на території України протягом року різна і прямо залежить від регіону. Так на півдні України це період більш тривалий – з квітня по жовтень, на півночі України – з травня по вересень. Середній показник сонячної інсоляції на півдні становить 1900-2400 годин на рік, на півночі 1070 – 1400 годин на рік.

У таблиці 1 приведені значення сонячної інсоляції по областям України в розрізі місяців.

Як видно з таблиці для кожного регіону України існують свої показники продуктивності роботи встановленого обладнання. Україна тільки стає на шлях повсюдного використання сонячних батарей для отримання електроенергії.

Сонячна електростанція складається з ряду функціональних частин, якими є фотогальванічні елементи, акумулятори, інвертори та контролери заряду. У той же час одним з ключових ланок всієї системи є саме акумуляторна батарея, тому що найчастіше вона має найбільший низький термін експлуатації. Ця батарея швидше, ніж інші компоненти, приходить в непридатність, а також вельми вимоглива до умов експлуатації. Для забезпечення безперебійної роботи акумуляторів, спільно з іншими компонентами, крім забезпечення необхідних експлуатаційних умов необхідно також забезпечити оптимальний режим його заряду і розряду.

Також важливим завданням є забезпечення необхідної якості електроенергії. Низька якість електроенергії приводить, крім інших небажаних явищ, до збільшення втрат електроенергії як в електроприймачах, так і в мережі. Важливе значення має вимір показників якості електроенергії. За останні десятиліття досягнуті значні успіхи не тільки в мікроелектроніці, але й в електроапаратобудуванні, у розробці нових електричних і конструкційних матеріалів, у кабельній техніці. Ці досягнення відкривають нові можливості в способах реалізації електроенергії й у конструкції розподільних пристрій.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 1. Середній місячний рівень сонячної радіації в містах України за 2018-2019р. (кВтг / м<sup>2</sup> / день).

Регіон/ Місяць	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.	Сер.
Сімферополь	1,27	2,06	3,05	4,30	5,44	5,84	6,20	5,34	4,07	2,67	1,55	1,07	3,58
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,9	3,11
Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	2,99
Дніпро	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96	3,36
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
Запоріжжя	1,21	2,00	2,91	4,20	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	3,44
Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,10
Кропивницький	1,20	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,30
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,92
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,10	0,86	3,16
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,9	3,26
Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,36	1,04	3,55
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87	3,06
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91	3,24
Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75	3,03
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94

Фотоелемент – напівпровідниковий прилад, що служить для перетворення світлової енергії в електричну. В основі цього перетворення лежить явище фотоефекту.

На даний момент в світі існують фотоелектричні установки, що перетворюють сонячну енергію в електричну на основі методу прямого перетворення, і термодинамічні установки, в яких сонячна енергія спочатку перетворюється в тепло, потім в термодинамічній циклі теплової машини перетвориться в механічну енергію, а в генераторі перетворюється в електричну.

На відміну від сонячних колекторів, що нагрівають матеріал-теплоносій, сонячна батарея виробляє безпосередньо електроенергію.

У світлі цього актуальним завданням є вибір або розробка оптимального алгоритму заряду і розряду акумуляторів в системах альтернативної енергетики. У даній роботі розробляється алгоритм перезаряда акумуляторних батарей, що працюють в автономних електростанціях на сонячних батареях.

Виробництво фотоелектричних елементів і сонячних колекторів розвивається швидкими темпами в різних країнах та в самих різних напрямках. Сонячні панелі бувають різного розміру: від вбудованих в мікрокалькулятори до таких що розташовують на дахах автомобілів і будинків.

ККД фотоелементів, виготовлених в промислових масштабах, в середньому становить 16%, у кращих зразків – до 25%. У лабораторних умовах вже досягнуті ККД 40,7%.

Окрім економічних аргументів, електрична енергія, вироблена з сонячної енергії, та інші відновлювальні джерела електричної енергії в країні мають особливе значення для енергетичної безпеки та незалежності України.

Попри те, що станом на сьогодні відновлювальна енергетика складає менше 1% від загального обсягу виробництва електричної енергії, роль відновлювальних джерел електричної енергії неминуче зростання з кожним роком: уряд встановив 10% показник для відновлювальних джерел електричної енергії до кінця 2020 року. І відповідно до прийнятої в 2019 році Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», відновлювальна енергетика досягне рівня 25% у загальній структурі виробництва електричної енергії України.

Отже, завдяки інформації наведений вище та розвитку ЕЕ в Україні тема даного проекту є актуальну та варта уваги.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	10
					MP 5.8.141.355 П3	

# 1 Науково-дослідна частина. Аналіз та вибір геометричних параметрів конструкції сонячної станції

## 1.1. Види монтажних конструкцій сонячних панелей.

Для наземного монтажу сонячних панелей конструкції виготовляються з оцинкованих залізного або алюмінієвого профілів (рис.1), зібраних в єдиній конструкції для кріплення одного або груп з кількох модулів в вертикальній, або горизонтальній площині. Такі конструкції частіше встановлюють на бетонний фундамент [5].

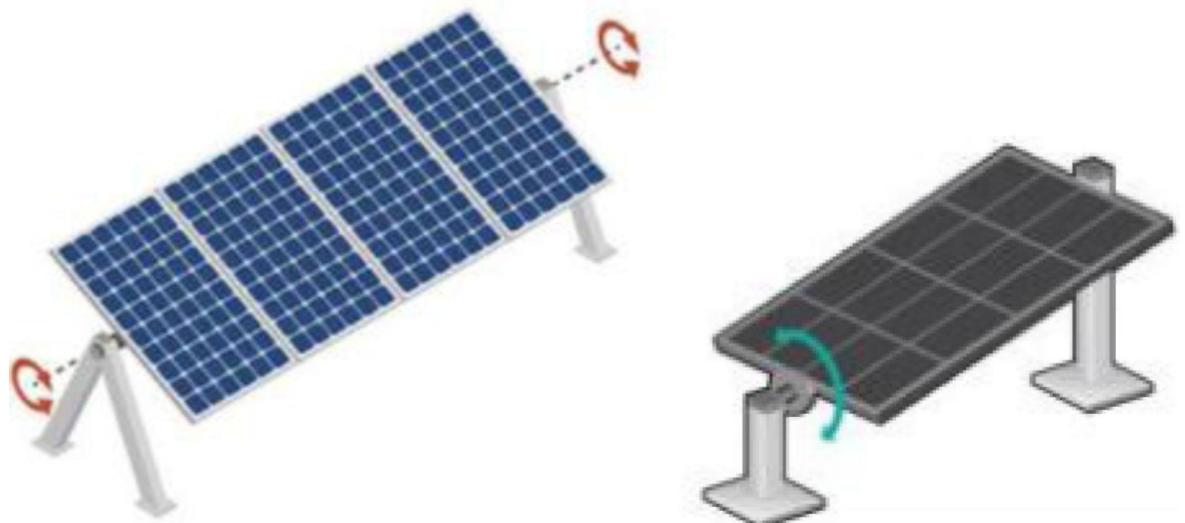


Рис. 1. Наземний монтаж сонячних панелей

Крім стаціонарних конструкцій для установки фотоелектричних модулів на землі, існують також поворотні в одній, або двох площинах конструкції для систем стеження за сонцем – трекерна система орієнтації (рис 2). Використання трекера дозволяє максимально ефективно зорієнтувати активну поверхню сонячних панелей і значно збільшити продуктивність енергії в порівнянні з фіксованим розміщенням на нерухомій металоконструкції (до 30 – 40%).

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	МР 5.8.14 1.355 ПЗ		
Розроб.	Коротя				Проект системи	Лист.	Листів
Перевірив	Волохін				електропостачання дошкільного	11	83
Реценз.					закладу з використанням		
Н. Контр.	Никифоров				сонячної станції		
Затвердив	Лебединський					СумДУ, ЕТмз-91с	

Трекери виготовляють із сталевих нержавіючих і алюмінієвих профілів.



*Рис 2. Одновісний трекер*

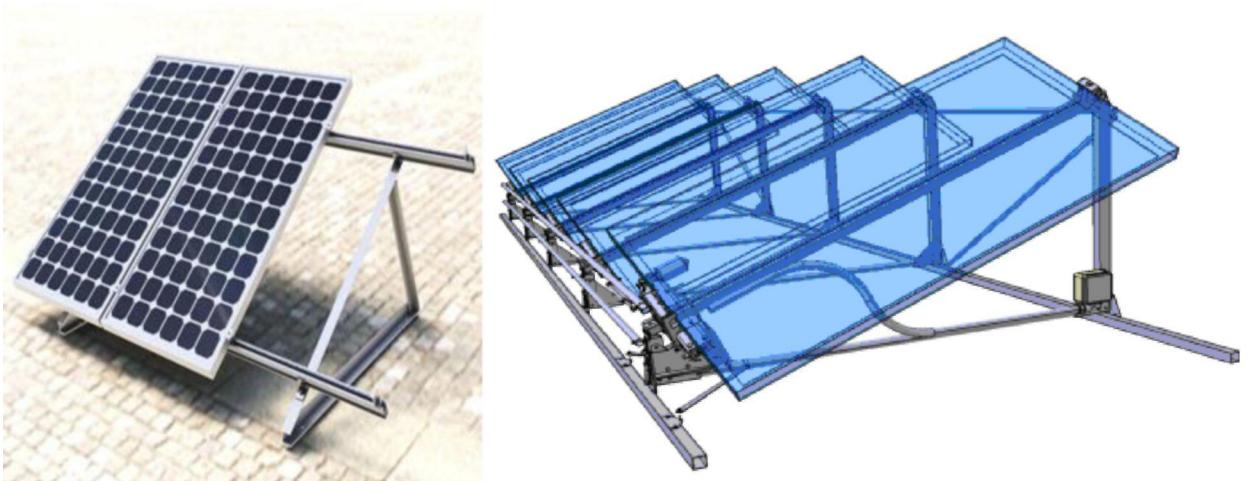
Співвідношення вартості та ефективності трекера визначає оптимальну потужність розміщених на них фотомодулів, яка може становити від одиниць до десятка кіловат.



*Рис. 3. Двохвісний трекер.*

Для монтажу фотоелектричних модулів на плоских дахах використовують конструкції з алюмінієвого профілю з опорними елементами з нержавіючої сталі (рис.4). На таких конструкціях монтують панелі в один, або кілька ярусів, орієнтуючи в горизонтальній або вертикальній площині.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



*Рис.4. Конструкції під монтаж сонячних батарей на плоских покрівлях*

На похилих дахах, орієнтованих на південь по азимуту і куту нахилу, близькому до оптимального, монтаж сонячних батарей відбувається на алюмінієвих профілях, закріплених на опорних елементах в/на покрівлі (рис.5).



*Рис. 5. Конструкції під монтаж сонячних батарей на похилих покрівлях*

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Конструкції під фотоелектричні модулі для мобільного застосування (рис. 6) повинні оперативно розгортатися і орієнтувати модулі на Сонце, а також бути достатньо компактними для транспортування. Їх виготовляють з алюмінієвого профілю, з елементами для кріплення з нержавіючої сталі, застосовуючи поворотні вузли, що дозволяє змінювати геометрію конструкції і орієнтацію всієї системи, або окремі елементи.



Рис 6. Мобільні конструкції для сонячних батарей.

На такі конструкції накладаються певні обмеження, пов'язані з масо-габаритними характеристиками всієї системи, а також умови їх транспортування і приведення в робочий стан.

Отже, продуктивність фотоелектричних систем безпосередньо залежить від того, наскільки правильно проведена установка сонячних батарей і підібрані конструкції під них. Вибір і розрахунок конструкції для фотоелектричної системи є таким же важливим елементом для отримання максимального виходу енергії від неї, як і інші елементи системи – фотоелектричні модулі і інвертори.

## 1.2. Розрахунок кутів розташування сонячних панелей

Встановлення фотоелектричних модулів відбувається на спеціальних конструкціях, які забезпечують їх оптимальну орієнтація на сонце і надійне кріплення до різних типів поверхонь на місцях установки: наземні фундаменти, похилі дахи, плоска покрівля, а також вертикальні поверхні [14].

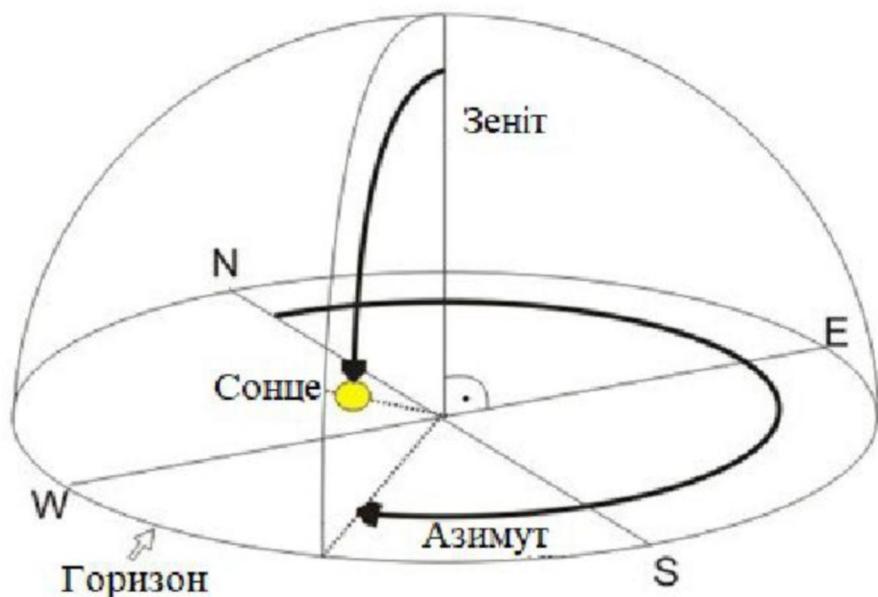
Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Для найбільшої ефективності роботи сонячних панелей, тобто перетворення сонячної енергії в електричну, необхідно, щоб сонячні промені були направлені перпендикулярно поверхні модуля. В такому випадку освітленість поверхні сонячних панелей буде максимальної. Для цього необхідно, щоб система контролю максимуму освітленості протягом дня періодично змінювала положення сонячних панелей для збереження прямого кута між напрямом променів і його площину.

Система, що забезпечує поворот сонячних панелей протягом дня на максимальний потік сонячного випромінювання, називається системою контролю максимуму освітленості сонячних панелей. Переміщення Сонця по небу протягом року і дня є вхідний характеристикою для системи контролю. Система контролю відповідає за орієнтування сонячних панелей на Сонце протягом дня і року. За одну добу Земля повертається навколо своєї осі на  $360^{\circ}$ , проте сонячні панелі буде генерувати енергію тільки протягом світлового дня.

Тривалість дня змінюється в залежності від широти і місця установки сонячних панелей. Необхідно простежити за двома умовами зміни висоти Сонця: протягом дня і умови зміни висоти Сонця за порами року. Положення Сонця на небосхилі може бути описано двома кутами: азимут і зеніт (див. рис. 7). Азимут - кут між істинним напрямом півночі і проекцією Сонця на горизонтальну площину Землі. Зенітний кут характеризує висоту сонцестояння. Азимут змінює значення протягом дня через обертання Землі навколо своєї осі (Його також називають часовий кут), а зенітний кут змінюється через прецесії земної осі. Отже, при проектуванні системи контролю необхідно брати до уваги два обертальні рухи Сонця: щоденне рух (переміщення по осі азимута) і щорічної прецесії земної осі (переміщення по осі екліптики) [14].

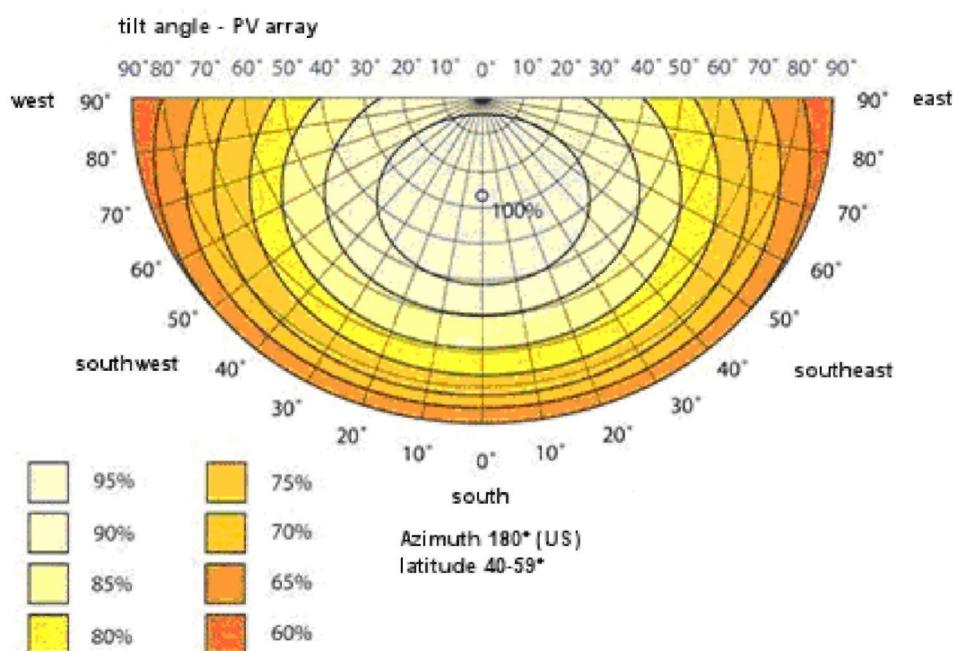
Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



*Рис. 7 Зеніт і азимут*

Спрощена формула розрахунку оптимального кута нахилу (див. рис. 8) фотомодулів:

- Якщо широта до  $25^{\circ}$ , числове значення широти помножити на 0,87.
- Якщо широта між  $25^{\circ}$  і  $50^{\circ}$ , числове значення широти помножити на 0,76, плюс 3,1 градуса.



*Рис.8 Кут нахилу сонячних батарей*

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Наведений нижче графік (рис.9) показує вплив регулювань кута нахилу на продуктивність. Бірюзова лінія показує кількість енергії, яку можна отримувати кожен день, якщо установка сонячних батарей проведена на фіксований оптимальний кут нахилу. Червона лінія показує кількість сонячної енергії, яку можна отримати при регулюванні кута нахилу чотири рази на рік. Фіолетова лінія показує кількість сонячної енергії в дні, якщо сонячна панелі встановлені на зимовий період.

Для порівняння, зелена лінія показує енергію, яку ви отримали б від двоосьових трекерних систем стеження, яка завжди орієнтує панель прямо на сонце. Цифри дані для  $40^{\circ}$  широти.

Таблиця 2. Продуктивність енергії фотоелектричної системи, в залежності від монтажної конструкції.

Продуктивність системи	Фіксована конструкція	Регулювання 2 рази в рік	Регулювання 4 рази на рік	2-осьовий трекер
% от оптимального				
	71,1%	75,2%	75,7%	100%

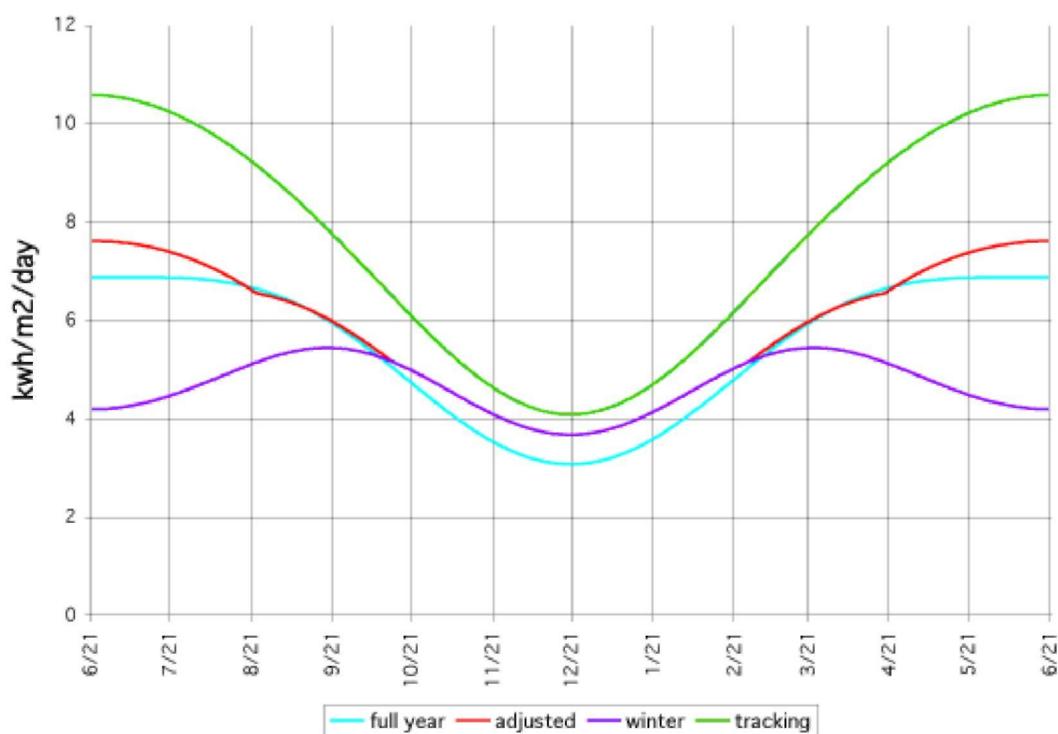


Рис.9 Графік який показує вплив регулювань кута нахилу на продуктивність.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Якщо конструкція дозволяє змінювати кут нахилу сонячних панелей (табл. 2), то при зміні кута два рази в рік на широті між  $25^{\circ}$  і  $50^{\circ}$  можна прийняти такі цифри: кращим кутом нахилу для літа буде чисельне значення широти, помножене на 0,93 мінус 21 градус. Кращий кут нахилу для зими – чисельне значення широти, помножене на 0,875, плюс 19,2 Градуси. Оптимальний час для зміни кута нахилу на літній період – 30 березня, на зимовий період – 12 вересня.

