

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему **Розробка універсальної понтонної системи для
плаваючих сонячних електростанцій флотовольтаїки**
(назва кваліфікаційної роботи згідно з наказом ЗВО)

Здобувача (ки) Доценко Е.С.
(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕЕ-444 групи

Керівник доцент Бошков Л.З.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти _____
(посада, прізвище та ініціали)

(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту
Рішення кафедри від 09 червня 2023 р., протокол № 11.

Завідувач кафедри ЕТ та ПЕ _____ Юрій СЕМЕНЮК
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ нафти, газу та екології
Кафедра _____ екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології
Ступінь вищої освіти _____ бакалавр
Спеціальність _____ 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма _____ «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри Ю.В. Семенюк

«28» лютого 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА (ЗДОБУВАЧКИ)

Доценко Еміль Святославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Розробка універсальної понтонної системи для плаваючих сонячних електростанцій флотовольтаїки**

затверджена наказом ОНТУ від 31.03.2023 року № 119-03

2. Термін здачі здобувачем (здобувачкою) закінченої роботи 08.06.2023 року

3. Вихідні дані роботи Геолого-географічні та кліматичні дані по системі Придунайських озер. Технічні дані по технології «Hydrelio»

4. Перелік питань, які потрібно розробити 1. Геолого-географічна і кліматична характеристика озер Одеської області. 2. Огляд сучасних фотоелектричних перетворювачів. 3. Розрахунок фотоелектричної станції. 4. Розрахунок річного вироблення електроенергії офшорної ФЕС. 5. Створення плавучого острова та офшорної ФЕС. 6. ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ ВИСНОВКИ.

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

5.1. Науково-технічна презентація MS Power Point з 20 слайдів.

5.2. Основний понтон. СК.

5.3. Малий допоміжний понтон. СК.

5.4. Великий допоміжний понтон СК.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Бошков Л.З., доцент		

7. Дата видачі завдання 28.02.2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Геолого-географічна і кліматична характеристика озер Одеської області	30.03.2023 р.	
2	Огляд сучасних фотоелектричних перетворювачів	30.04.2023 р.	
3	Розрахунок фотоелектричної станції	15.05.2023р.	
4	Розрахунок річного вироблення електроенергії офшорної ФЕС	22.05.2023 р.	
5	Створення плавучого острова та офшорної ФЕС	22.05.2023 р.	
6	Економічні показники проекту висновки	29.05.2023 р.	
7	Підготування пояснювальної записки і креслень відповідно вимогам НК.	05.06.2023 р.	
8	Розробка наукової презентації MS Power Point	05.06.2023р.	

Здобувач

_____ Доценко Е.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Бошков Л.З.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник

_____ Доценко Е.С. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

АНОТАЦІЯ

Дипломного проекту на тему «Розробка універсальної понтонної системи для плаваючих сонячних електростанцій фотовольтаїки»

Сутність даної роботи полягає в розробці першої черги (модуля) для офшорної (плаваючої на водній поверхні) ФЕС для одного з озер прісноводної системи на півдні Одеської області України. Приведена кліматична та географічна характеристика озера. Розраховано обсяг річного виробництва ФЕС, підібрано необхідне обладнання, визначена його кількість. Проект має реальну практичну цінність.

Розроблено три базових понтони, які складають універсальну понтонну систему і забезпечують створення довільних конфігурацій плаваючих фотоелектричних електростанцій.

Об'єм пояснювальної записки: 108 сторінок, 37 рисунок, 12 таблиць и 55 джерел літератури.

ABSTRACT

Diploma project "Development of a universal pontoon system for floating solar power plants of flotovoltaic".

The essence of this work is to develop the first stage (module) for offshore (floating on the water surface) PVPP for one of the freshwater lakes in the south of Odessa region, Ukraine. The climatic and geographical characteristics of the lake are given. The volume of annual production of FES is calculated, the necessary equipment is selected and its quantity is determined. The project has a real practical value.

Three base pontoons which make up a universal pontoon system and enable creation of any configurations of floating photovoltaic power stations were developed.

The explanatory note contains 108 pages, 37 figures, 12 tables and 55 references.

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	7
ВСТУП	9
1. Геолого-географічна і кліматична характеристика озер Одеської області	14
1.1. Геолого-географічні данні	14
1.2 Кліматичні данні і потенціал офшорної електрогенерації	22
2. Огляд сучасних фотоелектричних перетворювачів	25
2.1 Застосування сонячної енергії	25
2.2 Принцип дії сонячної батареї	35
2.3 Використання сонячних батарей	39
2.4 Стан розвитку фотовольтаїки в Україні	44
2.4 Огляд ФЕП	44
3. Розрахунок фотоелектричної станції	54
3.1 Характеристики сонячного випромінювання	54
3.2 Створення окремих модулів з ФЕП	57
4. Розрахунок річного вироблення електроенергії офшорної ФЕС	59
4.1 Розрахунок кількості сонячних панелей	60
4.2 Розрахунок генеруючої поверхні ФЕС	62
4.3 Розрахунок кількості виробленої електроенергії при куті нахилу 0°	62
4.4. Розрахунок кількості виробленої електроенергії з використанням коефіцієнта поправки для 30 °	64
4.5. Розрахунок кількості виробленої електроенергії ФЕС в рік для кута нахилу сонячної панелі в 0 °	64

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2		
		№ докум.	Пі		Розрахунково – пояснювальна записка		
Розроб.	Доценко Е.С.						
Перевір.	Бошков Л.З.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.					ОНТУ гр. ЕЕ-444		

4.6. Розрахунок кількості виробленої електроенергії ФЕС в рік для кута нахилу сонячної панелі в 30 °	66
4.7. Приріст у виробленні кількості електроенергії при нахилі панелей на 30 °	66
5. Створення плавучого острова та офшорної ФЕС	67
5.1 Компанія «Ciel & Terre»	67
5.2. Система «Hydrelia»	68
5.3. Переваги використання понтонів системи «Hydrelia»	69
5.4. Монтаж	70
5.5. Кількість основних, допоміжних понтонів і якорів	73
5.6. Розрахунок необхідної кількості якорів і блоків для закріплення ФЕС до дна озера	
5.7. Вантажопідйомність	80
5.8. Інверторна система	83
5.9. Трансформатор - визначення, принцип роботи, типи.	91
5.10. Вибір трансформатора	95
5.11. Додаткове обладнання	95
6. ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ	97
ВИСНОВКИ	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	104
ДОДАТОК	108

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- η_T/η_{Tref} - коефіцієнт ефективності PV панелі;
- η_T - дійсний ККД PV модуля;
- η_{Tref} - за нормованих умов (при температурі довкілля 25 °З і величині потоку сонячного випромінювання рівного 1000 Вт/м2);
- β_{ref} - температурний коефіцієнт, що показує в скільки разів падає ефективність вироблення електроенергії при підвищенні температури на один градус;
- T_0 - температура модуля (у найвищій точці), при якій електрична ефективність падає до нуля;
- P_c - номінальна потужність станції, кВт;
- $P_{панел}$ - номінальна потужність сонячної батареї, кВт;
- $N_{панел}$ - необхідне число сонячних панелей, штук;
- $P_{ном}$ - номінальна потужність, що виробляється 1м2 панелі, кВт;
- $S_{панел}$ - площа сонячної панелі. (1,62м2);
- $S_{ген}$ - генеруюча площа станції;
- $N_{панел}$ - число панелей;
- E - кількість виробленої електроенергії м2 ФЕС;
- N_d - кількість днів в місяці;
- η - ККД одній сонячній панелі;

H - добова опроміненість, кВт ч /м² /день;

$E_{ген0°}$ - кількість виробленої електроенергії ФЕС в рік при нахилі сонячної панелі 0°;

$E_{ген30°}$ - кількість виробленої електроенергії ФЕС;

$E_{прирост}$ - приріст у виробленні кількості електроенергії при нахилі панелей на 30°, кВт ч/рік;

$N_{понт\ пром}$ - кількість проміжних понтонів, штук;

$N_{понт}$ - кількість основних понтонів, штук;

$N_{осн\ понт\ остр}$ - кількість основних захисних понтонів острова, штук

ВСТУП

Сучасний сталий розвиток економіки і, зокрема, туризму як однієї з перспективних галузей з великим потенціалом росту, є неможливим без альтернативної енергетики.

Досягнувши небувалих висот в науці і техніці, людина так і не навчився дбайливо ставитися до дарів природи. Розрахунки показують, що при збереженні існуючих темпів зростання споживання енергії через кілька поколінь наші нащадки можуть зіткнутися з кризою такого масштабу, який буде мати катастрофічні наслідки для всього населення Землі. За прогнозами Міжнародного енергетичного агентства, в перші тридцять років XXI століття споживання енергії практично подвоїться, і його щорічний приріст складе 1,5%. Для задоволення таких зростаючих потреб очікувані інвестиції в енергетику повинні залишити приблизно 4,6 трильйона доларів.

Енергетичні потреби людства обмежені природними ре-ресурсами, які стрімко виснажуються. За оцінками фахівців, нафта буде близька до вичерпання через 40-50 років, газ - через 60-70, вугілля - через 300-400 років. Запасів дешевого урану для виробництва енергії на теплових нейтронах вистачить ще на 120 років. Оптимістично всього виглядає ситуація з ядерною енергетикою на швидких нейтронах. Тут ресурс оцінюється в півтори тисячі років. Саме з цієї причини людство сьогодні приділяє все більшу увагу проблемі альтернативної енергетики. Актуальність цього завдання обумовлюється і необхідністю вилучення частини, що надходить на Землю сонячної енергії, щоб не допустити перегріву планети. Ряд вчених вважають, що зростаюче збільшення скидання тепла електростанціями, усіма видами транс-кравців коштів, промисловими об'єктами, веде до перегріву земної по-поверхні. Ця загроза вимагає адекватних заходів по вилученню зайвого тепла за допомогою широкого впровадження геліосистем.

Так, наприклад, в одному зі своїх виступів в бундестазі, міністр з охорони навколишнього середовища відзначив, що, завдяки використанню альтернативних джерел енергії, було попереджено потрапляння 50 млн. Тонн вуглекислого газу в навколишнє середовище. При використанні поновлюваних джерел вирішується проблема обмеженості ресурсів енергії. У таблиці 1 наведені значення потенційної енергії таких джерел (в трильйони тонн умовного палива на рік). Ресурси будь-якого з цих джерел енергії достатні для задоволення потреб людства в сьогоденні і майбутньому. Їх повсюдне використання дозволить вирішувати і проблеми екології. Який саме джерело енергії знайде найбільше застосування, покаже майбутнє, але проаналізувати передумови можна вже сьогодні.

Таблиця 1. Потенційна енергія відновлюваних та не відновлюваних джерел.

Вид джерела	Потенційна енергія, трлн. тонн / рік
Сонячна енергія	131
Вітрова енергія	2
Гідроенергія	7
Енергія біомаси	0,1
Вугілля	11
Уран	8
Світове споживання	0,01

Порівняємо основні поновлювані джерела енергії по ряду показників. У таблиці наведено питомі потужності різних типів електростанцій (з урахуванням

площ, займаних спорудами і будівлями). При розрахунках приймалося, що всі землі мають однакову вартість. Для теплових і атомних станцій додатково враховувалися території, зайняті під видобуток вугілля і руди. Площі виробництва будівельних і конструкційних матеріалів не враховувалися - вони приблизно однакові для всіх типів станцій. Очікується зменшення питомої потужності атомних станцій за рахунок збільшення територій, зайнятих під поховання відходів. Для сонячних станцій (особливо фотоелектричних) даний показник повинен збільшуватися за рахунок збільшення ККД перетворювачів сонячної енергії і більшого використання можливості розміщення їх на дахах будівель.

Таблиця 2. Питомі потужності різних типів електростанцій

Тип електростанції	Питома потужність, МВт / км ²
сонячні станції	50...100
вітрові станції	до 15
Гідравлични станції	до 10
енергія біомаси	до 5
теплові станції	до 30
атомні станції	60...120

З таблиці видно, що кращу енерговіддачу мають сонячні станції (в перспективі очікується, що це значення ще покращиться).

У такій ситуації у людства єдиний вихід - перетворення сонячної енергії, яка не порушує екологію і теплова рівновага нашої планети в цілому. Основні положення Кіотського протоколу та сформульовані для Європейського союзу

рекомендації з розвитку екологічно стійкої енергетики змушують по-новому розглядати накопичений світовий досвід у використанні поновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Основу енергетики України складають атомні станції, гідроелектростанції та енергетика на основі викопних видів палив. Для успішного вирішення задач енергопостачання на Україні, поряд з іншими нетрадиційними джерелами, слід вивчити можливості застосування сонячної енергії. Інтерес до нетрадиційних ВДЕ викликаний негативними тенденціями розвитку традиційної енергетики, зумовленими, в основному, двома факторами - швидким виснаженням природних ресурсів і забрудненням навколишнього середовища. За даними ООН, вже в 2083 - 2500 рр. передбачається виснаження основного виду викопного палива - покладів вугілля, а до середини 21 століття - урану. У період до 2020 р перевагу при виробництві електроенергії буде віддано вітроенергетики ВЕУ, а частка її виробництва з 570 ТВт год / рік в 2015 зросте в енергобалансі до 50% в 2040 року і до 65% до 2050 р Європейський сценарій виробництва електроенергії на базі парогазових електростанцій та ТЕС з використанням природного газу, біомаси та вугілля, а також установок на ВДЕ призведе до зниження викидів CO₂ з 293 млн. т / рік в 1999 р до 276 млн. т / рік до 2020 р Подальше зниження викидів CO₂ буде більш істотним і складе в 2050 р більш 70 млн. т / рік, т. е. близько 25%. Інтенсивність викидами-сов CO₂ дорівнюватиме 0.125 кг / (кВт год). В області теплопостачання зараз 88% тепла виробляється з використанням газу, мазуту, біомаси та електроенергії, а 12% за рахунок ТЕС; до 2050 р споживання газу, мазуту і біомаси скоротиться на 32%, а місцеве виробництво тепла за рахунок сонячних установок збільшиться на 23%.

До поновлюваних джерел енергії (ВДЕ) відносять вітрову енергетику, біоенергетику (енергія, що отримується з відходів тваринництва і ролинництва, а також енергія з органічних відходів життєдіяльності людини), енергія Світового океану, мала гідроенергетика, енергія гарячих підземних вод, сонячна енергетика.

Таблиця 3. Переваги і недоліки наземних та офшорних ФЕС.

<i>Напрям порівняння</i>	Наземні ФЕС	Офшорні ФЕС	
		платформа над водоймою	плавуча платформа
Потреба у земельній ділянці	Існує	Відсутня	
Потреба у водній поверхні	Відсутня	Існує	
Питомі витрати на спорудження ФЕС	Низькі	Високі	Помірні
Питомі витрати на спорудження ФЕС з урахуванням конкурентного використання території	Помірні	Помірні	Низькі
Конкурентна активність	Агробізнес Будівництво Транспорт Туризм	Рибоводство	
Сінергетична активність	Промисловість	Промисловість Рибоводство Туризм Будівництво	
Вплив на розвиток локальних природних екосистем	Негативний: необхідне придушення наземної флори	Позитивний: сприяє росту популяції риб, гальмує замулення і пересихання водойм	
Витрати на демонтаж, утилізацію і регенерацію ландшафту	Помірні	Високі	Низькі

1. Геолого-географічна і кліматична характеристика озер Одеської області

1.1. Геолого-географічні данні

На північ від Кілійського гирла Дунаю (Рис. 1.1, 1.2) розташовано понад 25 озер. Більшість озер з'єднується з Дунаєм або його рукавами за допомогою проток та каналів. Походження цих озер різне. Одні є залишками морських заток, інші — плавневими озерами та старицями, що з'явилися внаслідок заносу старих русел річки. Приблизно 3000-4000 років тому сьогодення дельта Дунаю фактично не існувала, а на її місці була мілководна затока північно-західної частини Чорного моря, в яку впадав, не розгалужуючись, Дунай.



Рис. 1.1. Географічне розташування озера Ялпуг і села Криничне.

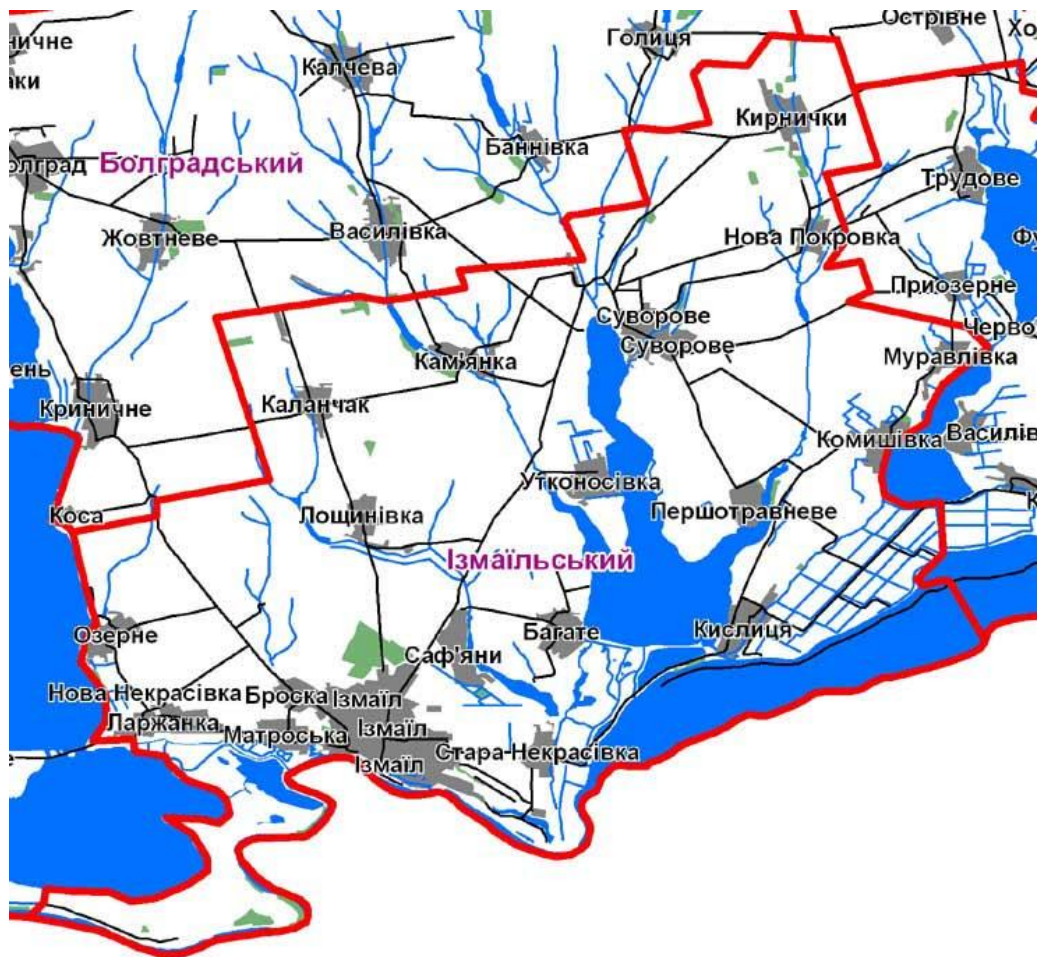


Рис. 1.2. Система Придунайських (Південноукраїнських) озер.



Рис. 1.3. Фото озера Ялпуг в районі с. Криничне.

В теперішній час береги цієї затоки позначені дугоподібними піщаними грядами довжиною кілька десятків кілометрів — Жебриянська гряда на території України та гряда Лєтя на території Румунії. Рівень води більшості озер регулюється за допомогою шлюзів та інших гідротехнічних споруд. Западнини сучасних озер в той час були морськими солоноводними або солонуватоводними лиманами, на кшталт теперішніх лиманів Шагани, Бурнас, Алібей та інших, що розташовані на північному узбережжі Чорного моря. Як наслідок виносу Дунаєм твердого осадового матеріалу проходило обміління прилеглої до гирла частини моря, виникнення островів, і, таким чином, формування сучасної дельти. Солоноводні лимани, при цьому, поступово втрачали зв'язок з морем і перетворювались на прісноводні озера. В подальшому конфігурація цих водойм дещо змінювалась — так, наприклад, східна (Гасанська) затока озера Катлабух як тимчасове повеневе утворення почала виникати тільки на межі 19-го та 20-го століть завдяки зсувам ґрунту, розмиванню та підтопленню території (на картах більш раннього періоду вона взагалі не позначена), а потім, після врегулювання стоку озера і довгострокового його підтримання на 30-50 см вище рівню Дунаю (початок — наприкінці 50-х років 20 ст.), перетворилась в постійно існуючу складову цієї водойми. У всіх придунайських водоймах мешкають краснопірка звичайна, плоскирка, верховодка звичайна, лящ, судак, йорж, окунь, щипавка, в'юн. Але розповсюдженість різних видів у кожному водоймищі неоднакова. Серед них найбільше в Україні прісне озеро Ялпуг. Своєрідним продовженням озера Ялпуг на півдні є озеро Кугурлуй. Протоками вони з'єднуються з Дунаєм. Під час повені дунайська вода через ці протоки надходить в Кугурлуй та Ялпуг. Також мають значні розміри озера Кагул, Китай, Катлабух. Води придунайських озер використовуються для водопостачання, зрошення, там розвинуте рибальство.

Ялпуг, або Ялпуг — озеро лиманного типу, найбільше природне озеро в Україні. Розміщене у Болградському, Ізмаїльському і Ренійському районах Одеської області. На північному березі Ялпуга, біля гирла річки Ялпуг, лежить

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						17
		№ Документа__	Підпис	Дата		

місто Болград. Озеро Ялпуг сполучається з Дунаєм через озеро Кугурлуй. Підземні джерела озера розташовані в селі Ялпуг у Молдові.

Довжина 39 км, ширина до 15 км, площа 149 км², середня глибина близько 2 м, максимальна — 5,5 м. Улоговина видовженої форми. Східний та західний береги переважно підвищені, розчленовані яругами, південні — піщані, крайня північна ділянка узбережжя заболочена та поросла очеретом.

Температура води влітку +24 — +25 °С; взимку озеро замерзає, льодовий режим нестійкий.

Мінералізація води до 1–1,5 г/л. Дно вкрите темно-сірим, на півночі — чорним сірководневим мулом, на мілководді — піщане.



Рис.1.4. Панорама озера Ялпуг в передбачуваному місці споруди офшорної ФЕС.

Водне живлення озера здійснюється головним чином внаслідок водообміну з озером Кугурлуй, з яким воно сполучене протокою у південній частині. З півночі впадає річка Ялпуг, з північного сходу підходить невелика

річка Карасулак, що впадає в озеро біля селища Криничне, а в районі села Тополине в озеро впадає річка Минзул. В наш час вплив річок на водний баланс озера практично незначний, оскільки через істотне зарегулювання, стік вод з річок до озера практично припинився. Також деякий вплив на водний баланс має стік дощових вод по системі яруг, що сходяться до Ялпуга.