Таблиця 3. Приклад регулювання кута нахилу 2 рази на 1 рік в залежності від широти.

Широта	Літній кут	Зимовий кут	% від оптимального (2-осьового трекера)
$25^{\circ}$	2,3	41,1	76%
$30^{\circ}$	6,9	45,5	76%
$35^{\circ}$	11,6	49,8	76%
$40^{\circ}$	16,2	54,2	75%
$45^{\circ}$	20,9	58,6	75%
$50^{\circ}$	25,5	63,0	74%

- При регулюванні кута нахилу сонячних панелей чотири рази на рік (таблиця 16) на широті між  $25^{\circ}$  і  $50^{\circ}$  кращими кутами нахилу будуть:
- для літа числове значення широти помножити на 0,92, і відняти 24,3 градуса.
- для весни та осені числове значення широти помножити на 0,98, і відняти 2,3 градуса.
- для зими числове значення широти помножити на 0,89, і додати 24 градуси.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 4. Приклад регулювання кута нахилу 2 рази на 1 рік в залежності від широти.

Широта	Літній кут	Весняний/ Осінній кут	Зимовий кут
25 °	-1,3	22,2	46,3
30 °	3,3	27,1	50,7
35 °	7,9	32,0	55,2
40 °	12,5	36,9	59,6
45 °	17,1	41,8	64,1
50 °	21,7	46,7	68,5

Оптимальний час для зміни кута нахилу на літній період – 18 квітня, на осінній період – 24 серпня, на зимовий період – 7 жовтня, на весняний період – 5 березня.

У зимовий період сонячні панелі, при зимовому куті нахилу, будуть орієнтовані досить ефективно, захопивши від 81 до 88% енергії в порівнянні з трекерною системою. Такий кут нахилу є хорошим рішенням в тих місцях, де взимку навантаження більше, ніж влітку. Навесні, влітку і восени ефективність буде нижче (74-75% навесні/восени, і 68-74% влітку), тому, що в ці сезони сонце проходить велику ділянку неба, і фіксовані панелі не можуть бути спрямовані на нього під кут, що наближається до 90 °. Це як раз час року, в якому трекерні системи стеження дають найбільший ефект [14].

Зауважимо, що взимку кут приблизно на 5 ° крутіше, ніж той, що зазвичай рекомендується. Причина в тому, що в зимовий час, велика частина сонячної енергії припадає на полудень, так що фотоелектричні модулі слід орієнтувати майже прямо на сонце опівдні. Кут доопрацьовують, щоб отримати найбільш повну енергію протягом дня.

Якщо конструкція фотоелектричної системи дозволяє регулювати кут нахилу кожного місяця, то для розрахунку його значення на широту L приймається такі величини.

З весняного рівнодення до осіннього рівнодення:

- кут дорівнює широті L на 22 березня і 22 вересня (рівнодення)

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					MP 5.8.14.1.355 П3

- кут дорівнює ( $L-5^{\circ}$ ) на 3 квітня і 9 вересня (в т.ч. 2 найближчі тижні різниці);
  - кут дорівнює ( $L-10^{\circ}$ ) на 17 квітня і 26 серпня (в т.ч. 2 найближчі тижні різниці);
  - кут дорівнює ( $L-15^{\circ}$ ) на 1 травня і 12 серпня (в т.ч. 2 найближчі тижні різниці);
  - кут дорівнює ( $L-20^{\circ}$ ) на 22 травня і по 22 липня (в т.ч. 2 найближчі тижні різниці);
  - кут дорівнює ( $L-23,5^{\circ}$ ) на 22 червня (літнє сонцестояння);
- З осіннього рівнодення до весняного рівнодення:
- кут дорівнює широті L на 22 березня і 22 вересня (рівнодення);
  - кут дорівнює ( $L+5^{\circ}$ ), на 6 жовтня та 7 березня (в т.ч. 2 найближчі тижні різниці);
  - кут дорівнює ( $L+10^{\circ}$ ) на 19 жовтня і по 22 лютого (в т.ч. 2 найближчі тижні різниці);
  - кут дорівнює ( $L+15^{\circ}$ ), на 3 листопада і 8 лютого (в т.ч. 2 найближчі тижні різниці);
  - кут дорівнює ( $L+20^{\circ}$ ) на 23 листопада і 23 січня (в т.ч. 2 найближчих тижнів різниці);
  - кут дорівнює ( $L+23,5^{\circ}$ ) на 22 грудня (зимове сонцестояння).

На рис. 10 зображено залежність кутів нахилу для деяких широт в залежності від пори року.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

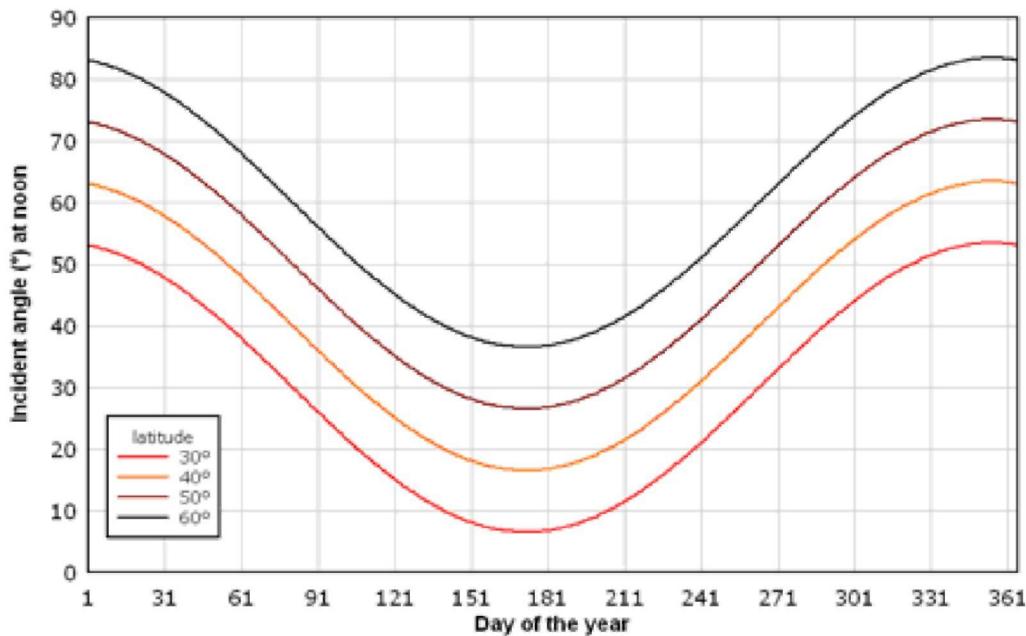


Рис. 10. Кути нахилу для деяких широт, в залежності від пори року, представлені на графіку

При розташуванні конструкцій сонячних панелей в кілька рядів (рис.11), крім правильної орієнтації і кута нахилу, дуже важливим є правильно вибраний відстань між рядами, щоб не відбувалося взаємного затінення поверхні модулів. Для середньої смуги, при оптимальному фіксованому куті нахилу, найчастіше використовується проста формула  $d = 3h$ , де  $d$  – відстань між рядами, і  $h$  – висота панелі під оптимальним кутом нахилу.

При кутах нахилу, близьких до  $30^\circ$ , коефіцієнт використання майданчика під фотоелектричну систему становить 33%. Наведені дані є оглядовими, зібраними з різних джерел, і трохи відрізняються за значенням, так як розраховувалися за різними методиками. В цілому завдання по них – дати уявлення про те наскільки оптимально може працювати фотоелектрична система в залежності від орієнтації і кута нахилу сонячних панелей.

Варіантів вибору місця для монтування сонячних панелей всього два: на даху будинку, прибудинкових спорудах або на попередньо побудованих наземних конструкціях (в межах приватного домогосподарства). В нашому випадку це покрівля, оскільки це найекономічніший спосіб (будівля існуюча, та на висоті не буде затінення від дерев та прилеглих будівель) [15].

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					MP 5.8.141.355 П3

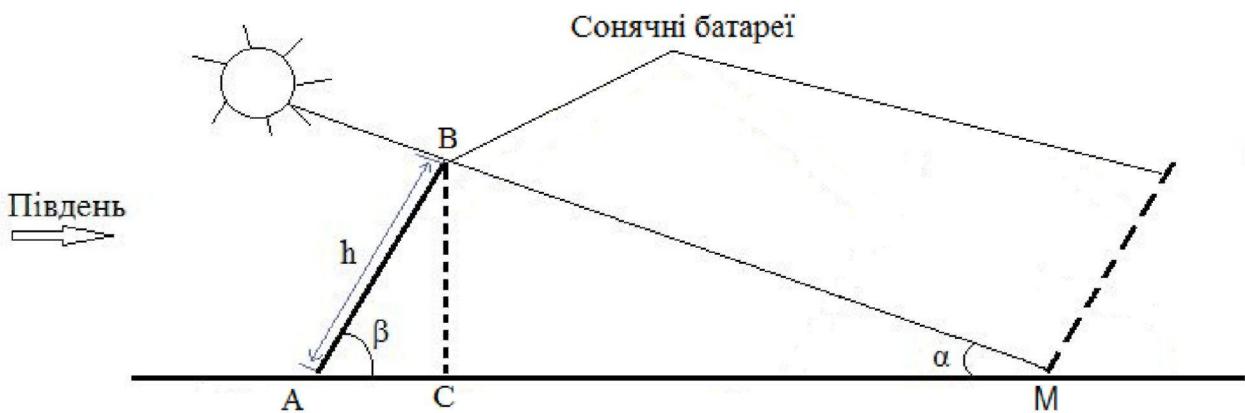


Рис. 11. Правильне розташування панелей в 2 і більше рядів в залежності від кута нахилу панелі.

Місця на даху і площі на землі недостатньо, тому використовуємо розміщення панелей на багаторядній конструкції, яка дозволить заощадити частину площини. Оскільки на покрівлі місце не дозволяє виконати монтаж в один ряд необхідно панелі змонтувати в 2 ряди. Розрахуємо оптимальну відстань між рядами сонячних батарей, але цей спосіб можна використовувати і для розрахунку тіней інших предметів. Виходячи з цього необхідно передбачити встановлення панелей таким чином, щоб один ряд не відбивав тінь на інший.

Для цього необхідно розрахувати дні літнього та зимового сонцестояння.

$$h = 90 - f_i + \delta,$$

де:  $f_i$  – широта даного місця,  $\delta$  – нахил, кутова відстань світила від небесного екватора.

Оскільки широта місцевості не змінюється зі зміною висоти Сонця слідує, що змінюється його нахил. Широту місцевості наблизено для даного населеного пункту можна визначити по географічній карті. За вимірюваннями висоти можна знайти, що влітку максимальне віддалення від небесного екватора становить  $+23,5^\circ$ , а в зимовий час воно  $-23,5^\circ$ .

Як відомо широта встановлення обладнання  $51^\circ$ , тоді

$$H=90-51+23.5=62.5^\circ \text{ (в дні літнього сонцестояння);}$$

$$H=90-51-23.5=15.5^\circ \text{ (в дні зимового сонцестояння).}$$

Виходячи з цих даних розраховуємо розташування панелей в 2 ряди.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## 2 Розрахункова частина

### 2.1. Загальна характеристика об'єкта

Будівля дошкільного закладу містить наступні приміщення: ігрові дитячі кімнати, спальні, пральня, їдальня, медичний кабінет, зал фізичної культури та ін. Загальна площа приміщення розрахована на 100 місць і становить 980м<sup>2</sup>.

Електрогосподарство знаходиться в робочому стані, але потребує капітального ремонту. Основні причини цього твердження:

- застарілі кабелі та проводи які мають порушену цілісність та ізоляцію;
- застаріле розподільне обладнання яке потребує заміни, та вичерпало свій експлуатаційний термін;
- не нормована освітленість приміщень для дітей та персоналу в порівнянні з сучасними нормами;
- споживання електроенергії освітлювальними приладами перевищує в 2-8 разів в порівнянні з світлодіодним освітленням.

Проектом передбачається встановлення мережової сонячної підстанції з використанням сонячних панелей для генерації електроенергії в мережу (Додаток А).

Живлення ВРП здійснюється від КТП самоутримним ізольованим проводом СП4 4x50 мм<sup>2</sup> напругою 380/220 В згідно [9].

Для розподілу електричної енергії всередині приміщення передбачаються електричні мережі напругою до 1000 В.

Схема внутрішньої мережі визначається комфортним та безпечним перебуванням дітей та обслуговуючого персоналу, технологічним процесом виробництва (кухня, пральня і т.д.), плануванням приміщень, взаємним розташуванням ЕП, і вводів живлення, розрахунковою потужністю, вимогами

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	МР 5.8.14 1.355 ПЗ			
Розроб.	Коротя				Проект системи	Літ.	Лист	Листів
Перевірив	Волохін				електропостачання дошкільного		23	83
Реценз.					закладу з використанням			
Н. Контр.	Никифоров				сонячної станції			
Затвердив	Лебединський						СумДУ, ЕТмз-91с	

безперебійності електропостачання, умовами навколошнього середовища, техніко-економічними показниками.

Система внутрішнього електропостачання - це система, що призначена для розподілу напруги від джерела живлення до електрообладнання. Внутрішня мережа живиться від центрального розподільчого щитка ВРП до силових розподільчих шаф ЩО та ЩТ.

## 2.2. Визначення розрахункових навантажень.

Правильне визначення розрахункових електричних навантажень на всіх ділянках є головним етапом проектування. Від цього розрахунку залежать вихідні дані для вибору всіх елементів та апаратів потрібних для забезпечення стабільної роботи СЕС .

Завищення електричних навантажень веде до необґрутованого збільшення перетинів струмоведучих частин, потужностей трансформаторів, що збільшує капіталовкладення. Експлуатація недовантажених трансформаторів недоцільна через значні втрати електроенергії в них у порівнянні із трансформаторами меншої потужності.

Зниження розрахункового навантаження приводить до перегріву елементів електричних мереж, прискореному старінню ізоляції електроустаткування й струмоведучих частин, порушенню електромагнітної сумісності електроприймачів (ЕП).

Для розрахунку використовуємо методику, що приведена в ДБН В.2.5-23-2010 з використанням коефіцієнтів попиту та коефіцієнтів участі у максимумі навантажень[2].

В першу чергу беремо до уваги встановлену потужність електроприймачів які будуть живитись кожний від свого місцевого щита та ділимо його на класи обладнання, які перераховує методика [2], що зазначена в ДБН В.2.5-23-2010. Усі дані вносимо до таблиць 2-7.

Наприклад, від щита ЩС-ТП, живиться наступне електрообладнання: циркуляційні насоси, насос холодного водопостачання, бойлер. Оскілки циркуляційні насоси та насос холодного водопостачання можна віднести до

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	24
					МР 5.8.14.1.355 П3	

сантехнічного обладнання, об'єднуємо в одну групу, бойлер це також сантехнічне обладнання, але по навантаженню ми його розраховуємо як, теплове.

За паспортними даними знаходимо усі відомі нам показники електроприймача:

$P_b$  – активна корисна потужність;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності (якщо відсутній встановлюємо згідно ДБН В.2.5-23-2010).

Потім знаходимо розрахункове навантаження силових ліній живлення і вводів  $P_p$  за формулою:

$$P_p = P_b * K_{\pi}$$

де  $P_b$  – встановлена потужність електроприймачів (крім протипожежних і резервних пристрій), кВт;

$K_{\pi}$  – розрахунковий коефіцієнт попиту.

Коефіцієнти попиту для розрахунку навантаження вводів і ліній силових електричних мереж слід визначати за ДБН В.2.5-23-2010.

Визначаємо коефіцієнт реактивної потужності  $\operatorname{tg} \varphi$ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi};$$

$$\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1;$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi};$$

Далі розраховуємо реактивну потужність:

$$Q_p = P_p * \operatorname{tg} \varphi \text{ (кВАР)}$$

Далі розраховуємо повну потужність:

$$S = P_p^2 + Q_p^2 \text{ (кВА)}$$

Розраховуємо струм:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3 * U}}$$

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Після розрахунків окремих розподільних щитів виконуємо розрахунок ввідного розподільчого щита (ВРП). Для цього сумуємо однакові групи з кількістю електроприймачів та зводимо до таблиці 8. Виконуємо даний розрахунок знову.

Такі розрахунки виконуються окремо для літнього та зимового періоду. Тому, що навантаження в кожен період року різне. Для вибору електрообладнання та апаратів вибираємо максимальне значення.

Оскільки в проекті відсутні навантаження, що використовуються в основному в літню пору року (зазвичай це кондиціонери та вентилятори), за основу розрахунку прийнято зимовий період. Розрахунок проводився для максимального навантаження.

Таблиця 5. Розрахунок у максимумі навантажень на ЩС-ТП

№	Найменування споживача	Встанов лена потужні сть	Кількіст ь спож	Розрахунк ова потужніст ь	К-т потреби	Коефіц. Реактивної потужності		Споживча потужність			Макс. роз. Струм
		Pv, кВт	шт.	Pp, кВт	Kп	Cosj	tgi	Pp=Py*Kc , кВт	Qp=Pp*tgφ , кВар	Sp=√(Pp²+Qp²) , кВА	Ip=S/√3*U , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Сантехнічне обладнання (насоси)	2,60	6	1,95	0,75	0,75	0,88	1,95	1,72	2,60	3,94
2	Бойлер	2,00	1	2,00	1,00	1,00	0,00	2,00	0,00	2,00	3,03
<b>Всього:</b>		<b>4,60</b>		3,95	1,00	0,92	0,44	3,95	1,72	4,31	6,53

Таблиця 6. Розрахунок у максимумі навантажень на ЩТ-1

№	Найменування споживача	Встанов лена потужні сть	Кількіст ь спож	Розрахунк ова потужніст ь	К-т потреби	Коефіц. Реактивної потужності		Споживча потужність			Макс. роз. Струм
		Pv, кВт	шт.	Pp, кВт	Kп	Cosj	tgi	Pp=Py*Kc , кВт	Qp=Pp*tgφ , кВар	Sp=√(Pp²+Qp²) , кВА	Ip=S/√3*U , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Теплове обладнання	27,00	4	21,60	0,80	1,00	0,00	21,60	0,00	21,60	32,73
2	Механічне обладнання	3,00	3	2,25	0,75	0,85	0,62	2,25	1,39	2,65	4,01
3	Холодильне обладнання	1,50	3	0,98	0,65	0,65	1,17	0,98	1,14	1,50	2,27
4	Вентиляційне обладнання	0,50	1	0,50	1,00	0,65	1,17	0,50	0,58	0,77	1,17
<b>Всього:</b>		<b>32,00</b>		25,33	1,00	0,99	0,12	25,33	3,12	25,52	38,66

Таблиця 7. Розрахунок у максимумі навантажень на ЩО-1-1

№	Найменування споживача	Встанов	Кількіст	Розрахунк	К-т	Коефіц.		Споживча потужність			Макс. роз.
		ленна	ь спож	ова		реактивної					Струм
		Pв, кВт	шт.	Pр, кВт	Kп	Cosj	tgj	Pp=Py*Kc, кВт	Qp=Pp*tgφ, кВар	Sp=√(Pp²+Qp²), кВА	Ip=S/√3*U, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Освітлення приміщень	1,66	1	1,66	1,00	0,65	1,17	1,66	1,94	2,55	3,87
2	Силові розетки для підключення орг. Техніки та іншого різноманітного обладнання.	2,16	27	0,43	0,20	0,85	0,62	0,43	0,27	0,51	0,77
<b>Всього:</b>		<b>3,82</b>		2,09	1,00	0,69	1,06	2,09	2,21	3,04	4,61

Таблиця 8. Розрахунок у максимумі навантажень на ЩО-1-2

№	Найменування споживача	Встанов	Кількіст	Розрахунк	К-т	Коефіц.		Споживча потужність			Макс. роз.
		ленна	ь спож	ова		реактивної					Струм
		Pв, кВт	шт.	Pр, кВт	Kп	Cosj	tgj	Pp=Py*Kc, кВт	Qp=Pp*tgφ, кВар	Sp=√(Pp²+Qp²), кВА	Ip=S/√3*U, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Освітлення приміщень	1,30	1	1,30	1,00	0,65	1,17	1,30	1,52	2,00	3,03
2	Силові розетки для підключення орг. Техніки та іншого різноманітного обладнання.	1,52	19	0,30	0,20	0,85	0,62	0,30	0,19	0,36	0,54
3	Технологічного обладнання пральні	7,20	5	3,60	0,50	0,90	0,48	3,60	1,74	4,00	6,06
<b>Всього:</b>		<b>10,02</b>		5,20	1,00	0,83	0,66	5,20	3,45	6,24	9,46

Таблиця 9. Розрахунок у максимумі навантажень на ЩО-2-1

№	Найменування споживача	Встанов	Кількіст	Розрахунк	К-т	Коефіц.		Споживча потужність			Макс. роз.
		ленна	ь спож	ова		реактивної					Струм
		Pв, кВт	шт.	Pр, кВт	Kп	Cosj	tgj	Pp=Py*Kc, кВт	Qp=Pp*tgφ, кВар	Sp=√(Pp²+Qp²), кВА	Ip=S/√3*U, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Освітлення приміщень	1,40	1	1,40	1,00	0,65	1,17	1,40	1,64	2,15	3,26
2	Силові розетки для підключення орг. Техніки та іншого різноманітного обладнання.	1,12	14	0,22	0,20	0,85	0,62	0,22	0,14	0,26	0,40
<b>Всього:</b>		<b>2,52</b>		1,62	1,00	0,67	1,09	1,62	1,78	2,41	3,65

Таблиця 10. Розрахунок у максимумі навантажень на ЩО-2-2

№	Найменування споживача	Встановленна потужність	Кількість споживача	Розрахункова потужність	К-т попиту	Коефіц. Реактивної потужності		Споживча потужність			Макс. роз.
		P <sub>b</sub> , кВт	шт.	P <sub>p</sub> , кВт	K <sub>p</sub>	Cosj	tgj	P <sub>p</sub> =P <sub>y</sub> *K <sub>c</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> =P <sub>p</sub> *tgφ, кВар	S <sub>p</sub> =√(P <sub>p</sub> <sup>2</sup> +Q <sub>p</sub> <sup>2</sup> ), кВА	I <sub>p</sub> =S/√3*U, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Освітлення приміщень	1,40	1	1,40	1,00	0,65	1,17	1,40	1,64	2,15	3,26
2	Силові розетки для підключення орг. Техніки та іншого різноманітного обладнання.	1,12	14	0,22	0,20	0,85	0,62	0,22	0,14	0,26	0,40
<b>Всього:</b>		<b>2,52</b>		<b>1,62</b>	<b>1,00</b>	<b>0,67</b>	<b>1,09</b>	<b>1,62</b>	<b>1,78</b>	<b>2,41</b>	<b>3,65</b>

Таблиця 11. Розрахунок у максимумі навантажень на ВРП

№	Найменування споживача	Встановленна потужність	Кількість споживача	Розрахункова потужність	К-т попиту	Коефіц. Реактивної потужності		Споживча потужність			Макс. роз.
		P <sub>b</sub> , кВт	шт.	P <sub>p</sub> , кВт	K <sub>p</sub>	Cosj	tgj	P <sub>p</sub> =P <sub>y</sub> *K <sub>c</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> =P <sub>p</sub> *tgφ, кВар	S <sub>p</sub> =√(P <sub>p</sub> <sup>2</sup> +Q <sub>p</sub> <sup>2</sup> ), кВА	I <sub>p</sub> =S/√3*U, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Теплове обладнання	29,00	5	21,75	0,75	1,00	0,00	21,75	0,00	21,75	32,95
2	Механічне обладнання	3,00	3	2,25	0,75	0,85	0,62	2,25	1,39	2,65	4,01
3	Сантехнічне та холодильне обладнання	4,10	9	2,58	0,63	0,65	1,17	2,58	3,02	3,97	6,02
4	Вентиляційне обладнання	0,50	1	0,50	1,00	0,65	1,17	0,50	0,58	0,77	1,17
5	Освітлення приміщень	5,76		5,18	0,90	0,65	1,17	5,18	6,06	7,98	12,08
6	Аварійне освітлення	1,39		1,39	1,00	0,65	1,17	1,39	1,63	2,14	3,24
7	Силові розетки для підключення орг. Техніки та іншого	5,92	74	1,18	0,20	0,85	0,62	1,18	0,73	1,39	2,11
8	Технологічного обладнання пральні	7,20	5	3,60	0,50	0,90	0,48	3,60	1,74	4,00	6,06
<b>Всього:</b>		<b>56,87</b>		<b>38,44</b>	<b>1,00</b>	<b>0,93</b>	<b>0,39</b>	<b>38,44</b>	<b>15,16</b>	<b>41,32</b>	<b>62,61</b>

### 2.3. Вибір та перевірка силових кабелів

Підбір кабелів та спосіб укладання необхідно виконувати згідно з [2].

Силовий кабель - збірна назва для електричних кабелів, які використовують для під'єднання потужного споживача. Кабель зазвичай складається з одного або більше електричних струмопровідних жил, найчастіше скріплених спільною оболонкою/ами. Збірка використовується для передавання електричної енергії. Силові кабелі можуть бути: встановлені як постійні електропроводки в приміщеннях, закопані в землю чи занурені в воду, прокладені на висоті або покладені на поверхню. Від характеристик об'єкта та

умов монтажу силового кабелю залежить вибір типу силового кабелю. До вибору силового кабелю потрібно підходити дуже ретельно.

Для зручності силові кабелі можна класифікувати за рядом ознак:

• За напругою:

- силові кабелі на низьку напругу: 0,66 кВ, 1 кВ, 6 кВ, 10 кВ, 20 кВ, 35 кВ;
- силові кабелі на високу напругу: 110 кВ, 220 кВ, 330 кВ, 380 кВ, 500 кВ, 750 кВ і вище;

• За матеріалом ізоляції:

- пластмасова;
- поліетиленова;
- гумова;
- паперова;

• За матеріалом і формою струмопровідних жил:

- алюмінієві;
- мідні;
- кругла жила;
- секторна або сегментна форма жил.

Класифікація найбільш поширена в кабельному середовищі. Відповідно до неї можна виділити наступні групи силових кабелів:

1. Силові кабелі з ПВХ ізоляцією;
2. Кабель силовий з ПВХ ізоляцією (броньований);
3. Силові кабелі з паперовою ізоляцією;
4. Силові кабелі з гумовою ізоляцією;
5. Силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену;
6. Контрольний кабель.

Оскільки з вище наведеного нам підходить лише силовий кабель з ПВХ ізоляцією, далі розглядаємо лише цю групу кабелів.

Кабелі з ПВХ ізоляцією – розраховані на стаціонарну прокладку в електромережах з номінальною змінною напругою 0,66 В, 1-6 кВ (ГОСТ 16442-80). Ізоляція на основі ПВХ одна з найдешевших кабельних

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ізоляцій, що володіє еластичністю, а завдяки спеціальним добавкам може купувати необхідні властивості, наприклад, морозостійкість і термостійкість.

Випускаються вогнестійкі різновиди кабелю. Вогнестійкість кабелів забезпечується шляхом ізолювання струмопровідних жил за допомогою оболонки зі слюди.

Ось деякі маркування кабелів:

З мідною жилою: ВВП; ВВГ; ВВГнг; ВВГнгд (ВВГнг-нд); NHXH FE180/E30; NHXH FE180/E90 і т.д.

З алюмінієвою жилою: АВВГ; АВВГ-П і т.д.

Проаналізувавши всі типи кабелів, які можливо застосувати на даному об'єкті, було прийнято використати кабель типу: ВВГнг-нд та NHXH FE180/E30.

Кабель ВВГнг-нд використовується для передачі і розподілу електроенергії в стаціонарних установках на номінальну напругу 0,66; 1; 6 кВ.

Частота 50 Гц. Використовується для прокладки в сухих і вологих виробничих приміщеннях, на спеціальних кабельних естакадах, в блоках, а також для прокладки на відкритому повітрі. Кабелі не рекомендуються для прокладки в землі (траншеях).

Кабелі марки ВВГнг-нд (Рис.12) не поширяють горіння при прокладці в пучках а крім того, мають ряд переваг порівняно з іншими кабелями ВВГнг за показниками пожежної безпеки: низьке димоутворення в разі пожежі та меншим впливом продуктів димо- та газовиділення. Таким чином, кабель марки ВВГнг-нд значно вигідніший, за багатьма параметрами, за вже менш популярний кабель марки ВВГнг.

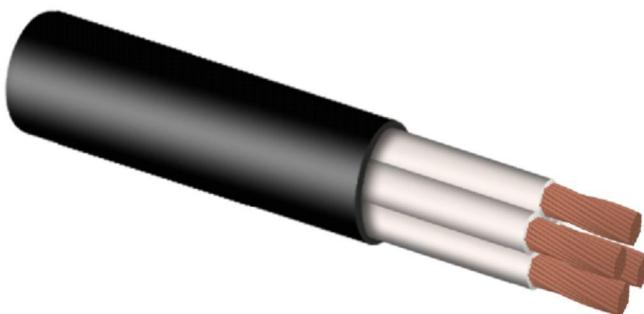


Рис.12 Конструкція кабелю ВВГнг-нд

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Кабель NHXH FE180/E30 (Рис.13) мідний вогнетривкий кабель з ізоляційним заповненням та оболонкою з безгалогенних речовин. Використовується в місцях, де потрібна особлива безпека людей, культурних і матеріальних цінностей. В системах і устаткуванні, робота яких обов'язкова для проведення швидких і безпечних рятувальних робіт під час пожежі



*Рис.13 Конструкція кабелю NHXH FE 180/E30*

АВВГ- силовий кабель з алюмінієвими жилами (рис. 14), з ПВХ ізоляцією в ПВХ оболонці. Кабель АВВГ призначений для передачі і розподілу електроенергії в стаціонарних установках на номінальну змінну напругу 660 і 1000 В частотою 50 Гц.



*Рис.14 Конструкція кабелю АВВГ*

Враховуючи все вище зазначене, робимо висновок – розподільні мережі виконуємо кабелем ВВГнг-нд відкрито по лотку та в гофрованій трубі з кріпленим накладним скобами за підвісною стелею.

В дипломному проекті використані гнучкі гофровані ізоляційні труби з ПВХ, призначені для формування магістралі, яка дозволяє здійснити приховану взаємозамінну проводку, в порожнинах будівельних конструкцій, електричних проводів напругою до 1000 В і частотою 50 Гц.

В місцях проходу кабелів через перекриття та стіни – закладаються сталеві гільзи з відповідним діаметром, для забезпечення герметизації усі порожнини ущільнюються вогнетривкими речовинами.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					MP 5.8.14 1.355 ПЗ

Мережі робочого освітлення виконуються кабелем ВВГнг-нд відкрито по лотку та в гофрованій трубі з кріпленням накладними скобами за підвісною стелею.

Мережі аварійного освітлення виконуються кабелем NHXH FE180/E30 відкрито з кріпленням накладними скобами по стінам під шаром штукатурки та за підвісною стелею.

Перевірка вибору кабелів за падінням напруги проводиться нижче.

На векторній діаграмі показані (рис.15): вектор напруги в кінці лінії  $U_2$ , вектор напруги на початку лінії  $U_1$  і вектор падіння напруги на опорі лінії  $I_2z_n$  (падіння напруги на активному опорі лінії  $I_2r_n$  і падіння напруги на індуктивному опорі лінії  $I_2x_n$ ). Векторна діаграма для фазних напруг [21].

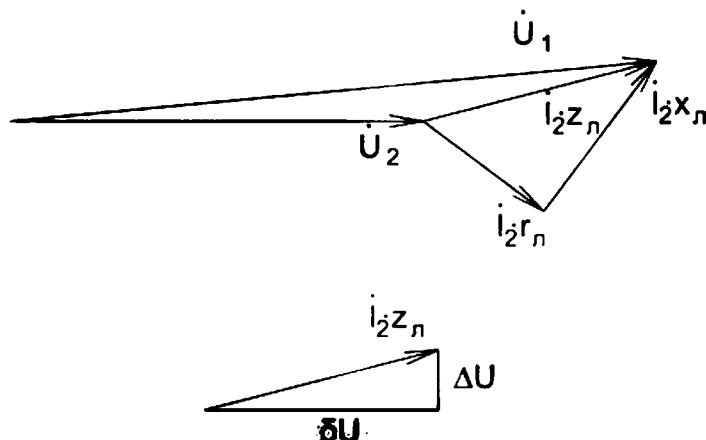


Рис 15. Векторна діаграма побудована для фазних напруг

Падіння напруги є комплексною величиною:

$$I_2z_n = U_2 - U_1 = \Delta U + j\delta U$$

де  $\Delta U$  – поздовжня складова падіння напруги;

$\delta U$  – поперечна складова падіння напруги.

Модуль вектора падіння напруги (втрати напруги з урахуванням поздовжньої складової):

$$|I_2z_n| = \sqrt{\Delta U^2 + \delta U^2}$$

Далі наведеною формулою за якими ведеться розрахунок в цій таблиці.

При трифазному змінному струмі.

Якщо напруга мережі менше 1000 В враховується тільки поздовжня складова падіння напруги (втрати напруги):

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					MP 5.8.14 1.355 ПЗ

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot r_{y\partial} \cdot I + Q \cdot x_{y\partial} \cdot I}{U_{я}^2 \cdot n} \cdot 100\%$$

де  $P$  – активна потужність, що передається по лінії, кВт;

$Q$  – реактивна потужність, що передається по лінії, квар;

$r_{y\partial}, x_{y\partial}$  – питомий активний і індуктивний опір кабельної лінії, Ом/км;

$l$  – довжина кабельної лінії, км;

$U_{я}$  – лінійна напруга мережі, В;

$n$  – кількість кабелів, шт.

Питомі опори кабельної лінії розраховується з урахуванням числа кабелів, прокладених паралельно в кабельній лінії.

Поперечна складова падіння напруги:

$$\delta U\% = \frac{P \cdot x_{y\partial} \cdot I - Q \cdot r_{y\partial} \cdot I}{U_{я}^2 \cdot n} \cdot 10^3 \cdot 100\%$$

Максимальна довжина кабелю при заданій допустимій втраті напруги, км:

$$I = \frac{\Delta U\%_{дост} \cdot U_{я}^2 \cdot n}{(P \cdot r_{y\partial} + Q \cdot x_{y\partial}) \cdot 10^3 \cdot 100\%}$$

При однофазному змінному струмі.

Якщо напруга мережі менше 1000 В враховується тільки поздовжня складова падіння напруги:

$$\Delta U\% = 2 \frac{P \cdot r_{y\partial} \cdot I + Q \cdot x_{y\partial} \cdot I}{U_{\phi}^2 \cdot n} \cdot 10^3 \cdot 100\%$$

де  $P$  – активна потужність передається по лінії, кВт;

$Q$  – реактивна потужність передається по лінії, квар;

$r_{y\partial}, x_{y\partial}$  – питомий активний і індуктивний опір кабельної лінії, Ом/км;

$l$  – довжина кабельної лінії, км;

$U_{\phi}$  – фазна напруга мережі, В;

$n$  – кількість кабелів, шт.

Питомі опори кабельної лінії розраховується з урахуванням числа кабелів, прокладених паралельно в кабельній лінії.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					MP 5.8.14.1.355 П3

Поперечна складова падіння напруги:

$$\delta U\% = 2 \frac{P \cdot x_{уд} \cdot l - Q \cdot r_{уд} \cdot l}{U_{\phi}^2 \cdot n} \cdot 10^3 \cdot 100\%$$

Максимальна довжина кабелю при заданій допустимій втраті напруги, км:

$$l = \frac{\Delta U\%_{дост} \cdot U_{\phi}^2 \cdot n}{(P \cdot r_{уд} + Q \cdot x_{уд}) \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 100\%}$$

При постійному струмі.

Втрата напруги:

$$\Delta U\% = 2 \frac{P \cdot r_{уд} \cdot l}{U^2 \cdot n} \cdot 10^3 \cdot 100\%$$

де  $P$  – потужність передається по лінії, кВт;

$r_{уд}$  – питомий опір кабельної лінії, Ом/км;

$l$  – довжина кабельної лінії, км;

$U$  – напруга мережі, В;

$n$  – кількість кабелів, шт.

Максимальна довжина кабелю при заданій допустимій втраті напруги, км:

$$l = \frac{\Delta U\%_{дост} \cdot U^2 \cdot n}{2 \cdot P \cdot r_{уд} \cdot 10^3 \cdot 100\%}$$

Розрахунок втрати напруги при трифазному змінному струмі і напрузі 380 В за спрощеною формулою (для довідки).

Для мідних жил:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot I}{7200 \cdot S \cdot n} \cdot 10^3 \cdot 100\%$$

де  $P$  – активна потужність передається по лінії, кВт;

$S$  – перетин жил кабелю,  $\text{мм}^2$ ;

$l$  – довжина кабельної лінії, км;

$n$  – кількість кабелів, шт.

Для алюмінієвих жил:

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot I \cdot 1,58}{7200 \cdot S \cdot n} \cdot 10^3 \cdot 100\%$$

Усі дані зводимо до таблиці 12.

Таблиця 12. Розрахунок падіння напруги.

Найменування електроприймача	ЩТ-1	ЩС-ТП	ЩО1-1	ЩО1-2	ЩО2-1	ЩО2-2
Довжина, $l$ , км	0,02	0,045	0,018	0,045	0,018	0,045
Поперечний переріз, $\text{мм}^2$	16	4	4	6	4	4
Матеріал жил	медь	Cu	медь	Cu	Cu	Cu
Кількість жил, шт.	5	5	5	5	5	5
Кількість кабелів, $n$ , шт.	1	1	1	1	1	1
Напруга, В	380	380	380	380	380	380
пост. / перем. 1ф. / перем. Зф. Струм	перем. Зф.					
$\cos\phi$ , о.е.	0,99	0,92	0,69	0,83	0,67	0,67
$P$ , кВт	25,33	3,95	2,09	5,2	1,62	1,62
$Q$ , квар	3,609	1,683	2,192	3,494	1,795	1,795
$r_{y\theta}$ , Ом/км	1,140	4,558	4,558	3,039	4,558	4,558
$x_{y\theta}$ , Ом/км	0,082	0,098	0,098	0,093	0,098	0,098
Поздовжня складова падіння напруги (втрата напруги), $\Delta U\%$	0,404	0,566	0,121	0,503	0,094	0,236
Поперечна складова падіння напруги, $\delta U\%$	-0,028	-0,227	-0,122	-0,316	-0,100	-0,250
Втрата напруги за спрощеною формулою (для довідки), $\Delta U\%$	0,440	0,617	0,131	0,542	0,101	0,253
Допустима втрата напруги, %	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Максимальна довжина кабелю при заданій допустимій втраті напруги, км	0,248	0,397	0,741	0,448	0,955	0,955

Висновком після проведення розрахунків слугує те, що перерізи жил кабелю вибрані вірно та проблем з ними виникати не буде.

#### 2.4. Розрахунок потужності сонячної станції.

Режим роботи закладу становить 10 год на добу здебільшого з 8ї ранку до 18ї вечора. Кількість робочих днів на рік становить у середньому взято 250.

Розрахунок споживаної потужності проводимо на базі даних розрахунку у максимумі навантажень та зведемо до таблиці 11. Також до табл. 11 для порівняння внесені дані про потужність електроенергії, що генерується.

Обчислення в таблиці проводимо наступним чином: розрахункову потужність (кВт) множимо на кількість відпрацьованих годин за день та множимо на кількість робочих днів за рік.

Підводимо підсумки і розраховуємо загальну споживану потужність (виводимо середню суму споживання кВт/рік по всьому об'єкту) [5].