Улоговина озера має витягнуту форму. Східний і західний береги піднесені, розчленовані балками, південні — піщані, крайня північна ділянка узбережжя заболочена й поросла очеретом. У південній частині Ялпуг з'єднаний протокою з озером Кугурлуй. У найвужчій частині протоки в 70-х роках ХХ століття була споруджена гребля з мостом, по якій була прокладена дорога Ізмаїл — Рені. Після зведення греблі водообмін між озерами Ялпуг і Кугурлуй скоротився майже на третину, що підвищило рівень забруднення Ялпугу.

Нормальний підпірний рівень (НПР) встановлений на позначці 2,8 метра Балтійської системи (мБС). Проте, внаслідок суттєвого літнього випаровування та витрат води для водоспоживання містом Болград, прибережними селами і для зрошення, рівень води у спекотні періоди року істотно знижується, оскільки заповнення озера можливе тільки під час істотного весняного паводку на річці Дунай.

У розподілі намулів спостерігається певна відмінність: дно північної частини вкрите темно-сірим мулом, у центрі озера зустрічається глинястий мул сірого кольору, південна частина вкрита мулистим піском з черепашками.

Озеро Ялпуг знаходиться в зоні несталих льодових явищ; тут впродовж зими буває кілька замерзань і скресань, а суцільною кригою озеро покривається не кожного року. Як правило, замерзає Ялпуг десь наприкінці листопада, а скресає у другій половині березня, тримається крига інколи півтора, а інколи і три з половиною місяці.

Коливання рівнів води в озері відбувається під впливом змін стоку води в Дунаї. У коливаннях рівнів озера, як і Дунаю, існують сезонні фази: зимовий

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						19
		№ Документа_	Підпис	Дата		

мінімум і максимум, весняний мінімум, весняно-літній максимум, осінній мінімум. Амплітуда коливання становить 360 см.

Гідрохімічний режим озера в значній мірі залежить від водообміну з Дунаєм та ґрунтового живлення. Ступінь мінералізації залежить від водозабору та випаровування води.

Ялпуг відносять до озер з низькою мінералізацією води (355—526 мг/л), тільки у північній частині його відмічається підвищена мінералізація, що пояснюється впливом насичених солями ґрунтових вод.

Прозорість води в озері незначна — від 0,5 до 1,5 м.

Береги поросли очеретом і рогозом, в озері поширені водорості та інша водяна рослинність. У північній частині водойма заростає переважно очеретом, а на півдні ростуть сусак, схеноплектус озерний та інші. Водна рослинність займає 24 % загальної площі озера. На занурену (підводну) рослинність озеро бідне.

Ялпуг у природному стані — багата на іхтіофауну водойма (до 40 видів риб), є численні раки.

Як і в інших придунайських водоймах, в озері Ялпуг під впливом вітру відбувається інтенсивне перемішування водних мас. Внаслідок цього озеро влітку добре прогрівається і на різних глибинах зміни температур та розчинених газів незначні.

З огляду на те, що практично вся територія басейну річки Ялпуг розташована на півдні Молдови, де стан очистки стічних вод є незадовільним, рівень забруднення в озері часто перевищує допустимі норми. Втім, в останні роки, з огляду на зниження використання мінеральних добрив та отрутохімікатів в сільському господарстві Молдови, ситуація дещо покращилася. В минулому забруднення мінеральними добривами призводило до частого «цвітіння» води, а 1985 року викликало масову загибель риби та іншої водної біоти.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						20
		№ Документа__	Підпис	Дата		

Спорудження офшорної фотоелектричної станції в північній частини озера Ялпуг сприятиме скороченню обсягів випарів води, особливо, в літній період, що призведе до уповільнення темпів обміління озера і його вимирання.

На українських берегах озера розташований ряд великих населених пунктів – місто Болград, села Криничне та Озерне, а також численні малі поселення. Спорудження станції планується в районі села Криничне Болградського району. Координати с. Криничне: 45°32'09" півн. ш. 28°40'04" схід. д.

Криничне — село в Україні, у Болградському районі Одеської області. Населення становить 4348 осіб. Є найбільшим болгарським селом в Україні.

Розташоване село на березі найбільшого прісноводного озера Ялпуг, село ділить річка Карасулак на дві частини.

Знаходиться село на трасі Ізмаїл — Болград, за 17 км від районного центру Болград; за 24 км від залізничної станції Болград; та за 25 км від міста Ізмаїл. Село Криничне та його навколишні природні і виробничі об'єкти є перспективним туристичними дестинаціями Одеської області.



Рис.1.5. Панорама озера Ялпуг: від на селище Владичень (Молдова).



Рис.1.6. Панорама озера Ялпуг: вигляд прибережної частини затоки, де може бути розташована ФЕС.

Офшорна фотоелектрична станція на озері Ялпуг, що проектується у роботі, у майбутньому може бути розширена до потужностей, що задовольняли би потреби села Криничне у екологічно чистій електричній енергії.



Рис.1.7. Берег озера Ялпуг і площадка для спорудження берегової частини ФЕС.

1.2 Кліматичні данні і потенціал офшорної електрогенерації

Згідно з географічними даними (Табл. 1.1) загальна площа системи Придунайських озер складає 458 км². Більша частина цієї площі представляє собою відкритий водний простір з глибинами до 1 м, з якого на потреби офшорної електрогенерації можна задіяти приблизно 30% без будь-яких втрат для локальних біоценозів і господарської діяльності. Тобто мінімальна доступна площа ФЕС складе приблизно 100 км².

Таблиця 1.1. Дані по площам і глибинам Придунайських озер

Озеро	Площа, км ²	Середня глибина, м
Ялпуг	149	2,5
Кагул	82	2
Кугурлуй	82	1
Катлабух	67	1,5
Китай	60	2,4
Картал	15	1
Саф'яни	3	2,5
Система Придунайські озера	458	2

Виходячи з мінімальної оцінки виходу електроенергії при фотоелектричній генерації в умовах півдня Одеської області 100 Вт/м², отримуємо оцінку енергетичного потенціалу ФЕС на Придунайських озерах в 10 ГВт, що еквівалентно 10 сучасним блокам ВВЕР атомних електростанцій України.

Щодо кліматичних даних на території озера Ялпуг біля села Криничне, то вони описані в нижче приведеній таблиці 1.2. Для широт місця розташування

села Криничне (45°32'09" півн. ш. 28°40'04" схід. д.) є дані по сонячній інсоляції і швидкості вітру, наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Кліматичні характеристики району спорудження ФЕС.

Змінна	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Інсоляція, кВт / м ² / день	1.16	1.94	2.89	4.28	5.57	5.85	6.03	5.37	3.89	2.51	1.30	0.97
Ясність, 0 - 1	0.37	0.42	0.42	0.47	0.52	0.51	0.54	0.55	0.51	0.46	0.36	0.36
Температура, °С	0.02	0.43	4.54	10.94	17.04	21.35	24.41	24.12	18.98	12.95	5.80	1.23
Швидкість вітру, м / с	7.07	7.25	7.41	6.23	5.48	5.26	4.93	4.96	5.38	6.92	7.09	7.35
Опади, мм	39	38	28	31	38	42	46	33	36	24	40	45
Волгих днів, р	11.9	9.9	9.4	10.0	10.6	11.4	10.9	8.2	8.1	7.9	9.8	11.3

З таблиці 1.2 і рис. 1.8 видно, що на літній період припадає достатня кількість сонячної енергії, яка сприяє випаровуванню лиману.

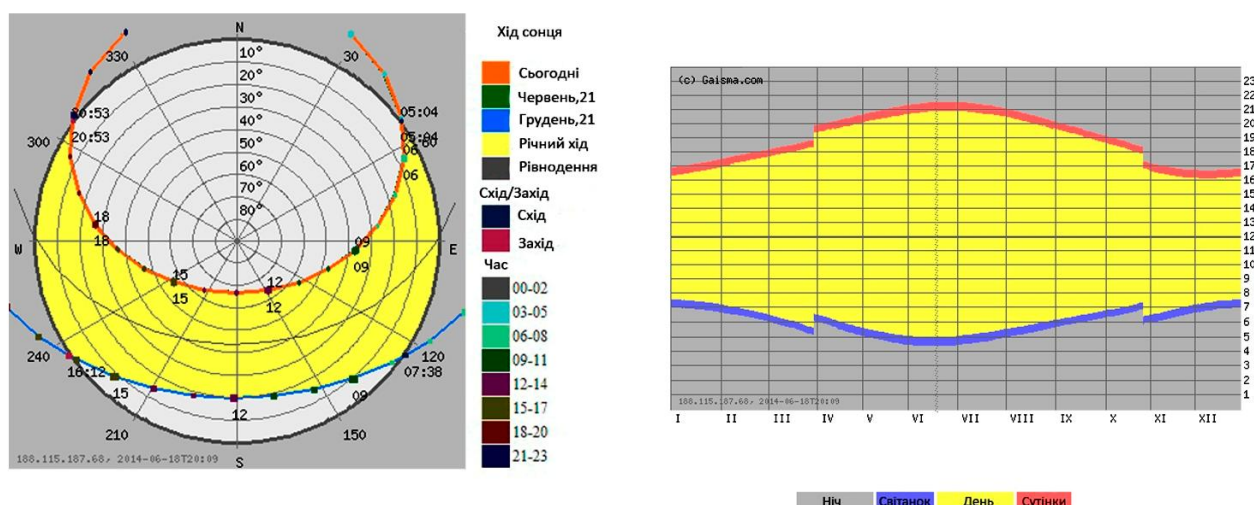


Рис. 1.8. Хід Сонця та тривалість дня району о. Ялпуг біля с. Криничне.

Виходячи з мінімальної оцінки виходу електроенергії при фотоелектричній генерації в умовах півдня Одеської області 100 Вт/м², отримуємо оцінку енергетичного потенціалу ФЕС на Придунайських озерах в 4 ГВт, що еквівалентно 4 сучасним блокам ВВЕР атомних електростанцій України.

Таким чином, сумарний потенціал офшорної генерації на ФЕС для Півдня Одеської області є порівнянним до суммарної потужності усієї атомної енергетики України.

Спорудження офшорної ФЕС на озері Ялпуг біля села Криничне Болградського району Одеської області є обґрунтованим з точки зору потенціалу сонячної енергії і геолого-географічних ресурсів. Для реалізації проекту не існує серйозних конкурентних альтернатив. Сам проект може дати синергетичний ефект у багатьох напрямках.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						25
		№ Документа__	Підпис	Дата		

2. Огляд сучасних фотоелектричних перетворювачів

2.1 Застосування сонячної енергії

Сонце - невичерпне джерело енергії, потенціал якого людству ще належить гідно оцінити. Сонячна енергія - це кінетична енергія випромінювання (в основному світла), яка утворюється в результаті термоядерних реакцій у надрах Сонця. Сонячна енергія є однією з тих альтернатив, ігнорування яких у недалекому майбутньому зумовить настання катастрофічних наслідків для людства. Сонячна енергетика - прогресивний метод отримання різного виду енергії, використовуючи сонячне випромінювання.

Ще у 1870 р. в Чилі було побудовано сонячний опріснювач морської води, який виробляв до 30 т прісної води на добу і працював понад 40 років. А після нафтового шоку у першій половині 70-х років XX ст. альтернативна енергетика стала більше популярною і активно розвивалася. Тодішній президент США Д. Картер навіть наказав побудувати сонячні батареї на даху Білого дому. Але з падінням цін на нафту також зник й інтерес до альтернативної енергетики. Наступник Д. Картера - Р. Рейган - вважав, що вести країну до економічного добробуту потрібно іншими шляхами, і сонячні панелі з Білого дому прибрали. Очевидно, вони знову туди повернуться.

Світлове випромінювання можна уловлювати та використовувати безпосередньо тоді, коли воно досягає Землі, - це пряле використання сонячної енергії. Метод прямого перетворення сонячного випромінювання в електрику є, по-перше, найбільш зручним для споживача, оскільки отримується найбільш вживаний вид енергії, і, по-друге, такий метод вважається екологічно чистим на відміну від інших, які використовують органічне паливо, ядерну сировину чи гідроресурси.

Крім того, сонячна енергія забезпечує кругообіг води, циркуляцію повітря та накопичення органічної речовини в біосфері. Звернення до цих енергоресурсів є непрямим (опосередкованим) використанням сонячної енергії.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						26
		№ Документа_	Підпис	Дата		

Сонце - найпотужніше джерело екологічно чистої енергії. На кожний 1 м² поверхні земної атмосфери падає 1300 Вт сонячної енергії. Інтенсивність сонячного випромінювання, яке досягає Землі, залежить від кількох факторів, передусім від географічної широти місцевості. Найбільша вона на екваторі (до 2300 кВт/м² на рік), а на широті України становить близько 1000 кВт/м² на рік. Оцінювання геліоенергетичних ресурсів проводиться за багаторічними спостереженнями характеристик сонячної радіації. Важливими показниками є тривалість сонячного сяйва та хмарність, оскільки переривчастість у надходженні сонячної радіації (за рахунок якої втрачається значна частина енергії) негативно впливає на роботу геліоустановок. Оцінка потенціалу сонячної енергії охоплює дані про середній розподіл прямої, розсіяної та сумарної радіації; ці показники відображають загальні закономірності надходження сонячної енергії.

Сучасніні способи отримання електрики і тепла із сонячного випромінювання включають:

-Отримання електроенергії за допомогою фотоелементів.

-Геліотермальна енергетика - нагрівання поверхні, що поглинає сонячні промені, подальший перерозподіл і використання тепла. Сонячне випромінювання фокусується на посудині з водою, а потім нагріта вода використовується для опалювання або у парових електрогенераторах.

-Термоповітряні електростанції - це перетворення сонячної енергії у енергію повітряного потоку, що спрямовується на турбогенератор.

-Сонячні аеростатні електростанції - це генерація водяної пари усередині балона аеростата за рахунок нагрівання сонячним випромінюванням поверхні аеростата, покритої селективно-поглинальним покриттям. Головна перевага полягає у тому, що запасу пари у балоні достатньо для роботи електростанції у темні години доби й у хмарну погоду.

Сонячна енергія широко використовується як для нагрівання води, так і для виробництва електроенергії. Сонячні колектори виготовляють з доступних матеріалів: сталі, міді, алюмінію тощо, тобто без застосування дефіцитного і дорогого кремнію. Це дає змогу значно скоротити вартість і устаткування, і отриманої на ньому енергії. Наприклад, у 2001 р. вартість електроенергії, отриманої в сонячних колекторах, становила 0,09-0,12 дол. США за кВт/год. Департамент енергетики США прогнозує, що вартість електроенергії, виробленої сонячними концентраторами, знизиться до 0,04-0,05 дол. США за кВт/год у 2015- 2020 рр. За офіційними даними, добре спроектований дім із сонячною опалювальною системою дозволяє економити до 75 % витрат на паливо майже у будь-яких кліматичних умовах. Та сама ситуація із гарячим водопостачанням (традиційно у домашньому господарстві на нагрівання води витрачається від третини до половини всієї споживаної енергії).

Для одержання електроенергії використовують декілька методів. Найперспективнішим вважається метод безпосереднього перетворення випромінювання на електричну енергію за допомогою сонячних батарей. Сонячна батарея - це електрична установка, що генерує постійний струм та складається з орієнтованих за сонцем сонячних модулів, які мають спільну несучу конструкцію (рис. 2.1).

Для того, щоб сьогодні людство змогло задовольнити свої потреби в енергоресурсах, щороку потрібно близько 10 млрд т у. п. (теплота згоряння у. п. - 7000 ккал/кг). Якщо енергію, що надходить на нашу планету із Сонця за рік, перевести в умовне паливо, то ця цифра дорівнюватиме близько 100 трлн. т, а це у 10 000 разів більше, ніж потрібно людству.



Рис.2.1 Схема основних елементів сонячної фотоелектричної станції

Вважається, що на Землі є запаси 6 трлн т різних вуглеводнів. Якщо це так, то їх енергію Сонце віддає планеті всього за три тижні. А резерви Сонця настільки величезні, що світити так само яскраво воно зможе ще близько 5 млрд років. Земні зелені рослини і морські водорості акумулюють приблизно 34 % енергії, що надходить від Сонця. Залишок витрачається - на підтримку комфортного для життя мікроклімату в глибинах океану і на поверхні Землі. І якби людина змогла узяти для свого внутрішнього вжитку хоч би 1 % (тобто 1 трлн т у. п. на рік), то це б вирішило багато проблем на тривалий термін. На сьогодні є теоретичні розробки способів акумуляції потрібної енергії.

А. Ейнштейн був у 1921 р. нагороджений Нобелівською премією саме за пояснення законів зовнішнього фотоефекту. Отримати електричний струм за допомогою фотоефекту вперше удалося радянським фізикам у 30-ті роки ХХ ст. у Фізико-технічно-му інституті, яким керував академік А.Ф. Іоффе. Щоправда, ККД тодішніх сонячних сірчасто-талієвих елементів становив ледве 1 %, тобто в електрику перетворювався лише 1 % енергії, що падала на елемент. У 1954 р. американці Д. Пірсон, К. Фуллер і Д. Чапін запатентували перший елемент з прийнятним (близько 6 %) ККД. А з 1958 р. кремнієві сонячні батареї стали основними джерелами електрики на радянських і американських космічних апаратах.

До середини 70-х років ХХ ст. ККД сонячних елементів наблизився до 10 % і майже на два десятиліття залишався на цій межі. Для космічних кораблів цього цілком вистачало, а для наземного використання виробництво досить дорогих

сонячних батарей порівняно зі спалюванням дешевої нафти виглядало нераціональним. Як наслідок, більшість розробок нових технологій у сфері сонячної енергетики були згорнуті, а фінансування тих, що залишилися, значно скоротилося. І лише з початку 1990-х років людство усвідомило необхідність їх поновлення.

Уже до середини 1990-х вдалося підвищити ККД сонячних елементів до 15 %, а на початку XXI ст. - до 20 %. Сьогодні популярність побутових сонячних батарей зростає у всьому світі, особливо в Азії та Західній Європі, де ними іноді цілком покривають дахи будинків, що істотно здешевлює електроенергію. Це призводить до стрімкого зростання попиту на кремній, з поставками якого останнім часом виникли проблеми.

На сьогодні рекордом ефективності сонячних батарей є 42,8 %. Такого вражаючого результату вдалося досягти завдяки комбінованій батареї на основі кристалічного кремнію на відкритій місцевості з природним сонячним світлом (не у лабораторії). У масових фотоелектричних панелях ККД становить приблизно 10-25 %. У межах програми "Сонячні батареї надзвичайно високої ефективності" науково-дослідного агентства Пентагона (DARPA) створена нова панель сонячної батареї з ефективністю перетворення енергії Сонця у 50 %. Отже, незабаром сонячні батареї із ККД 50 % будуть серійно вироблятися.

За будовою сонячний елемент схожий на бутерброд, складений з двох напівпровідникових пластинок. Майбутнє сонячної енергетики експерти пов'язують з удосконаленням матеріалів для цих двох шарів. Найбільш перспективними представляються аморфний і мікрокристалічний кремній, який виведе створення сонячних елементів на принципово інший рівень. Технологія кремнієвих пластин застаріває, а з аморфного і мікрокристалічного кремнію можна вирощувати дуже тонкі плівки, товщина яких вимірюватиметься нанометрами. Дві такі плівки, накладені одна на іншу, на склі є

фотогальванічним елементом, що має високу електричну провідність і зберігає свої властивості при тривалому використанні.

Робота сучасних геліоелектростанцій базується такому принципі: установлені на значній, до декількох тисяч квадратних метрів, території дзеркала-геліостати, що повертаються за рухом Сонця, спрямовують промені сонячного світла на місткість з теплоприймачем, яким зазвичай є вода. Далі все відбувається так само, як на звичайних ТЕС: вода нагрівається, закипає, перетворюється на пару, пара крутить турбіну, турбіна передає обертання на ротор генератора, а той виробляє електрику. У США сьогодні діють декілька гібридних сонячно-теплових електростанцій спільною потужністю більш ніж 600 МВт. Вдень вони працюють від енергії Сонця, а вночі, щоб вода зберігала температуру і продукувала електрику, - від газу. Температура пари в установках досягає 370 °С, а тиск -100 атм.

Перша промислова сонячна електростанція (СЕС) була побудована у 1985 р. у Криму і мала пікову потужність 5 МВт - стільки само, скільки й перший ядерний реактор. За 10 років роботи вона виробила лише 2 млн кВт/год електроенергії, проте вартість такої електрики виявилася досить високою і у середині 1990-х її закрили. У цей час роботи активізувалися у США, де компанія Lose Industries у 1989 р. запустила у роботу сонячно-газову електростанцію на 80 МВт. За наступних 5 років та сама компанія лише у Каліфорнії побудувала таких СЕС ще на 480 МВт і довела вартість одного "сонячно-газового" кВт/год до 7-8 центів, тоді як вироблена на АЕС електроенергія має собівартість 15 центів.

Використовувати енергію Сонця у побуті можна і без перетворення її на електрику. Для того, щоб нагріти холодну кімнату або воду у водопроводі, можна безпосередньо скористатися сонячним теплом. Установки, що збирають, зберігають і передають це тепло, називаються сонячними колекторами. Сонячний колектор - це засіб для збирання сонячної енергії, яка використовується для підігрівання води для побутових потреб. На даху будинку

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						31
		№ Документа__	Підпис	Дата		

або на його південній стіні встановлюють панель, що складається з тоненьких трубочок, якими у спеціальний бак-акумулятор подають воду. Сонце нагріває трубки, які нагрівають воду, вода (температура якої може доходити до 60-90 °С) накопичується у баку і потім використовується для обігріву або забезпечення гарячою водою. Будинки, обладнані такими системами (зазвичай вони доукомплектовуються кремнієвими сонячними елементами), називаються "сонячними". З одного боку, він коштує дещо дорожче, ніж звичайний, але з іншого - він дає змогу різко скоротити комунальні платежі - на 50-70 %.

Для зберігання тепла, зокрема у зимовий період, вночі та хмарні дні, частина його відводиться у спеціальні резервуари, розміщені у підвальних приміщеннях і заповнені щебенем. Тепло, акумуляоване щебенем, використовується тоді, коли в ньому виникає потреба. Влітку сонячна система такого будинку може застосовуватись і для охолодження приміщень, тобто кондиціонування повітря. Із цією метою колектори вдень вимикаються, а вночі працюють, охолоджуючи щебінь у резервуарах нічним прохолодним повітрям. Потім, протягом жаркого дня, охолоджений щебінь забирає тепло з приміщень.

Проте зустрічаються й складніші системи. Одна з них - Національна сонячна установка для теплових випробувань (NSTTF) - була споруджена у США (штат Нью-Мексико) ще у 1978 р. і працює до сих пір. Належить вона Пентагону і застосовується для перевірки жароміцності корпусів військових і цивільних ракет. Складається NSTTF з 60-метрової башти-мішені і 220 геліостатів, розміром 6х6 м кожен. Дзеркала, подібно до архімедівської установки, спрямовують свої сонячні промені в одне місце діаметром 1,5 м на верхівці установки, де температура у сонячні дві піднімається до 2000 °С. А це всього у 2,5 рази менше, ніж на поверхні Сонця, й удвічі вище за температуру горіння напалму.