Щоб провести розрахунок електроенергії, що генерується сонячною електростанцією за весь період робочих днів в році використано формулою:

$$P_{\text{розр}}(\text{kVt} \cdot \text{год}) = \frac{I \left( \frac{\text{kVt} \cdot \text{год}}{\text{м}^2} \right) * K_o * V_{\text{модуля}}(\text{kVt}) * K_{\text{втрат}}}{U_{\text{випр}}(\text{kVt}/\text{м}^2)}$$

де:  $I$  – сонячна енергія, яка потрапляє на поверхню Землі в горизонтальній площині. Значення можна вибрати, скориставшись картою інтенсивності сонячної радіації на карті Європи (рис. 16);

Глобальная карта распределения солнечной радиации

ЕВРОПА

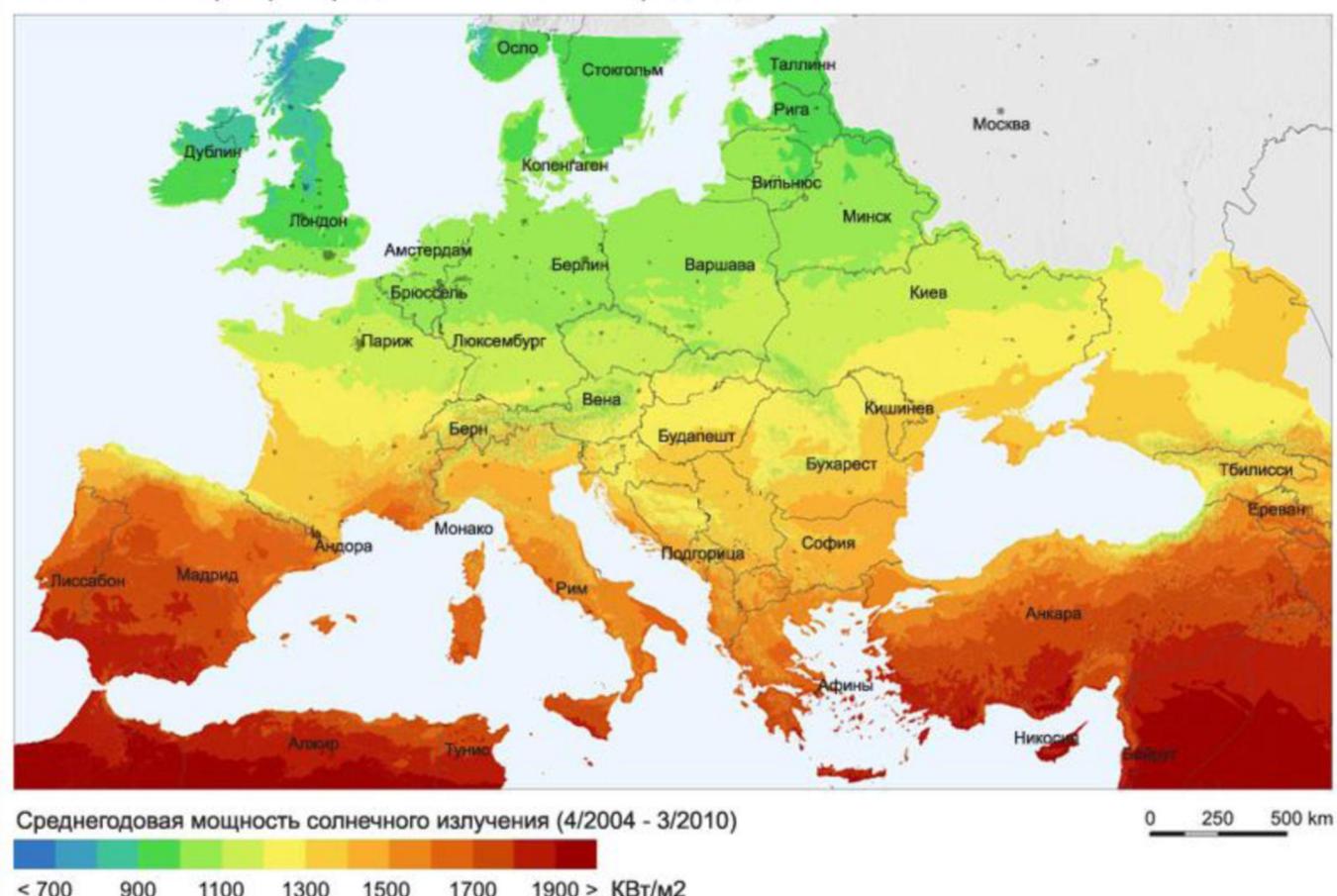


Рис. 16 Карта Європи розподілення сонячної радіації

$K_o$  – поправочний коефіцієнт перерахунку сумарного потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на поверхню колектора (дані можна взяти із табл. 10);

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 13. Відхилення за азимутом від південного напрямку

	-90	-85	-80	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04
10	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07
15	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09	1,10
20	0,97	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,01
25	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
30	0,94	0,96	0,96	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
35	0,93	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,08
40	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13
45	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,05	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12
50	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11
55	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08
60	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	1,00	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06
65	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,97	0,96	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
70	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
75	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95
80	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90
85	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
90	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

$V_{\text{модуля}}$  – номінальна потужність сонячної батареї (вказується в паспортних даних до модуля);

$K_{\text{втрат}}$  – коефіцієнт, що враховує втрати сонячної батареї при перетворенні і передачі електроенергії;

$U_{\text{випр}}$  – інтенсивність сонячної радіації, при якій фотоелектричні модулі тестиються, приймається рівною  $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$  ( $1 \text{ кВт} / \text{м}^2$ ).

Загальні втрати енергії при перетворенні сонячного випромінювання в фотоелектричній системі включають в себе:

- Втрати в кабелях – 1%;
- Втрати в інверторі – 2%;
- Втрати, пов'язані з ростом температури модуля – 5%;

- Втрати в процесі роботи сонячної батареї в період низького рівня сонячного випромінювання – 2%;
- Втрати, пов'язані з затінюванням і забрудненням сонячних панелей – 2% (в разі неоптимального орієнтування ці втрати можуть бути значно більшими).

Скористаємося даними з карти сонячної інсоліації та інформацією про місце розташування об'єкта (беремо з програми RETScreen Expert, яка використовує базу даних NASA) (Рис. 7).

Ми бачимо, що сума сонячної радіації на горизонтальній поверхні за добу становить  $3,16 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ , а на рік –  $3,16 \cdot 365 = 1153,4 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ .

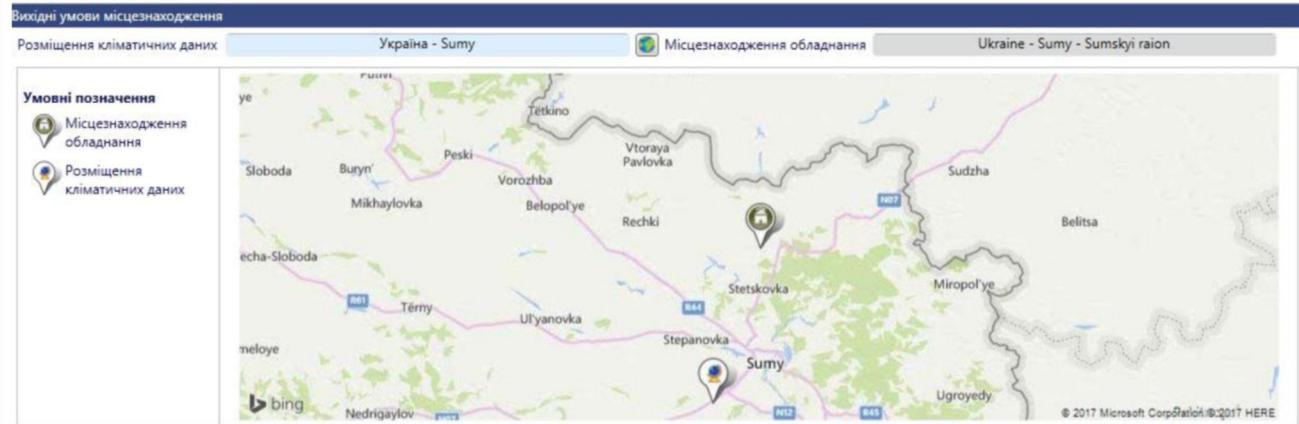
Поправочний коефіцієнт перерахунку сумарного потоку сонячної енергії залежить від кута нахилу сонячних панелей у бік Півдня з відхиленням по азимуту.

Ефективний кут нахилу визначаємо в залежності від середньорічної генерації електроенергії. За даними різноманітних джерел кут нахилу у випадку незмінного кута встановлення сонячних панелей необхідно обирати за широтою встановлення обладнання  $+/- 5^\circ$ . За даними з програмного забезпечення RETScreen Expert (рис.7) та за подальшим розрахунком Ко (порівняння самого поправочного коефіцієнту) ефективний кут нахилу сонячних панелей повинен становити  $40^\circ$ , а отже  $Ko=1,12$  [14].

Також кут нахилу впливає на розрахунок розміщення панелей в 2 і більше разів (про це далі буде вказано) та на розрахунок відстані між рядами.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## RETScreen - Місцезнаходження



	Одиниця	Розміщення кліматичних даних	Місцезнаходження обладнання	Джерело
Широта		50,9	51,1	
Довгота		34,7	34,8	
Кліматична зона.		6A - Холодний - Вологий	181	
Підніття	м	181	181	Грунтovий+NASA
Розрахункова температура опалення	°C	-18,3		Грунтovий - Грунтovий
Розрахункова температура охолодження	°C	27,9		Грунтovий
Амплітуда коливань температури землі	°C	23,62		NASA

Місяць	Температура повітря °C	Відносна вологість %	Кліматичні дані						Градусо-дні опалювального сезону 18 °C	Градусо-дні з від синюю температурою 10 °C
			Опади мм	кВгод/м <sup>2</sup> /день	Атмосферний тиск кПа	Швидкість вітру м/с	Температура землі °C	°C-д		
Січень	-5,2	84,4%	70,26	1,14	99,9	4,4	-6,9	719	0	0
Лютий	-5,4	81,4%	63,61	1,93	99,9	4,4	-6,2	655	0	0
Березень	-0,3	76,8%	62,77	3,05	99,9	4,4	-0,2	567	0	0
Квітень	8,3	67,9%	42,72	3,98	99,6	4,0	9,8	291	0	0
Травень	14,6	63,7%	57,15	5,27	99,6	3,6	17,2	105	143	
Червень	17,8	70,5%	67,80	5,32	99,3	3,4	20,5	6	234	
Липень	19,7	71,6%	91,19	5,38	99,4	3,0	23,1	0	301	
Серпень	18,6	70,0%	57,68	4,67	99,6	3,0	23,2	0	267	
Вересень	13,0	75,8%	57,67	3,19	99,7	3,4	16,4	150	90	
Жовтень	6,8	80,2%	52,85	1,98	100,1	3,9	8,3	347	0	
Листопад	-0,2	85,9%	58,24	1,10	100,1	4,1	-0,4	546	0	
Грудень	-4,4	85,7%	64,82	0,86	100,1	4,3	-6,0	694	0	
Щорічний	7,0	76,1%	746,76	3,16	99,8	3,8	8,3	4 082	1 034	
Джерело	Грунтovий	Грунтovий	NASA	NASA	NASA	Грунтovий	NASA	Грунтovий	Грунтovий	

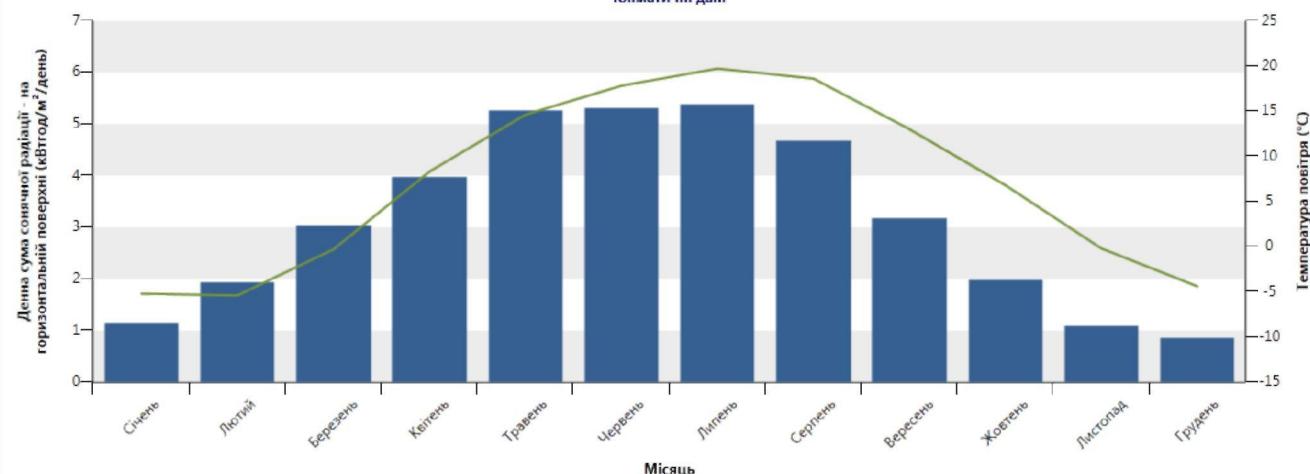


Рис. 17. Дані з програми RETScreen Expert

Таким чином, електроенергія, що генерується сонячною електростанцією на рік, становить :

$$P_{\text{розрах}} = 1153,4 \times 1,12 \times 30,16 \times 0,88 / 1 = 34285,62 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$$

За даними інших джерел, а саме:

- програмне забезпечення RETScreen Expert E=39567 кВт·год/рік;
- за даними постачальника обладнання E=38245 кВт·год/рік (але за

однієї поправки, що даний розрахунок робився для Одеської області, тому він не є коректним відносно нашого регіону).

Для подальшого розрахунку слід використовувати данні та розрахунки, що приведені вище.

Таблиця 14. Розрахунок споживання електроенергії за день та за рік у порівнянні з потужністю, що генерується.

№	Найменування споживача	Розрахункова потужність, кВт	К-ть годин роботи обладнання на день	Споживча розрахункова потужність за день, кВт/год	Споживча розрахункова потужність за рік, кВт/год	Генеруема електроенергія електростанцією за рік, кВт/год
1	2	5	6,00	7	8	9
1	Теплове обладнання	21,75	3,00	65,25	16312,50	-
2	Механічне обладнання	2,25	0,50	1,13	281,25	-
3	Сантехнічне та холодильне обладнання	2,58	12,00	30,96	7740,00	-
4	Вентиляційне обладнання	0,5	8,00	4,00	1000,00	-
5	Освітлення приміщень	5,18	3,00	15,54	3885,00	-
6	Аварійне освітлення	1,39	3,00	4,17	1042,50	-
7	Силові розетки для підключення орг. Техніки та іншого обладнання.	1,18	4,00	4,72	1180,00	-
8	Технологічного обладнання пральні	3,6	3,00	10,80	2700,00	-
<b>Всього:</b>		<b>38,43</b>		<b>136,57</b>	<b>34141,25</b>	<b>34285,62</b>

## 2.5. Аналіз роботи та вибір обладнання сонячної станції

Для побудови електростанції необхідно наступне обладнання:

- Сонячні панелі (фотоелектричні);
- Інвертор;
- З'єднувальні кабелі ;
- Конструкції для утримання системи (цим проектом не передбачається розрахунок кріпильних елементів).

За вибором типу сонячних панелей в Україні найчастіше застосовують три типи сонячних батарей: монокристалічні, полікристалічні та з аморфного кремнію [13].

Монокристалічні створені на основі монокристалу кремнію, вирощеного з розплаву полікристалічного кремнію, розпиляного і відшліфованого. Середня продуктивність таких батарей становить до 19% від встановленої потужності. Тобто, встановивши систему номінальною потужністю 1 кВт, ви фактично отримуєте в годину 190 Вт електричної енергії. Середня площа, займана 1 кВт системою на базі монокристалічних панелей становить  $7 \text{ м}^2$ . Область застосування найрізноманітніша – від міні котеджів і туристичних комплексів, закінчуєчи мегаватною станцією.

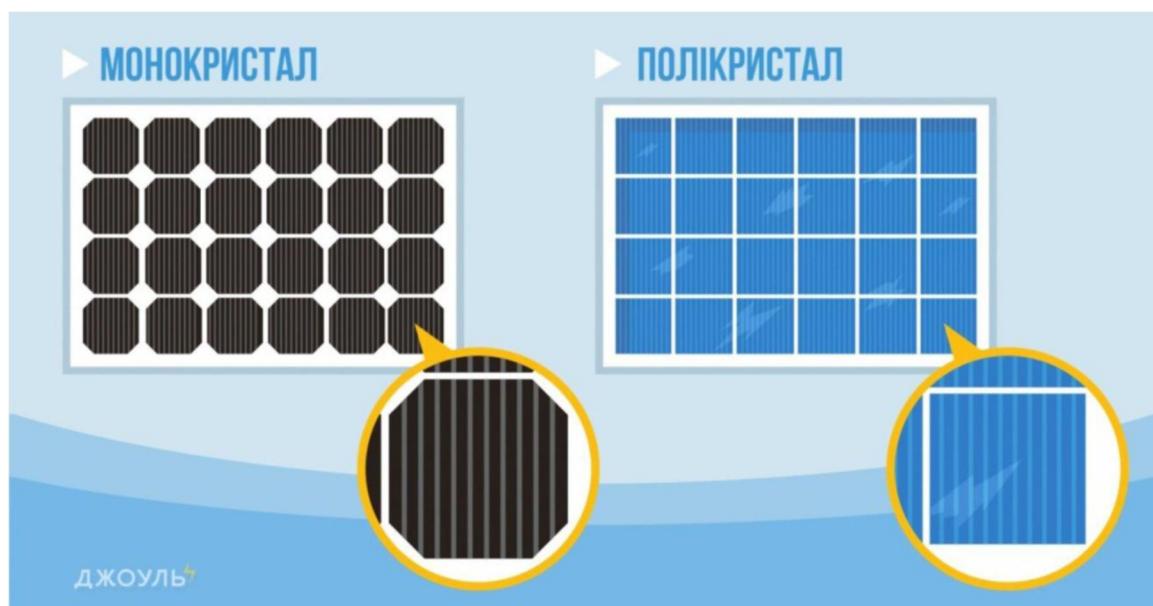


Рис.18 Монокристалічна та полікристалічна сонячна панель.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Полікристалічні панелі - це дуже якісні сонячні батареї, які коштують порівняно недорого. ККД полікристалічних установок становить 12-14%. Полікристалічні сонячні батареї, в основі яких лежить полікристалічний кремній, оптимально підходять для освітлення приватних будинків, парків, шкіл, дворів, кафе тощо. Полікристалічні панелі мають меншу енергоефективність порівняно з монокристалічними сонячними панелями, але меншу ціну і високу зносостійкість. Приблизно 20 років безперервної роботи зменшать потужність полікристалічної панелі лише на 10%.

Системи з полікристалічних сонячних батарей мають яскравий синій колір Тобто встановивши систему номінальної потужності 1 кВт, фактично отримуємо за годину 140 Вт електричної енергії. Середня площа, займана 1 кВт системою на базі полікристалічних панелей становить  $8,3 \text{ м}^2$ . Основне застосування полікристалічних панелей – це використання в окремих елементах, потужністю понад 200 Вт.

Сонячні батареї з аморфного кремнію виготовляються шляхом нанесення тонкого шару кремнію на підкладку з іншого матеріалу. Середня продуктивність таких батарей становить до 9% від встановленої потужності. Тобто встановивши систему номінальною потужністю 1 кВт, фактична продуктивність на годину становить всього 90 Вт. Середня площа, займана 1 кВт системою на базі аморфних панелей становить  $6,7 \text{ м}^2$ . Основне застосування – туристичні набори малої потужності.

Останні поки не набули широкого поширення для виробництва електрики в промислових масштабах (маючи ряд переваги, по своїй продуктивності вони поки відчутно поступаються сонячним модулям). Так що вибір сонячних панелей – це фактично вибір між двома найбільш популярними технологіями їх виготовлення: на основі моно- або полікристалічного Si.

На даний момент, у всій сонячній енергетиці, аморфні сонячні модулі розвиваються найбільш активно. Більш економна технологія очищення кремнію і практичність застосування батарей, стимулюють зростання інвестицій в їх модифікацію. Перспективність використання аморфних батарей очевидна,

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	42
					МР 5.8.141.355 ПЗ	

оскільки вони можуть істотно розширити можливості сонячних панелей. Поки відновлювальна енергетика безпосередньо залежить від рівня вироблення електрики, плівкові батареї не можуть конкурувати з кристалічними. Однак швидкість модифікації аморфних панелей, вказує а то, що це тільки питання часу [10].

Прийнято вважати, що монокристалічні зразки сонячних батарей мають ряд переваг над їх полікристалічними аналогами, але також і мають більшу ціну:

- сонячні монокристалічні кремнієві модулі мають більшу продуктивність і ефективність в генерації електроенергії, ніж полікристалічні;
- для установки сонячних електростанцій в умовах дефіциту простору (наприклад, на даху) найкраще підходять монокристалічні панелі, тому що їх монтаж дозволяє заощадити площину, яку вони займають;
- вартість моно-Si панелей (монокристалічних) трохи вище, ніж у полі-Si (полікристалічних) сонячних батарей.

Останній факт, мабуть, найбільш безперечний – ціна моно-Si модулей дійсно вище, ніж у їхніх аналогів, виготовлених за полікристалічною технологією. Але набагато важливіше знати, у який саме панелі – монокристалічні чи полікристалічні – співвідношення ціна/продуктивність/якість вище.

Стовпець "Співвідношення PR,%" (табл. 12) вказує на ефективність роботи (співвідношення теоретично можливої генерації електроенергії до отриманої практично) сонячної електростанції. Так як в дослідженні були використані однакові інвертори, то ефективність СЕС можна ототожнювати з ефективністю сонячної батареї. В останньому стовпці "Різниця,%" приведена різниця між полікристалічною і монокристалічною панеллю. Якщо значення має від'ємне значення, значить, в ході випробування ефективність полікристалічної панелі виявилася вищою.

Як видно з наведених у таблиці отриманих результатів коефіцієнту фотоелектричного перетворення у відсотках, однозначне твердження, що

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	43
					МР 5.8.14.1.355 П3	

монокристалічні модулі значно продуктивніші і ефективніші полікристалічних не зовсім вірно. У різних виробників порівняння різних типів сонячних модулів дає різні результати. Ефективність монокристалічного сонячних панелей значно завищена, це зроблено, можливо, щоб виправдати більш високу вартість. Спираючись на отримані дані, можна зробити певні висновки і про економію площин при установці панелей різного типу.

Таблиця 15. Порівняння моно та полікристалічної панелі.