Будівництво "сонячних будинків" на Заході поступово стає дедалі популярнішим, але покупців однак небагато - окупаються такі будинки лише

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						32
		№ Документа__	Підпис	Дата		

через 7-10 років. Саме тому уряди розвинених країн, дбаючи про майбутнє, розробляють і фінансують спеціальні програми, що допомагають власникам таких будинків. Перший проект був запущений ще у 1990 р. у Німеччині, що є лідером у спорудженні "сонячних будинків", - "Тисяча сонячних дахів" (згодом був перейменований у "Дві тисячі сонячних дахів"). Подібний проект - "100 000 сонячних дахів" - був прийнятий для всіх країн - членів ЄС. У Японії розвиток сонячної енергетики забезпечується програмою "70 000 сонячних дахів", у США - "1 мільйон сонячних дахів", у Монголії - "100 000 сонячних юрт".

У всіх розвинених країнах власники будинків або офісів, які дообладнали житлові чи офісні приміщення сонячними колекторами і батареями, заносяться в особливі реєстри і мають певні привілеї: держава компенсує їм частину витрачених коштів; вони отримують особливі податкові пільги; для них відкривається доступ до спеціальних пільгових кредитів і безпроцентних позик, їх безкоштовно навчають користуватися домашньою енергосистемою, а для компаній, що займаються виробництвом, продажем і установкою такої техніки, проводять безкоштовні маркетингові дослідження. У результаті у США сонячна технологія вже використовується в 1,5 млн будинків. Усі разом вони економлять близько 1400 МВт, а це приблизно 5 млн т неспаленої за рік нафти. У Німеччині держава не лише компенсує до 70 % витрат на "соляризацію" будинків, а ще й купує у їх власників електрику за цінами, набагато вищими за ринкові, завдяки чому на рік близько 0,5 млн м² дахів вкривають сонячними елементами.

Сонячні елементи і колектори належать до "активних" сонячних систем. Є й інший спосіб використання енергії Сонця - створення так званих пасивних сонячних систем, тобто проектування будівель і підбір будівельних матеріалів таким чином, щоб максимально використовувати сонячне випромінювання. Проект пасивних сонячних будівель розробляють з максимальним урахуванням місцевих кліматичних умов; застосовуються відповідні технології і матеріали для обігріву, охолодження і освітлення будівлі за рахунок енергії Сонця і традиційні будівельні технології і матеріали, такі як теплоізоляція, масивні

підлоги, звернені на південь вікна. Такі житлові приміщення можуть бути побудовані навіть без додаткових затрат. При виникненні додаткових витрат вони можуть компенсуватися зниженням енерговитрат. Пасивні сонячні будівлі є екологічно чистими, вони сприяють створенню енергетичної незалежності і енергетично збалансованому майбутньому.

У пасивній сонячній системі сама конструкція будівлі виконує роль колектора сонячної радіації. Це визначення відповідає більшості найбільш простих систем, де тепло зберігається в будівлі завдяки його стінам, стелям або підлозі. Є також системи, де передбачені спеціальні елементи для накопичення тепла, вмонтовані у конструкцію будівлі (наприклад, ящики з камінням або заповнені водою баки). Пасивні "сонячні будівлі" - ідеальне місце для життя, оскільки відчувається тісніший зв'язок з природою, є багато природного світла, що відповідно впливає на економію електроенергії.

Історично склалося так, що на проектування будівель впливали місцеві кліматичні умови і доступність будівельних матеріалів. У 100 р. н. е. історик Пліній Молодший побудував літній будиночок в Північній Італії, вікна якого в одній з кімнат були з тонкої слюди. Кімната була тепліша за інші і для обігріву потребувала менше дров. У римських лазнях I-IV ст. н. е. спеціально встановлювали великі вікна, що виходили на південь, для надходження більшої кількості сонячного тепла.

Через перебої з електроенергією під час Другої світової війни і до кінця 1947 р. у Сполучених Штатах будівлі, що пасивно використовували сонячну енергію, мали такий величезний попит, що Libbey-Owens-Ford Glass Company видала книгу "Ваш сонячний будинок", у якій було представлено 49 кращих проектів сонячних будівель. У середині 50-х років XX ст. архітектор Ф. Брайджерс розробив першу у світі пасивну "сонячну будівлю" для офісного приміщення. Встановлена у ньому сонячна система для забезпечення гарячого водопостачання з того часу працює безперебійно. Сама ж будівля "Брайджерс-

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						34
		№ Документа__	Підпис	Дата		

пекстон" занесена в національний історичний реєстр країни як перша у світі офісна будівля, що обігрівається за допомогою енергії Сонця.

Ефективність будь-якої пасивної системи залежить від типу вікон. Скло або інші прозорі матеріали пропускають короткі і затримують довгі хвилі теплового випромінювання усередині приміщення. Вікна регулюють енергетичний потік двома основними способами: взимку вони забезпечують будинок теплом, пропускаючи сонячну енергію всередину будівлі, завдяки чому температура повітря усередині приміщень перевищує зовнішню температуру; влітку сприяють охолодженню будівлі, знижуючи проникнення сонячних променів за допомогою вдалого розташування вікон і їх затінювання, а також використання вентиляції для охолодження будинку.

По-третє, сонячні фотоелементи високовартісні. Ймовірно, з розвитком технології цей недолік буде подолано. Протягом 1990-2005 рр. ціни на фотоелементи знижувалися у середньому на 4 % щороку.

Ще одним недоліком є недостатній ККД сонячних елементів (ймовірно, незабаром цю проблему буде вирішено). Крім того, поверхню фотоелектричних панелей періодично потрібно очищувати від пилу та інших забруднень. Зважаючи на те, що їх площа досягає декількох квадратних кілометрів, це також можна вважати серйозним недоліком.

Ефективність фотоелектричних елементів значно знижується при їх нагріванні, тому виникає необхідність в установці систем охолодження, зазвичай водяних. Знижується вона також і через 30 років експлуатації, що теж належить до проблемних питань.

Незважаючи на екологічну чистоту отримуваної енергії, самі фотоелементи містять отруйні речовини, наприклад, свинець, кадмій, галій, миш'як тощо, у їх виробництві використовуються також інші небезпечні речовини. Сучасні фотоелементи мають обмежений термін експлуатації (30-50 років), їх активне

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						35
		№ Документа__	Підпис	Дата		

застосування передбачатиме виникнення проблеми їх утилізації. Тому останнім часом починає активно розвиватися виробництво тонкоплівкових фотоелементів, у складі яких міститься близько 1 % кремнію, завдяки чому вони дешевші у виробництві, але поки мають меншу ефективність.

Отже, сонячне випромінювання є загальнодоступним і невичерпним джерелом енергії. Теоретично сонячна енергетика вирізняється повною безпечністю для навколишнього середовища (якщо не брати до уваги наявність отруйних речовин у фотоелементах).

Але перспективи подальшого розвитку сонячної енергетики дещо зменшуються через глобальне затемнення, тобто антропогенне зменшення сонячного випромінювання, що доходить до поверхні Землі.

2.2 Принцип дії сонячної батареї

Сонячна енергія в останній час використовується всюди: в природному освітленні приміщень, нагрівання води, для сушіння і в приготуванні їжі. Однак найважливішим використанням енергії сонця є генерація електрики. І головний елемент такої генерації - сонячна батарея.

Сонячна батарея складається з фотоелементів, сполучених послідовно і паралельно. Всі фотоелементи розташовуються на каркасі з непровідних матеріалів. така конфігурація дозволяє збирати сонячні батареї необхідних характеристик (струму і напруги). Крім того, це дозволяє замінювати вийшли з ладу фотоелементи.

Принцип роботи фотоелементів з яких складається сонячна батарея заснований на фотогальванічному ефекті. Цей ефект спостерігав ще Олександр Едмонд Беккерель в 1839 році. Згодом роботи Ейнштейна в області фотоэффекту дозволили описати явище кількісно. Досліди Беккереля показали, що

променисту енергію сонця можна трансформувати в електрику за допомогою спеціальних напівпровідників, які пізніше отримали назву фотоелементи.

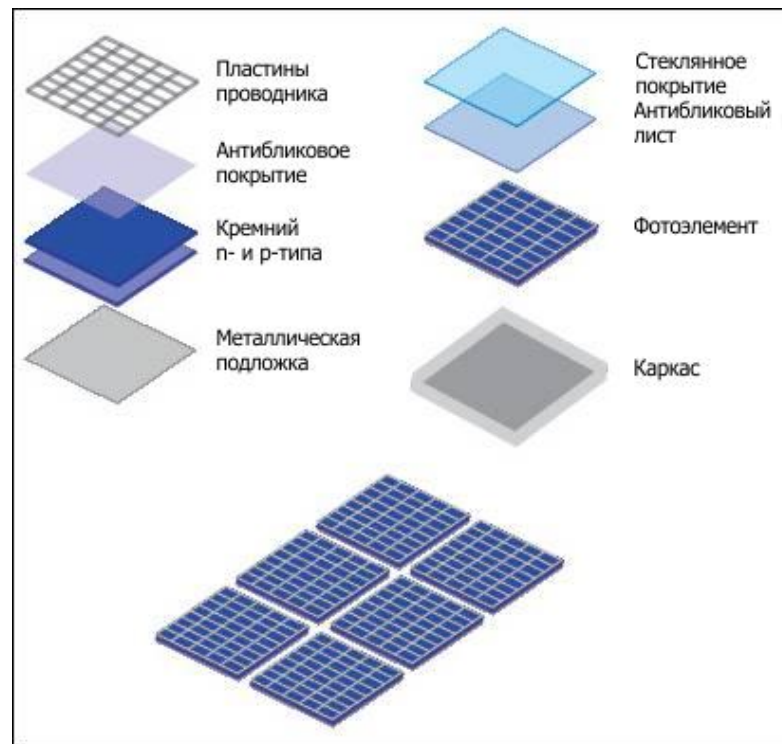


Рис.2.2 Будова сонячної батареї

Взагалі такий спосіб отримання електрики повинен бути найбільш ефективним, тому що є одноступінчастим. У порівнянні з іншою технологією перетворення сонячної енергії через термодинамічний перехід (Промені $\rightarrow$ Нагрівання води $\rightarrow$ Пар $\rightarrow$ Обертання турбіни $\rightarrow$ Електрика), менше енергії втрачається на переходи.[9]

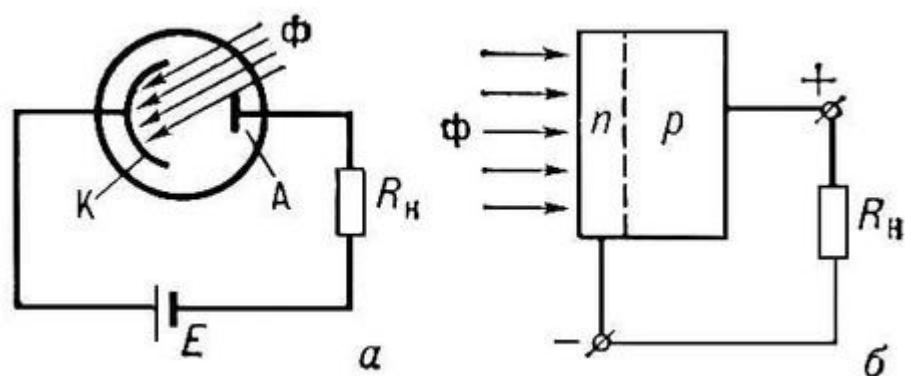


Рис.2.3 Будова і принцип дії фотоелемента

На рисунку 2.3 зображена будова фотоелемента, який є невідомою частиною сонячної батареї.

Фотоелемент на основі напівпровідників складається з двох шарів з різною провідністю. До верствам з різних сторін підпоюють контакти, які використовуються для підключення до зовнішнього ланцюга. Роль катода відіграє шар з n-провідністю (електронна провідність), роль анода - р-шар (діркова провідність).

Струм в n-шару створюється за завдяки руху електронів, які «вибиваються» при попаданні на них світла за рахунок фотоефекту. Струм в р-шарі створюється «рухом дірок». «Дірка» - атом, який втратив електрон, відповідно, перескакування електронів з «дірки» на «дірку» створює «рух» дірок, хоча в просторі самі «Дірки» звичайно не рухаються.

На стику шарів з n-і р-провідністю створюється рn-перехід. Виходить свого роду діод, який може створювати різницю потенціалів за рахунок потрапляння променів світла.

Коли промені світла потрапляють на n-шар, за рахунок фотоефекту утворюються вільні електрони. Крім цього, вони отримують додаткову енергію і здатні «перестрибнути» через потенційний бар'єр р-n-переходу. Концентрація електронів і дірок змінюється і утворюється різниця потенціалів. Якщо замкнути зовнішній ланцюг через неї почне текти струм.

Різниця потенціалів (а відповідно і ЕРС) яку може створювати фотоелемент залежить від багатьох факторів: інтенсивності сонячного випромінювання, площі фотоелемента, ККД конструкції, температури (при нагріванні провідність падає).

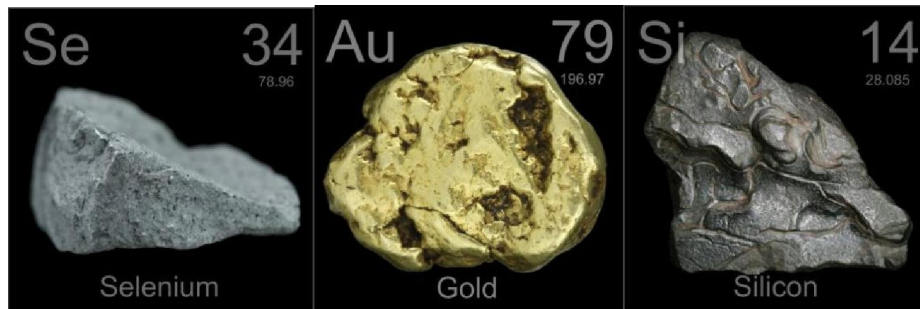


Рис.2.4 Матеріали для виготовлення фотоелементів

Фотоелемент з'явився в 1883 році в лабораторії Чарьза Фріттса. Він був виготовлений з селену, покритого золотом. На жаль, але такий набір матеріалів показав невисокі результати - близько 1% ККД.

Револуція у використанні фотоелементів сталася тоді, коли в надрах лабораторії компанії «Bell Telephone» був створений перший елемент на кремнії. Компанія потребувала джерела електроенергії для телефонних станцій, і, можна сказати, була першою компанією, яка використала альтернативне джерело на сонячній енергії.

Кремній до сих пір залишається основним матеріалом для виробництва фотоелементів. Взагалі кремній (Silicium, Silicon) - другий за поширеністю елемент на Землі, запаси його величезні. Однак в промисловому його використанні є одна велика проблема - його очищення. Процес цей дуже трудомісткий і витратний, тому чистий кремній коштує дорого. Зараз ведеться пошук аналогів, які б не поступалися кремнію по ККД. перспективними вважаються сполуки міді, індію, селену, галію і кадмію, а також органічні фотоелементи.[9]

Однак різниця потенціалів, створювана одним фотоелементом, мала для промислового застосування. Щоб мати можливість використовувати сонячні елементи для електроживлення пристроїв, їх з'єднують разом. Тим самим виходять сонячні батареї (сонячні збірки, сонячні модулі). Крім того,

фотоелементи покривають різними захисними шарами зі скла, пластмаси, різних плівок. Це роблять для того, щоб захистити крихкий елемент.

Основною робочою характеристикою сонячної батареї є пікова потужність, яку висловлюють у Ватах (Вт, W). Ця характеристика показує вихідну потужність батареї в оптимальних умовах: сонячному випромінюванні 1 кВт/м², температурі навколишнього середовища 25 °С, сонячному спектрі шириною 45° (AM1, 5). У звичайних умовах досягти таких показників вдається вкрай рідко, освітленість нижче, а модуль нагрівається вище (до 60-70 градусів).

Поєднуючи фотоелементи послідовно ми підвищуємо різницю потенціалів, поєднуючи паралельно - струм. Таким чином комбінуючи з'єднання можна домогтися необхідних параметрів по струму і напрузі, а отже і по потужності. Крім того, послідовно або паралельно можна з'єднувати не тільки фотоелементи в рамках однієї сонячної батареї, але і сонячні батареї в цілому.[9]

2.3 Використання сонячних батарей

Технології використання сонячної енергії активно розвиваються в багатьох країнах світу. Деякі з них вже досягли комерційної зрілості, успішно конкурують на ринку енергетичних послуг і навіть увійшли до повсякденного вжитку.

У Німеччині, наприклад, в рамках проекту «Тисяча дахів» 2250 будинків було обладнано фотоелектричними сонячними батареями. В США була прийнята ще масштабніша програма «Мільйон сонячних дахів», яка розрахована на період до 2010 року і склала 6,3 млрд доларів бюджетних вкладень.[10]

Встановлена потужність сонячних фотоелектричних перетворювачів в світі перевищує 1 ГВт, причому на частку Японії доводиться 50%. Україна, на жаль, набагато відстає по рівню вживання цих джерел енергії, хоча по праву може вважатися одним з родоначальників цього напрямку. Багато космічних апаратів обладнано сонячними панелями, розробленими і випущеними в Києві.

В Каракумах для зварки конструкцій ферми застосували розроблений туркменськими фахівцями апарат, що використовує енергію сонця. Замість того, щоб привозити з собою громіздкі балони із стислим газом, зварювачі можуть використовувати невеликий акуратний чемоданчик, куди поміщена сонячна батарея. Народжений сонячним промінням постійний електричний струм використовується для хімічного розкладання води на водень і кисень, які подаються в пальник газозварювального апарату. Вода і сонце в Каракумах є біля будь-якого колодязя, так що громіздкі балони, які нелегко возити по пустелі, стали непотрібними.

Велика сонячна електростанція потужністю близько 300 кіловат створюється в аеропорту міста Фенікс в американському штаті Арізона. Сонячну енергію в електрику перетворюватиме сонячна батарея, що складається з 7 200 сонячних елементів. В тому ж Штаті діє одна з найбільших в світі іригаційних систем, насоси якої використовують енергію сонця, перетворену в електрику фотоелементами. В Нігері, Малі і Сенегалі теж діють сонячні насоси. Величезні сонячні батареї живлять електроенергією мотори насосів, які піднімають прісну воду, необхідну в цих пустинних місцевостях, з величезного підземного моря, розташованого під пісками.

Сонячні батареї поступово входять в наш побут. Вже нікого не дивують мікрокалькулятори, що працюють без батарей. Джерелом живлення для них служить невелика сонячна батарея, вмонтована в кришку приладу. Замінюють інші джерела живлення мініатюрною сонячною батареєю і в електронному годиннику, радіоприймачах і магнітофонах, садових ліхтарях. З'явилися сонячні радіотелефони-автомати уздовж доріг в пустелі Сахара. Перуанське місто Тірунтам стало володарем цілої радіотелефонної мережі, що працює від сонячних батарей. Японські фахівці сконструювали сонячну батарею, яка за розмірами і формою нагадує звичайну черепицю. Якщо такою сонячною черепицею покрити будинок, то електроенергії вистачить для задоволення потреб його мешканців. Правда, поки неясно, як вони обходитимуться в періоди

снігопадів, дощів і туманів? Без традиційної електропроводки обійтися, мабуть, не вдасться.

Конкуренції сонячним батареям не має там, де сонячних днів багато, а інших джерела енергії не використовуються. Наприклад, зв'язківці з Казахстану встановили між Алма-Атою і містом Шевченка на Мангишлаці дві радіорелейні станції ретрансляцій для передачі телепередач. Але не прокладати ж для їх живлення лінію електропередачі. Допомогли сонячні батареї, які дають в сонячні дні, а їх на Мангишлаке багато - цілком достатньо енергії для живлення приймача і передавача.

Хорошим сторожем для тварин, що пасуться, служить тонкий дріт, по якому пропущений слабкий електричний струм. Але пасовища звичайно розташовані оддалік ліній електропередач. Вихід запропонували французькі інженери. Вони розробили автономну огорожу, яку живить сонячна батарея. Сонячна панель вагою всього півтора кілограми дає енергію електронному генератору, який посиляє в подібний забір імпульси струму високої напруги, безпечні, але достатньо чутливі для тварин. Однієї такої батареї вистачає, щоб побудувати огорожу завдовжки 50 кілометрів.

Мексиканські конструктори розробили електромобіль, енергію для двигуна якого доставляють сонячні батареї. По їх розрахунках, при поїздках на невеликі відстані цей електромобіль зможе розвивати швидкість до 40 кілометрів на годину. Світовий рекорд швидкості для сонцемобіля - 50 кілометрів на годину - розраховують встановити конструктори з ФРН.

А ось австралійський інженер Ганс Толструп назвав свій сонцемобіль «Тихіше їдеш - далі будеш». Конструкція його гранично проста: трубчаста сталева рама, на якій укріплені колеса і гальма від гоночного велосипеда. Корпус машини зроблений з склопластика і нагадує собою звичайну ванну з невеликими віконцями. Зверху вся ця споруда накрита плоским дахом, на якому закріплено 720 кремнієвих фотоелементів. Струм від них поступає в електромотор

потужністю в 0,7 кіловати. Мандрівники (а окрім конструктора, в пробігу брав участь інженер і автогонщик Ларрі Перкінс) поставили своєю задачею перетнути Австралію від Індійського океану до Тихого (це 4130 кілометрів!) не більше ніж за 20 днів. На початку 1983 року незвичайний екіпаж стартував з міста Перт, щоб фінішувати в Сіднеї. Не дивлячись на труднощі, сонцемобіль неухильно просувався до мети, знаходячись в дорозі 11 годин щодня. Середня швидкість машини склала 25 кілометрів на годину.

Двома роками пізніше в швейцарських Альпах відбулося незвичайне авторалі. На старт вийшли 58 автомобілів, двигуни яких приводилися в рух енергією, одержаною від сонячних батарей. За п'ять днів екіпажам найхімерніших конструкцій належало подолати 368 кілометрів по гірських альпійських трасах - від Боденського до Женевського озера. Кращий результат показав сонцемобіль «Сонячна срібна стріла», побудований сумісно західнонімецькою фірмою «Мерседес-Бенц» і швейцарської «Альфа-Реал». На вигляд автомобіль-переможець якнайбільше нагадує великого жука з широкими крилами. В цих крилах розташовано 432 сонячні елементи, які живлять енергією срібно-цинкову акумуляторну батарею. Від цієї батареї енергія поступає до двох електродвигунів, що обертають колеса автомобіля. Але так відбувається тільки в похмуру погоду або під час руху в тунелі. Коли ж світить сонце, струм від сонячних елементів поступає прямо до електродвигунів. Часом швидкість переможця досягала 80 кілометрів на годину.

Японський моряк Кеніті Хоріе став першою людиною, яка поодиноці перетнула Тихий океан на судні з сонячною енергетичною установкою. Інших джерел енергії на човні не було. Сонце допомогло відважному мореплавцю подолати 6000 кілометрів від Гавайських островів до Японії.

Достатньо цікавим прикладом використання технології фотогальванічного ефекту є використання сонячних батарей як основного джерела енергії в декількох авіа-проектах. Найпершим з них став проект Pathfinder. Цей літак, що використовує як приводні механізми електричні

					КРБ.ЕТмПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						43
		№ Документа__	Підпис	Дата		

двигуни, живлені від сонячних батарей, був розроблений ще на початку 1980 року в рамках секретної програми в США. Проте в ті роки рівень розвитку техніки був ще не настільки високий, щоб забезпечити безперервний політ апарату протягом декількох діб - тому розробки були заморожені. Тільки в 1994 році програма була відновлена за участю NASA в рамках проекту ERAST (Environmental Research Aircraft and Sensor Technology). Літак має наступні технічні характеристики: розмах крил - 29,5м, довжина - 3,6м, маса - 252 кг, корисне навантаження - 45кг, швидкість 27-32 км/ч, номінальна потужність сонячних батарей - 7,5kW. Пізніше велася розробка схожих проектів: Centurion, Icare II, Helios. Останній вже характеризується потужністю встановлених батарей 20кВатт і розвиває швидкість від 30 до 50 км/ч.

У Швейцарії в середу, 7 квітня 2010 року, відбувся перший тривалий політ літака Solar Impulse, двигуни якого працюють виключно на сонячній енергії. Літак, керований досвідченим льотчиком Маркусом Шерделем, злетів в середу в 10:32 по місцевому часу (11:32 по Києву) з військового аеродрому в районі міста Пайерн і полетів у бік міста Гранкур, повідомляє швейцарська газета 24 Heures. Solar Impulse знаходився в повітрі близько півтора годин.

Конструктор літака Бертран Пікар спостерігав за польотом з борту одного з вертольотів, які супроводжували Solar Impulse. В 11:45 (12:45 по Києву) літак без подій приземлився на тому ж аеродромі, звідки злетів.

Розмах крила літального апарату складає 63,4 метри, вага - всього 1,6 тонни. На його крилах знаходяться близько 12 тисяч фотогальванічних елементів, які забезпечують сонячною енергією чотири електромотори потужністю 10 кінських сил. Створений конструктором Пікаром і інженером Андре Боршбергом, літак був вперше представлений публіці в кінці червня 2009 року. В 2012 році творці апарату планують відправити його до кругосвітнього польоту, розділеного на п'ять етапів.

Англієць Алан Фрідмен сконструював велосипед без педалей. Він приводиться в рух електрикою, що поступає з акумуляторів, що заряджають встановленою на кермі сонячною батареєю. Запасеної в акумуляторі «сонячної» електроенергії вистачає на те, щоб проїхати близько 50 кілометрів із швидкістю 25 кілометрів на годину. Сонячні батареї широко використовувалися в космічній галузі на космічних станціях: «Салют-7», «Мир», МКС.

2.4 Стан розвитку фотовольтаїки в Україні

Розвиток альтернативних джерел енергії в Україні, як вже було описано в попередніх статтях, знаходиться у зародковому стані, однак, як і в ситуації з вітроенергетикою, ми маємо непоганий потенціал для розвитку сонячної енергетики. Сьогодні в країні налагоджене власне виробництво високоефективних кремнієвих сонячних батарей із ККД до 20%. А необхідні для комплектації систем електропостачання системи керування, акумуляторні батареї й інвертори, що перетворюють постійний електричний струм у змінний, виробляються в сусідній Росії. Хоча 90% комплектуючих до сонячних батарей сьогодні експортується за кордон, наявність високотехнологічного виробництва дозволяє говорити про можливість виробництва сонячних батарей власного виробництва, що значно здешевить їх кінцеву вартість. Тим більше, що своєрідний «фундамент» у розвиток альтернативних джерел енергії вже закладений Верховною Радою. На початку 2009 року экс- президентом України Віктором Ющенко був підписаний Закон про стимулювання використання альтернативних джерел енергії. Закон встановлює спеціальний коефіцієнт «зеленого» тарифу для електроенергії з використанням різних альтернативних джерел енергії, на який множиться звичайний тариф для споживачів другого класу напруги. У випадку енергії сонячного випромінювання, відповідно до закону, коефіцієнт має три можливих значення: для наземних об'єктів

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
		№ Документа_	Підпис	Дата		45

електроенергетики — 4,8, установлених на дахах будинків, будинків і споруд із величиною встановленої потужності понад 100 кВт — 4,6, а менш 100 кВт, а також установлених на фасадах будь-якої потужності — 4,4. Закон установлює «зелений» тариф на строк до 1 січня 2030 року.

2.5 Огляд ФЕП

За основу фотоелектричних перетворювачів ми взяли продукцію української дистриб'юторної компанії, яка є базовою для переддипломної практики, «Атмосфера» [5], що займається розрахунками, проектуванням та встановленням систем відновлювальної енергетики. Тому вся нижче приведена продукція буде саме цієї компанії.

Фотоелектричні перетворювачі (ФЕП) розділяють на три види: тонкоплівкові фотомодулі, кристалічні та гібридні.

Тонкоплівкові ФЕП

Тонкоплівкові технології дозволяють робити дешевшу за собівартістю виробництва панель. Ця обставина робить плівкові панелі більш привабливими для будівництва великих «ферм» з вироблення електрики з сонячного світла, коли «сонячний фермер» обмежений не стільки площею землі, скільки вартістю установки батареї. Можлива установка не тільки на дах, але також на бічні поверхні будівлі.

Тонкоплівкові панелі не вимагають прямих сонячних променів, працюють при розсіяному випромінюванні, завдяки чому сумарна вироблювана за рік потужність більше на 10-15%, ніж виробляють традиційні кристалічні сонячні панелі. Тонка плівка є набагато більш рентабельним способом виробництва

енергії і може переграсти монокристали в областях з туманним, похмурим кліматом або в тих галузях промисловості, яким властива запиленість повітря або високий вміст в ньому інших макрочасток.

Тонкоплівкові панелі в 95% випадків використовуються для «он-грід» систем, генеруючих електроенергію безпосередньо в мережу. Для цих панелей необхідно використовувати високовольтні контролери та інвертори, що не стикуються з малопотужними побутовими системами.

Хоча собівартість тонкоплівкових панелей невисока, вони займають значно більшу площу (в 2,5 рази), ніж моно-і полі-кристалічні панелі. Через меншого ККД. Тонкоплівкові панелі ефективно використовувати в системах потужністю 10 кВт і більше. Для побудови невеликих автономних або резервних систем електропостачання використовуються монокристаличні і полікристалічні панелі.

Економічно ефективна високопродуктивна серія фотомодулів CaluxoCX3(Німеччина) виробляється на основі інноваційної технології CdTe (телурид кадмію). Використання цих ФЕП дозволяє значно знизити загальну вартість генерованої електроенергії.

Модулі на основі телуриду кадмію мають підвищену продуктивність при розсіяному сонячному випромінюванні. Це призводить до додатковому виробленні від 10% до 30% енергії на протязі року в порівнянні з традиційними кремінними модулями.

При товщині менше 7 мм (без урахування клемної колодки), фотопанелі Caluxo CX3 демонструють високу продуктивність. Причому встановлена потужність має позитивний допуск до +2,5 Вт, так що отримати з таких модулів можна буде ще більше!

Ще однією значною перевагою Caluxo CX3 є низькі температурні коефіцієнти. Так, при підвищенні температури понад 45 ° С, в порівнянні з ФЕП

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						47
		№ Документа_	Підпис	Дата		

на основі кремнію, телур-кадмієві фотоелементи демонструють на 60% менше зниження потужності.

Панелі Calyxo CX3 монтуються на практично будь-яку поверхню або покриття. Фотомодулі можуть встановлюватися як на похилий, так і на плоский дах (під кутом або горизонтально), або безпосередньо на землю. Двостороннє покриття зі скла і відсутність рами робить можливим монтаж цих модулів безпосередньо в будівельні конструкції - у фасади або покрівлю.

Кристалічні ФЕП

Найбільш поширений і популярний вид сонячних батарей сонячні батареї з монокристалічного кремнію (рис.2.6).

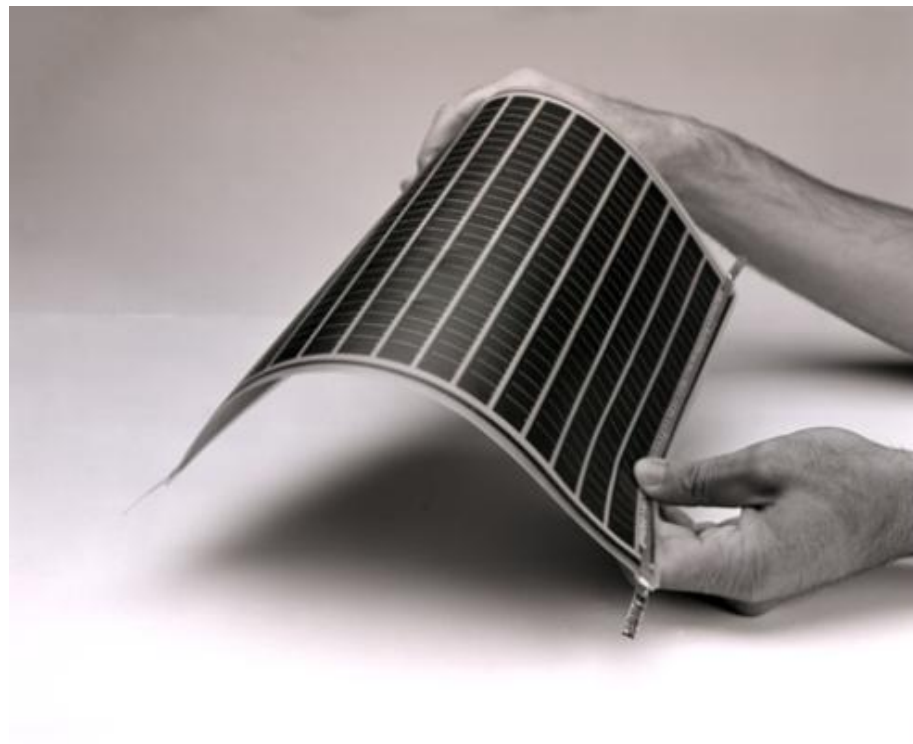


Рис. 2.5 Тонкоплівкові ФЕП



Рис. 2.6 Кристалічні ФЕП (монокристалічні)

Їх отримують литтям кристалів кремнію високої чистоти, при якому розплав твердне при контакті з запалом кристала. У процесі охолодження кремній поступово застигає у формі циліндричної виливки монокристала діаметром 13 - 20 см, довжина якого досягає 200 см. Одержуваний таким чином злиток нарізається листочками товщиною 250 - 300 мкм. Такі елементи мають більш високу ефективність у порівнянні з елементами, виробленими іншими способами, ККД досягає 19%, завдяки особливій орієнтації атомів монокристалу, яка сприяє зростанню рухливості електронів. Кремній пронизує сітка з металевих електродів. Традиційно монокристалічні модулі вставлені в алюмінієву рамку і закриті протиударним склом. Колір монокристалічних фотоелементів - темно-синій або чорний.

Технологія виробництва фотомодулів, що вже стала «класичною». Кристалічний фотоелектричний модуль складається з декількох кремнієвих фотоелементів, з'єднаних між собою за допомогою шин. Кристалічні фотопанелі забезпечують максимальну потужність з одиниці встановленої площі. Завдяки широкому асортименту кріплень і алюмінієвій рамі ці фотомодулі можна

встановити на будь-яку поверхню з мінімальними витратами на монтаж. Ефективність кристалічних фотомодулів складає в середньому 15%, питома вироблення в Україні близько 1кВт * рік з 1Вт встановленої потужності за рік.

Стандартні кристалічні фотомодулі зі скляним покриттям і в алюмінієвій рамі. Потужність фотомодулів до 310Вт. В асортименті є як полікристалічні, так і монокристалічні фотомодулі. Фотопанелі Sunrise Solartech мають одні з кращих показників ефективності в галузі - 18% для монокристалічних і 16% для полікристалічних. Також у цих модулів низький допуск потужності - $\pm 3\%$.

Сонячні батареї надійні, довговічні (термін служби до 50 років) і прості в установці, так як не містять рухомих частин. Сонячні батареї можна використовувати, де погано працює звичайне енергопостачання і велика кількість сонячних днів. Приклади застосування сонячних батарей: на дахах будинків для отримання електрики, на вуличних і садових ліхтарях для освітлення, підзарядка акумуляторів, забезпечення електрикою обладнання на судах, рацій, насосів, сигналізації і т.д.

Сонячні панелі з монокристалічних фотоелектричних елементів більш ефективні, але і більш дороги в перерахунку на ват потужності. Їх ККД, як правило, в діапазоні 14-18%.

Зазвичай монокристалічні елементи мають форму багатокутників, якими важко заповнити всю площу панелі без залишку. У результаті питома потужність сонячної батареї трохи нижче, ніж питома потужність окремого її елемента.

Сонячні батареї з мультикристалічних кремнію. Виготовлення мультикристалічних кремнію набагато легше, ніж монокристалічного. Мультикристалічних кремній як матеріал складається з випадково зібраних різних монокристалічних решіток кремнію (термін служби 25 років, ККД до 15%). Саме тому, мультикристалічні панелі зазвичай пропонують дешевше.

Сонячні батареї з мультикристалічних кремнію. Виготовлення мультикристалічних кремнію набагато легше, ніж монокристалічного. Мультикристалічних кремній як матеріал складається з випадково зібраних різних монокристалічних решіток кремнію (термін служби 25 років, ККД до 15%). Саме тому, мультикристалічні панелі зазвичай пропонують дешевше.

Сонячні батареї з полікристалічного кремнію. Альтернативою монокристалічного кремнію є полікристалічний кремній. У нього більш низька собівартість. Кристали в ньому ще агрегатні, але мають різну форму та орієнтацію. Цей матеріал, в порівнянні з темними монокристалами, відрізняється яскраво синім кольором. Удосконалення процесу виробництва елементів даного типу дозволяє сьогодні отримувати компоненти, характеристики яких лише трохи поступаються по електричних показниках монокристали.

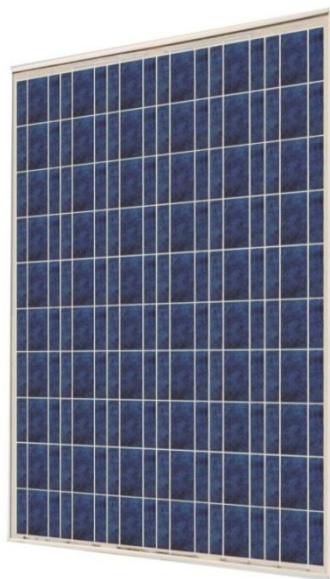


Рис. 2.7 Кристалічні ФЕП (полікристалічні)

Гібридні ФЕП.

Гібридні сонячні колектори призначені для одночасного виробництва електрики та гарячої води. Даний сонячний колектор являє собою об'єднання

фотоелектричної панелі і теплового сонячного колектора та скорочено називається PVT панель. Як відомо що ефективність традиційного фотоелектричного модуля падає при зростанні температури, особливо продуктивність електроенергії різко знижується при температурі на поверхні фотоелемента вище 50 ° С, що часто спостерігається в літній час в класичних сонячних батареях. У гібридних колекторах, тепло поглинається циркулюючої рідиною для отримання гарячої води, тим самим знижує робочу температуру елемента, підвищуючи його ефективність. Таким чином генерується додаткова електроенергія. Такий симбіоз дозволяє в два рази скоротити площу установки при необхідності використання одночасно сонячних колекторів і фотоелектричних модулів на одній будівлі.

У теорії таке рішення здається, дуже ефективним і дозволяє вирішити ряд проблем. Однак на практиці не завжди вдається домогтися максимальної ефективності гібридного сонячного колектора PVT.

В основному це пов'язано з тим що в літній період температура теплоносія не повинна перевищувати 50 ° С, тому робота таких систем для гарячого водопостачання дуже обмежена. А за відсутності циркуляції теплоносія температура на поверхні фотоелементів підвищується значно більше, ніж у звичайних сонячних батарей через використання додаткової теплоізоляції. Так само в гібридних PVT модулях не використовується високоселективне покриття і тому теплова продуктивність буде значно менше відносно класичних сонячних колекторів.

Для досягнення максимальної продуктивності гібридних сонячних колекторів PVT, модулі повинні працювати як низькопотенційна джерело енергії. Наприклад, як джерело тепла для теплового насоса, для нагріву води в плавальному басейні або для накопичення тепла свердловини теплового насоса влітку.

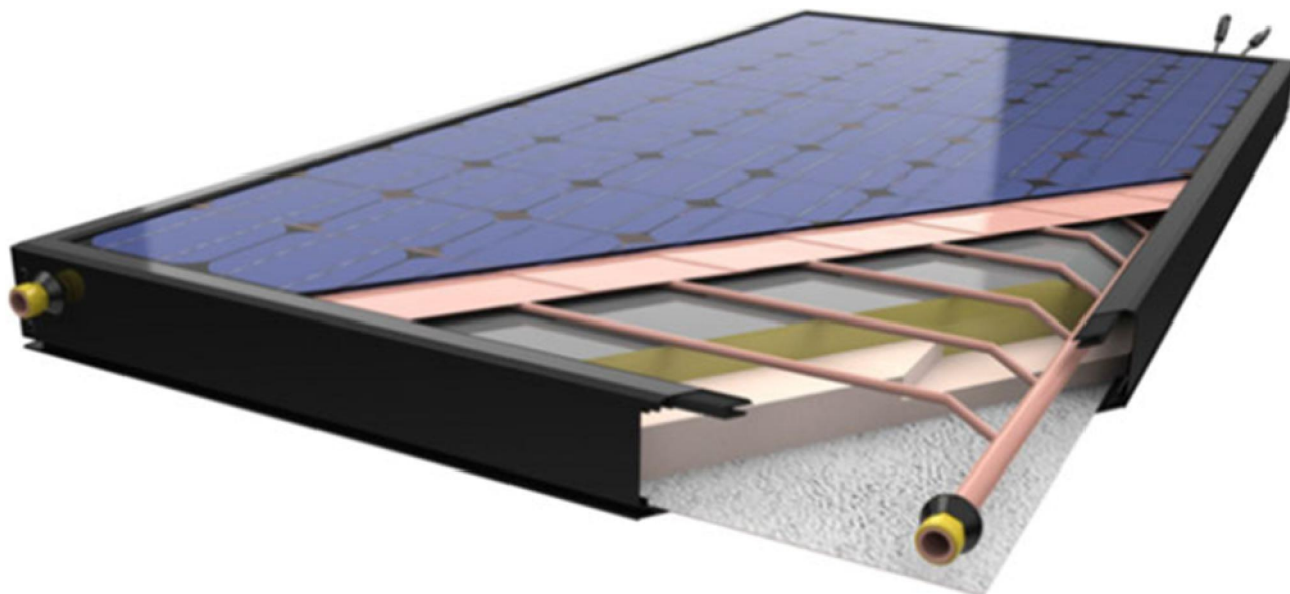


Рис. 2.8 Гібридні ФЕП

Контролер заряду є невід'ємним елементом сонячної електростанції від якого залежить не тільки працездатність системи, але й ефективність перетворення сонячного світла в енергію. Існує кілька типів контролерів заряду, що використовують для сонячних батарей, серед яких найбільшу популярність завоювала MPPT та «ШІМ» технології

Контролери з ШІМ використовують технологію, яка аналогічна використуванню в інших сучасних високоякісних контролерах заряду акумуляторних батарей (АБ). Коли напруга на АБ досягає певного значення, алгоритм ШІМ поступово знижує струм заряду для запобігання перегріву, впухання або закипання акумуляторів. Однак заряд АБ триває для досягнення максимальної кількості енергії, що запасасться в АБ. Більш того, скорочується час заряду. Результатом є більш високий ККД процесу заряду, швидкий заряд і "здорова" повністю заряджена батарея



Рис. 2.9 Контролер заряду

Принцип роботи MPPT (MaximumPowerPointTracking) контролера заснований на алгоритмі стеження за точкою максимальної потужності, при цьому вироблення енергії відбувається з максимальною ефективністю. На відміну від звичайного «ШІМ» контролера, MPPT технологія дозволяє збільшити ефективність геліосистеми.

Інвертор - це перетворювач постійного струму напруги 12 вольт (або 24 вольт) в змінний струм напруги 220 вольт. Джерелами постійного струму 12 вольт є акумуляторні батареї (12 вольт) або сонячні батареї (12 і 24 вольт).

Інвертор використовує енергію однієї або декількох акумуляторних батарей (переважні батареї глибокого циклу). Батареї необхідно періодично заряджати від автомобільного (або стаціонарного генератора), а також від мережі 220 вольт (через зарядний пристрій), або від альтернативних джерел енергії (сонячні панелі, вітряк і т. п.).



Рис. 2.10 Інвертор

3. Розрахунок фотоелектричної станції

3.1 Характеристики сонячного випромінювання.

Залежно від напрямку поширення, сонячне випромінювання (радіація) буває прямим і розсіяним (дифузним). Прямим випромінюванням називається надходить від Сонця випромінювання без зміни напрямку. Розсіяним випромінюванням називається сонячне випромінювання після зміни його напрямку, внаслідок відображення і розсіювання його атмосферою.

Для розрахунку інтенсивності сонячної енергії, що надходить на похилу лучепоглощающую поверхню, необхідно знати кути падіння сонячних променів на цю поверхню в даному місці. Положення деякої точки A на земній поверхні щодо сонячних променів в даний момент часу визначається трьома основними кутами: широтою місцевості φ , годинниковим кутом ω і схилянням Сонця δ (рис. 3.1).

Широта φ - це кут між лінією, що з'єднує точку A з центром Землі O , і її проекцією на площину екватора (OA^*). Часовий кут ω - це кут, виміряний в екваторіальній площині між проекцією лінії OA і проекцією лінії OB , що сполучає центри Землі і Сонця. Кут $\omega = 0$ в сонячний полудень; щогодини відповідає 15° довготи, при цьому значення часового кута до полудня вважаються позитивними, а після полудня - негативними.