Тип	Коефіцієнт фотозелектрического преобразования, %
<b>Кремнієві</b>	
Si (кристаллический)	24,7
Si (поликристаллический)	20,3
Si (тонкопленочная передача)	16,6
Si (тонкопленочный субмодуль)	10,4
<b>III-V</b>	
GaAs (кристаллический)	25,1
GaAs (тонкопленочный)	24,5
GaAs (поликристаллический)	18,2
InP (кристаллический)	21,9
<b>Тонкі пленки халькогенідов</b>	
CIGS (фотозлемент)	19,9
CIGS (субмодуль)	16,6
CdTe (фотозлемент)	16,5
<b>Аморфний/Нанокристаллический кремній</b>	
Si (аморфний)	9,5
Si (нанокристаллический)	10,1
<b>Фотохіміческі</b>	
На базе органіческих красителей	10,4
На базе органіческих красителей (субмодуль)	7,9
<b>Органіческі</b>	
Органический полімер	5,15
<b>Многослойные</b>	
GalnP/GaAs/Ge	32,0
GalnP/GaAs	30,3
GaAs/CIS (тонкопленочный)	25,8
a-Si/mc-Si (тонкий субмодуль)	11,7

Тепер можна перейти до відповіді на головне питання – співвідношення ціна/якість (продуктивність). В середньому ціна панелей на основі монокристалів вище, ніж у полікристалічних модулів. При виборі типу

сонячних панелей необхідно завжди зіставляти відповідність ефективності модуля і його ціни, а також порівнювати з аналогічним видом. Якщо різниця в ціні не перевищує 2%, то тоді варто вибрати монокристалічні панелі. В іншому випадку – не варто переплачувати і варто купити полікристалічні панелі для сонячної електростанції. Виходячи з описаного вище обираємо сонячні панелі полікристалічні ТМ ALTEK модель ALM-260P, що можна придбати по гарній ціні та в гарантійних магазинах електротехніки.

Технічні характеристики:

Виробник – АЛЬТЕК;

Модель Альм-260Р;

Тип кристал – полікристал;

Номінальна потужність – 260 Вт;

Робоча напруга – 24 В;

Номінальна напруга – 30,63 В;

Номінальний струм – 8,49 А;

Напруга розімкненого ланцюга – 37,97 В;

Струм короткого замикання – 9,05 А;

Допустиме відхилення від норм – 0 ... + 3%;

Коефіцієнт втрат потужності в залежності від нагрівання – -0,34% / °C;

Тип роз'єму – MC4;

Робоча температура – (-40 .... +80 град);

Вага – 19,6 кг;

Габарити – 1650x992x35 мм.

Інвертор в сонячної енергосистеми - це одна з найважливіших і невід'ємних складових частин системи сонячної батареї. Він призначений для трансформування постійного струму в змінний і є серцем системи забезпечення електроенергією за допомогою сонця [22].

На сьогоднішній день на вибір існують різні види перетворювачів енергії, серед яких:

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	45
					МР 5.8.141.355 П3	

1. Автономні інвертори - здійснюють перетворення струму по акумуляторному ланцюжку. Отримана електроенергія може використовуватися для підключення та користування побутовими пристроями. Потужність даного пристроя може бути від 100 до 8000 Вт.

2. Синхронні інвертори дають можливість зберігати надлишки отриманої електричної енергії, які перенаправляються в основну мережу. У разі якщо норма споживання енергії вище одержуваної від сонячних батарей, тоді пристрій візьме її з основної електричної мережі. Перевагою є можливість отримання енергії в періоди аварійних та інших відключень. А в похмуру погоду, коли продуктивність сонячної батареї знижується, пристрій будуть функціонувати від стандартної мережі.

3. Багатофункціональні інвертори є найбільш ефективними пристроями для використання в сонячних системах. Вони являють собою гібридний варіант з вищеописаних типів пристроя. Однак багатофункціональні інвертори і більш дорогі.

Перетворювачі струму для сонячних батарей також можна класифікувати за формою сигналу напруги на виході. Форма сигналу напруги дуже важлива і безпосередньо впливає на застосування мережевого інвертора і його вартість.

Розрізняють інвертори з синусоїдальною, прямокутним і псевдосинусоїдальним сигналом.

Види кривої сигналів вказані на рис.19.

Інвертори з прямокутним сигналом найбільш доступні за ціною пристроя. Фахівці рекомендують використовувати їх тільки для живлення різних освітлювальних пристроя. Такі інвертори не здатні захищати пристрій від перепадів напруги. Крім того, більшість електрических пристрояв не може функціонувати від сигналу прямокутної форми.

Перетворювачі з синусоїдальним сигналом видають електричний струм відмінної якості з чистою синусоїдою.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Фахівці рекомендують підключати від таких інверторів холодильники, котли, насоси, кондиціонери. Такі моделі зможуть захистити чутливі прилади від перепадів напруги.

Перетворювачі з псевдосинусоїдальним сигналом є компромісом двох попередніх типів. Від них можна підключати практично всі прилади. Однак для живлення чутливих пристройів їх краще не використовувати, оскільки форма вихідного сигналу є недосконалою. Тому можуть спостерігатися деякі шуми і перешкоди в роботі електрообладнання.

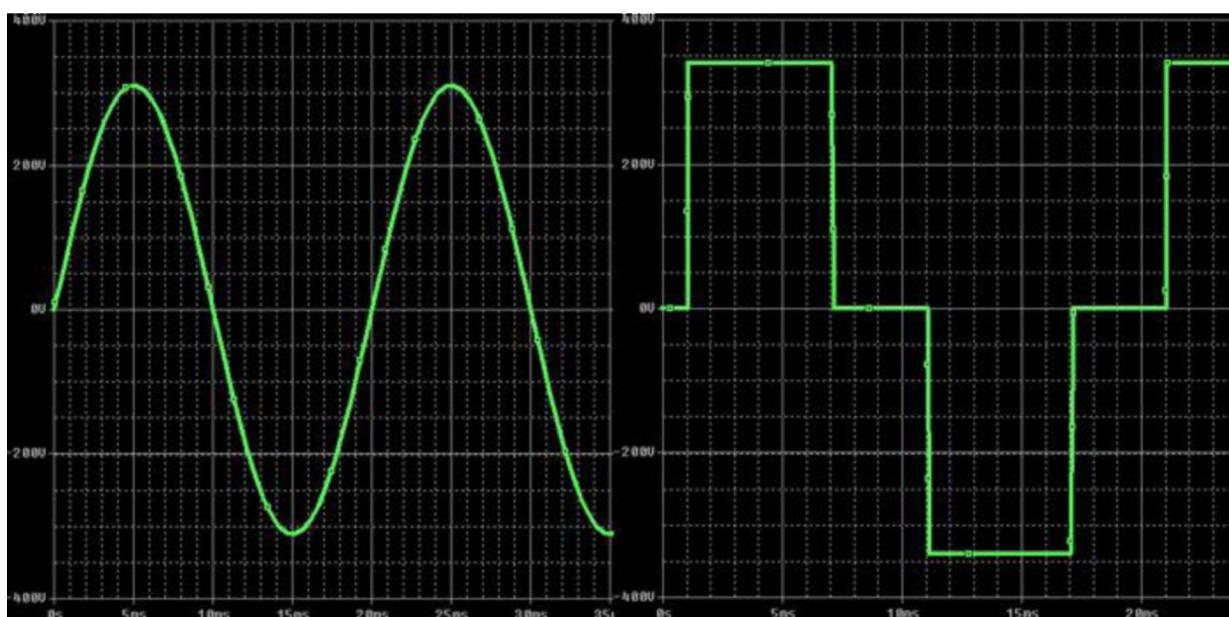


Рис 19. Форма сигналу інвертору – синусоїдальний (зліва),  
модифікований синус (праворуч)

Враховуючи вище сказане, а також безпечне користування та гарантійні умови обираємо мережевий інвертор Solar Edge SE27.6k який працює на базі оптимізаторів.

Мережевий інвертор Solar Edge SE27.6k це пристрій який призначений для роботи в системах альтернативної енергетики. Даний інвертор складається з трьохфазного DC-AC перетворювача напруги, системи контролю вхідної та вихідної напруги, мікроконтролерного блоку керування та систем захисту.

Мережевий перетворювач напруги Solar Edge SE27.6k застосовується в системах сонячної енергетики. Використовуючи даний перетворювач можна без проблем підключити зелений тариф.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Мережевий інвертор SolarEdge SE27.6k перетворює постійний струм в змінний з ефективністю 97,6%, ККД пошуку точки максимальної потужності (MPPT)> 99,9%, 3-х фазний.

Переваги мережевого інвертора SolarEdge SE27600:

- Чиста синусоїда на виході;
  - Максимальний ККД 97,6%;
  - ККД адаптації MPPT> 99,9%;
  - Установка всередині і поза приміщеннями (ступінь захисту IP 65);
  - Широкий діапазон робочої напруги;
  - Безтрансформаторний;
  - Моніторинг мережі, регулювання коефіцієнта потужності, вибір стандарту мережі;
  - Захист від зворотної полярності;
  - Моніторинг пробою ізоляції;
  - Має порти підключення RS485 і Ethernet;
  - Охолодження за допомогою вимушеної конвекції - вентилятор;
- У таблиці 13 наведені основні технічні характеристики гібридного сонячного інвертора Solar Edge SE27.6k.

Таблиця 16 - Технічні характеристики інвертора Solar Edge SE27.6k

Тип інвертора	мережевий
Власне споживання	4 В
Клас потужності	25000-29900
Кількість MPPT трекерів	1
Кількість фаз в мережі	3
Макс. вхідна потужність DC від СБ, Вт	37250
Діапазон напруги DC від СБ, В	750 - 900
Діапазон роботи MPPT/Оптимальна напруга	750/900
Макс. ток від СБ на кожен вхід, А	40

Продовження таблиці 16

Кількість входів на MPPT трекер	3
Макс. вихідна потужність AC, Вт	27600
Макс. вихідний струм, А	40
Номінальна напруга мережі, В	3/N/PE; 220/380 3 / N / PE; 230/400
Максимальна ефективність, %	98
Ефективність MPPT, %	99,9
Ступінь захисту	IP65
Робоча температура, ° С	-20 - +60
Розміри (д / ш / в), мм	315/260/540
Вага, кг	45

Для повноцінної роботи даного перетворювача необхідно насамперед сонячні фотомодулі, трьохфазна мережа (380 В) та оптимізатори напруги для сонячних фотомодулів. А саме SE P600 (MC4)x250W (2x60 cell).

Оптимізатори напруги являють собою інтелектуальний пристрій, який стабілізує напругу сонячного фотомодуля на фіксованому рівні шляхом відслідковування точки максимальної потужності (MPPT) (див. додаток В).

Для чого це потрібно і які переваги? Так як сонячні фотомодулі з'єднуються послідовно у вітку, яка може нараховувати 25-30 фотомодулів, можуть виникнути деякі складнощі, пов'язані з затіненням того чи іншого фотомодуля. Часткове затінення навіть одного фотомодуля може призвести до втрат, які зазвичай коливаються у межах від 15 % до 30 % (в окремих випадках і більших). Робота оптимізаторів заключається у стабілізації напруги кожного фотомодуля, що запобігає утворенню колосальних втрат в системі. Природа такого затінення може бути різна: попадання листя на фотомодуль, затінення від хмари чи інших об'єктів. В додаток, використання оптимізаторів напруги дозволяє нам підключати у вітку фотомодулі різних номіналів.

Приклад роботи сонячних панелей без оптимізаторів зображенено на рис.10.

У зв'язку з тим що панелі з'єднані послідовно і коли на одну із панелей попадає

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					MP 5.8.14.1.355 П3

тінь, автоматично потужність зменшується на всіх панелях у вітці. Як результат такого явища, затінена панель починає нагріватися, оскільки на ній розсіюється потужність інших фотомодулів.

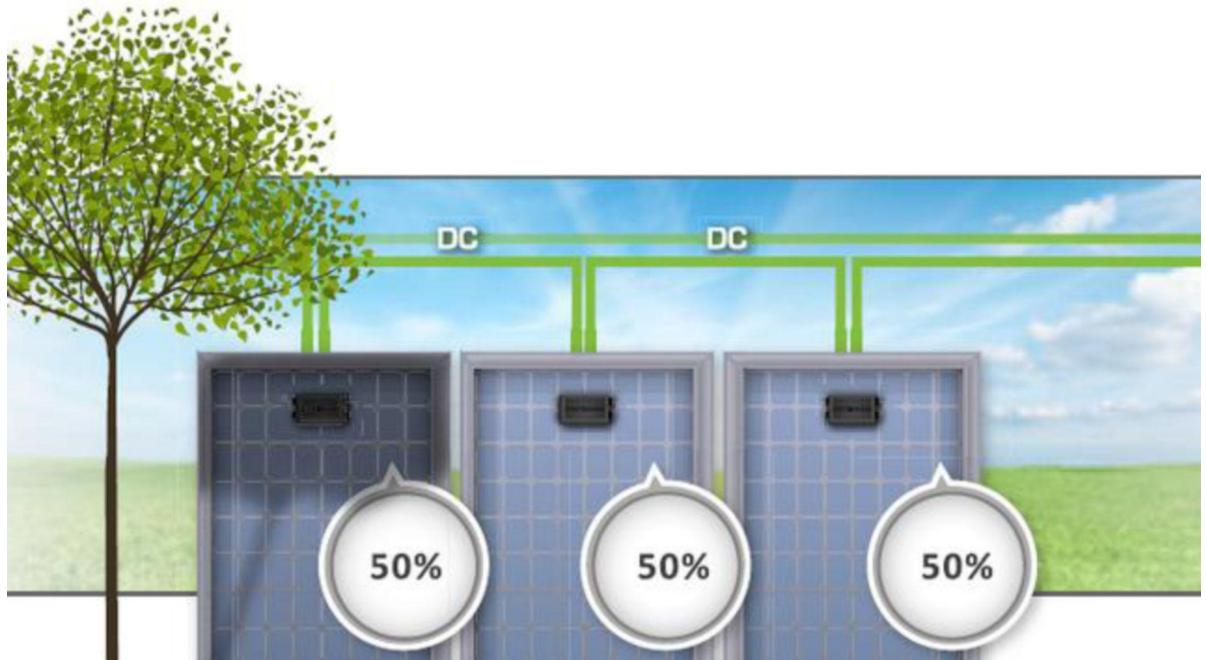


Рис 20. Приклад роботи сонячних панелей без оптимізаторів.

Приклад роботи панелей з оптимізаторами. (рис.10). Оскільки напруга кожного фотомодуля є фіксованою, загальна потужність системи несуттєво змінюється при затіненні одного із фотомодулів).

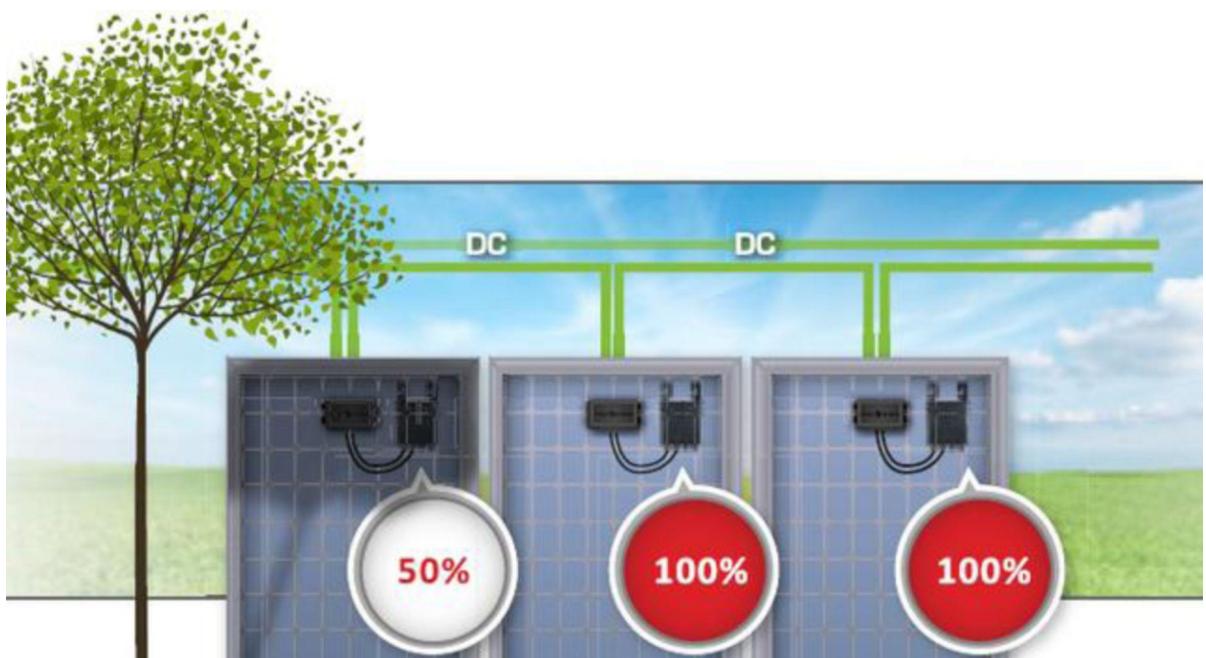


Рис. 21 Приклад роботи панелей з оптимізаторами.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Максимальна вхідна потужність мережевого перетворювача напруги Solar Edge SE27.6k складає 37.2 кВт. Вмонтована система моніторингу ([рис.11](#)) дозволяє переглядати дані про згенеровану електроенергію в режимі реального часу або за окремий його відрізок.



*Рис.22 Схема підключення сонячної станції*

Переваги системи:

- Збільшення продуктивності до 30 %;
- Можливість підключення різних сонячних фотомодулів;
- Можливість розміщення фотомодулів на різних площинах;
- Гарантія 12 років.

Характеристики моделі SE27.6k.

Вихідні характеристики:

- Номінальна потужність – 27.6 кВт;
- Максимальна потужність – 27.6 кВт;
- Вихідна напруга – 380 В ( 3 фази );
- Міжфазна напруга – 184-264.5 В;
- Частота мережі – 50/60 Гц +/-5%;
- Максимальний струм на 1 фазі – 40 А.

Вхідні характеристики:

- Максимальна потужність фотомодулів – 37.2 кВт;
- Максимальна вхідна напруга – 1000 В;
- Номінальна постійна напруга – 750 В;

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

- Максимальний вхідний струм – 40 А;
- Захист від зворотної напруги – так;
- Ефективність перетворення – 98 %.

Комунікація:

- Інтерфейс зв'язку – RS485, Ethernet, Zigbee (опціонально), WIFI (опціонально), GSM (опціонально).

Загальні:

- Габаритні розміри – 775x315x260 мм;
- Температурний діапазон – (-20 +60 град);
- Ступінь захисту – IP65.

Вибір кабелів для з'єднання елементів СЕС залежить від багатьох факторів.

Від правильності вибору перетину проводів залежить надійність, ефективність і безпеки роботи всієї системи. При виборі кабелю треба враховувати кілька параметрів, а саме:

- вогнестійкість, оболонка не повинна горіти, в короткочасному відкритому полум'ї,
- термостійкість, струмопровідні жили не пошкоджуються при експлуатації в діапазоні температур від -30 °C до + 120 °C,
- стійкість до впливу факторів зовнішнього середовища (мороз, дощ, сніг, вітер, сонце), при цьому термін служби повинен бути не менше терміну експлуатації всієї установки,
- необхідні електричні властивості.

Для зовнішньої прокладки рекомендується застосовувати тільки кабель для сонячних батарей. На відміну від звичайних кабелів, кабель для сонячних панелей має спеціальну двошарову ізоляцію, яка захищає його жили від всіх типів впливу навколошнього середовища (дощ, сніг, ультрафіолетове випромінювання, температурні перепади).

Застосування цього кабелю дозволить уникнути можливих проблем при експлуатації фотоелектричних станцій та систем.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					MP 5.8.14.1.355 П3

Кабель червоного кольору зазвичай застосовується для плюсового провідника. Застосування різних кольорів для плюса і мінуса полегшує монтаж і дозволяє уникнути проблеми переполюсовки при підключені сонячних батарей.

Перетин кабелю слід вибирати в залежності від його довжини і потужності сонячних батарей та сили струму, щоб мінімізувати втрати.

Напругу однієї лінії можна вирахувати з наступних параметрів. Наша сонячна підстанція складається зі 116 панелей які діляться на 3-і лінії які послідовно з'єднуються, а отже напруга кожної лінії, що з'єднує панелі дорівнює:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

де  $U$  – напруга лінії;

$U_{1,2,\dots,n}$  – робоча напруга панелі;

$U_{л1} = 24 * 40$ (панелей) = 960В.

$U_{л2} = 24 * 40$ (панелей) = 960В.

$U_{л3} = 24 * 36$ (панелей) = 864В.

З розрахунку видно, що кабель має бути на напругу не менше 1000 В.

Сила струму дорівнює  $I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$

де  $I$  – сила струму лінії;

$I_{1,2,\dots,n}$  – номінальна сила струму панелі;

$I = 8.49\text{A}$ .

З розрахунку видно, що кабель має витримувати силу струму не менше 10А.

За цими параметрами обираємо кабель Olflex Solar 6.0  $\text{мм}^2$ . Кабель для підключення сонячних панелей OLFLEX SOLAR 6.0  $\text{мм}^2$  на порядок підвищує надійність з'єднання сонячних фотомодулів. Перетин кабелю становить 6  $\text{мм}^2$  це дозволяє з'єднувати сонячні панелі з номінальним струмом до 60 А. Головною особливістю такого кабелю від стандартного електротехнічного кабелю, це подвійний шар ізоляції, і захист від ультрафіолетового випромінювання (УФ). Саме захист від УФ дозволяє такому кабелю довгі роки працювати на відкритому повітрі. Зовнішні покриття кабелю не містить свинцю

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	53
					МР 5.8.141.355 П3	

і галогенів, тобто він повністю безпечний з екологічної точки зору. На випадок пожежі такої кабель не випаровує токсичний дим

Обираємо з запасом, оскільки втрати дуже дорогоцінні для сонячної системи. А ціна, в порівнянні з основним комплектом, незначна. Проводимо перевірку вибору кабелю за падінням напруги (допустима втрата напруги 2%) та зводимо її до таблиці 13.

Таблиця 17. Розрахунок падіння напруги в кабельних лініях сонячної підстанції.

Найменування лінії	Л1	Л2	Л3
Довжина, $l$ , км	0,15	0,11	0,1
Поперечний переріз, $\text{мм}^2$	6	6	6
Матеріал жил	медь	Cu	медь
Кількість жил, шт.	1	1	1
Кількість кабелів, $n$ , шт.	1	1	1
Напруга, В	1000	1000	1000
пост. / перем. 1ф. / перем. 3ф. Струм	пост.	пост.	пост.
$P$ , кВт	9	9	9
$r_{y\delta}$ , Ом/км	3,039	3,039	3,039
$x_{y\delta}$ , Ом/км	0,086	0,086	0,086
Поздовжня складова падіння напруги (втрата напруги), $\Delta U\%$	0,820	0,602	0,547
Допустима втрата напруги, %	2,000	2,000	2,000
Максимальна довжина кабелю при заданій допустимій втраті напруги, км	0,366	0,366	0,366

З даного розрахунку видно, що втрати напруги мережі в межах допустимих втрат, а отже кабель, що застосовується обраний вірно.

### 3 Оцінка вартості та строк окупності сонячної станції

### 3.1 Поняття та види сонячної станції дошкільного закладу

Електрика та інші види енергії можуть бути отримані безпосередньо від сонця, навіть у хмарну погоду. Сонячна енергія використовується у всьому світі і стає все більш популярною для вироблення електроенергії, а також для опалення та опріснення води. Сонячна енергія може генеруватися двома основними способами:

Фотогальванічні (PV) або сонячні елементи – це напівпровідникові пристрой, які перетворюють сонячне світло безпосередньо в електрику. Сучасні сонячні елементи, ймовірно, являють собою зображення, яке дізнається більшість людей – вони розміщені на панелях, встановлених на полях, в будинках і в калькуляторах [10]. Вони були винайдені в 1954 році в Bell Telephone Laboratories в США.

Сьогодні сонячні фотоелектричні системи є однією з найбільш швидкозростаючих технологій використання поновлюваних джерел енергії і готові зіграти важливу роль в майбутньому глобальному виробництві електроенергії.

Сонячні фотоелектричні установки можна комбінувати для забезпечення електроенергією в промислових масштабах або розташовувати в невеликих змінах для міні-мереж або для особистого використання. Використання сонячної фотоелектричної енергії для харчування міні-мереж є ефективним способом забезпечення доступу до електроенергії людям, які не живуть поблизу ліній електропередач.

Вартість виробництва сонячних панелей різко впала за останнє десятиліття, зробивши їх не тільки доступними, а й часто найдешевшими видами електроенергії.

					MP 5.8.141.355 ПЗ
Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Коротя				Проект системи
Перевірив	Волохін				електропостачання дошкільного
Реценз.					закладу з використанням
Н. Контр.	Никифоров				сонячної станції
Затвердив	Лебединський				СумДУ, ЕТМз-91с
					Лит. Лист Листів
				55	83

Термін служби сонячних батарей становить близько 30 років, в залежності від типу матеріалу, що використовується у виробництві.

Системи концентрованої сонячної енергії (CSP), використовують дзеркала для концентрації сонячних променів. Ці промені нагрівають рідину, яка створює пар для приводу турбіни і вироблення електроенергії.

Технологія CSP використовується для вироблення електроенергії на великих електростанціях. Такі електростанції зазвичай мають поле дзеркал, яке перенаправляє промені на високу тонку вежу. Одним з основних переваг CSP електростанції перед сонячною фотоелектричною станцією є те, що вона може бути доповнюється ємностями з розплавленими солями, в яких може зберігатися тепло, що дозволяє генерувати електрику після заходу сонця.

Сонячна енергетика – одне із найперспективніших і динамічних відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Щороку приріст потужностей, які вводяться в експлуатацію, становить приблизно 40-50%. Усього за останні п'ятнадцять років частка сонячної електрики в світовій енергетиці перевищила позначку в 5%.

Удосконалення технології виготовлення фотоелектричних модулів призвело до істотного зниження собівартості електроенергії. В понад 30 країнах світу (зокрема, Німеччині, Чилі, Австралії, Мексиці) сонячна енергія стала дешевше, ніж одержувана з традиційних джерел (нафта, газ, вугілля). За останні 10 років інвестиції в сонячну енергетику склали близько 300 мільярдів доларів США. Найбільш показовий приклад успішності застосування сонячних технологій – острів Тау (Американське Самоа). Раніше острів'яни повністю залежали від поставок дизельного палива, однак після встановлення сучасної сонячної електростанції (СЕС) стали повністю незалежними [22].

Україна робить важливі кроки для розширення використання ВДЕ та альтернативних видів палива в межах своєї більш широкої стратегії щодо зниження залежності від традиційних викопних видів палива. Підраховано, що наша країна має потенціал, щоб до 2030 року удесятеро збільшити

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	
------	------	----------	------	--

використання відновлюваної енергії та на 15% скоротити споживання природного газу.

Варто зазначити, що клімат та географічне положення України сприятливі для розвитку сонячної енергетики і будівництва СЕС. Навіть північні області країни мають значний потенціал для розвитку даної галузі, який не поступається більшості європейських регіонів.

Наразі розвиток сонячної енергетики в Україні знаходиться на стадії, яку Європа пройшла 7-10 років тому. У той же час ми маємо одну з найпривабливіших інвестиційних структур в Європі для розвитку галузі. Дійсно, тут були створені сприятливі умови: наявність ресурсів і земельних ділянок, пільговий тариф, державна підтримка і цільова енергетична стратегія, мета якої – досягти 25% виробництва чистої енергії до 2035 року. В результаті інтерес до відновлюваної енергетики в Україні продовжує зростати, і, за оцінками уряду, до 2020 року загальний обсяг інвестицій в альтернативну енергетику досягне 18 мільярдів доларів США.

І хоча сектор ВДЕ все ще малий порівняно з іншими типами генерації в Україні, в той же час демонструє постійне зростання, роблячи нашу країну лідером даної галузі. З 2014-го і до кінця 2017 року обсяг ВДЕ збільшився з 967 до 1375 МВт, і до кінця 1-го кварталу 2018 року – до 1534 МВт (рис. 24). Як саме розподіляються відновлювані джерела енергії за регіонами та який вид ВДЕ переважає в тій чи іншій області можна побачити на рис. 25.

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	
------	------	----------	------	--

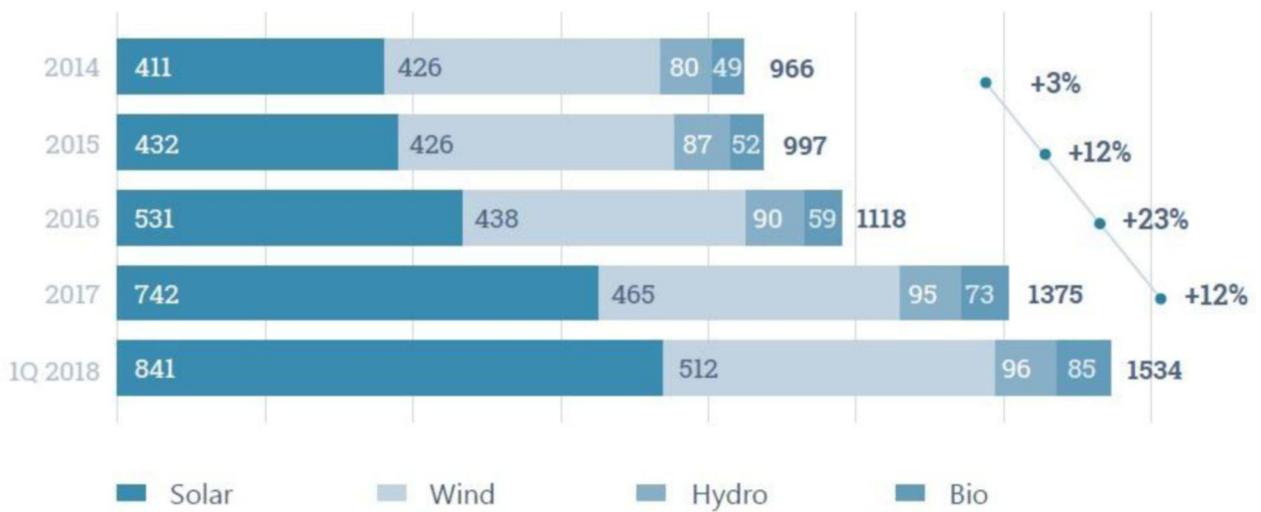


Рис. 23. Зростання ВДЕ за 2014 – I квартал 2018 pp.

Джерело: *Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018.*

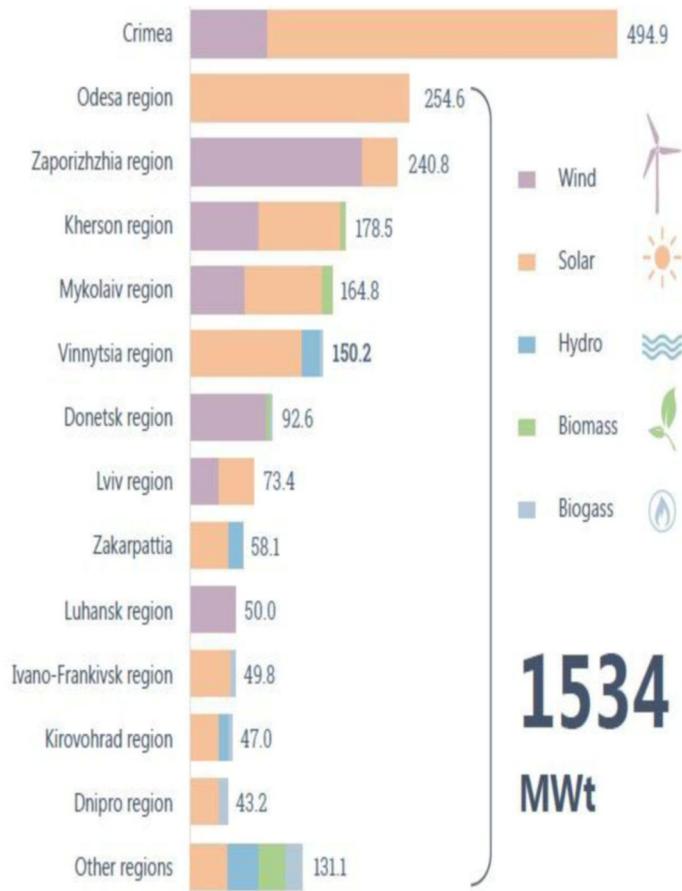
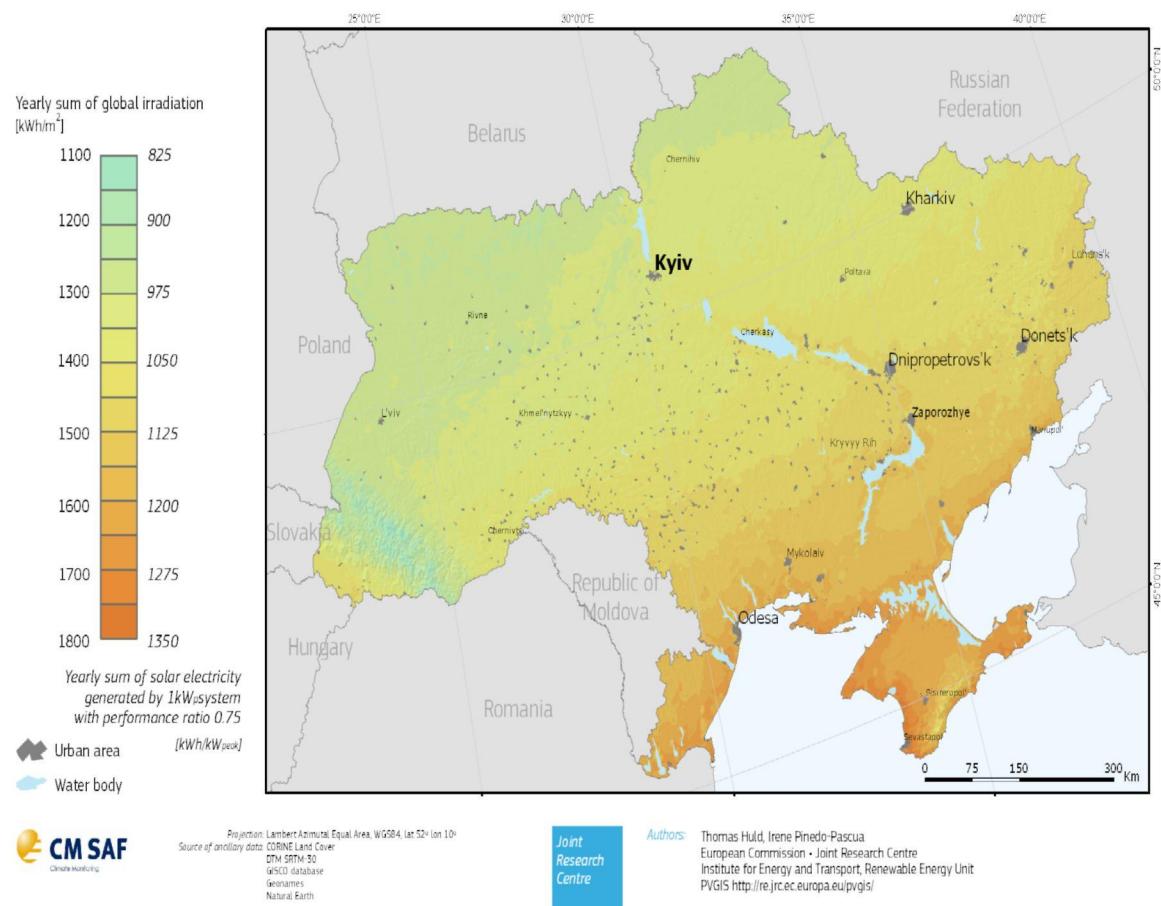


Рис. 24. Виробництво ВДЕ по регіонах станом на I квартал 2018 року.

Джерело: *Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018.*

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	MP 5.8.141.355 ПЗ	Лист
					58

Оскільки в Україні сонячна енергія – доволі популярне ВДЕ, можна спостерігати, що регіональний розподіл встановлених об'єктів ВДЕ корелює з рівнем інсоляції. Основна увага приділяється регіонам із найвищою сонячною активністю, як показано на карті нижче (рис. 26):



*Рис. 25. Випромінювання і потенціал сонячної енергії в Україні. Джерело: Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018.*

Питання про продуктивність сонячних батарей є одним із перших, яким задаються люди, що планують інвестувати в сонячну електростанцію. Кількість електроенергії, що буде вироблено за допомогою сонячного модуля, залежить від багатьох чинників, і в тому числі від географічного розташування сонячної електростанції. Адже за інших рівних умов кількість виробленої електроенергії буде пропорційна кількості енергії сонячного випромінювання, що досягає поверхні землі в точці розміщення електростанції.

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	Лист
				59

Сонячна енергія є одним з екологічно сталих ресурсів для виробництва електроенергії з використанням фотоелектричних (PV) систем — сонячних електростанцій. Основним вихідним даними, що використовуються в процесі планування є сонячне випромінювання. Photoelectrical географічна інформаційна система ([PVGIS](#)) Інституту енергетики і транспорту (IET) Об'єднаного дослідницького інституту (JRS) при Європейській комісії (ЕС) розробила базу даних про сонячної радіації. Модель оцінює променеві, дифузні і відбиті складові випромінювання за умов ясної погоди і для реальних умов глобальної освітленості на горизонтальних або нахилених поверхнях.

Узагальненим підсумком проведеного моделювання є періодично публіковані карти сонячного електричного потенціалу, доступні для використання всіма бажаючими. Інформація, яку публікує PVGIS, досить детальна. Вище була наведена візуалізація найбільш актуальних даних по сонячному потенціалу в Україні та країнах Європи. Інформація була оновлена 21 вересня 2012 року. На даній карті показаний розподіл глобального сонячного опромінення та сонячний електричний потенціал на території України для випадку орієнтації сонячних модулів на південь при оптимальному куті нахилу по відношенню до поверхні землі (максимально перпендикулярний кут падіння сонячних променів на поверхню сонячної батареї). Для порівняння пропонуємо вашій увазі також карту сонячного потенціалу для Європи:

Змі.	Лист	№ докум.	Дата

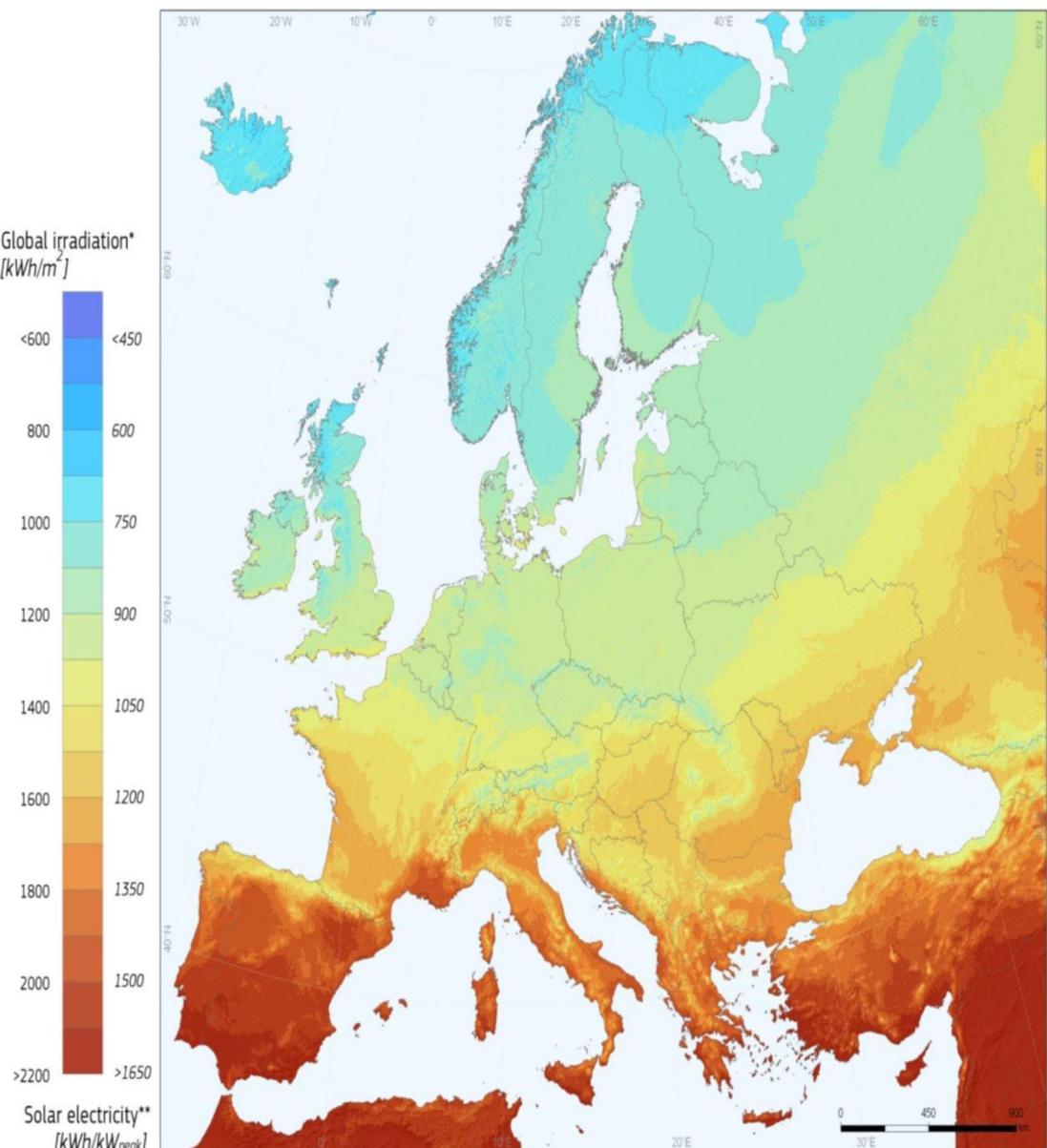


Рис. 26. Карта сонячного потенціалу для Європи

Згідно з прогнозами, до 2020 року потужність встановлених об'єктів сонячної енергії в Україні збільшиться до 3 ГВт. Станом на 1 квітня 2019 року, в країні встановлено понад 2,2 ГВт об'єктів сонячної енергетики, а це 71% усіх існуючих ВДЕ. Такий швидкий та активний розвиток галузі дозволив Україні піднятися з 34-го на 23-е місце в світовому рейтингу сонячної енергетики.