Схиляння Сонця δ - це кут між лінією, що сполучає центри Землі і Сонця OB , і її проекцією на площину екватора (OB^*). Схиляння Сонця протягом року безперервно змінюється, від -23° - 27° / в день зимового сонцестояння, 22 грудня, до $+23^\circ$ $+27^\circ$ / в день літнього сонцестояння, 22 червня, і дорівнює нулю в дні весняного і осіннього рівнодення (21 березня і 21 вересня, відповідно). Схиляння Сонця в даний день можна визначити за формулою:

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \quad (3.1)$$

де n - порядковий номер дня, відрхований від 1 січня. В якості p зазвичай береться номер середнього розрахункового дня місяця для I - XII місяців року. Поряд із зазначеними основними кутами в розрахунках сонячної радіації використовують також зенітний кут z , кут висоти сонцестояння α і азимут a Сонця

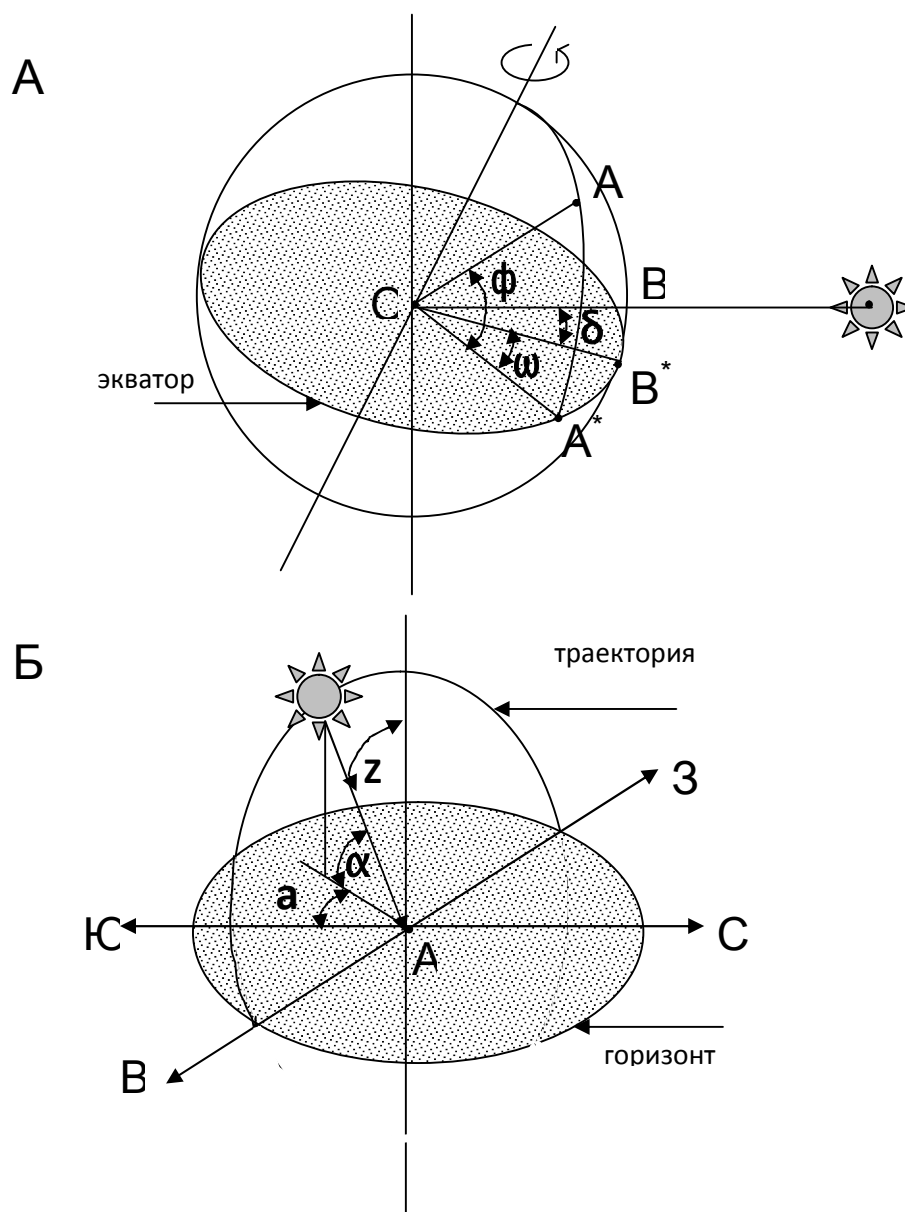


Рис. 3.1 Геометрія Землі і Сонця

Зенітний кут Сонця z , це кут між сонячним променем і нормаллю до горизонтальної площини в точці A. Кут висоти сонцестояння α , це кут у вертикальній площині між сонячним променем і його проекцією на

горизонтальну площину. Сума кутів $\alpha + z$ дорівнює 90° . Азимут Сонця α - це кут у горизонтальній площині між проекцією сонячного променя і напрямом на південь. Азимут поверхні $\alpha_{\text{п}}$ вимірюється як кут між нормаллю до поверхні і напрямком на південь.

Вибір оптимального кута нахилу панелі грає важливу роль для фотоелектричної станції, адже при різних кутах нахилу ефективність системи змінюється. Тому до цього треба приділити багато уваги.

Точніші данні з кількості сонячної енергії, що припадає на 1 кв.м системи, вказані на Рис. 3.2.

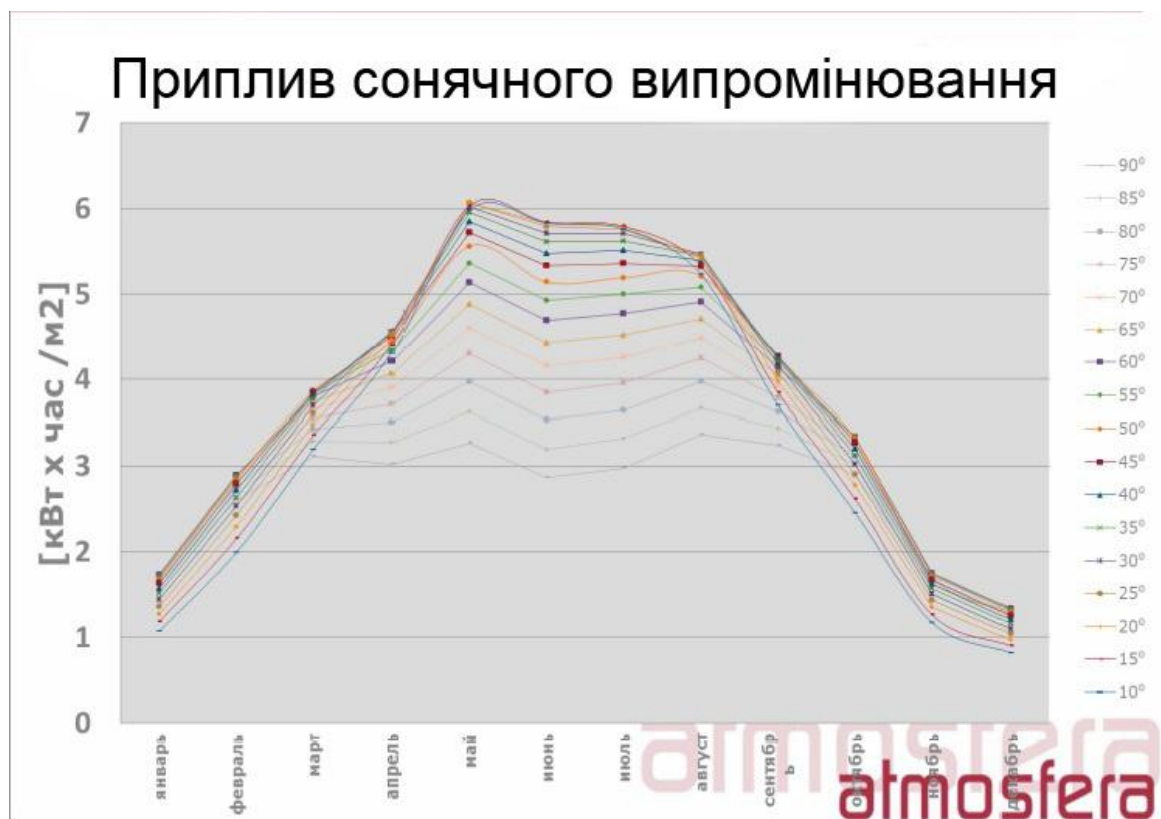


Рис. 3.2 Приплив сонячної енергії в залежності від кута нахилу панелей

З графіку видно, що в літній сезон (травень-вересень) максимальне значення має система під кутом 15° , а в зимній (листопад-березень) - 60° . Проте для цілорічної системи оптимальним кутом нахилу є кут широти місця

знаходження самої системи, в даному випадку широта місцевості (с. Криничне) 46°.

Азімутальне відхилення беремо строго на Південь. Система панелей ФЕС розпочинається безпосередньо від берегової лінії східного берегу озера Ялпуг, як показано на рис. 3.3.



Рис. 3.3 Вигляд запроєктованої ФЕС збоку лиману.

3.2 Створення окремих модулів з ФЕП.

Для нашої сонячної фотоелектричної станції ми вибрали полікристалічні панелі Solar Panel 140W 12V з максимальною потужністю 140 Вт та інвертор НТ з потужністю до 10кВт. Тип з'єднання панелей – паралельний, так як напруга відкритого кола однієї панелі дорівнює 22.16 В, а діапазон вхідної напруги інвертора 12 – 24В. З не складних вираховувань кількість панелей в окремому модулі складає:

$$n = \frac{P_i}{P_p} = \frac{10kW}{140W} = 71,4$$

Округляємо нашу кількість до 70 панелей, аби забезпечити правильну прямокутну форму наших модулів. Кількість таких модулів, що утворюють сонячну електростанцію, дорівнює

$$N = \frac{P_c}{P_i} = \frac{5000kW}{70 \cdot 140W} = 510$$

Кожен з модулів розташовується в одному ряду з 70 панелей, відповідний інвертор розташовується біля берега в началі ряду. Вся ФЕС складається з 510 паралельних модулів. Така конфігурація дозволяє у разі потреби нарощувати потужність ФЕС, додаючи додаткові аналогічні модули. У разі потреби в ремонті, вивід одного з модулів з роботи не сильно скажеться на загальній роботі ФЕС, завдяки тому, що один модуль дає менше 0,2% загальної потужності.

Площа однієї панелі складає 0.98 кв.м, буде раціональним округлити площу до 1кв.м. Тоді площа фотоприймача окремого модуля дорівнюватиме 70 кв.м. Уся ж абсорбційна площа фотоелектростанції займатиме 35700 кв.м, тобто 3,57 га.

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						60
		№ Документа_	Підпис	Дата		

4. Розрахунок річного вироблення електроенергії офшорної ФЕС

Вихідні дані:

- 1) Номінальна потужність ФЕС 10МВт;
- 2) Обрана сонячна батарея Sola S132/M12H/660W;
- 3) Тип Монокристалічна панель;
- 4) Країна виробник Китай;
- 5) Модель Sola S132;
- 6) Потужність сонячної батареї 660 Вт;
- 7) Напруга холостого ходу 45.7;
- 8) Напруга при максимальній потужності 37.8;
- 9) Струм при максимальній потужності 17.47;
- 10) Струм короткого замикання 18.53;
- 11) Максимальна напруга системи DC1500V;
- 12) Кількість елементів 131;
- 13) Розмір елементів 210x210 мм;
- 14) Розміри сонячної батареї 2384 × 1303 × 35 мм;
- 15) Вага однієї панелі 33.9 кг;
- 16) Ціна за одну панель 10 846€.

Так як географічні координати року Ізмаїл (Широта: 45 ° 20'57 "пн.ш. Довгота: 28 ° 50'26" східної довготи) і міста Сімферополь 44 ° 57.5089 '0 "пн 34 ° 6.5933 '0 "с.д.) різняться за широтою всього лише менше, ніж на градус, то середній місячний рівень сонячної радіації (сонячна постійна) по місяцях для

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						61
		№ Документа_	Підпис	Дата		

озера Ялпуг, ми беремо з даних «NASA» для міста Сімферополь. Але так як дані «NASA» були зроблені для плоскої поверхні, а сонячні панелі на проектованій ФЕС розміщуються під кут 30° , вносимо поправки для кожного місяця. Залежність середнього добового опромінення «Н» поверхні при різних кутах її нахилу від пори року наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Середній місячний рівень сонячної радіації

для с. Криничне, (кВт годин/м²/доба)

Місяць року	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30°	4.4	5.3	6.3	7.3	7.7	7.9	7.8	7.3	6.6	5.3	4.6	4.2
0°	2.4	3.4	4.7	6.6	7.7	8.3	8.1	7.1	5.5	4	2.7	2.2
Коефф поправки	1.83	1.53	1.3	1.1	1	0.95	0.96	1.02	1.2	1.3	1.7	1.9
NASA для нахилу 0°	1.27	2.06	3.05	4.30	5.44	5.84	6.20	5.34	4.07	2.67	1.55	1.07
NASA з коэф поправки	2.21	3.15	3.96	4.73	5.44	5.48	5.96	5.44	4.88	3.50	2.64	2.03

4.1. Розрахунок кількості сонячних панелей

Розрахуємо необхідну кількість сонячних панелей (штук).

Номінальна потужність станції $P_c = 10 \text{ МВт} = 10\,000\,000 \text{ Вт}$;

Номінальна потужність сонячної панелі $P_{\text{пане}} = 660 \text{ Вт}$;

$$N_{\text{панел}} = P_{\text{с}} / P_{\text{пан}} \quad (5)$$

$$N_{\text{панел}} = 5\,000\,000 / 270 = 15.152 \text{ штук.}$$

Де: $P_{\text{с}}$ - Номінальна потужність станції, кВт;

$P_{\text{панел}}$ - Номінальна потужність сонячної батареї, кВт;

$N_{\text{панел}}$ - необхідне число сонячних панелей, штук.

Расчет номинальной мощности на 1 м^2

Розрахуємо номінальну потужність, що виробляється 1 м^2 панелі (P)

Номінальна потужність сонячної батареї $P_{\text{панел}} = 660 \text{ Вт}$;

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{панели}} / S_{\text{панели}} \quad (6)$$

$$P_{\text{ном}} = 660 / 3.1 = 212,9 \text{ Вт/м}^2$$

де: $P_{\text{номи}}$ - номінальна потужність, що виробляється 1 м^2 панелі, кВт;

$P_{\text{панел}}$ - Номінальна потужність сонячної батареї, кВт;

$S_{\text{панел}}$ – Площа сонячної панелі. ($3,1 \text{ м}^2$)

Розрахунок ККД сонячної панелі

Розрахуємо робочий ККД сонячної панелі (η)

$$\eta = P_{\text{ном}} / I_{\text{солнц}}$$

$$\eta = 212,9 / 1000 = 0,2129 = 21,2\%$$

Де: $P_{\text{ном}}$ - номінальна потужність на 1 м^2 ;

$$I_{\text{солнца}} - I = 1 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$$

ККД сонячної панелі = 21.2%;

4.2. Розрахунок генеруючої поверхні ФЕС

Розрахуємо загальну генеруючу площа сонячної електростанції (м²)

$$S_{\text{ген}} = N_{\text{п}} \times S_{\text{п}} \quad (8)$$

$$S_{\text{ген}} = 15.152 \times 3,1 = 46.971 \text{ м}^2$$

Где: $S_{\text{ген}}$ - генеруюча площа сонячної електростанції;

$N_{\text{панел}}$ - число панелей (15.152);

$S_{\text{панел}}$ - Площа сонячної панелі. (3,1м²).

4.3. Розрахунок кількості виробленої електроенергії при куті нахилу 0 °

Розрахуємо кількість виробленої електроенергії м² ФЕС по місяцях, використовуючи дані по Сімферополю з кутом нахилу 0 ° і зведемо їх в таблицю.

$$E = N_{\text{д}} \times \eta \times H; \quad (9)$$

де: E - кількість виробленої електроенергії 1 м² ФЕС;

$N_{\text{д}}$ - Кількість днів у місяці;

η - ККД однієї сонячної панелі

H - сонячна постійна, кВт ч м² /день;

Таблиця 4.2. Кількість виробленої енергії м² ФЕС при куті нахилу панелей в 0 °

Номер місяцю	Середня кількість днів	ККД %	Н кВт годин/м ² /доба	Електроенергія кВт годин/м ²
1	31	0.212	1.27	8.35
2	28	0.212	2.06	12.23
3	31	0.212	3.05	20.05
4	30	0.212	4.30	27.35
5	31	0.212	5.44	35.75
6	30	0.212	5.84	37.14
7	31	0.212	6.20	40.75
8	31	0.212	5.34	35.10
9	30	0.212	4.07	25.89
10	31	0.212	2.67	17.55
11	30	0.212	1.55	9.86
12	31	0.212	1.07	7.03
Всього	30,41	0.212	42.86	276.32

4.4. Розрахунок кількості виробленої електроенергії з використанням коефіцієнта поправки для 30 °

Використовуючи коефіцієнт поправки, розрахуємо кількість виробленої електроенергії м² ФЕС по місяцях, використовуючи дані «NASA» по Сімферополі з кутом нахилу 30 ° і зведемо їх в таблицю.

$$E = N_d \times \eta \times H; \quad (10)$$

де: E- кількість виробленої електроенергії 1 м² ФЕС;

N_д - Кількість днів у місяці;

η- ККД однієї сонячної панелі

H- сонячна постійна, кВт ч м² /день;

4.5. Розрахунок кількості виробленої електроенергії ФЕС в рік для кута нахилу сонячної панелі в 0 °

E_{ген0°} - кількість виробленої електроенергії ФЕС в рік при нахилі сонячної панелі 0 °;

E- кількість виробленої електрики 1 м² ФЕС;

S_{ген} - генеруюча площа станції.

$$E_{\text{ген}} = E \times S_{\text{ген}} \quad (11)$$

$$E_{\text{ген}} = 276.32 \times 46971 = 12,979,027 \text{ кВт годин/рік}$$

$$\text{Або} = 12.9790 \text{ ГВт годин/рік}$$

Таблиця 4.3. Кількість виробленої енергії м² ФЕС при куті нахилу панелей в 30 °

Номер місяцю	Середня кількість днів	ККД %	Н кВт годин/м ² /доба	Електроенергія кВт годин/м ²
1	31	0.212	2.21	14.53
2	28	0.212	3.15	18.70
3	31	0.212	3.96	26.03
4	30	0.212	4.73	30.09
5	31	0.212	5.44	35.75
6	30	0.212	5.48	34.85
7	31	0.212	5.96	39.30
8	31	0.212	5.44	35.75
9	30	0.212	4.88	31.03
10	31	0.212	3.50	23.00
11	30	0.212	2.64	16.79
12	31	0.212	2.03	13.34
Всього	30,41	0.212	49.42	318.61

4.6. Розрахунок кількості виробленої електроенергії ФЕС в рік, для кута нахилу сонячної панелі в 30 °

$E_{ген30^\circ}$ - кількість виробленої електроенергії ФЕС;

E - кількість виробленої електрики 1 м² ФЕС;

$S_{ген}$ - генеруюча площа станції;

$$E_{ген} = E \times S_{ген} \quad (12)$$

$$E_{ген} = 318.61 \times 46971 = 14,965,430 \text{ кВт годин/рік}$$

$$\text{Або} = 14.9654 \text{ ГВт годин/рік}$$

4.7. Приріст у виробленні кількості електроенергії при нахилі панелей на 30 °

Розрахуємо приріст у виробленні електроенергії ФЕС при використанні кута нахилу панелей в 30 °.

$$E_{прирост} = E_{ген30^\circ} - E_{ген0^\circ} \quad (13)$$

$$E_{прироста} = 14.9654 - 12.9790 = 1,9864 \text{ ГВт годин/рік}$$

де $E_{прирост}$ - Приріст у виробленні кількості електроенергії при нахилі панелей на 30 °, ГВт год/рік

$E_{ген 30^\circ}$ - кількість виробленої електроенергії ФЕС в рік при нахилі сонячної панелі 30 °, ГВт годин/рік

$E_{ген0^\circ}$ - кількість виробленої електроенергії ФЕС в рік при нахилі сонячної панелі 0 °, ГВт годин/рік.

Розрахунки показують що, використання нахилу сонячних панелей всього на 30 ° дозволяє отримати річний приріст у виробленні електроенергії на 1,9864 ГВт год / рік.

5. Створення плавучого острова та офшорної ФЕС

5.1 Компанія «Ciel & Terre»

Ciel & Terre (з французької "Небо і Земля") - це компанія, що спеціалізується на розробці та встановленні плавучих сонячних електростанцій. Вони є лідером у цій галузі та пропонують інноваційні рішення для використання поверхонь водойм як майданчиків для встановлення сонячних панелей.

Компанія Ciel & Terre була заснована у Франції 2006 року. Вони розробили і запатентували систему під назвою Hydrelis, яка дає змогу встановлювати сонячні панелі на воді. Ця система складається з пластикових модулів, які легко збираються разом, утворюючи плавучу платформу. На цій платформі розміщуються сонячні панелі, які генерують електроенергію.

Плавучі сонячні електростанції Ciel & Terre мають кілька переваг. Вони допомагають ефективно використовувати поверхні водойм, які зазвичай не використовуються. Це особливо корисно для країн з обмеженими земельними ресурсами, де є великі водні резервуари, такі як озера, водосховища і кар'єри.

Крім того, плавучі сонячні електростанції мають низку екологічних переваг. Вони допомагають зменшити випаровування води, створюючи тінь над водоймою і знижуючи її температуру. Це може бути особливо корисно в посушливих регіонах, де збереження водних ресурсів вкрай важливе. Крім того, плавучі сонячні електростанції можуть служити місцем проживання для риб та інших водних організмів, сприяючи збереженню біорізноманіття.

Компанія Ciel & Terre реалізувала безліч проєктів плавучих сонячних електростанцій у всьому світі. Їхні системи успішно застосовуються на водосховищах, озерах, резервуарах і кар'єрах. Вони пропонують повний спектр послуг, включно з розробкою проєкту, інженерними та будівельними роботами, а також обслуговуванням та експлуатацією системи.

Компанія Ciel & Terre є одним із провідних гравців у галузі плавучих сонячних електростанцій і продовжує розвиватися, досліджуючи нові ринки і розробляючи інноваційні технології для підвищення ефективності сонячної енергії.

5.2. Система «Hydrelio»

Система "Hydrelio" розроблена компанією Ciel & Terre і є однією з їхніх ключових технологій для встановлення плавучих сонячних електростанцій. Ця система являє собою інноваційне рішення, що дає змогу встановлювати сонячні панелі на водоймах.

Головною особливістю системи "Hydrelio" є її модульність і простота монтажу. Система складається з пластикових модулів, які легко збираються разом, утворюючи плавучу платформу. Модулі надійно з'єднані між собою і утворюють стійку конструкцію, здатну витримувати навантаження сонячних панелей та інших елементів.

Плавуча платформа, створена за допомогою системи "Hydrelio", забезпечує надійну основу для встановлення сонячних панелей. Панелі монтуються на спеціальних кріпленнях, які закріплюються на платформі. Конструкція дає змогу підтримувати оптимальний кут нахилу панелей для отримання максимального сонячного випромінювання.

Однією з важливих переваг системи "Hydrelio" є її адаптивність до різних типів водойм. Вона може бути встановлена на прісноводні та солоні водойми, озера, водосховища, резервуари і навіть на кар'єри. Завдяки цій універсальності, система "Hydrelio" може бути використана практично в будь-якій частині світу.

Плавучі сонячні електростанції, створені з використанням системи "Hydrelio", мають кілька переваг. По-перше, вони дають змогу ефективно використовувати поверхню водойм, які зазвичай залишаються невикористаними. По-друге, вони сприяють збереженню водних ресурсів, оскільки створюють тінь

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						70
		№ Документа__	Підпис	Дата		

над водою і знижують її випаровування. Крім того, вони можуть створювати сприятливе середовище для різних видів риб та інших водних організмів.

Система "Hydrelío" отримала широке визнання і була успішно застосована в безлічі проєктів по всьому світу. Її інноваційний підхід до встановлення сонячних панелей на водоймах відкриває нові можливості для розвитку сонячної енергетики та використання раніше невикористовуваних ресурсів.

5.3. Переваги використання системи «Hydrelío»

Система "Hydrelío" пропонує низку переваг і привабливих особливостей:

1. Ефективне використання поверхні водойм: Встановлення сонячних панелей на водних поверхнях дозволяє ефективно використовувати простір, який зазвичай залишається невикористаним. Це особливо корисно в разі обмежених земельних ресурсів, коли традиційні сонячні електростанції вимагають великих ділянок землі.
2. Зниження випаровування води: Плавучі сонячні електростанції створюють тінь над водоймою, що допомагає знизити її температуру і скоротити випаровування води. Це особливо корисно в посушливих регіонах, де збереження водних ресурсів є важливою проблемою.
3. Поліпшення якості води: Тіньовий ефект плавучих сонячних електростанцій також сприяє зниженню росту водоростей і утворенню водоростевих цвітінь, що призводить до поліпшення якості води у водоймі.
4. Біорізноманіття та екологічна сумісність: Плавучі сонячні електростанції можуть служити місцем проживання для риб та інших водних організмів, сприяючи збереженню біорізноманіття та підтримці екосистеми у водних екосистемах.
5. Гнучкість і модульність: Система "Hydrelío" пропонує гнучку і модульну конструкцію, яка може бути адаптована під різні типи водойм і географічні

умови. Модулі легко збираються і можуть бути розширені або зменшені залежно від потреб проєкту.

6. Стійкість і довговічність: Плавучі сонячні електростанції, побудовані з використанням системи "Hydrelion", проходять суворі випробування на міцність і стабільність. Вони здатні витримувати вплив природних чинників, таких як вітер, хвилі і потоки, і забезпечують довговічність в умовах водного середовища.

Загалом, система "Hydrelion" пропонує інноваційний та екологічно стійкий підхід до встановлення сонячних панелей, перетворюючи невикористовувані поверхні водойм на джерело відновлюваної енергії.

5.4. Монтаж

Монтаж системи "Hydrelion" для плавучих сонячних електростанцій зазвичай відбувається таким чином:

1. Підготовка проєкту: Команда фахівців проводить попередні дослідження й оцінює умови водойми, включно з глибиною, структурою дна, геологічними характеристиками та іншими факторами. Це дає змогу визначити оптимальне місце розташування і конфігурацію плавучої сонячної електростанції.
2. Дизайн системи: На основі даних, отриманих в результаті попередніх досліджень, розробляється дизайн системи "Hydrelion". Визначається розмір і форма плавучої платформи, розташування кріплень для сонячних панелей, вимоги до стійкості тощо.
3. Підготовка матеріалів: Необхідні компоненти і матеріали, включаючи пластикові модулі, кріплення, сонячні панелі та інші елементи, готуються для монтажу.

4. Збірка плавучої платформи: Пластикові модулі системи "Hydrelion" збираються і з'єднуються разом для створення плавучої платформи. Це зазвичай робиться шляхом зачеплення модулів один за одного. Конструкція повинна бути стійкою і здатною витримувати навантаження сонячних панелей і зовнішніх факторів.
5. Встановлення сонячних панелей: Кріплення для сонячних панелей закріплюються на плавучій платформі. Сонячні панелі монтуються на кріпленнях, забезпечуючи оптимальний кут нахилу для отримання максимального сонячного випромінювання. За необхідності проводяться відповідні електричні підключення.
6. Тестування і запуск: Після завершення монтажу проводиться ретельне тестування системи, включно з перевіркою електричної безпеки, працездатності та ефективності. Після успішного завершення тестування система готова до запуску та експлуатації.

Важливо зазначити, що точні процедури монтажу можуть незначно відрізнятися залежно від конкретних умов проєкту та вимог замовника.

Анкерна система

Компанія Ciel & Terre пропонує кілька різних анкерних систем для понтонів своєї плавучої сонячної електростанції "Hydrelion". Ось деякі з них:

- Анкери з ланцюговими прив'язями: Ця система передбачає використання анкерів, встановлених на дні водойми, і ланцюгових прив'язей, які з'єднують анкери з плавучими платформами. Ланцюги дають змогу платформам вільно рухатися в межах певної області, а також забезпечують їхню стабільність і стійкість.
- Анкери з тросовими прив'язями: У цій системі анкери також встановлюються на дні водойми, а плавучі платформи з'єднуються з анкерами за допомогою тросів. Троси забезпечують гнучкість і дають

змогу платформ вільно рухатися, водночас підтримуючи їхнє становище і запобігаючи зміщенню.

- Анкери з комбінованими прив'язями: У деяких випадках система може використовувати комбінацію ланцюгових і тросових прив'язей. Наприклад, анкери можуть бути з'єднані з плавучими платформами за допомогою ланцюгів, а потім троси використовуються для гнучкішого кріплення і регулювання положення понтонів.

Конкретна анкерна система, яку обирають для плавучих сонячних електростанцій компанії Ciel & Terre, залежить від різних чинників, як-от глибина водойми, геологічні умови, зовнішні навантаження і вимоги проєкту.

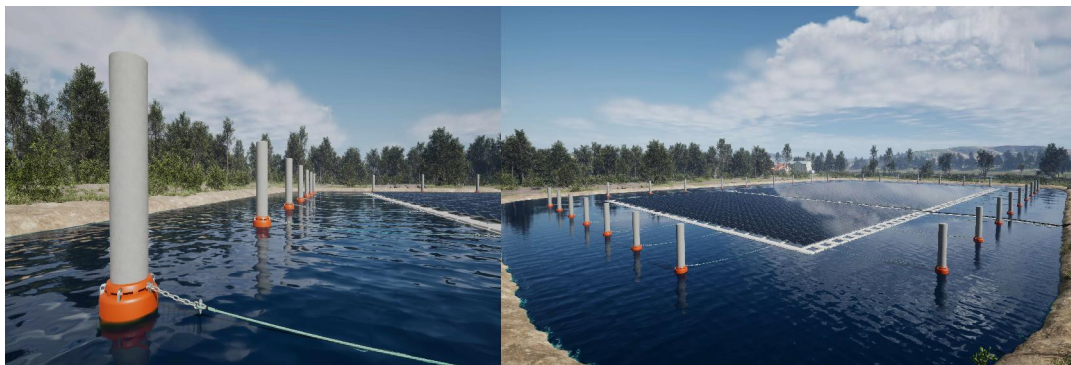


Рис. 5. Приклад анкерної системи.

Встановлення анкерної системи понтонів включає такі кроки:

1. Підготовка понтонів: Перед встановленням анкерної системи необхідно підготувати понтони (плавучі платформи). Понтони мають бути перевірені на цілісність і готові до встановлення кріплень і анкерів.
2. Визначення місця розташування анкерів: Відповідно до проєктних вимог і результатів попередніх досліджень визначається оптимальне місце розташування анкерів. Це може включати вибір глибини, врахування структури дна водойми, геологічних умов та інших факторів.

3. Встановлення анкерів: Анкери встановлюються в обраних місцях за допомогою відповідного обладнання. Це може включати використання спеціальних суден або плавучих платформ для переміщення і встановлення анкерів на місці. Анкери можуть бути встановлені шляхом занурення їх у воду і закріплення на дні водойми або шляхом закріплення їх на спеціальних фундаментах.
4. Кріплення понтонів: Кріплення, такі як троси або ланцюги, з'єднуються між анкерами і понтонами. Вони забезпечують надійне закріплення понтонів і передачу сил між ними та анкерами. Кожне кріплення має бути правильно підтягнуте, щоб забезпечити стабільність і стійкість системи.
5. Перевірка і підстроювання: Після встановлення анкерної системи слід провести перевірку і підстроювання положення понтонів. Це може включати регулювання довжини тросів або ланцюгів, щоб досягти оптимального положення понтонів і кута нахилу сонячних панелей. За необхідності можна також зробити додаткові налаштування і коригування для забезпечення правильного функціонування системи.
6. Тестування і запуск: Після завершення установки і підстроювання анкерної системи понтонів, система повинна бути ретельно протестована, щоб переконатися в її працездатності та надійності. Це може включати перевірку стабільності, стійкості та ефективності системи.

Важливо зазначити, що встановлення анкерної системи понтонів вимагає спеціальних навичок, досвіду та обладнання.

5.5. Кількість основних, допоміжних понтонів і якорів

Спираючись на досвід англійської компанії «Lightsource Renewable Energy», яка вже будує офшорну сонячну електростанцію, потужністю 6,8 МВт. Станція буде розташовуватися на водосховищі «Queen Elizabeth II» (королева Єлизавета друга), яке знаходиться в Лондоні, а також французької «Cielet

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						75
		№ Документа__	Підпис	Дата		

TerreInternational» (компанія буде займатися виготовленням систем плавучих кріплень по системі «Hydrelia», якими будуть обладнані 23 тисячі сонячних панелей на новій електростанції). Перш вона брала участь в подібних проектах на території Японії. Очікується, що після того, як вона буде запущена, вона зможе виробляти до 5,8 млн. Кіловат * годин електрики щорічно, цього достатньо, щоб повністю забезпечити електроенергією більше 1,8 тис. Англійських будинків. Єва Полі, менеджер з розвитку бізнесу компанії «Cielet TerreInternational», вказує, що це найбільш великий проект з усіх, які реалізовувалися нема на японській території, крім того до реалізації таких проектів вперше був притягнутий Європейський банк. Англійська компанія «Light source Renewable Energy», забезпечить установку більш ніж 61 000 плавучих платформ, які будуть закріплені на 177 кріпленнях на дні водосховища.

Беручи до уваги номінальну потужність станції (10 МВт), дані англійської проекту ми розрахуємо необхідну кількість понтонів для створення генеруючого острова.

Конфігурація «Генеруючого Острова»

Понтони по зовнішньому периметру (для захисту від хвиль) плавучого острова шикуються з проміжних пантів. Основний острів включає в себе: основних 15.152 понтонів. Розміром 200 × 200 м і двох пар бічних і додаткових рядів 80 + 40 (штук понтонів з кожного боку).

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
		№ Документа_	Підпис	Дата		76

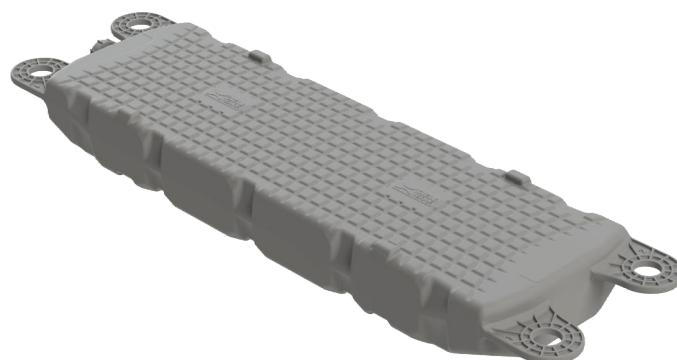
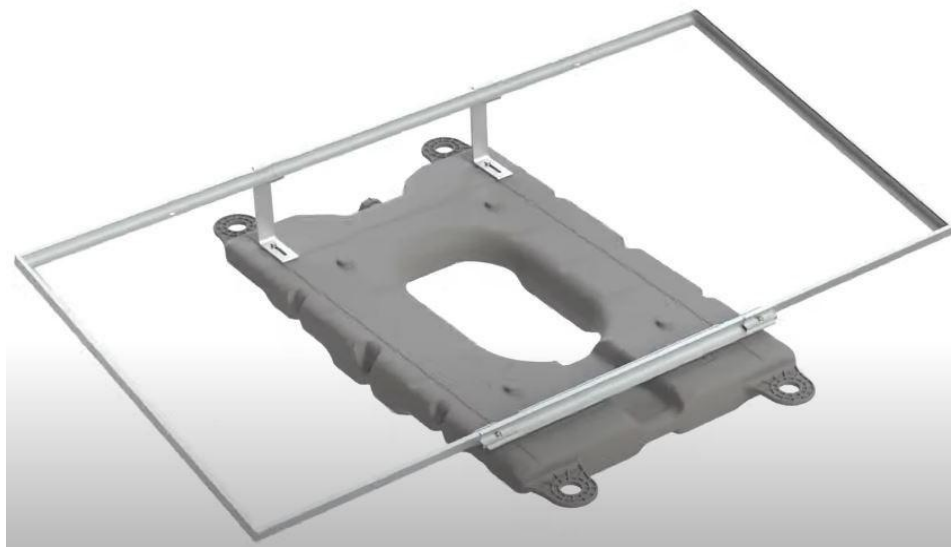


Рис. 5.1. Основний і допоміжний понтон.

Розрахунок кількості необхідних основних понтонів

Так як кількість сонячних панелей $N_{\text{панел}} = 15.152$, то и $N_{\text{понт}} = 15.152$ штук - кількість основних понтонів буде аналогічною.

Розрахунок кількості необхідних допоміжних понтонів

$$N_{\text{понт пром}} = N_{\text{понтонів}} \times 2 \quad (14)$$

$$N_{\text{понт пром}} = 15.152 \times 2 = 30.304 \text{ штук}$$

де: $N_{\text{понтв пром}}$ - кількість проміжних понтонів;

$N_{\text{понт}}$ - кількість основних понтонів.

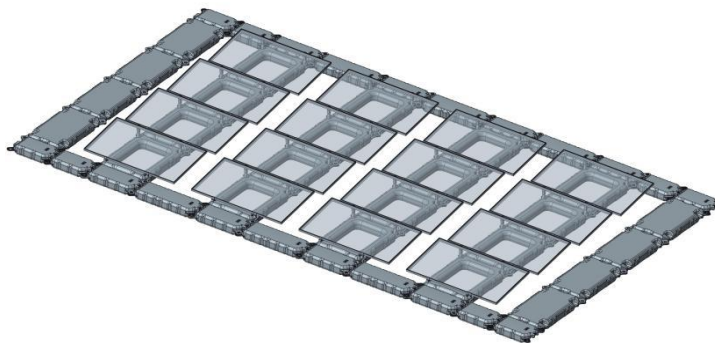


Рис. 5.2. Принцип розташування понтонів

Розрахунок кількості необхідних понтонів по зовнішньому периметру острова

Розмір довжини ряду з 80 = 134.8м з 40 = 67.4 м. Весь периметр крім берегової лінії захищена від хвиль проміжними понтонами.

- 1) Захист від хвиль включає в себе 156 основних +156 проміжних понтонів.
- 2) По ширині (на стороні по півдню) 240 допоміжних понтонів на основному острові
- 3) На першому додатковому ряду (80) встановлюємо 98 основних понтонів і 82 допоміжних понтона в решти острова - 60 допоміжних.

Разом:

$$N_{\text{осн понт остр}} = N_{\text{осн понт больш остр}} + N_{\text{оснх понтв мал остр}} \quad (15)$$

$$N_{\text{осн понт по пер}} = 156 + 98 = 254 \text{ (понтон)}$$

де: $N_{\text{осн понт}}$ – Кількість основних захисних понтонів острова;

$N_{\text{понт осно большого остр}}$ – Кількість захисних понтонів основного острова;

$N_{\text{осно понт мал остр}}$ – Кількість захисних понтонів малого острова.

Розрахуємо необхідну кількість захисних допоміжних понтонів

$N_{\text{вспомогательных понтонов}} = N_{\text{вспомогательных понтонов большого острова}} + N_{\text{вспомогательных понтонов по ширине}} + N_{\text{на первом дополнительном ряду}} + N_{\text{вспомогательных понтонов малого острова}}$

$$N_{\text{вспом понт}} = 156 + 240 + 82 + 60 = 538 \text{ (понтон)} \quad (16)$$

де: $N_{\text{вспом понт}}$ - Кількість захисних допоміжних понтонів;

$N_{\text{вспом понт больш остр}}$ - Кількість проміжних понтонів;

$N_{\text{вспомог понт по шир}}$ - Кількість допоміжних понтонів по ширині;

$N_{\text{на первом доп ряду}}$ - Кількість допоміжних понтонів на першому додатковому ряду;

$N_{\text{вспом понт малостр}}$ - кількість понтонів на частини острова.

Розрахунок загальної кількості необхідних основних понтонів

$$N_{\text{понт общее}} = N_{\text{понт}} + N_{\text{осн понт по периметру}} \quad (17)$$

$$N_{\text{понт обще}} = 15.152 + 254 = 15.406 \text{ понтона}$$

Где: $N_{\text{понт общее}}$ – Загальна кількість основних понтонів;

$N_{\text{понт}}$ – Кількість основних понтонів;

$N_{\text{пон}}$ – Кількість основних понтонів по периметру.

Розрахунок загальної кількості необхідних малих понтонів

Розрахуємо загальне число необхідних допоміжних понтонів

$$N_{\text{понт мал}} = N_{\text{понт пром}} + N_{\text{понт вспом}} \quad (18)$$

$$N_{\text{понт мал}} = 30.304 + 538 = 30.842 \text{ понтона}$$

де: $N_{\text{понт мал}}$ - загальне число необхідних малих понтонів;

$N_{\text{понтв пром}}$ - Кількість проміжних понтонів;

$N_{\text{понт вспом}}$ - Загальна кількість допоміжних понтонів.

5.6. Розрахунок необхідної кількості якорів і блоків для закріплення ФЕС до дна озера

На основі отриманих даних англійського проекту на озері «Queen Eliazbeth II», ми пропорційно перераховуємо кількість якорів для розраховується ФЕС на озері Ялпуг. Кількість якорів в проекті станції на озері «Queen Eliazbeth II» 177 штук при номінальній потужності станції 6,3 МВт. Периметр проекрованої мною сонячної електростанції 800 м.

Ми взяли для ФЕС - 130 якорів, перерахувавши кількість англійська якорів на наш периметр.

Розрахунок кількості якорів

Розрахуємо кількість необхідних якорів для фіксації понтонів

$$N_{\text{якорей}} = N_{\text{анг якорей}} / P_{\text{анг станции}} \times P_{\text{проект станции}}; \quad (19)$$

$$N_{\text{якорей}} = 177 / 6,3 \times 5;$$

$$N_{\text{якорей}} = 130 \text{ штук.}$$

де: $N_{\text{якорей}}$ - Кількість необхідних якорів, штук;

$N_{\text{Анг. якорей}}$ - Кількість якорів в англійському проекті, штук;

$P_{\text{Анг. станції}}$ – Номінальна потужність англійського проекту, МВт;

$P_{\text{Проект станції}}$ – Номінальна потужність проекрованої ФЕС, МВт.

Розміщення і розрахунок кількості якорів по сторонам

Розмістимо і розрахуємо якоря по дну озера

$$N_{\text{блоков}} = N_{\text{якорей}} / \Pi \times \Pi_{\text{берег}} \quad (20)$$

$$N_{\text{блоков}} = 130 / 800 \times 200 = 33 \text{ штук}$$

де: $N_{\text{блоков}}$ – Кількість блоків необхідних для фіксації всіх розрахованих якорей, штук;

Π - периметр англійської станції, м;

$\Pi_{\text{берег}}$ - периметр проекрованої ФЕС, м.

Розміщення якорів і розрахунок кількості блоків

Перпендикулярно березі 31 якорів на сторону; Сторона паралельна березі і берегова по 35 якорів; Блоків перпендикулярно 2 на 7 (14 штук). Паралельно 2 по 6 (12 штук). Беручи до уваги, міркування зручності монтажу, задаємо необхідну кількість якорів на перпендикулярну сторону-30 штук, а на паралельні берегу- 30 штук. На якірні блоки сторін перпендикулярних березі по 7 якорів, а на блоки паралельні березі сторони заводимо по 6 якорів. В результаті загальне число якірних блоків $2 \times 5 + 5 = 15$ блоків Якорі боку берегової кріпитися до фундаментних майданчикам, на яких розташовані інвертори і трансформатори. На 6 метрів ФЕС припадати по 1 якоря. Загальна кількість необхідних якорей- 130 штук. За 7 якорів на один бетонний блок на дні.

Кількість бетонних блоків 20 штук.

5.7. Вантажопідйомність

Вантажопідйомність розраховується за формулою:

$$G = F_n - F, \text{ Н}$$

Де: F_n - підйомна сила яка спрямована вгору

F - сила ваги понтона.

Розрахуємо вантажопідйомність для одного основного і двох вторинних понтонів.

1. Головний PV модуль - Основний понтон

$$F_n = \rho \times g \times V, \text{ Н}$$

$$V = L \times C \times (H - h), \text{ м}^3$$

$$F = m \times g, \text{ Н}$$

Понтон має: масу - 9кг; довжину - 1,168м; ширину - 1м; висоту - 0,15м;
висоту бортів над рівнем води - 0,05м

$$V = 1,168 \times 1 \times (0,15 - 0,05) = 0,12 \text{ м}^3$$

$$F_n = 1000 \times 9,81 \times 0,12 = 1177,3 \text{ Н}$$

$$F = 9 \times 9,81 = 88,3 \text{ Н}$$

Звідси гранична вантажопідйомність при цьому складе:

$$G = 1177,3 - 88,3 = 1089 \text{ Н}$$

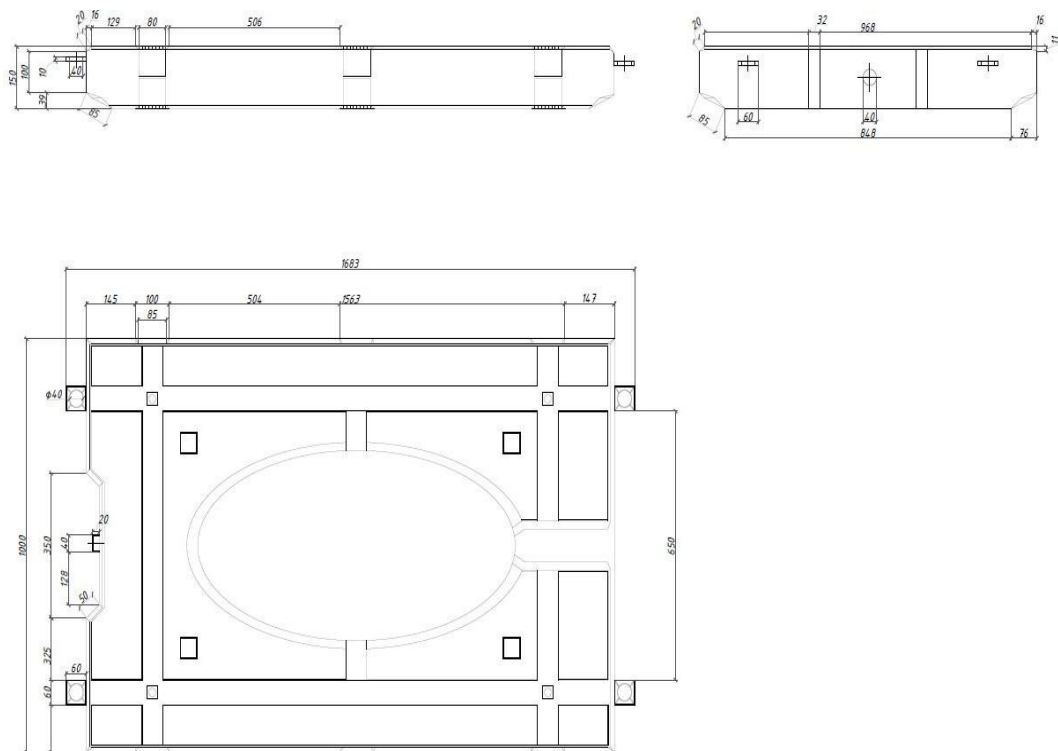


Рис. 5.3 Основний понтон

2. Вторинний модуль - Великий допоміжний понтон

$$F_n = p \times g \times V, \text{ Н}$$

$$V = L \times C \times (H - h), \text{ м}^3$$

$$F = m \times g, \text{ Н}$$

Понтон має: масу - 7кг; довжину - 1,17м; ширину – 0,3м; висоту - 0,15м;
висоту бортів над рівнем води - 0,05м

$$V = 1,17 \times 0,3 \times (0,15 - 0,05) = 0,035 \text{ м}^3$$

$$F_n = 1000 \times 9,81 \times 0,035 = 343,35 \text{ Н}$$

$$F = 7 \times 9,81 = 68,67 \text{ Н}$$

Звідси гранична вантажопідйомність при цьому складе:

$$G = 343,35 - 68,67 = 274,68 \text{ Н}$$

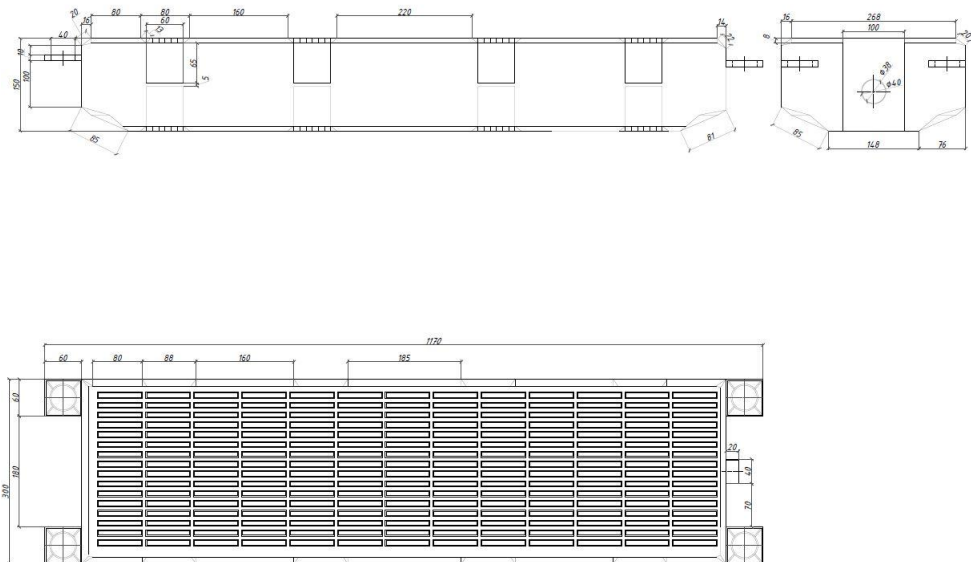


Рис. 5.4 Великий допоміжний понтон

3. Вторинний модуль - *Малий допоміжний понтон*

$$F_n = p \times g \times V, \text{ Н}$$

$$V = L \times C \times (H - h), \text{ м}^3$$

$$F = m \times g, \text{ Н}$$

Понтон має: масу - 6кг; довжину – 0,77м; ширину – 0,3м; висоту - 0,15м; висоту бортів над рівнем води - 0,05м

$$V = 0,77 \times 0,3 \times (0,15 - 0,05) = 0,023 \text{ м}^3$$

$$F_n = 1000 \times 9,81 \times 0,023 = 225,6 \text{ Н}$$

$$F = 6 \times 9,81 = 58,86 \text{ Н}$$

Звідси гранична вантажопідйомність при цьому складе:

$$G = 225,6 \text{ Н} - 58,86 = 166,74 \text{ Н}$$

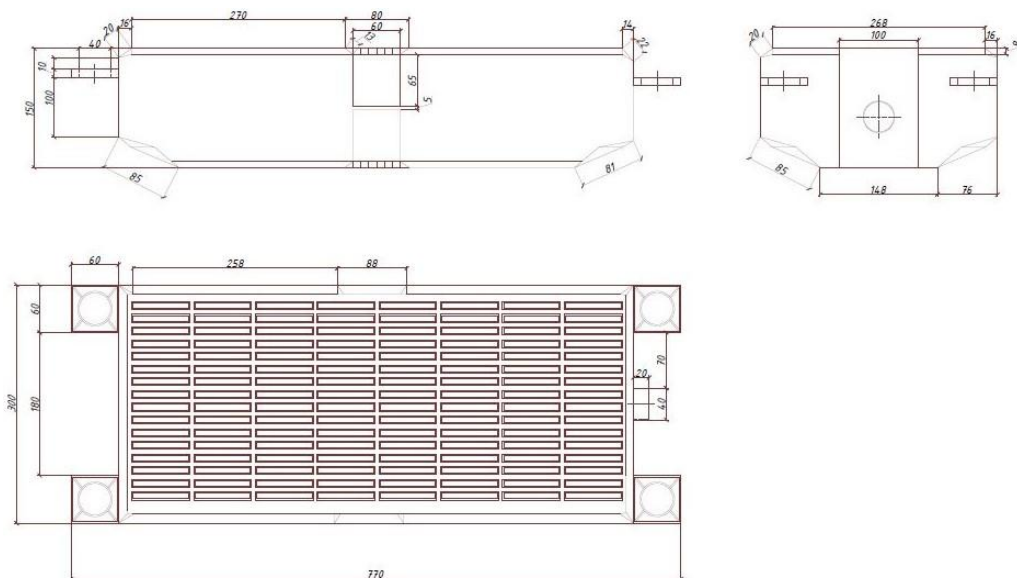


Рис. 5.5 Малий допоміжний понтон

5.8. Інверторна система

Розрізняють декілька видів інверторних систем (інверторів), які застосовуються при будівництві сонячних електростанцій:

Центральні інвертори.

Великі інвертори, схожі на великі шафи, найчастіше мають потужність від 100 кВт до декількох МВт. Зазвичай поставляються у вигляді контейнерів або платформ з вбудованими підвищують трансформаторами. Комплектуються сполучними шафами (combiner boxes) для підключення послідовних ліній сонячних модулів. Один центральний інвертор, найчастіше, одне МРР пристрій - пристрій, стеження за точкою максимальної потужності сонячних модулів. Ефективність центральних інверторних систем в даний час досягає значень порядку 98,6%.

Мікроінвертори - високотехнологічні малопотужні інвертори, призначені для підключення до них 1-4 сонячних панелей. Дозволяє моніторити ФЕС на рівні одного сонячного модуля. Кожен мікроінвертор має вбудований оптимізатор (недорогий аналог МРР-пристрої для декількох сонячних модулів). Мікроінвертори дозволяють забезпечити максимальну віддачу від кожного

конкретного сонячного модуля. Спрощує застосування таких інверторів той факт, що вони можуть встановлюватися або замість контактної коробки на тильній стороні сонячного модуля, або безпосередньо поряд з ним. Таким чином, можна замовити сонячні панелі з уже встановленими на них мікроінверторами. Залишається тільки встановити і підключити. Мікроінвертори не так сильно поширені стосовно великих ФЕС, проте вони відвойовують все більшу частину ринку у стринг-інверторів, а їх ефективність перетворення і зручність застосування зростає з кожним місяцем. Незважаючи на те, що ефективність мікроінверторів поки ще значно нижче ККД стринг-інверторів, але в цілому, в масштабах однієї ФЕС їх застосування може бути цілком економічно виправдано.

Інвертор - пристрій для перетворення постійного струму в змінний зі зміною величини частоти і або напруги. Зазвичай являє собою генератор періодичного напруги, за формою наближеного до синусоїди, або дискретного сигналу. Інвертори напруги можуть застосовуватися у вигляді окремого пристрою або входити до складу джерел і систем безперебійного живлення апаратури електричної енергії змінного струму.

Інвертори напруги дозволяють усунути або, принаймні, послабити залежність роботи інформаційних систем від якості мереж змінного струму. Наприклад, в персональних комп'ютерах при раптовому відмову мережі за допомогою резервної акумуляторної батареї і інвертора, що утворюють джерело безперебійного живлення (ДБЖ), можна забезпечити роботу комп'ютерів для коректного завершення вирішуваних завдань. У більш складних відповідальних системах інверторні пристрої можуть працювати в тривалому контрольованому режимі паралельно з мережею або незалежно від неї. Крім «самостійних» додатків, де інвертор виступає в якості джерела живлення споживачів змінного струму, широкий розвиток отримали технології перетворення енергії, де інвертор є проміжною ланкою в ланцюжку перетворювачів. Принциповою особливістю інверторів напруги для таких додатків є висока частота

перетворення (десятки-сотні кілогерц). Для ефективного перетворення енергії на високій частоті потрібно більш досконала елементна база (напівпровідникові ключі, магнітні матеріали, спеціалізовані контролери). Як і будь-яке інше силове пристрій, інвертор повинен мати високий ККД, володіти високою надійністю і мати прийнятні масо габаритні характеристики.

Робота інвертора напруги заснована на перемиканні джерела постійної напруги з метою періодичної зміни полярності напруги на затискачах навантаження. Частота перемикання задається сигналами управління, які формувались керуючої схемою (контролером).

Контролер також може вирішувати додаткові завдання:

1. регулювання напруги;
2. синхронізація частоти перемикання ключів;
3. захистом їх від перевантажень; та ін.

Ключі інвертора повинні бути керованими (вмикаються і вимикаються по сигналу управління), а також мати властивість двосторонньої провідності струму. Як правило, такі ключі отримують шунтуванням транзисторів зворотними діодами. Виняток становлять польові транзистори, в яких такий діод є внутрішнім елементом їх напівпровідникової структури. Регулювання вихідної напруги інверторів досягається зміною площі імпульсу напівхвилі. Найбільш просте регулювання досягається регулюванням тривалості (ширини) імпульсу напівхвилі. Такий спосіб є найпростішим варіантом методу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) сигналів. Порушення симетрії полуволин вихідної напруги породжує побічні продукти перетворення з частотою нижче основної, включаючи можливість появи постійної напруги, неприпустимою для ланцюгів, що містять трансформатори. Для отримання керованих режимів роботи інвертора, ключі інвертора і алгоритм управління ключами повинні забезпечити послідовну зміну структур силового ланцюга, званих прямий, коротко замкнутої і інверсний.

Існує велика кількість варіантів побудови схем інверторів. Історично першими були механічні інвертори, які в епоху розвитку напівпровідникових технологій замінили більш технологічні інвертори на базі напівпровідникових елементів, і цифрові інвертори напруги. Але все ж, як правило, виділяють три основні схеми інверторів напруги:

- 1) Мостовий ІН без трансформатора. Область застосування: пристрої безперебійного живлення потужністю понад 500 ВА, установки з високим значенням напруги (220..360 В).

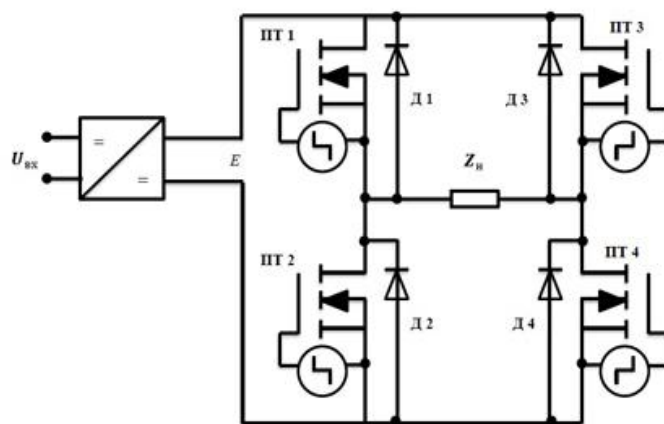


Рис. 5.6. Мостовий ІН без трансформатора

- 2) З нульовим виводом трансформатора. Область застосування: Пристрої безперебійного живлення комп'ютерів потужністю (250 .. 500 ВА), при низькому значенні напруги (12..24 В), перетворювачі напруги для рухливих систем радіозв'язку.

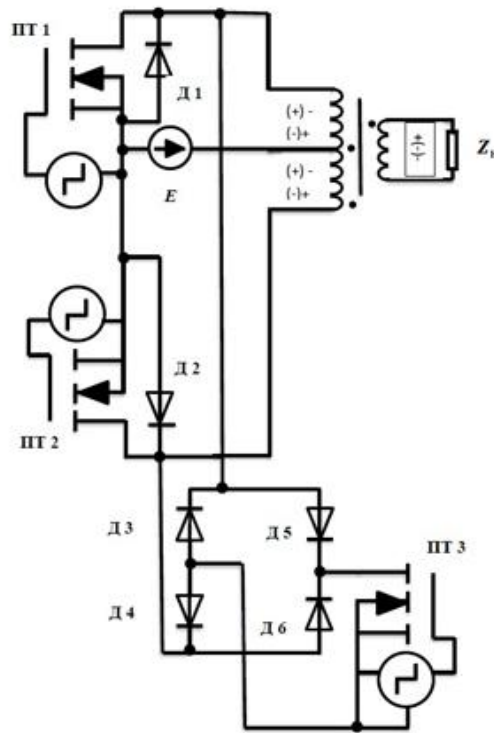


Рис. 5.7. Інвертор напруги з нульовим виводом трансформатора.

- 3) Мостова схема з трансформатором. Область застосування: Пристрої безперебійного живлення відповідальних споживачів з широким діапазоном потужностей: одиниці - десятки кВА.

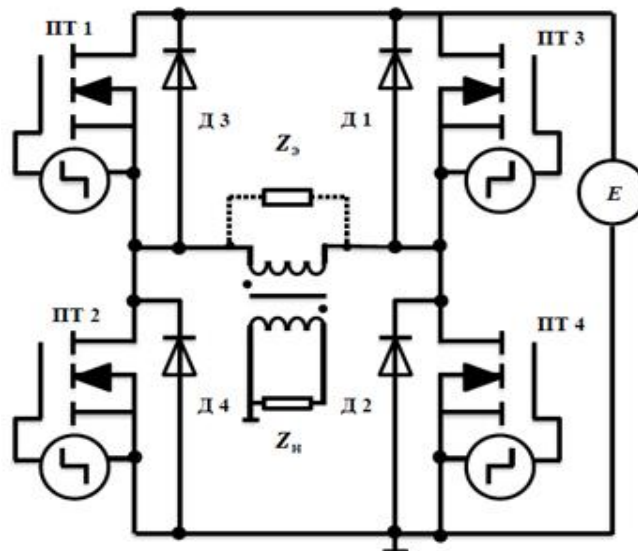


Рис. 5.8. Мостовий інвертор напруги з трансформатором.

Інвертори з прямокутною формою вихідної напруги

Перетворення постійної напруги первинного джерела в змінне досягається за допомогою групи ключів, періодично комутованих таким чином, щоб отримати знакозмінні напруга на затискачах навантаження і забезпечити контрольований режим циркуляції в ланцюзі реактивної енергії. В таких режимах гарантується пропорційність вихідної напруги. Залежно від конструктивного виконання модуля перемикання (модуля силових ключів інвертора) і алгоритму формування керуючих впливів, таким фактором можуть бути відносна тривалість імпульсів управління ключами або фазовий зсув сигналів управління протифазних груп ключів. У разі неконтрольованих режимів циркуляції реактивної енергії реакція споживача з реактивними складовими навантаження впливає на форму синусоїдальної вихідної напруги інвертора. Потім цю напругу постійного струму за допомогою, як правило, мостового інвертора перетворюється в змінну напругу за формою, близьке до синусоїдальному, за рахунок застосування відповідних принципів управління транзисторами цього мостового інвертора.

Ідея цієї «багаторазової» ШІМ полягає в тому, що на інтервалі кожного напівперіоду вихідної напруги інвертора відповідна пара транзисторів мостового інвертора комутується на високій частоті (багаторазово) при широтно-імпульсному управлінні. Причому тривалість цих високочастотних імпульсів комутації змінюється за синусоїдальним законом. Потім за допомогою високочастотного фільтра нижніх частот виділяється синусоїдальна складова вихідної напруги інвертора.

При використанні однополярного джерела постійної напруги (доступні рівні 0 і U_d , де U_d - напруга постійного струму, що живить інвертор) ефективно значення першої гармоніки фазної напруги.

Інвертори напруги з самозбудженням

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						90
		№ Документа__	Підпис	Дата		

Інвертори з самозбудженням (автогенератори) відносяться до числа найпростіших пристроїв перетворення енергії постійного струму.

Відносна простота технічних рішень при досить високій енергетичній ефективності призвело до їх широкому застосуванню в малопотужних джерелах живлення в системах промислової автоматики і генеруванні сигналів прямокутної форми, особливо в тих додатках, де відсутня необхідність в управлінні процесом передачі енергії. У цих інверторах використовується позитивний зворотний зв'язок, що забезпечує їх роботу в режимі стійких автоколивань, а перемикання транзисторів здійснюється за рахунок насичення матеріалу магнітопроводу трансформатора. У зв'язку зі способом перемикання транзисторів, за допомогою насичення матеріалу магнітопроводу напруги і його вихідну величину.

Інвертори напруги із ступінчастим формою кривої вихідної напруги.

Принцип побудови такого інвертора полягає в тому, що за допомогою попереднього високочастотного перетворення формуються однополярні ступінчасті криві напруги, що наближаються за формою до однополярної синусоїдальної кривої з періодом, рівним половині періоду зміни вихідної напруги інвертора. Потім за допомогою, як правило, мостового інвертора однополярні ступінчасті криві напруги перетворюються в різнополярних криву вихідної напруги інвертора.

Інвертори з синусоїдальною формою вихідної напруги

Принцип побудови такого інвертора полягає в тому, що за допомогою попереднього високочастотного перетворення отримують напругу постійного струму, значення якого близько до амплітудному значенням трансформатора, виділяють недолік схем інверторів, а саме низький ККД, що пояснюється великими втратами в транзисторах.

Однофазні інвертори

					КРБ.ЕТмПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						91
		№ Документа__	Підпис	Дата		

- 1) Перша група більш дорогих інверторів забезпечує синусоїдальну вихідну напругу.
- 2) Друга група забезпечує вихідна напруга спрощеної форми, що замінює синусоїду. Найчастіше використовується сигнал у вигляді трапецеїдального синуса
- 3) Для переважної більшості побутових приладів не допустимо використовувати змінну напругу з спрощеної формою сигналу. Синусоїда важлива для приладів, що містять електродвигуни / трансформатори і деяких телекомунікаційних, вимірювальних, лабораторних приладів, медичної апаратури, а також професійної аудіо апаратури. Вибір інвертора проводиться виходячи з пікової потужності енергоспоживання стандартного напруги 220В / 50Гц.

Існують три режими роботи інвертора:

- 1) Режим тривалої роботи. Даний режим відповідає номінальній потужності інвертора.
- 2) Режим перевантаження. В даному режимі більшість моделей інверторів протягом декількох десятків хвилин (до 30) можуть віддавати потужність в 1,2-1,5 рази більше номінальної.
- 3) Режим пусковий. В даному режимі інвертор здатний віддавати підвищену моментальну потужність протягом декількох мілісекунд для забезпечення запуску електродвигунів і ємкісних навантажень.

Трифазні інвертори

Трифазні інвертори зазвичай використовуються для створення трифазного струму для електродвигунів, наприклад, для живлення трифазного асинхронного двигуна. При цьому обмотки двигуна безпосередньо підключаються до виходу інвертор.

Вибір інверторів.

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						92
		№ Документа__	Підпис	Дата		

Номінальна потужність ФЕС 10МВт, для станції підбираємо 14 інверторів потужністю 150кВт виробництва фірми Sunny Centrals, модель «SMA Sunny Highpower Peak3 SHP 150-20» - потужний інвертор середньої напруги для прямого забезпечення споживачів:

- Максимальна напруга постійного струму: 1500В
- Вихідна потужність змінного струму: 150 кВт

Розроблено з урахуванням унікальних потреб комунальних підприємств потужністю до 150 кВт від піонера систем фотоелектричних електростанцій. SMA SHP PEAK3 означає чисту потужність. Завдяки своїй компактній конструкції інвертор забезпечує найвищу питому потужність на пристрій. Переваги: оптимальна продуктивність при легкій вазі. У результаті здешевлюється транспортування і спрощується установка. У поєднанні зі специфічними для проекту комбайнерами постійного струму масив фотоелектричних модулів може бути збільшений до 150 %. Менеджер даних enpexOS доповнює систему і дозволяє їй виконувати всі вимоги оператора мережі

5.9. Трансформатор - визначення, принцип роботи, типи.

Трансформатор напруги це пристрій, що використовується в електричних ланцюгах, для того щоб змінити напругу електроенергії. Дані електронні пристрої можуть використовуватися як для підвищення електричної енергії, так і для зниження, ними забезпечується захист окремих електричних приладів і будівель. В основі роботи трансформатора лежить принцип електромагнітної індукції. Залізне ядро навантажено в ізоляційне масла, яке не проводить електрику. Котушки дроти фізично не підключені.

Провід першої котушки має більше витків, ніж у другій. Різне число витків обмоток забезпечує різницю напруги котушок. Трансформатори високої напруги працюють тільки з ланцюгами змінного струму. Ємнісні трансформатори є

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						93
		№ Документа_	Підпис	Дата		

пасивними пристроями - вони не додають потужність. Але зате не тільки контролюють кількість проходить енергії, але і гарантують високу ККД - потужні вимірювальні трансформатори струму і напруги здатні передавати струм з напругою від 6 кВ до 10 кВ без втрат.

Трансформатор складається з двох котушок, намотаних на залізне ядро. Коли струм змінної напруги проходить через первинну котушку, навколо неї утворюється магнітне поле, завдяки якому забезпечується виконання закону електромагнітної індукції. Сила магнітного поля збільшується, якщо струм зростає від нуля до її максимального значення, заданого у формулі $d\Phi / dt$. Магнітний потік може змінювати свій напрям в обидві сторони (на підйом і спад), в залежності від галузі використання пристрою. Проте, напруженість магнітного поля залежить від числа витків обмоток в ядрі, чим менше витків - тим нижче показник магнетизму. Коли струм зменшується, напруженість магнітного поля знижується. У тому випадку, коли лінії магнітного потоку ядра проходять через витки вторинної обмотки, напруга буде викликатися на вторинній обмотці. Кількість індукованої напруги буде визначатися за формулою: $N\Phi / dt$ (Закон Фарадея), де N - кількість витків котушки. Ця напруга має ту ж частоту, що напруга первинної обмотки.

Залежно від використання, конструкції і потужності існують такі види трансформаторів, розглянемо кожен клас докладно:

- 1) **1) Автотрансформатор** (від 0,3 до 6 кВт) має одну обмотку з двома кінцевими клемами, а також один або більше терміналів в проміжних точках трансформатора, в якому розміщені первинні і вторинні котушки. Найчастіше це однофазний трансформатор напруги. Представлений маркою ОСМ;
- 2) **Трансформатор струму** має первинну і вторинну обмотку, магнітний сердечник, а також спеціальні резистори, оптично датчики, які допомагають прискорювати процеси регулювання напруги. Змінний струм,

					КРБ.ЕТмПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						94
		№ Документа__	Підпис	Дата		

що протікає в первинній, виробить перемінне магнітне поле в осерді, який потім індукуює змінний струм в обмотці вторинному ланцюзі. Головною метою влаштування трансформації є забезпечення первинної та вторинної ланцюгів і рівняння їх сигналів, так щоб у вторинному ланцюзі струм був лінійно пропорційний первинному току. Для цього проводу пристрою з'єднують в розімкнений трикутник.

- 3) **Силовий трансформатор** - це електричний прилад, який передає струм між двома контурами за допомогою електромагнітної індукції. У свою чергу ці високовольтні трансформатори бувають понижуючі, що підвищують, масляні і сухі. НТС, НТМИ, НКФ, СРА, СРВ, ТМГ, ТСЗІ, АВВ, ОМ-0,63 до 160 КВА не може працювати з постійним струмом, хоча, коли він підключений до джерела постійного струму, трансформатор зазвичай дає короткий вихідний імпульс, під час підйому напруги.
- 4) **Трансформатор антирезонансного типу** - литі пристрої з напівзакритою структурою і гарною тепловою ізоляцією. Цей прилад може бути трифазний, однофазний. За принципом дії практично не відрізняється від силового трансформатора, але має невеликі розміри, добре підходить для всіх видів кліматичних умов. Це серії НАМИТ, НАМИ, ВАВИН. Антирезонансні прилади використовуються в умовах сильних навантажень або передачі сигналів на великі відстані.
- 5) **Заземлюючі трансформатори (або довантажувальні)** - пристрої спеціального призначення, головною особливістю яких є обмотки, з'єднані між собою зіркою або зигзагом. Вони використовуються, щоб дозволити три дроти (дельті) багатофазної системи з'єднуватися з фазою і нейтраллю навантажень, забезпечуючи зворотний шлях для струму в нейтралі. Заземлення трансформаторів часто включають одну обмотку трансформатора з зигзагоподібної конфігурацією, але іноді працює за допомогою з'єднання зірка-трикутник з виділених обмоток трансформатор, найчастіше застосовуються для підключення лічильника.

- 6) **Пік-трансформатори** використовуються для зіставлення імпульсних джерел і навантаження, з метою змінити полярність імпульсу, щоб відокремити постійний і змінний струми, додати сигнали. Найчастіше використовуються в комп'ютерних системах, радіозв'язку. У них спрощена конструкція: навколо ферромагнітном сердечника розташована обмотка з певною кількістю витків. Він захищає чутливі пристрої від замикання, зараз використовується рідко, його можуть замінити запобіжники або частотний стабілізатор. Це ідеальні пристосування для захисту електричної мережі приватного будинку, якщо дозволяють характеристики певної моделі;
- 7) **Домашній розподільчий трансформатор** використовується для передачі електричної енергії від джерела змінного струму до обладнання або пристрою, при цьому блокуючи передавальні здатності джерела живлення. Побутові розділові трансформатори 220 вольт забезпечують гальванічну розв'язку, регулювання напруги, і найчастіше використовуються для захисту від ураження електричним струмом, для придушення електричних перешкод на чутливих пристроях або передачі енергії між двома який підключеними контурами. Цей вид перетворювачів здатний блокувати передачу постійного струму від однієї схеми до іншої, але при цьому пропускаючи змінний струм. На його перевірці використовується напруга короткого замикання трансформатора (до 10 кВ, для більш потужних приладів можливі показники до 110 кВ) .характеристікі певної моделі;

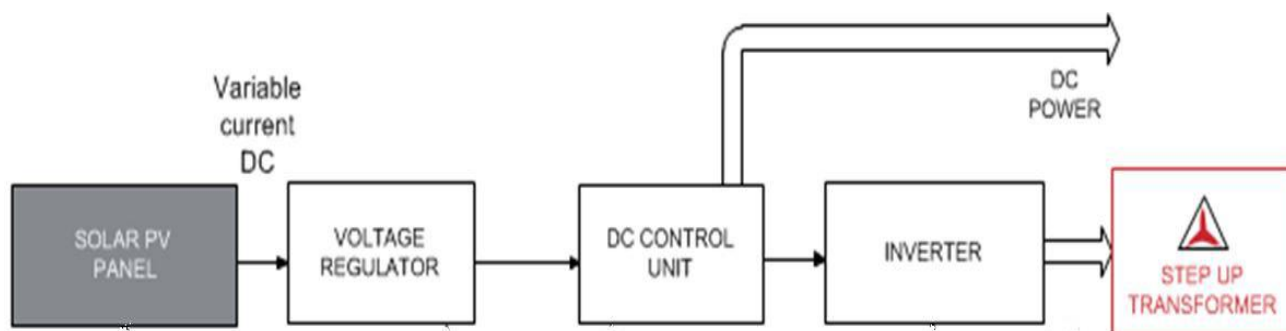


Рис. 5.9. Схема застосування підвищувальних трансформаторів на сонячних фотоелектричних ЕС

5.10. Вибір трансформатора

Для проектованої ФЕС вибираємо трансформатор силовий типу ТМ 1200, в кількості п'яти одиниць. Силовий олійною підвищує трифазний двохобмотувальні загального призначення нормального конструктивного виконання. Напруги регулюється без збудження. Для цього трансформатори оснащені високовольтними перемикачами, які приєднуються до обмотки високої напруги і дозволяють регулювати напругу ступенями при відключеному від мережі трансформаторі з боку НН і ВН з діапазоном $\pm 2 \dots 2,5\%$ Умовні позначення ТМ Х-Х / Х / Х У (ХЛ) 1 Т - Трансформатор трифазний М - Олійно охолодження Х1 - Граматичні із захистом масла. Потужністю від 630-2500 кВА Х2 - Номінальна потужність трансформатора, кВА Х3 - Номінальна напруга ВН, кВ Х4 - Номінальна напруга НН.

5.11. Додаткове обладнання.

Допоміжне обладнання, необхідне і застосовується при будівництві сонячних електростанцій: Кабель і роз'єми - комутація та підключення сонячних панелей. Для проектуємої ФЕС, ми використовуємо 14 кабелів по 200 м для виведення на 14 блоків + 5 кабелів по 150 м на змінний струм. В сумі 19 кабелів загальною протяжністю 1750 м.

Таблиця 5.1. Устаткування для створення ФЕС на озері Ялпуг.

Назва обладнання (деталей)	Кількість обладнання, штук.

Сонячна батарея Sola S132/M12H/660W, штук	15.152
Інвертор 150кВт виробництва фірми Sunny Centrals, модель «SMA Sunny Highpower Peak3 SHP 150-20», штук	14
Підвищуючий трансформатор «ТМ1200», штук	5
Понтони фірми «Ciel & Terre» системи «Hydrelio (основні і допоміжні), штук	15.406
	30.842
Якоря, штук	130
Кабель силовий, штук	14
Кабель для змінного струму, штук	5

6. ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

Капітальні вкладення

Капітальні вкладення – це використання фінансових ресурсів на відтворення (просте і розширене) основних засобів виробництва і невиробничого призначення, на створення нових, реконструкцію і розвиток основних засобів включно з об'єктами соціальної сфери.

Розрахунок капітальних вкладень проводимо згідно рекомендацій.

Таблиця 6.1. Капітальні вкладення в об'єкт.

Найменування обладнання	Кількість одиниць	Ціна за одиницю, грн	Загальна ціна обладнання, грн
Сонячна батарея Sola S132/M12H/660W	15.152	10 846₴	164 338 592₴
Інвертор 150кВт виробництва фірми Sunny Centrals, модель «SMA Sunny Highpower Peak3 SHP 150-20»	14	274 142,75₴	3 837 999₴
Підвищуючий трансформатор	5	2 620 000₴	13 100 000₴
Понтони фірми «Ciel & Terre» системи «Hydrelío» (основні та допоміжні)	15.406	1000₴	15 406 000₴
	30.842	250₴	7 710 500₴
Якорі «Холла 20 lbs»	130	1000₴	130 000₴
Кабель силовий 200 м	14	95,83₴ за метр	95 830₴
Кабель для змінного струму 150 м.	5	134,3₴ за метр	134 300₴

Бетонні блоки на дно озера.	15	400₴	6000₴
Суммарні капітальні витрати на закупку обладнання.			204 759 221₴

Таблиця 6.2. Витрати на підготовчі роботи

Вид діяльності	Витрати, грн
Прокладка кабелей на берег.	2000₴
Установка якорей і закріплення станції.	8000₴
Земляні роботи по котловану для берегових об'єктів.	15 000₴
Сумарні витрати на підготовчі роботи	25 000₴

Загальні витрати на закупівлю обладнання і виконання підготовчих робіт дорівнюють = 204 809 221 гривень.

Експлуатаційні витрати

Поточні витрати на обслуговування сонячних панелей (очищення від пилу та забруднень) протягом року, а також закупівля моючих та антикрижаних засобів та інструментів проводиться з нормативу 1 грн/м² в рік.

$$C_m = S_{\text{ген}} \times 1$$

$$C_m = 46.971 \times 1 = 46\,971 \text{ грн/год}$$

Де: C_m – вартість матеріалів на поточну експлуатацію ФЕС;

$S_{\text{ген}}$ - Генерируюча площа (площа всіх сонячних панелей 46 971 м²)

Розрахунок заробітної платні

Кількість персоналу станції 5 осіб. В нашому випадку станція соруджується поряд з насосною станцією водопровіду села Криничне, де вже працює вахтенний персонал, який може наглядати за ФЕС з оплатою по 10 000 грн. щомісяця на особу. Також необхідно мати 2 слесарів для нагляду і ремонту, а також очищення панелей с оплатою 12 000 грн.

Розраховуємо заробітню плату в рік:

$$C_{\text{осн}} = N_{\text{кол}} \times N_{\text{грн}} \times 12, \text{ грн}$$

$$C_{\text{осн}} = (10000 \times 3 + 12000 \times 2) \times 12 = 648\,000 \text{ грн}$$

Де: $C_{\text{осн}}$ – Витрати на заробітню плату, грн;

$N_{\text{кол}}$ – кількість працівників;

$N_{\text{грн}}$ – місячна ЗП, грн;

З крахування премій та обов'язкових платежів:

$$C_{\text{опл}} = C_{\text{осн год}} \times 1,1 \times 1,22, \text{ грн}$$

$$C_{\text{опл}} = 648\,000 \times 1,1 \times 1,22 = 869\,616 \text{ грн}$$

Основна заробітна плата співробітників насосної станції, залучених для обслуговування станції, на рік становить 869 616 гривень.

Витрати на річну експлуатацію ФЕС

$$C_{\text{экс}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{м}}$$

$$C_{\text{экс}} = 869\,616 + 46\,971 = 916\,587 \text{ грн};$$

Срок амортизації обладнання згідно з даними виробників 10 років.

Розрахунок доходу за рахунок продажу електроенергії по зеленому тарифу

Річне виробництво електроенергії на ФЕС 14.9654МВт* годин на рік.
Зелений тариф на Україні 5,5 грн/кВт* годину.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						101
		№ Документа_	Підпис	Дата		

$$B = E_{\text{ген}} \times N_{\text{зеленений тариф}}$$

$$B = 14,965,430 \times 5,5 = 82\,309\,865 \text{ грн/рік}$$

$E_{\text{ген}}$ – кількість електроенергії при нахилі панелей 30°.

Розрахунок річного прибутку ФЕС

$$П_{\text{пр}} = B - C_{\text{экс}} \text{ грн/год}$$

$$П_{\text{пр}} = 82\,309\,865 - 916\,587 = 81\,393\,278 \text{ грн/год}$$

Розрахунок окупності проекту

Термін окупності $T_{\text{ок}}$

$$T_{\text{ок}} = K/П$$

$$T_{\text{ок}} = 204\,809\,221/81\,393\,278 = 2,6 \text{ років;}$$

Таким чином, строк окупності складає біля 3 років.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3. Техніко-економічні показники проекту.

Показники	Одиниці вимірювання	Чисельне значення
Капітальні вкладення	Грн	204 809 221
Експлуатаційні витрати	Грн	916 587
Річний прибуток	Грн	81 393 278
Строк окупності	Років	2,6

ВИСНОВКИ

Потенціал сонячного випромінювання в районі с. Криничне на озері Ялпуг перевищує потенціал Одеси завдяки південному розташуванню та більшій кількості сонячних днів на рік.

Установлена потужність запропонованої першої черги станції дорівнює 10 МВт, що є достатнім для електропостачання понад 1000 котеджів або квартир навіть у зимовий період.

Офшорна ФЕС буде розміщена на плаваючій платформі, яка в свою чергу базуватиметься на спеціально спроектованих для умов озера Ялпуг понтонах, аналогічних системі «Hydrelio» фірми «Ciel & Terre». Блок конверторів та трансформаторів буде розташований на березі.

Строк окупності проекту - 3 років.

Офшорні ФЕС представляють інтерес для використання і на інших озерах і, особливо, солених лиманах Одеської області завдяки тому, що на відміну від звичайних ФЕС вони не потребують виділення землі, яка інтенсивно задіяна у сільському господарстві.

Запропонований у дипломі проект має пілотний характер: у разі успішної реалізації він може послужити базою для розгортання широкої програми оновлення енергетики України на основі плавучих офшорних ФЕС.

Мінімальний потенціал електрогенерації офшорних ФЕС на Придунайських озерах складає 10 ГВт.

Сумарний потенціал офшорних ФЕС для Півдня Одеської області складає 14 ГВт і є порівняним з максимальним сумарним потенціалом всієї атомної енергетики України.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						103
		№ Документа_	Підпис	Дата		

Необхідний об'єм інвестицій для реалізації даного потенціалу при затратах 2 \$/Вт не перевищує 28 млрд. доларів США.

Надлишки електроенергії дозволили б перейти до великомасштабного виробництва водню як палива майбутнього, а на його базі, до великомасштабного виробництва синтетичних біопалив (метану, бензину, дизельного пального і т.д.) з місцевих ресурсів біомаси.



Рис. В1. Виноградники біля о. Ялпуг
(Виноробня «Колоніст»)



Рис. В2. Різноманітні ландшафти з
умовами для туризму

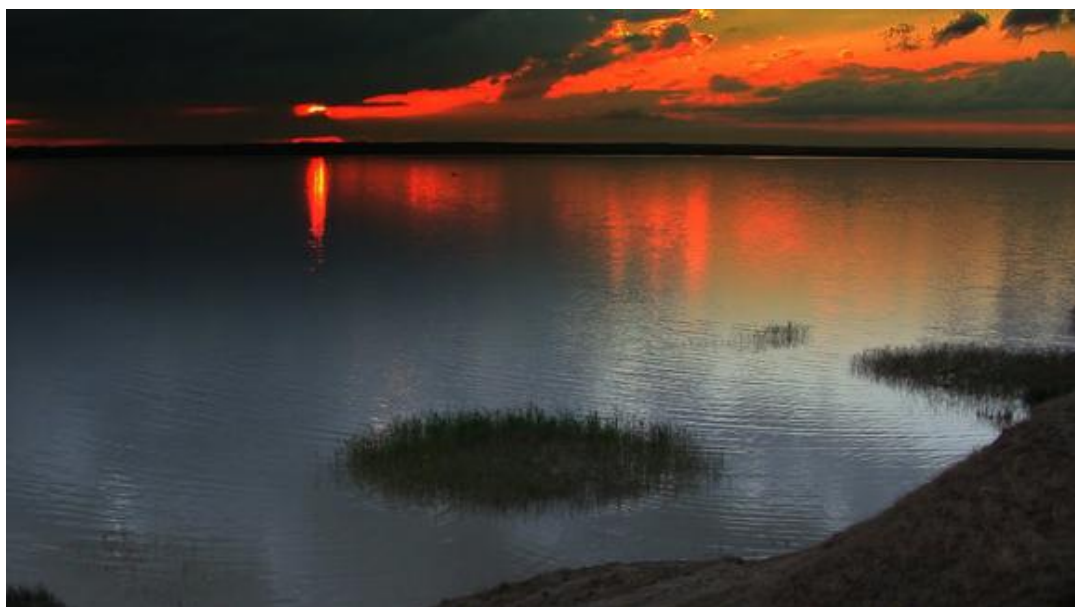


Рис. В3. Романтичні вечірні зорі на узбережжі о. Ялпуг біля с. Криничне.

Розроблений проект офшорної фотоелектричної станції для озера Ялпуг з урахуванням економічного і туристичного потенціалу місцевості (Рис. В1-В3) може бути розширеним з включенням окремих напрямків експлуатації плавучого острова електростанції:

- спортивне і любительське рибальство;
- відпочинок на обладнаних місцях практично на водній поверхні;
- купання та інші водні розваги
- спеціалізовані оздоровчі водні процедури;
- освітні послуги в галузі природничих та технічних наук.

Ці напрямки таі можливі інші варіанти будуть предметами наступних досліджень і розробок офшорних фотоелектричних станцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтернет-ресурс:

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96_%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8

2. Інтернет-ресурс:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D0%B7%D0%BB%D0%B8_\(%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4-%D0%94%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D0%B7%D0%BB%D0%B8_(%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4-%D0%94%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD))

3. Інтернет-ресурс: [https://www.eqmagpro.com/wp-](https://www.eqmagpro.com/wp-content/uploads/2019/07/Tendernotice_1_compressed-101-152.pdf)

[content/uploads/2019/07/Tendernotice_1_compressed-101-152.pdf](https://www.eqmagpro.com/wp-content/uploads/2019/07/Tendernotice_1_compressed-101-152.pdf)

4. Інтернет-ресурс: <http://www.gaisma.com/en/location/odesa.html>

5. Інтернет-ресурс: [https://ciel-et-](https://ciel-et-terre.net/central3d/elements/[EN]Ciel_et_Terre_Hydrelieo_aiR_leaflet_WEB.pdf)

[terre.net/central3d/elements/\[EN\]Ciel_et_Terre_Hydrelieo_aiR_leaflet_WEB.pdf](https://ciel-et-terre.net/central3d/elements/[EN]Ciel_et_Terre_Hydrelieo_aiR_leaflet_WEB.pdf)

6. Інтернет-ресурс: http://odnb.odessa.ua/view_post.php?id=140

7. Інтернет-ресурс: https://img1.wsimg.com/blobby/go/387e79f8-d205-493d-a495-69d9effe5d5c/downloads/C_T%20Catalog%20Hydrelieo%C2%AE%20Technology%20%282020-11%29.pdf?ver=1620323135226

8. Інтернет-ресурс: [http://transf.com.ua/produksiya/1-transformatory-silovye-](http://transf.com.ua/produksiya/1-transformatory-silovye-maslyanye/1-transformatory-silovye-maslyanye-tipa-tm/)
[maslyanye/1-transformatory-silovye-maslyanye-tipa-tm/](http://transf.com.ua/produksiya/1-transformatory-silovye-maslyanye-tipa-tm/)

9. Інтернет-ресурс: http://ecost.lviv.ua/ua/sonce_prunc_work_son_batter.html

10. Інтернет-ресурс: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/0017/8847/7489/files/SMA-](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0017/8847/7489/files/SMA-Sunny-Highpower-100-20-SMA-Sunny-Highpower-150-20-datasheet.pdf?1195)
[Sunny-Highpower-100-20-SMA-Sunny-Highpower-150-20-datasheet.pdf?1195](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0017/8847/7489/files/SMA-Sunny-Highpower-100-20-SMA-Sunny-Highpower-150-20-datasheet.pdf?1195)

11. Інтернет-ресурс: <https://www.solartopstore.com/collections/sma-sunny-highpower/products/sma-sunny-highpower-peak3>
12. Інтернет-ресурс: <https://sayanukr.com.ua/ua/p1647995176-monokristallicheskaya-solnechnaya-panel.html>
13. Дорошенко А. В., Киріллоу В. Х., Холпанов Л. П., Квурт Ю. П. Сонячні системи охолодження і кондиціонування повітря.
14. Методичні вказівки за розрахунком основних техніко-економічних показників системи холодопостачання в курсовій роботі для студентів спеціальності 090504. 2002.
15. Методичні вказівки по обґрунтуванню конструктивних розв'язань і визначенню економічної ефективності нової техніки (для студентів 090504 спеціальностей). 2002.
16. Ломовцев Б.А. Методичні вказівки до оформлення розрахунково-пояснювальних записок дипломних і курсових проектів.
17. Інтернет-ресурс:
https://images.prom.ua/3882207671_w640_h640_3882207671.jpg
18. Інтернет-ресурс: <http://www.agse-geologues.fr/documents/2018/Brochure%20Floating%20Solutions%202018.pdf>
19. Інтернет-ресурс:
<http://publicaccessdocuments.eastsuffolk.gov.uk/NorthgatePublicDocs/01093127.pdf>
20. Інтернет-ресурс: https://www.asiacleanenergyforum.org/wp-content/uploads/2018/06/Why-Floating-Solar-With-Ciel-_-Terre.pdf
21. Дорошенко О.В., Глауберман М.О. Альтернативна енергетика, сонячні системи тепло-холодопостачання: моногр. - Одеса: Одеськ. нац. ун-т ім. І.І. Мечникова, 2012. І.І. Мечникова, 2012. - 447 с.

22. Інтернет-ресурс:

https://www.researchgate.net/publication/357237589_Floating_Structure_with_Stabilised_Buoyancy_Control_Device_for_Photovoltaic_Application

23. Інтернет-ресурс: <http://chem21.info/info/1645106/>

24. Інтернет-ресурс: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/20/7462>

25. Інтернет-ресурс: https://uk.wikipedia.org/wiki/Придунайські_озера_України

26. Інтернет-ресурс:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5_\(%D1%81%D0%BC%D1%82\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5_(%D1%81%D0%BC%D1%82))

27. Інтернет-ресурс: <http://cabex.com.ua/>

28. Інтернет-ресурс: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=1884>

29. Інтернет-ресурс: <https://www.sma.de/en/products/solar-inverters>

30. Інтернет-ресурс: <http://solarsk.com.ua/typography/101-sun-ukraine/>

31. Інтернет-ресурс: <https://ciel-et-terre.net/>

32. Інтернет-ресурс: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/0470014008>

33. Інтернет-ресурс:

https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_thermal_hybrid_solar_collector

34. Інтернет-ресурс: <http://atrans.in.ua/harakteristeka-transformatora>

35. Інтернет-ресурс: <https://www.sea.com.ua/ua/oborudovanie-dlya-energetiki/transformatory-dla-alternativnoj-energetiki-ecop/>

36. Інтернет-ресурс: http://www.atmosfera.ua/pvsolar/tipy-solnechnyx-panelej_pvsolar

37. Мейтін М. Фотовольтаїка: матеріали, технології, перспективи.

38. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_technology

39. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy

40. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_thermal_energy

41. Відновлювані джерела енергії. Рік: 1990. Автор: Твайделл Дж., Вейр А.
Перекладач: Коробков В.А. Видавництво: М.: Енергоатоміздат.

42. Інтернет-ресурс: <https://www.theguardian.com/environment/2016/feb/29/worlds-biggest-floating-solar-farm-power-up-outside-london>
43. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_irradiance
44. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell
45. Інтернет-ресурс: http://travel.org.ua/sunrise/coordinates.php?w_id=63
46. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Crystalline_silicon
47. Інтернет-ресурс: <http://www.solar-battery.com.ua/karta-solnechnoy-aktivnosti-v-ukraine/>
48. Інтернет-ресурс:
https://www.researchgate.net/publication/357237589_Floating_Structure_with_Stabilised_Buoyancy_Control_Device_for_Photovoltaic_Application
49. Інтернет-ресурс: <https://ciel-et-terre.net/central3d/solar.html>
50. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_thermal_energy
51. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power
52. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_power_station
53. Інтернет-ресурс: <http://www.getsurrey.co.uk/news/surrey-news/largest-floating-solar-panel-europe-10924136>
54. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Grid-connected_photovoltaic_power_system
55. Інтернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_mitigation

ДОДАТОК

ГРАФИЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

					КРБ.ЕТмПЕ.1.119-03.1.2	Лист
						110
		№ Документа_	Підпис	Дата		