Змі.	Лист	№ докум.	Дата

У майбутньому для розширення перспектив сонячної енергетики Україна може перейняти вдалий досвід наших іноземних колег.

Транспортні можливості. Всі знають та навіть бачили на дорогах мегаполісів нашої країни чимало сучасних електромобілів, але мало хто знає, що в європейських країнах фотоелементи розміщаються на дахах потягів і забезпечують їх електроенергією під час роботи. У перспективі цю технологію можна застосовувати і на водних та повітряних суднах.

Термальна енергетика – спосіб перетворення енергії сонця за допомогою нагрівання води в ємностях із матеріалів, які добре проводять тепло.

Загалом, сонячна енергетика буде нарощувати потужності в Україні, тому що:

- є зацікавленість зарубіжних інвесторів;
- у країні багато регіонів, де обладнання для СЕС працює максимально ефективно;
- після разового вкладення коштів гарантовано тривале отримання прибутку.

Чому є перспективним будівництво сонячних електростанцій?

Сонячна енергетика та енергозбереження – загальносвітовий тренд [20]. 2017 рік став знаковим для сонячної фотоелектричної енергетики – у світі ввели в експлуатацію найбільше сонячних потужностей порівняно з іншими типами технологій виробництва електроенергії. На п'ять найбільших національних ринків – Китай, США, Індію, Японію і Туреччину – припадає майже 84% знову встановлених потужностей. Далі йдуть Німеччина, Австралія, Республіка Корея, Великобританія та Бразилія. За сукупною потужністю лідирують Китай, США, Японія, Німеччина, Італія та Індія (рис. 28-29).

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	
------	------	----------	------	--

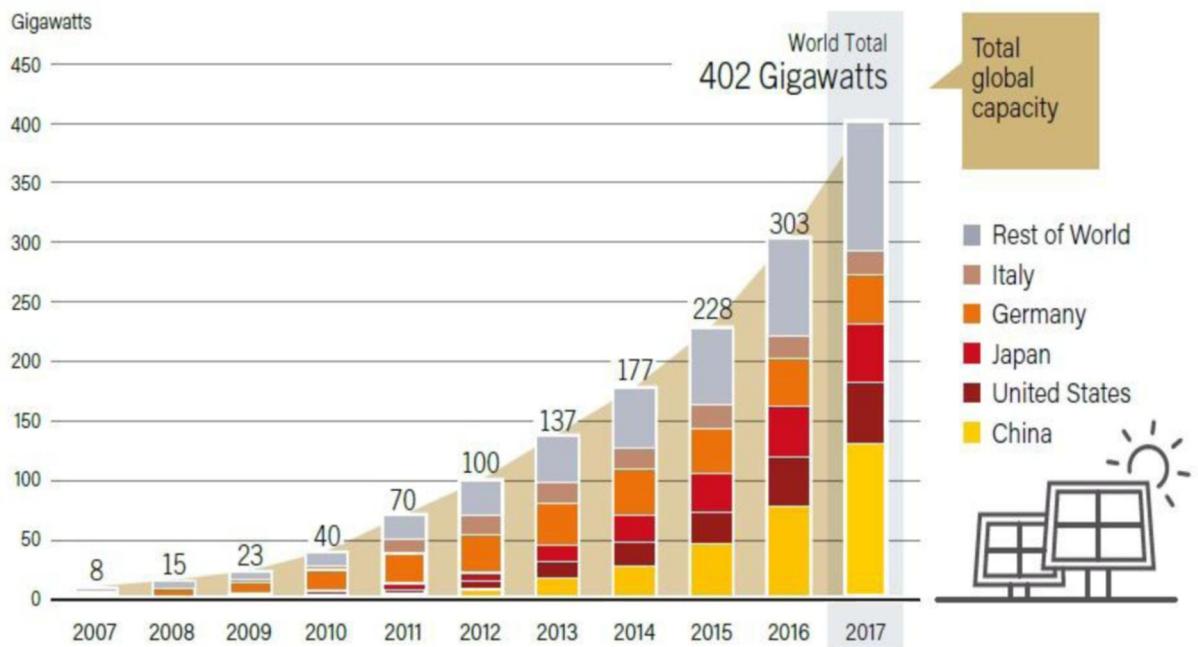


Рис. 27. Глобальна потужність сонячних фотовольтичних систем по країнам або регіонам, 2007-2017 pp. Джерело: REN21, Renewables 2018, Global Status Report, 2018.

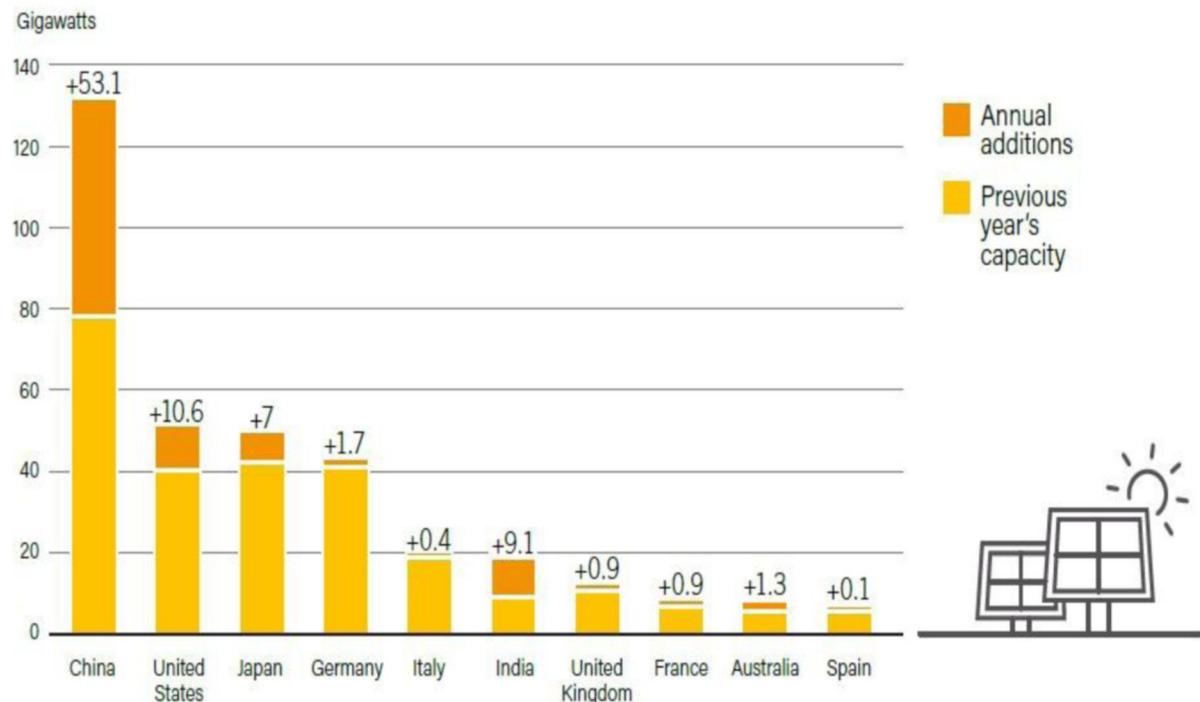


Рис. 28. ТОП-10 країн за потужностями та приростом сонячної енергії, 2017. Джерело: REN21, Renewables 2018, Global Status Report, 2018.

Дуже показовий приклад розвитку сонячних технологій – Китай, який всього за п'ять років із аутсайдерів ринку став світовим лідером за потужністю сонячних електростанцій. Протягом 2016-2020 років Китай інвестує в будівництво СЕС близько 145 млрд доларів – це дасть можливість ввести в експлуатацію близько 1000 потужних СЕС. Піднебесна вже давно стала лідером галузі з виробництва сонячних панелей і металовиробів. Китай контролює 70% світової торгівлі сонячними батареями і лідирує по використанню сонячної енергії.

Прогнозується, що до 2040 року Китай забезпечить 28% усіх інвестицій у виробництво електроенергії.

За прогнозами фахівців, вже до 2070 року енергія Сонця стане основним джерелом електроенергії на Землі, а до початку наступного століття за своїми обсягами сонячна енергетика в 3,5 рази перевищуватиме нафтову галузь і в 6 разів – атомну.

Енергія сонячного випромінювання – фактично невичерпна, до того ж це цілком безкоштовний ресурс.

Сучасні технології дозволяють отримувати сонячні панелі, які при мінімальних експлуатаційних витратах і обслуговуванні забезпечать ефективну генерацію електрики протягом як мінімум 30 років.

Аналітики прогнозують, що в період між 2017 і 2022 роками ціни на сонячну енергію в світі знизяться в середньому на 27%. Сонячні установки комунального масштабу будуть коштувати дешевше, ніж вугільні електростанції в усіх розвинених країнах. Дійсно, у багатьох місцях світу (включаючи деякі місця в США) сонячна енергія вже досягла паритету енергосистеми, тобто вартість сонячної енергії дорівнює або нижче вартості закупівлі енергії з енергомережі.

### 3.2 Економічна вигода та окупність сонячної електростанції

У сучасному світі проблема економії завжди залишатиметься актуальною. Особливо часто це стосується у питанні витрат на газ та електроенергію.

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	

Комунальні платежі найчастіше становлять вагому частину у бюджеті витрат пересічного українця. У даній статті ми з Вами розглянемо сонячні електростанції як спосіб економії коштів, розберемось з її плюсами та мінусами, а також опишемо її типи та доцільність застосування. Розглянемо, в яких випадках монтування станції виглядає як розумне і економічно обґрунтоване рішення, а в яких – не надто доречне.

На жаль, українські електромережі не можуть похизуватися надійною безперебійною подачею електроенергії для кожного будинку. Це може відображатися стрибками напруги, перекосами по фазах, частими перебоями в подачі струму і навіть відсутністю проведених електромереж до малозаселених віддалених пунктів. При відсутній електромережі необхідна постійна подача електроенергії, як в день, так і вночі. Тоді питання економічності станції відпадає – це єдиний спосіб отримання електроенергії, хоча й затратний. В якості генератора електроенергії виступатиме станція автономного типу. Накопичуватиметься електроенергія на зовнішні акумулятори. Власник такої станції забезпечить базові потреби в електроенергії. Проте є дві основні проблеми такого способу – робота станції взимку та при несприятливих погодних умовах. Як відомо, зимовий період часу характеризується частими снігопадами, хмарністю та коротким сонячним днем. Тому на повноцінне і стабільне електроживлення від сонячної електростанції власник розраховувати, на жаль, не може. В даному випадку вирішенням буде встановлення генератора як резервного джерела живлення на випадок відсутності подачі струму від сонячних панелей і акумуляторів. Така система дозволить покрити всі потреби споживача як вдень, так і вночі. Але обслуговування такої станції потребуватиме особливої уваги і дотримання технічних норм.

Протилежна до неї ситуація, коли власник господарства має повноцінну підведену мережу, але бажає зекономити на витратах електроенергії. Якщо розглядати сонячну електростанцію тільки по фактору економічної ефективності без застосування її по «зеленому тарифу», то окупність такої СЕС буде становити близько 20-30 років.

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	Лист
				MP 5.8.141.355 ПЗ 65

Розберемо випадок використання станції потужністю у 5 кВт. Вона здатна забезпечити базові потреби користувача в електроенергії за сонячної погоди. Вартість такого задоволення – близько 4,5 тис. доларів. Середні витрати господарства на електроенергію – біля 3200 кВт в рік. В грошовому еквіваленті це близько 180 \$ в рік, тож термін окупності такої станції становитиме 25 років. За даних тарифів на електроенергію, встановлення електростанції буде являти собою не дуже вигідну інвестицію. При цьому, надлишки виробленої електроенергії, котру виробила станція, і яку не встиг спожити користувач, нікуди не діватиметься і не буде споживатись. Виходом з такої ситуації може стати оформлення станції по «зеленому тарифу». В такому випадку, надлишки реалізовуватимуться на ринку по високому тарифу 0,18 Євро за 1 кВт\*год, що приноситиме власнику додатковий дохід. Тоді 5 кВт-на станція окупиться протягом 6-7 років.

Станція також може забезпечувати потреби в електроенергії для юридичних осіб – роботу магазину, невеликого виробничого об'єкту (верстатів та електропристроїв). Відштовхуючись від того, що на даний момент тариф для юридичних осіб дорівнює 2.8 грн/кВт, монтаж станції виглядає як розумне рішення. В якості прикладу, виберемо магазин, середньомісячне споживання якого близьке до 2.4 МВт (2400 кВт) в місяць, або 28800 кВт протягом року. В грошовому перерахунку, витрати сягатимуть 80600 грн. Як альтернативне джерело отримання електроенергії, встановимо мережеву СЕС, потужністю у 10 кВт. За рік така станція згенерує приблизно 12 000 кВт, і, відповідно, прокриє біля 42% витрат, або ж в грошовому еквіваленті 33 000 грн (1300 \$). Окупність такої інвестиції, виходячи з ціни на станцію, яка починається від 6600 \$. Отож, власник може розраховувати, що протягом 5 років (6600\$/1300\$) станція себе окупить. При цьому, термін експлуатації станції може бути більшим 30 років. Тож економічна доцільність використання електростанції є очевидною.

Підбиваючи підсумки, варто зазначити, що сонячна електростанція може бути як вирішенням проблеми подачі електроенергії, так і вигідною

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	
------	------	----------	------	--

інвестицією, котра зможе себе окупити за лічені роки та принести доволі непоганий стабільний прибуток протягом року.

Сонячні батареї, розташовані на даху будівлі генерують електричну енергію, інвертор відбирає цю енергію від панелей у вигляді постійного струму і перетворює його в змінний. Існує 2 можливим варіанти роботи системи:

Генерація електроенергії менше або дорівнює споживанню електроенергії на підприємстві. У цьому випадку вся вироблена сонячними панелями електроенергія йде на споживачів, якщо ж згенерованої енергії не вистачає, то недолік електричної енергії паралельно добирається з мережі. Всі процеси відбуваються автономно і без втручання людини.

Генерація електроенергії перевищує споживання на підприємстві. В даному випадку згенерувала електроенергія йде на навантаження і, відповідно, в цей момент підприємство з мережі не споживає. Надлишки згенерованої електроенергії в мережу не підуть (як у випадку з мережними станціями, які працюють по Зеленому Тарифу), так як спеціальний пристрій Smart Meter дасть команду на інвертор обмежити вироблення електроенергії від сонячних батарей до рівня споживання. По-перше, ми пам'ятаємо, що одним із наших завдань є відсутність подібних ситуацій, але ми розуміємо, що це можуть бути і непередбачені ситуації, такі як зупинка обладнання для ремонту або сервісу, вихідні або святкові дні.

### 3.3. Розрахунок окупності

У наших широтах навіть в безхмарну погоду сонячні панелі дуже рідко працюють на повну потужність. В середньому цей показник становить 50-60% влітку і 10-15% взимку. Наприклад, панель потужністю 275 Вт літнього дня буде виробляти близько 140-145 Вт на годину. В середньому з 1 кВт потужності СЕС в Україні за рік виробляється як 1100 кВт \* рік електроенергії.

Не менш важливий фактор - споживання електроенергії. Справа в тому, що за умовами Ви зобов'язані користуватися власною електрикою, а різниця реалізується державі. Якщо домашня мережа споживає більше ніж виробляє

Змі.	Лист	№ докум.		Дата
------	------	----------	--	------

електростанція - оплата різниці за стандартним тарифом 1,68 грн / кВт \* г.

Це відбувається наступним чином: якщо за місяць Ви, наприклад, продали 500 кВт \* рік, а витратили 430 кВт \* рік, то в підсумку держава Вам заплатить за 70 кВт \* рік по 5,3268 грн / кВт \* рік. Якби Ви витратили 530 кВт \* год, В платіжці вже Вам міг би бути нарахований вартість 30 кВт \* рік але по 1,68 грн / кВт \* рік.

Таблиця 18. Розрахунок падіння напруги в кабельних лініях сонячної підстанції.

Обладнання	Ціна
Інвертор на 200 кВт	750 000 грн
170 модульних панелей 275 Вт/24В	1 750 000 грн
Металевий каркас	150 000 грн
Монтажні та налагоджуvalльні роботи	90 000 грн
Автоматика	15 000 грн
Кабель 500 м	30 000 грн
Всього	2 785 000 грн

За рік станція буде виробляти:

$$200 \times 1 100 \text{ кВт} = 220 000 \text{ кВт}^* \text{г.}$$

Виходячи з цих доходів буде складати :

$$220 000 \text{ кВт}^* \text{г.} \times 5,3268 \text{ грн/кВт}^* \text{г.} = 1171896 \text{ грн}$$

Повна окупність проекту складе :

$$2 785 000 \text{ грн} / 1 171 896 \text{ грн} = 2 \text{ роки } 3 \text{ міс.}$$

За 5 років експлуатації можна заробити:

$$1 171 896 \text{ грн} \times 5 \text{ років} = 5 859 480 \text{ грн}$$

Підведемо підсумок розрахунків.

Чим більше потужність проекту, тим швидше він окупиться, і відповідно більш вигідним буде. У будь-якому випадку через 1-3 роки Ви вже точно «вийдете в нуль».

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	

Але, на окупність впливає не тільки потужність обладнання, а й його розташування. Кожна українська область отримує певну кількість сонячної радіації за рік. На цей показник впливає географічна широта і кліматичні особливості.

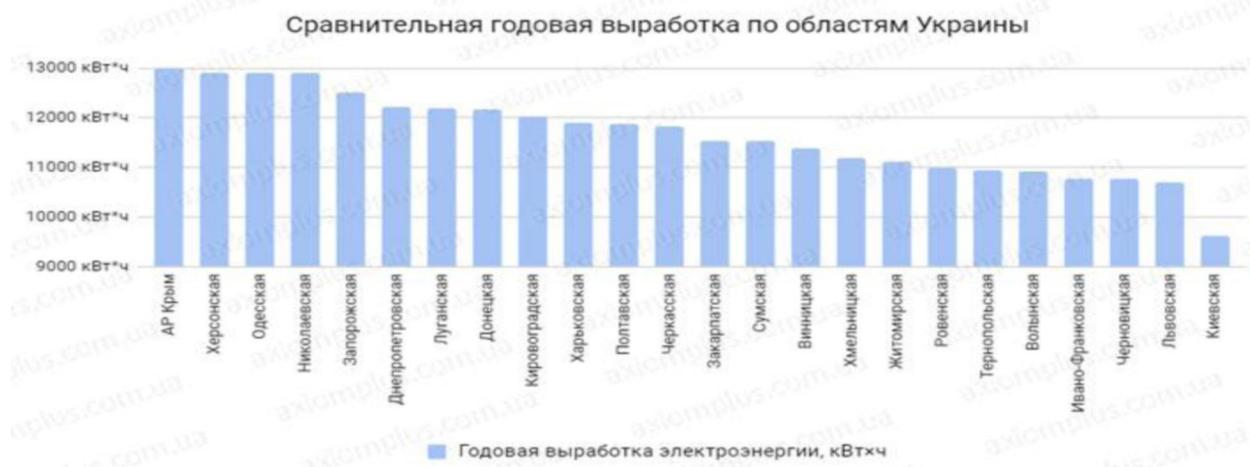


Рис.29 Зрівнююче річне вироблення по областям України

Змі.	Лист	№ докум.	Дата	Лист
				69

4 Охорона праці

#### 4.1 Види інструктажів і порядок їх проведення

Працівники, під час прийняття на роботу та періодично, повинні проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій.

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж з охорони праці проводиться з:

- усіма працівниками, які тільки надійшли на роботу (постійну чи тимчасову) незалежно від їх освіти, стажу роботи за цією професією або посади;
  - працівниками, які знаходяться у відрядженні на підприємстві і беруть безпосередню участь у виробничому процесі;
  - з водіями транспортних засобів, які вперше в'їжджають на територію підприємства;
  - учнями, вихованцями та студентами, які прибули на підприємство для проходження виробничої практики тощо.

Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці або іншим фахівцем відповідно до наказу (розпорядження) по підприємству, який пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці. Вступний інструктаж проводиться в кабінеті охорони праці або в приміщенні, що спеціально для цього обладнано, з використанням сучасних технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Програма та тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства [17].

					MP 5.8.141.355 ПЗ
Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Коротя				Проект системи
Перевірив	Волохін				електропостачання дошкільного
Реценз.					закладу з використанням
Н. Контр.	Никифоров				сонячної станції
Затвердив	Лебединський				СумДУ, ЕТМз-91с
					Лит.
					Лист
					Листів
				70	83

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з:

- працівником, новоприбулим (постійно або тимчасово) на підприємство;
- працівником, який переводиться з одного цеху виробництва до іншого;
- працівником, який виконуватиме нову для нього роботу;
- відрядженим працівником, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на підприємстві;
- під час проведення позашкільного навчання в гуртках та секціях.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці індивідуально з окремим працівником або групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу. Повторний інструктаж проводиться в терміни, визначені нормативно-правовими актами з охорони праці, які діють у галузі, або роботодавцем (фізичною особою, яка використовує найману працю) з урахуванням конкретних умов праці, але не рідше: на роботах з підвищеною небезпекою – 1 раз на 3 місяці для решти робіт – 1 раз на 6 місяців.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструменту, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці;
- при порушенні працівником, студентом, учнем або вихованцем нормативних актів про охорону праці, які можуть призвести або призвели до травми, аварії чи отруєння.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками при: виконанні разових робіт, не пов'язаних з безпосередніми обов'язками за фахом (навантаження,

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	71
					МР 5.8.14.1.355 ПЗ	

розвантаження, разові роботи за межами підприємства, цеху і т.п.); ліквідації аварії, стихійного лиха; проведенні робіт, на які оформляється наряд-допуск, дозвіл та інші документи; екскурсіях на підприємства.

Порядок проведення.

Навчання та інструктаж з питань охорони праці повинен проводиться з усіма працівниками в процесі їх трудової діяльності незалежно від форми власності та видів діяльності підприємства. Крім того, наказом Держнаглядохоронпраці від 23.12 1993р. №196 затверджено Перелік робіт з підвищеною небезпекою, які передбачають спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці не рідше одного разу на рік. Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, формуються плани-графіки проведення цієї роботи, з якими повинні бути ознайомлені всі працівники [18].

Перед перевіркою знань з охорони праці на підприємстві організовуються заняття, лекції, семінари та консультації. Перелік питань для перевірки знань з охорони праці з урахуванням специфіки виробництва складають члени комісії з перевірки знань з питань охорони праці, погоджує служба охорони праці і затверджує керівник підприємства.

У складі комісії з перевірки знань з питань охорони праці має бути не менше трьох осіб, які в установленому порядку пройшли навчання та перевірку знань з питань охорони праці. Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання та перевірки знань з питань охорони праці, забороняється. Відповіальність за організацію навчання та перевірку знань з охорони праці на підприємстві покладається на його керівника, а в структурних підрозділах (цеху, дільниці, лабораторії, майстерні тощо) – на керівників цих підрозділів.

#### 4.2 Вимоги безпеки до робочих місць під час виконання робіт на висоті

Під час організації робіт на висоті слід враховувати те, що основними небезпечними виробничими факторами під час виконання цих робіт є падіння працівника або падіння предметів; супутніми можуть бути фактори: пожежна

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	72
					МР 5.8.141.355 ПЗ	

небезпека, дія електричного струму, підвищенні рівні запиленості, загазованості повітря, шуму, несприятливі кліматичні умови тощо [19].

Для створення безпечних умов до та під час виконання робіт на висоті необхідно:

- забезпечити наявність, міцність і стійкість огорожень, риштувань, настилів, драбин;
- забезпечити всіх працівників необхідними засобами захисту та використовувати їх тільки за призначенням;
- застосовувати технічно справні машини та інструменти;
- забезпечити необхідну освітленість на робочих місцях;
- ураховувати метеорологічні умови, а також стан здоров'я працівників, які виконують роботи на висоті.

Також слід вказати, що працівники, які виконують роботу на висоті, зобов'язані:

- знати і виконувати вимоги правил, інших нормативно-правових актів та інструкцій з охорони праці, що стосуються їх робіт чи професії;
- дбати про особисту безпеку, а також про безпеку оточуючих людей під час виконання будь-яких робіт;
- виконувати роботи із застосуванням касок, запобіжних поясів, інших засобів індивідуального та колективного захисту;
- проходити в установленому порядку медичний огляд.

Не дозволяється виконувати роботи на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 10 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або атмосферному тумані, який затруднює видимість в межах фронту робіт, а також у нічний час при недостатній освітленості та якщо температура повітря вище плюс 35<sup>0</sup>С або нижче мінус 20<sup>0</sup>С.

Під час виконання робіт на висоті для запобігання можливому падінню інструменту, матеріалів тощо слід використовувати спеціальні тримаючи сумки або пристрой для їх надійного зберігання (тримання) [7]. Оцінку важкості та

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	73
					МР 5.8.14.1.355 ПЗ	

напруженості праці на висоті здійснюють на підставі обліку всіх наявних показників відповідно до вимог чинного законодавства.

Також основною з вимог є огороження, що встановлюються на робочих місцях, і проходи до них на певній висоті.

Межі небезпечних зон поблизу частин машин, що рухаються, визначаються відстанню не менше 5 м, якщо немає інших підвищених вимог у документах з експлуатації виробників.

У разі одностороннього примикання настилів (перекриття) до стін, слід огорожувати прорізи в стінах, якщо їх нижній край розташований на висоті менше 0,7 м від рівня настилу (перекриття).

Межі небезпечних зон в місцях, над якими переміщаються вантажі вантажопідіймальними кранами, а також поблизу будівель і споруд під час здійснення будівництва, монтажу (демонтажу) конструкцій і обладнання, ремонту, реконструкції, експлуатації тощо об'єктів та під час електрозварювальних робіт на висоті зазначені у ДБН А.3.2-2-2009.

Площадки та драбини мають відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.8-44:2011.

Драбини чи скоби, що використовуються для підімання або опускання працівників на робочі місця, розташовані на висоті більше 5 м, мають бути обладнані пристосуваннями для закріплення стропа запобіжного пояса (канат з уловлювачем та ін.).

Кожна драбина повинна бути міцною, надійно закріпленою і мати достатню довжину, щоб забезпечувати надійну опору для рук та ніг працівників у будь-якому робочому положенні.

Небезпечна зона навколо щогл (веж) визначається відстанню від центра щогли (вежі), яка дорівнює 1/3 її висоти. Проходи, проїзди, переходи до робочих місць а також сходи, площадки тримають справними і чистими, а розміщені просто неба – необхідно очищати від снігу і льоду та посыпти піском. Настили площадок і переходів, а також поручні до них надійно закріплюються. На період проведення ремонтних робіт замість знятих поручнів слід установлювати тимчасові справні огороження.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	74
					МР 5.8.14.1.355 ПЗ	

Ширина проходів до робочих місць і на робочих місцях встановлюється не менша 0,6 м, а висота проходів – не менша 1,8 м.

Прорізи в перекриттях згідно ДСТУ Б В.2.8-44:2011, які призначаються для монтажу обладнання, ліфтів, сходів тощо, до яких можливий доступ людей, слід закрити суцільними настилами або обладнати огороженнями із вивішеними на них відповідними плакатами та знаками безпеки.

Кожний отвір в робочій площині обладнується відповідними засобами для запобігання падінню людей чи предметів. На робочих місцях не допускається розміщувати та накопичувати матеріали, що не використовуються для роботи.

Матеріали, вироби, елементи конструкцій тощо під час приймання і складування на робочих місцях, що знаходяться на висоті, знаходяться у кількості, яка необхідна для поточної роботи, і складується таким чином, щоб не захаращувати робочі місця і підходи до них. При цьому враховуються розрахункові значення допустимих навантажень на настили, площинки тощо. Металеві риштування, що використовуються під час виконання робіт на висоті, заземлюються.

У разі одночасного виконання робіт згідно ДСТУ Б В.2.8-44:2011 по одній вертикалі робочі місця, що розташовані нижче, обладнуються зверху відповідними захисними пристроями (настилами, сітками, козирками тощо), які встановлюються на відстані не більше 6 м по вертикалі від вищерозташованого робочого місця.

#### 4.3. Розрахунок електроосвітлення

Електричне освітлення розроблене з врахуванням норм і вимог ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» [8].

Проектом прийнята система загального рівномірного освітлення приміщень, і передбачені наступні види освітлення: робоче, аварійне та евакуаційне. Напруга мережі освітлення – 220 В. Проектом передбачаються світлові покажчики шляхів евакуації.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Робоче та аварійне освітлення більшості приміщень (ігрових кімнат, коридорів, їдальні, дитячих спалень) передбачається виконати світлодіодними LED світильниками 600x600 з опаловим розсіювачем, ступінь захисту IP20 потужністю не більше 40Вт та світловим потоком 3400Lm

Нормативи штучної освітленості основних приміщень наведено в додатку А.

Технічні приміщення, приміщення кухні, пральні світильниками типу ЛПП 2x36 зі ступенем захисту IP65 з використанням світлодіодних ламп. В приміщеннях санвузлів світильниками точкового типу потужністю 6Вт зі ступенем захисту IP20.

Приміщення тамбурів та над входами – світлодіодними LED світильниками потужністю 20Вт зі ступенем захисту IP65.

Розрахунок нормованого освітлення виконаний в програмі DIALUX (рис.4).

Проектом також передбачається встановлення світильників евакуаційного освітлення з акумуляторною батареєю, що дасть змогу підтримувати його роботу протягом 6 годин в період евакуації.

У проходних коридорах та тамбурах для керування освітленням проектом встановлені датчики руху для економії електроенергії. У всіх інших приміщеннях керування освітленням виконується шляхом встановлення вимикачів біля входу в приміщення.

Керування зовнішнім освітленням виконується через контактор, шляхом встановлення в коло керування датчика вуличного освітлення.

Евакуаційне освітлення керується наступним чином: у разі зникнення напруги в мережі евакуаційного освітлення світильник вмикається.

Електроосвітлювальна комутаційна арматура прийнята з врахуванням оточуючого середовища та класу приміщень відповідно до ПУЕ.

Проектом передбачається захист мережі електроосвітлення від перевантаження і струмів короткого замикання, який здійснюється

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

автоматичними вимикачами з відповідним розрахунковим струмом за навантаженням.

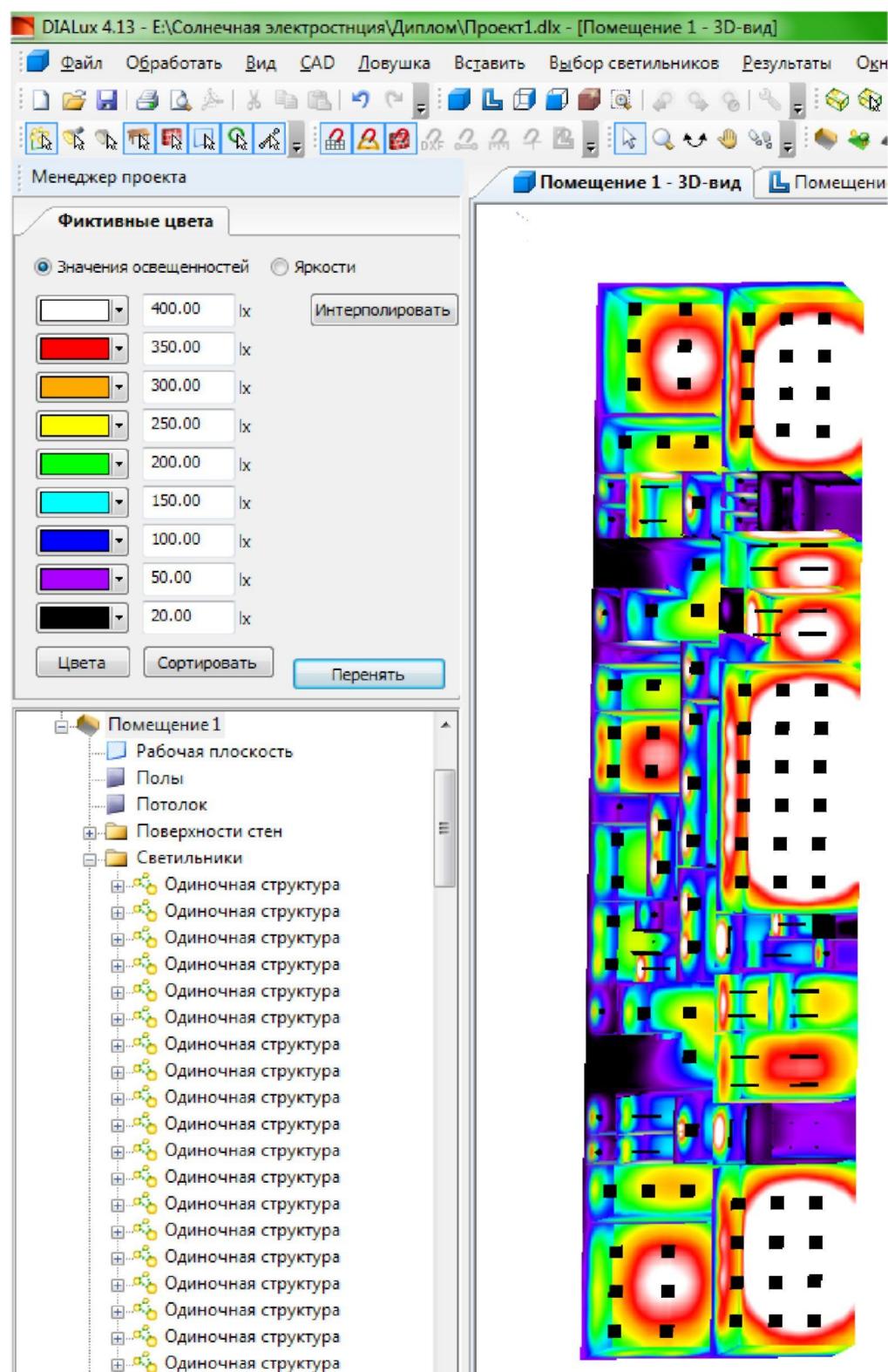


Рис. 30 Розрахунок нормованого освітлення виконаний в програмі DIALUX

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

## Висновки

В даній роботі розглянуто систему електропостачання дошкільного закладу з використанням сонячної енергії.

Підбиваючи підсумки, варто зазначити, що в нашему випадку сонячна електростанція може бути як вирішенням проблеми подачі електроенергії, так і вигідною інвестицією, котра зможе себе окупити за лічені роки та принести доволі непоганий стабільний прибуток протягом року.

Сонячні батареї, розташовані на даху будівлі генерують електричну енергію, інвертор відбирає цю енергію від панелей у вигляді постійного струму і перетворює його в змінний.

Переваги при використанні сонячних електростанцій для живлення дошкільного закладу:

1. Для міста Суми система електростанції є ефективною.
2. Конструкція є відносно не дорогою і надійною за рахунок вибору запропонованих елементів і дозволяє за допомогою певного алгоритму досить точно орієнтувати панелі на сонці по двох осіах – по куту місця і азимуту.
3. Швидка установка фотоелектричних батарей і монтаж батарей на будинку. Проста установка і монтаж всієї енергосистеми. Все необхідне обладнання системи енергопостачання поставляється в комплекті.
4. Система має модульну конструкцію, в будь-який час можна збільшити енергосистему за розміром і потужністю.
5. Не має потреби використання будь-яких видів палива.
6. У складі електростанції відсутні рухомі частини, які шумлять і зношуються. Немає необхідності в проведенні трудомісткого технічного обслуговування для підтримки сонячної електростанції в працездатному стані.

Слід вказати, що однією з найважливіших причин розробки та реалізації проекту є той факт, що вартість сонячних електростанцій постійно зменшується, зниження термінів окупності подібних проектів також зменшується, а тому тема даного проекту є актуальною та потребує реалізації.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	78
					МР 5.8.141.355 П3	

Додаток А

Нормативи штучної освітленості основних приміщень

Найменування приміщень	Освітленість не менше (лк)	Горизонтальні поверхні, де замірюються рівні освітленості
Приймальня, роздягальня	200	На підлозі
Групові, ігрові, кімнати для використання комп'ютерної техніки, ігротека	300	На підлозі
Спальня	150	На підлозі
Зали для музичних та фізкультурних занять, кімнати для використання технічних засобів навчання	400	На підлозі
Зал басейну	150	На поверхні води
Туалетна	75	На підлозі
Буфетна	200	0,8 м над підлогою
Медичний кабінет, кабінет лікаря	300	0,8 м над підлогою
Ізолятор	200	На підлозі

## Додаток Б

### Відстеження точки максимальної потужності

Відстеження точки максимальної потужності (ВТМП) – спосіб використовується для отримання максимальної можливої потужності на виході фотомодулів, електричних генераторів вітроустановок, електричних генераторів зі змінною швидкістю обертання і крутний момент, електродвигунів, що працюють в режимі рекуперативного гальмування. Для ВТМП використовуються цифрові пристрої, що аналізують вольт-амперну характеристику для визначення оптимального режиму роботи фотомодуля (або іншого джерела струму). Метою пристроїв є відстеження точки максимальної потужності – виміряти вихідні характеристики фотоелемента і застосувати відповідне навантаження для отримання максимальної потужності в будь-яких умовах навколошнього середовища. Подібні пристрої зазвичай інтегруються в перетворювачі електричної енергії, які забезпечують перетворення струму або напруги, фільтрацію і управління різних навантажень, в тому числі електричних мереж, акумуляторних батарей або двигунів.

Фотомодулі мають складний взаємозв'язок між умовами навколошнього середовища і максимальною виробленою потужністю. Коефіцієнт заповнення ( $K_{ЗАП}$ ) – це параметр, що визначає нелінійність фотоелемента. Коефіцієнт заповнення визначається як відношення максимальної потужності фотомодуля до добутку напруги холостого ходу  $U_{xx}$  і струму короткого замикання  $I_{KZ}$ . У довідкових даних він часто використовується для визначення максимальної потужності, яку фотоелемент може забезпечити з оптимальним навантаженням при заданих умовах:  $P = K_{ЗАП} \cdot U_{xx} \cdot I_{KZ}$ . Для більшості цілей знання  $K_{ЗАП}$ ,  $U_{xx}$  і  $I_{KZ}$  достатньо, щоб дати корисну наближену модель електричної поведінки фотоелемента в типових умовах.

Для будь-яких заданих умов експлуатації фотоелементи мають одну робочу точку в якій миттєві значення струму ( $I$ ) і напруги ( $U$ ) фотоелемента визначають миттєву потужність в робочій точці. Згідно із законом Ома, ці значення відповідають конкретному опору навантаження, який еквівалентний

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	80
					MP 5.8.14.1.355 П3	

U/I. Потужність Р визначається по формулі  $P = U \cdot I$ . На корисній ділянці вольт-амперної характеристики фотоелемент діє як джерело постійного струму [12]. У області максимальної потужності ВАХ фотоелемента має зворотну експоненціальну залежність між струмом і напругою. З теоретичних основ електротехніки, потужність пристрою оптимізована в місці, де похідна функції (графічно – нахил)  $dI/dU$  ВАХ рівна і протилежна до відношення  $I/U$  (де  $dP/dV = 0$ ) [13]. Це місце на вольт-амперній характеристиці називається точкою максимальної потужності і відповідає вигину кривої.

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## Список використаних джерел

1. Методичні вказівки до оформлення дипломних робіт / Укладачі: М.А. Никифоров, І.Л. Лебединський.– Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 74 с.
2. ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення (укр)
3. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
4. Василега П.О. Електропостачання : Навчальний посібник. – Суми: «Університетська книга», 2008.
5. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. – Вінниця, 2005. – 148 с.
6. Санітарний регламент для дошкільних навчальних закладів (Наказ Міністерства охорони здоров'я України 24.03.2016 № 234).
7. НПАОП 0.00-1.15-07 Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті.
8. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
9. ДСТУ 4743: 2007 Проводи самонесучі ізольовані і захищені для повітряних ліній електропередачі. Загальні технічні умови .
10. С.О. Кудря "Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії"– К.: НТУУ "КПІ", 2012. – 492 с.
11. Шіняков Ю.А., Шуригін Ю.А., Аркатова О.Е. Підвищення енергетичної ефективності автономних фотоелектричних енергетичних установок // Електроніка, Вимірювальна Техніка, Радіотехніка та зв'язок. Доскарби ТУСУРа, № 2 (22), частина 2, грудень 2010 - С. 102.
12. Ерохов В.Ю. Поверхнева функціональна мультитекстура для фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Научный журнал. – Харьков: Технологический центр, 2009. – № 3/7 (39).

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

МР 5.8.141.355 ПЗ

Лист

82

13. Інформація з офіційного сайту ПАТ "Сумиобленерго" [Електронний ресурс]. – електронний. – Режим доступу: <https://www.soe.com.ua>.
14. «Установка сонячних батарей. Варіанти конструкцій під монтаж сонячних батарей» [Електронний ресурс]. – електронний. – Режим доступу: <http://utem.org.ua>.
15. Energy comparison of MPPT techniques for PV Systems. Інформація з сайту wseas.us.
16. Gay, CF and Wilson, JH and Yerkes Performance advantages of two-axis tracking for large flat-plate photovoltaic energy systems // Conf. Rec. IEEE Photovoltaic Spec. Conf 16.-1982.
17. НАПБ Б.02.005-2003: «Типове положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України».
18. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги: Навчальний посібник. – К.: «Основа», 2011. – 551 с.
19. ДСТУ 7238:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація»
20. Маценко О.М., Сотник І.М., Соляник О.М. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів – Суми.
21. "Портал - Електрик в будинку" [Електронний ресурс]. – електронний. – Режим доступу: <http://electric-in-home.com/>
22. Вільна енциклопедія «Вікіпедія» [Електронний ресурс]. – електронний. Журн. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/>

Змі.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата