

(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній рівень)

на тему: Ефективність використання сонячно-електричних енергоустановок в природо-кліматичних умовах України

Виконав: студент 6 курсу, групи ЕММ-61
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка і електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	Кондратюк О. С. (прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Козак К. М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Коваль В. П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	Габрусєва І. Ю (прізвище та ініціали)

Реферат

Магістерська робота «Ефективність застосування сонячно-електричних енергоустановок в природо-кліматичних умовах України» складається з 108 сторінок, 31 рисунок, 10 таблиць, а також містить 44 джерела в переліку посилань.

У роботі розглядається можливість застосування енергоустановок для перетворення сонячної енергії в тепло та електрику на території України, а саме у Тернопільській області. Щорічно питання енергоефективності та енергозбереження посідає все вищі та вищі місця в списку проблем людства. Саме тому існує потреба в дослідженні ефективності застосування геліоустановок на території України.

Метою магістерської роботи є дослідження ефективності застосування сонячних електростанцій для виробництва електричної енергії та сонячних колекторів для виробництва тепла в природо-кліматичних умовах України.

Об'єктом дослідження є процес оцінки ефективності застосування сонячних установок для виробництва електроенергії та тепла на території України.

Впровадження в практику пропозицій та рекомендацій щодо використання сонячної енергії для отримання тепла та електрики сприятиме підвищенню енергетичної безпеки України, забезпечуватиме зменшення її залежності від країн-експортерів енергоресурсів.

Ключові слова: сонячна енергетика, колектор, фотоелектрична панель, відновлювані джерела енергії.

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Реферат	Літ.	Арк.	Арквівів
Розробив	Кондратюк О							
Перевірів	Козак К. М.							
Консульт.	Козак К. М.					ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		
Н.Контрол	Коваль В. П.							
Затверд.	Тарасенко М.							

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
ВСТУП.....	8
1 ЛІТЕРАТУЛЬНИЙ ОГЛЯД	Error! Bookmark not defined.1
1.1. Ефективність використання сонячної енергії в Україні та світі.....	Error! Bookmark not defined.1
1.2. Сонячна енергія та методи розрахунку її надходження.....	Error! Bookmark not defined.6
1.3. Аналіз існуючих установок для перетворення сонячної енергії для теплопостачання.....	21
1.4. Аналіз існуючих установок для перетворення сонячної енергії для електропостачання	31
Висновки до розділу	Error! Bookmark not defined.37
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	38
2.1. Вибір основного обладнання для сонячної електростанції то схема її підключення	38
2.2. Оцінка ефективності сонячної електростанції.....	44
2.3. Вибір сонячного колектора та пристроїв, необхідних для його нормальної роботи	Error! Bookmark not defined.54
2.4.Оцінка ефективності сонячної установки для гарятого водопостачання	Error! Bookmark not defined.59
Висновки до розділу.....	Error! Bookmark not defined.71
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	Error! Bookmark not defined.73

4 Обґрунтування економічної ефективності.....					Error! Bookmark not defined.76			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	КМР 18-312.00.00.000 ПЗ			
Розробив	Кондратюк О.				Джерела	Літ.	Адк.	Адк.внш.
Перевірів	Козак К. М.							
Консульт.	Козак К. М.					ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		
Н.Контрол	Коваль В. П.							
Затверд.	Тарасенко М.							

4.1. Економічне обґрунтування доцільності фотоелектричних модулів.. **Error!**
Bookmark not defined.76

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1. Економічне обґрунтування доцільності сонячних колекторів.....	Error! Bookmark not defined.	79
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....		82
5.1. Охорона праці.....	Error! Bookmark not defined.	82
5.1.1. Дія електричного струму на організм людини, види електротравм.....	Error! Bookmark not defined.	82
5.1.2. Класифікація, реєстрація та технічне опосвідчення посудин, що працюють під тиском	Error! Bookmark not defined.	86
5.2.Безпека в надзвичайних ситуація	Error! Bookmark not defined.	89
5.2.1. Оцінка стійкості роботи об'єктів електротехнічної та світлотехнічної галузі, зокрема сонячно-електричних енергоустановок, до впливу вражаючих факторів ядерного вибуху	Error! Bookmark not defined.	89
5.2.2. Захист персоналу об'єктів енергетики від впливу іонізуючих випромінювань		93
6 ЕКОЛОГІЯ.....		96
6.1. Екологічність перетворення сонячної енергії в тепло.....	Error! Bookmark not defined.	96
6.2. Екологічність сонячних електростанцій ..	Error! Bookmark not defined.	97
ВИСНОВКИ	Error! Bookmark not defined.	1
Список використаних джерел.....	Error! Bookmark not defined.	102

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік умовних скорочень

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

ТЕС – теплова електростанція;

NREL – National Renewable Energy Laboratory;

СЕС – сонячна електростанція;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ФЕ – фотоелектричний.

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Перелік умовних скорочень	Літ.	Арк.	Архівів
Розробив		Кондратюк О						
Перевірів		Козак К. М.						
Консульт.		Козак К. М.				ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		
Н.Контрол		Коваль В. П.						
Затверд.		Тарасенко М.						

ВСТУП

Забезпечення потреб у енергоносіях залишається важливою проблемою для усього людства. На сьогодні найбільш поширеними є такі джерела енергії, як нафта, газ та вугілля. Але таке паливо є вичерпним, а клімат з кожним роком погіршується через його використання, що спричиняє негативні наслідки для планети. Ця ситуація привертає все більше уваги науковців із всього світу. Саме тому в сучасних тенденціях на світовому ринку енергетики важливу нішу займають відновлювані джерела енергії, як альтернатива традиційним видам ресурсів. Одним з найперспективніших і загальнодоступних напрямів розвитку ВДЕ являється сонячна енергетика.

Актуальність теми. На початку ХХІ століття для людства надзвичайно велике значення має проблема виробництва енергії без завдання шкоди навколишньому природному середовищу. Збільшення чисельності населення, неминуче вичерпання викопного палива, підвищення вартості традиційних джерел енергії та їх негативний вплив на оточуюче середовище – все це одні з найважливіших причин, які спонукали людство звернути свою увагу на альтернативні джерела енергії. Використання ВДЕ, таких як енергія сонця, вітру, енергія припливів та відпливів, геотермальна енергія, має глобальну перспективу для успішного розвитку цивілізації.

В сучасних умовах популяризації відновлюваних джерел енергії у світі постає питання їх використання в Україні. Для нашої країни найпопулярнішим альтернативним видом енергії довгі роки залишається енергія сонця. Це спричинено рядом факторів: легкістю встановлення сонячних установок, велика кількість сонячних технологій, менші капіталовкладення порівняно з іншими ВДЕ. Саме тому існує потреба в дослідженні ефективності застосування геліоустановок на території України.

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Арквівів
Розробив		Кондратюк О						
Перевірив		Козак К. М.						
Консульт.		Козак К. М.				ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		
Н.Контрол		Коваль В. П.						
Затверд.		Тарасенко М.						

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської роботи є дослідження ефективності застосування сонячних електростанцій для виробництва електричної енергії та сонячних колекторів для виробництва тепла в природо-кліматичних умовах України.

Для досягнення зазначеної мети у роботі вирішувались такі завдання:

- Оцінити потенціал сонячної енергії в різних регіонах світу, та порівняти його з потенціалом сонячної енергії в Україні;
- Дослідити методологію розрахунку сонячної інсоляції на поверхню планети;
- Проаналізувати наявне обладнання для перетворення сонячної енергії в тепло та електроенергію;
- Оцінити ефективність використання сонячної енергії для виробництва електрики на прикладі випраних модулів;
- Оцінити ефективність використання сонячної енергії для виробництва тепла на прикладі сонячного колектора.

Об'єктом дослідження є процес оцінки ефективності застосування сонячних установок для виробництва електроенергії та тепла на території України.

Предметом дослідження є теоретичні засади та оцінка ефективності застосування сонячних установок для отримання тепла та електрики в природо-кліматичних умовах України.

Методи дослідження. Теоретичним і методологічним підґрунтям магістерської роботи стали праці провідних вітчизняних та іноземних учених, методологія та загальносистемні принципи проведення комплексних наукових досліджень. Із спеціальних методів дослідження у роботі використані: абстрактно-логічний – при вивченні літературних джерел та дослідженні розвитку поставлених проблем; теоретичного узагальнення – у процесі дослідження наявних установок для перетворення сонячної енергії; спостереження, порівняльних переваг, економічного аналізу, економіко-статистичний – при оцінці можливого енергетичного та економічного ефекту від використання сонячних установок; пропорційних залежностей показників – при

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вивченні та виявленні залежностей між досліджуваними показниками.

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті проведеного дослідження сукупності теоретичних, методичних і статистичних методів оцінки ефективності застосування сонячних установок були одержані результати, які містять наукову новизну – обчислено можливий потенціал виробництва електроенергії сонячною електростанцією у Тернопільській області, а також проведено розрахунок, який показує на скільки знижується навантаження на систему гарячого водопостачання при застосування вакуумного колектора у Тернопільській області.

Практичне значення одержаних результатів. Впровадження в практику пропозицій та рекомендацій щодо використання сонячної енергії для отримання тепла та електрики сприятиме підвищенню енергетичної безпеки України, забезпечуватиме зменшення її залежності від країн-експортерів енергоресурсів. Результати дослідження рекомендовані до практичного застосування приватними домогосподарствами України.

Публікації.

Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на IV Міжнародній науково-технічній конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій» (20-21 червня 2019 року), Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Ефективність застосування сонячної енергії в Україні та в світі

У сучасному світі, при наближенні неминучого дефіциту ресурсів, постало питання ефективного використання відновлюваних джерел енергії. Найбільш перспективним таким джерелом є сонячне випромінювання, енергію якого використовують для перетворення в електрику та тепло.

За останні 9 років сонячна енергетика в сотню раз збільшила свої потужності з 3 ГВт до більш ніж 300 ГВт. Жодна інша технологія не може похвалитися такими ж успішними результатами. При цьому, вартість технології з 2009 року зменшилася на 75%. Сьогодні Індія вже відмовилася від будівництва 14 ГВт вугільних теплових електростанцій (ТЕС) на користь сонячних електростанцій завдяки економічності останніх [1].

В перспективі сектор зможе забезпечувати більшу частину потреб людства вже в 2060-му, відкинувши традиційну затратну енергетику далеко на задній план. При збереженні теперішньої тенденції щорічного приросту потужностей СЕС на 20-25%, вже до кінця 2100 року обсяги виробленої ними енергії в 3-4 рази перевищать можливості вугільної і нафтової енергетики, а атомної – більше, ніж в 6 разів [1].

Згідно даних дослідницького інституту National Renewable Energy Laboratory(NREL), близько 25% потреб в електроенергії США може бути забезпечено з допомогою дахових сонячних електростанцій. Україна показала результати в 22,1% приросту сонячних установок приватних домогосподарств в 1-му кварталі 2016 року порівняно з попереднім, 44,3% - в 2-му та 45,4% у

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Розділ 1			Літ.	Арк.	Арквщів	
Розробив	Кондратюк О										
Перевірив	Козак К. М.										
Консульт.	Козак К. М.							ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕММ-61			
Зав. Каф.	Тарасенко М.										
Н. Контр.	Коваль В. П.										

третьому та 77,4% в четвертому кварталі . За підсумками 2016-2017 років, сукупна потужність таких станцій склала 16,7МВт, з яких 14,5 МВт з'явилися саме у 2016 році. За перший квартал 2017 –го приріст таких потужностей становить 20%. Для порівняння, встановлена потужність сонячних електростанцій (СЕС) приватних домогосподарств Італії складає 3ГВт. Це зумовлено механізмом стимулювання розвитку чистих технологій в країні, завдяки чому окупність мікропроектів СЕС складає декілька років і власник сонячної установки отримує повернення своїх інвестицій в проект [1].

Якщо поглянути на загальний атлас соняного випромінювання (Global Solar Atlas) [2], то в кожній частині світу виділяється декілька місць з високим потенціалом ефективного використання сонячної енергії. Це обумовлено вдалим географічним розміщенням і значним сонячним випромінюванням.

Для Північної Америки, наприклад, це фактично вся територія Мексики ($1800 - 2400 \text{ кВт/м}^2$) та південна частина США ($1800 - 2200 \text{ кВт/м}^2$).

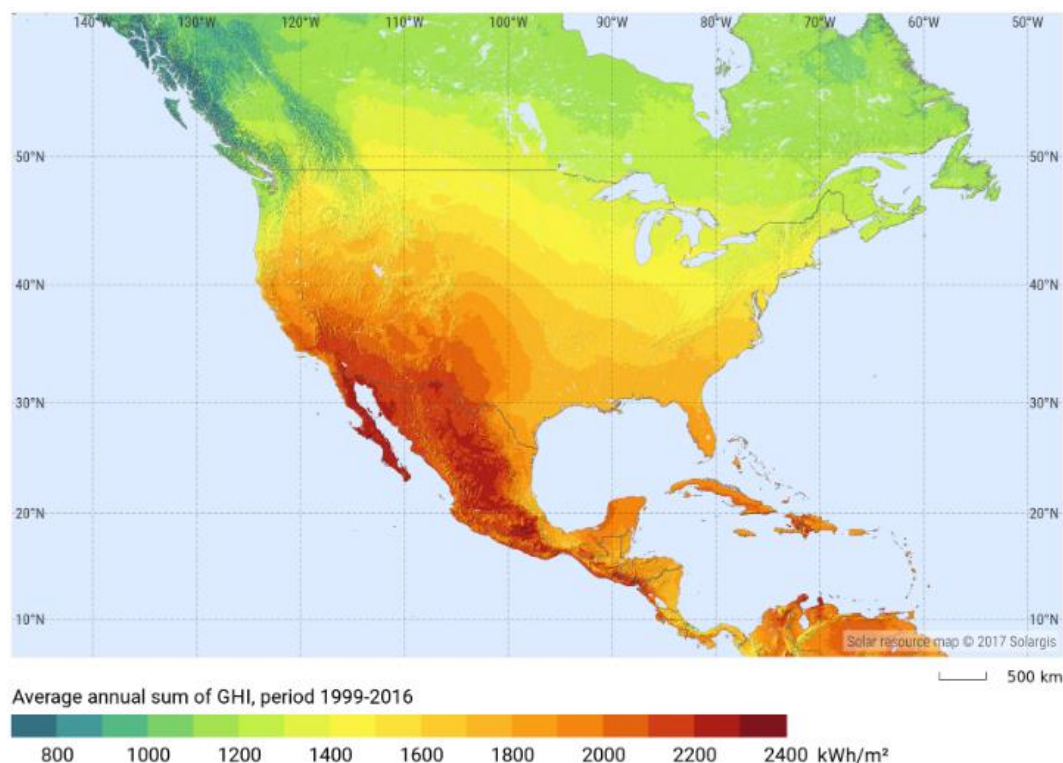


Рис. 1.1. – Мапа сонячного випромінювання – Північна Америка [3].

У своїй статті Е. Кабіра, П. Кумар, С. Кумар стверджують, що Австралія має найвищу сонячну радіацію на квадратний метр із усіх материків і є

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найкращим ресурсом сонячної енергії в світі [4]. Високий рівень сонячного випромінювання ($1600 - 2400 \text{ кВт/м}^2$) по всій території материка підтверджують ці слова.

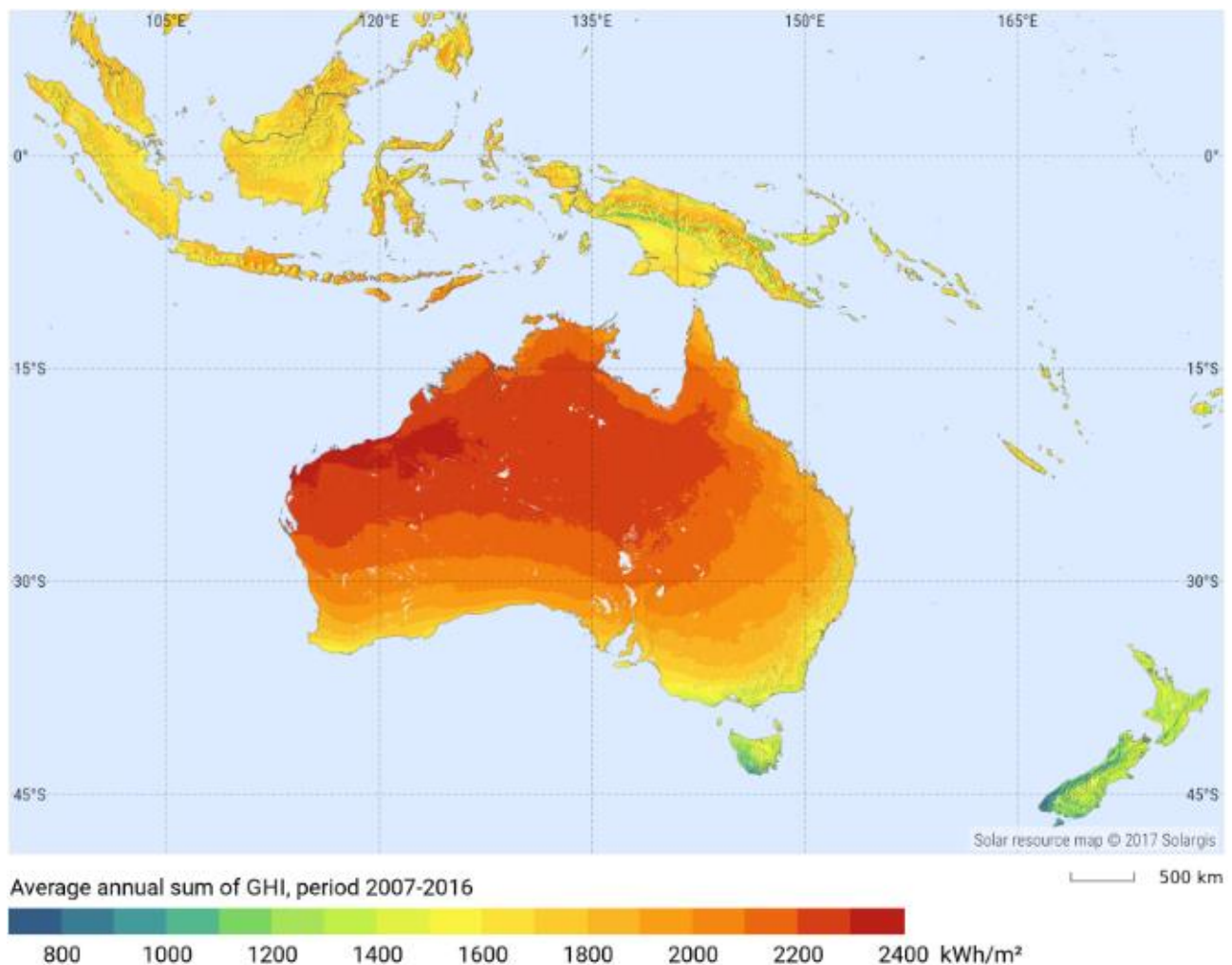


Рис. 1.2. – Мапа сонячного випромінювання – Австралія [3].

В свою чергу С.В. Нараєвський у своїй статі наводить дані окремих регіонів світу. Лідируючу позицію за ефективністю роботи сонячної енергетики в Європі займає Іспанія ($1400 - 1800 \text{ кВт/м}^2$). Показник України ($1100 - 1400 \text{ кВт/м}^2$) знаходиться на середньоєвропейському рівні, що є непоганим результатом [5].

Зокрема, потенціал роботи сонячної енергетики України є вищою, ніж у Швейцарії ($1000 - 1100 \text{ кВт/м}^2$), яка має гірші показники інтенсивності сонячного випромінювання ніж Україна, а також Данії (1000 кВт/м^2) та Нідерландів (1000 кВт/м^2), які почали активно розвивати сонячну енергетику значно раніше, ніж Україна. Такий результат ефективності роботи сонячної

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

енергетики України зумовлений розміщенням сонячних електростанцій у південних регіонах, що мають більшу інтенсивність сонячного випромінювання,

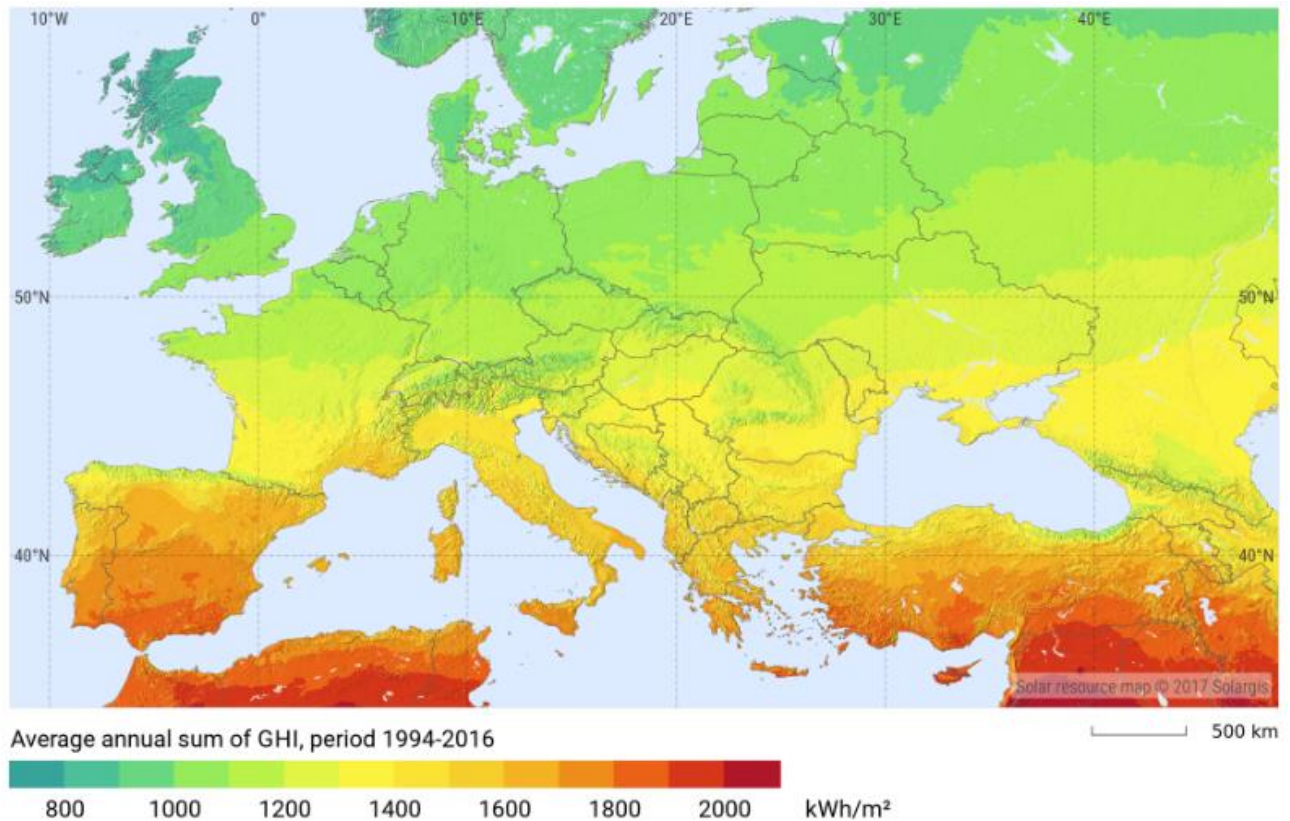


Рис. 1.3. – Мапа сонячного випромінювання – Європа [3].

ніж області Центральної та Північної України, а самі сонячні електростанції є потужними та сучасними об'єктами, які збудовані з використанням останніх технічних досягнень [5].

У своїх дослідженнях І.В. Стеценко та Ю.А. Зав'ялець зазначають, що сонячна енергія характеризується значним запасом у порівнянні з будь-якими традиційними джерелами і доступна у відкритій формі (не потрібні ліцензії на видобування та немає обмежень на кількість). Середньомісячний потенціал сонячної енергії в Україні складає 1235 кВт-год/м² (таку енергію можна отримати при спалюванні 100 м³ газу) і є значно вищим ніж, наприклад, в Німеччині (1000 кВт-год/м²) чи у Польщі (1080 кВт-год/м²) [6].

Якщо ж поглянути на карти ефективного сонячного випромінювання рис.1.1, то можна побачити, що різниця можливості використання сонячної енергії між північними і південними містами України невелика. Середньорічний

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потенціал таких міст як Миколаїв, Херсон, Одеса, Сімферополь високий і складає 1600-1800 МДж/м² на рік. Міста, які знаходяться на півночі країни (Луцьк, Рівне, Чернігів), отримують менше сонячної енергії – 1200-1400 МДж/м² на рік.

Також на ефективність сонячних установок впливають кількість хмарних

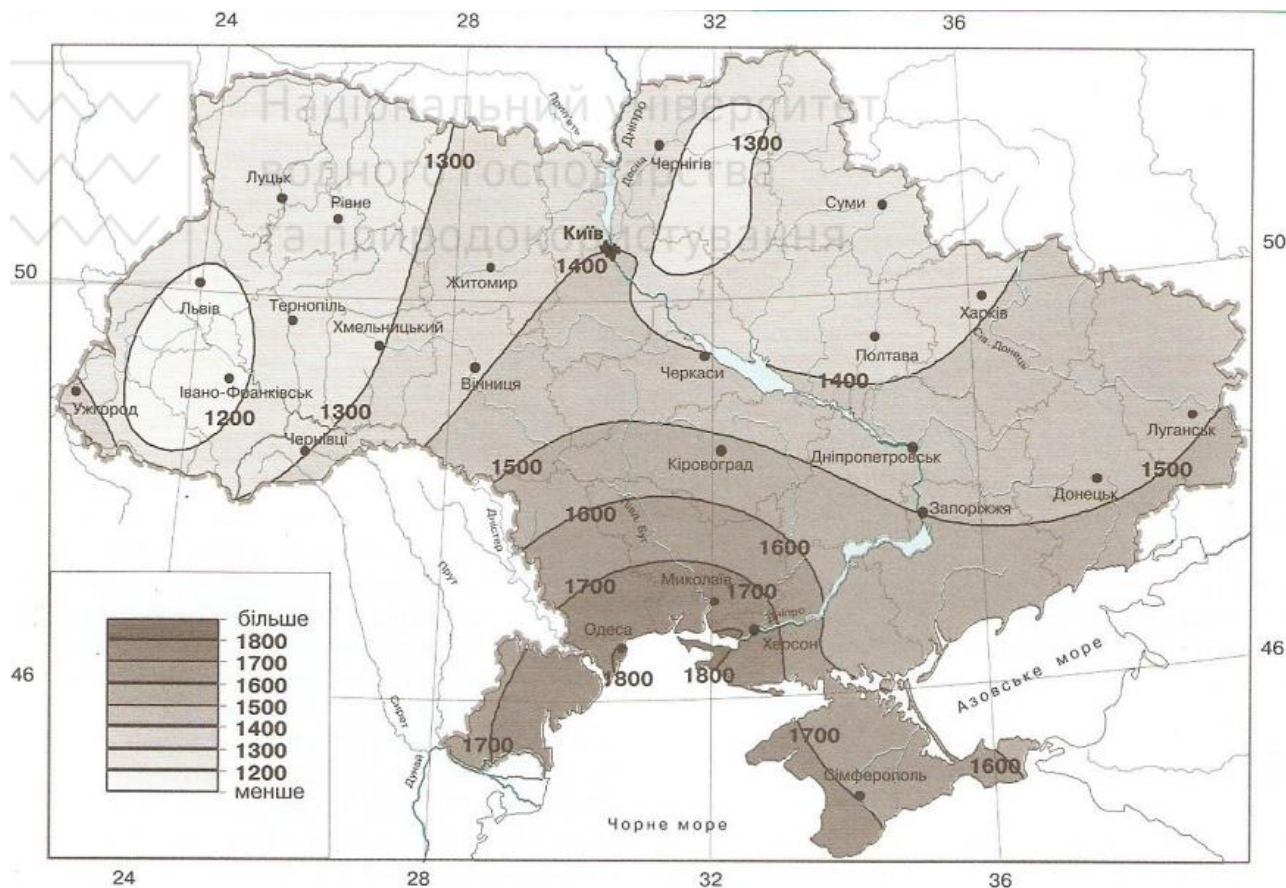


Рис. 1.4. – Сума ефективного сонячного випромінювання (МДж/м²) на рік [7].

днів у році. Ступінь покриття хмарами оцінюється візуально за десятибальною шкалою, де «0» балів – повна відсутність хмар, а «10» – все небо покрито хмарами. Для оцінки стійкості ясної та похмурої погоди використовують інформацію про число ясних і похмурих днів за загальною та нижньою хмарністю [7].

Проаналізувавши показники активності сонячного випромінювання і середнього числа днів без сонця на рік, можна зробити висновок, що для використання геліосистем в природокліматичних умовах України сонячної енергії цілком достатньо. Використання сонячних енергоустановок для

виробництва тепла та електроенергії є економічно доцільним по всій території країни.

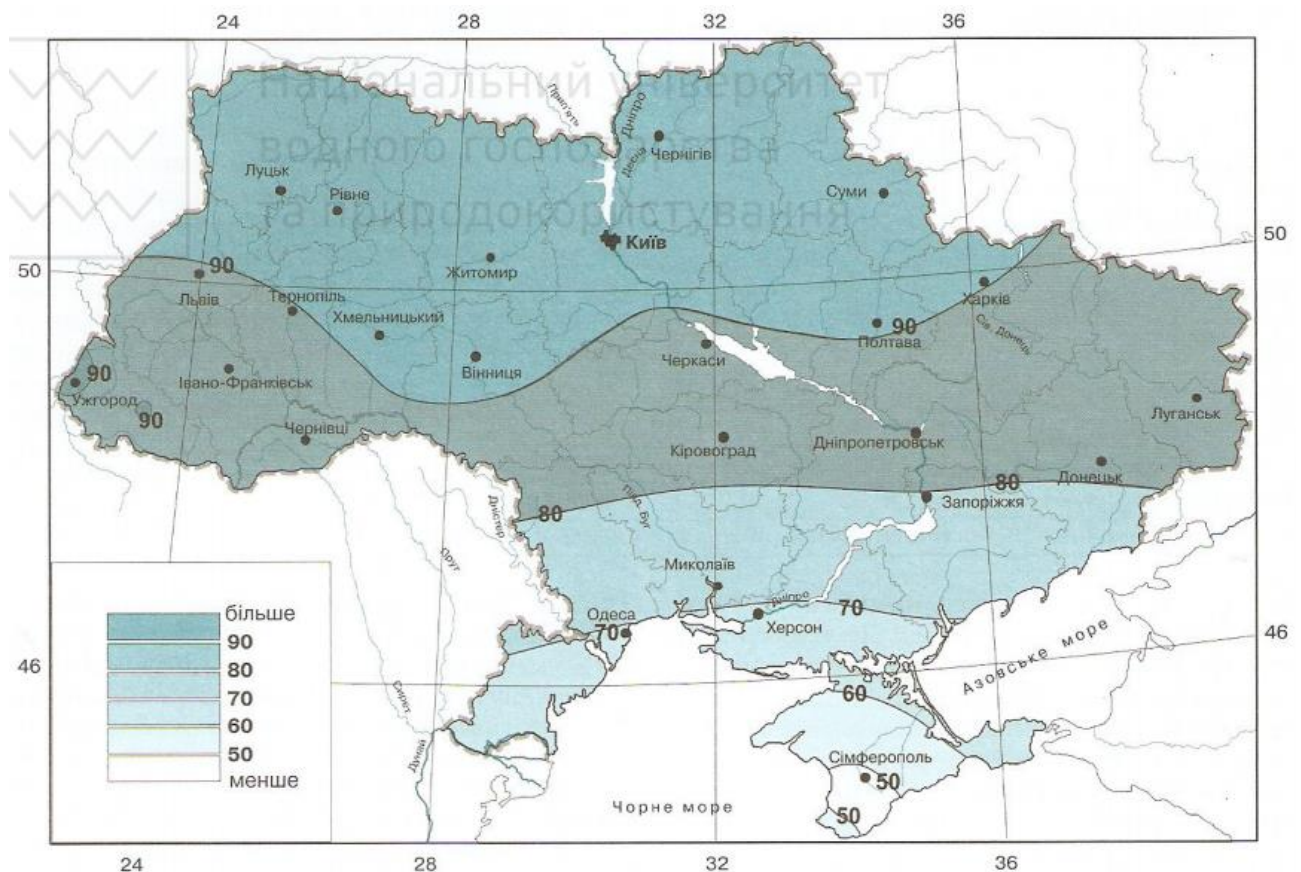


Рис. 1.5. – Середнє число днів без сонця на рік [7].

Стрімкий розвиток технологій використання сонячної енергії на сьогодні вивів галузь на зовсім новий якісний рівень - зростання ефективності сонячних панелей при одночасному здешевленні технологій та розширенні сфер їх застосування (сонячні дороги, тротуари, фарба, черепиця, які здатні виробляти електроенергію з енергії сонця, тканина, що накопичує сонячну енергію, , технології перетворення дощу в електроенергію завдяки сонячним батареям та ін.), - забезпечуючи щорічне скорочення світових викидів CO₂ [1].

1.2 Сонячна енергія та методи розрахунку її надходження

Джерела енергії поділяють на дві групи: відновлювані (нетрадиційні) та невідновлювані (традиційні). До відновлюваних відносять джерела на основі

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

періодично виникаючих чи постійно існуючих в навколишньому середовищі потоків енергії чи ресурсів. Невідновлювані – це природні запаси речовин і матеріалів, які можуть бути використані людиною для виробництва енергії.

На сьогоднішній день все більше авторів присвячує свої праці систематизації та вдосконаленню нетрадиційних джерел енергії та комплексному розрахунку систем, що дають можливість отримувати енергію на їх основі. Відновлювані джерела енергії мають достатньо великий потенціал для забезпечення потрібного життєвого рівня людей.

Так розраховано, що для отримання необхідної кількості нетрадиційної енергії для енергозабезпечення жителів міст потрібно використати лише 5 % чзайнятої ними площі.

Існує 5 основних видів джерел енергії:

- сонячне випромінювання;
- рух і притягання Сонця, Місяця і Землі;
- теплова енергія ядра Землі, а також хімічних реакцій і радіоактивного розпаду в її надрах;
- ядерні реакції;
- хімічні реакції різних речовин.

Перевагами сонячної енергії, порівняно з традиційними видами палива, є: невичерпність джерела енергії; можливість використання сонячної енергії практично на всіх ділянках земної поверхні; можливість безпосереднього перетворення сонячної енергії в теплову або електричну; можливість отримання високотемпературних теплоносіїв. Тому освоєння сонячної енергії здійснюється за трьома основними напрямками: тепловим, теплодинамічним та фотоелектричним.

Сонячне випромінювання, що падає по нормалі на поверхню Землі, змінюється через: зміни у відстані між Землею і Сонцем; атмосферне розсіювання молекулами повітря, водяної пари і пилу; атмосферне поглинання киснем, озоном, водою і вуглекислим газом [8].

У своїй статті М.Є. Касинець зазначає, що сонячна енергія досягає атмосфери напрямленим потоком, проте на поверхню Землі надходить як прямий

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потік так і розсіяне атмосферне випромінювання. Енергія випромінювання Сонця, падаючого за одиницю часу на одиницю площі поверхні, перпендикулярної потоку випромінювання в космічному просторі на середній відстані між Землею і Сонцем, дорівнює 1353 Вт/м^2 і називається сонячною сталою [8]. Цю енергію (1353 Вт/м^2) в ясну погоду могла б поглинути абсолютно чорна поверхня площею 1 м^2 , зорієнтована перпендикулярно до сонячних променів. Проте з урахуванням неповного поглинання сонячної енергії та втрат тепла в навколишнє середовище реальні та достатньо вискоєфективні сонячні установки можуть давати лише потужність $0,4\text{--}0,6 \text{ кВт/м}^2$ [9].

Кількість сонячної енергії, що надходить на земну поверхню, в 10 тисяч разів більша від світового загального споживання енергії. Підраховано, що не приносячи екологічної шкоди навколишньому середовищу, можна використовувати біля 15 % всієї сонячної енергії, що надходить на Землю, це еквівалентно $7,7 \cdot 10^{12}$ т.у.п. в рік. Для трансформації сонячної енергії розроблено ряд установок, які постійно вдосконалюються.

Поряд із тепловим використанням сонячної енергії та її фотоелектричним перетворенням в електроенергію застосовують фотобіологічне та хімічне перетворення сонячної енергії. Ефективність фотобіологічних перетворювачів оцінюється в 15 %, а хімічних – 20-60 %. Сонячна енергетика має важливе значення і для космічних польотів, адже фотоелектричні панелі можуть забезпечувати електроенергією космічні станції.

Сонячний спектр можна умовно поділити на три основні області:

- ультрафіолетове випромінювання ($\lambda < 0,4 \text{ мкм}$) – 9 % інтенсивності;
- видиме випромінювання ($0,4 \text{ мкм} < \lambda < 0,7 \text{ мкм}$) – 45% інтенсивності;
- інфрачервоне випромінювання ($\lambda > 0,7 \text{ мкм}$) – 46% інтенсивності.

Відомо, що Сонце, нагріте до температури 5 000 К, випромінює електромагнітні хвилі різної довжини, що утворюють сонячний спектр. Проте, проходячи через атмосферу, цей спектр змінюється (рис. 1.1).

Внесок в потік сонячного випромінювання із довжиною хвилі більше $2,5 \text{ мкм}$ є незначний, тому всі три області відносяться до короткохвильового випромінювання. Сонячна енергія досягає атмосфери направленим потоком,

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проте на поверхню Землі поступає як прямий потік, так і розсіяне атмосферне випромінювання.

Сонячне випромінювання, що падає по нормалі на поверхню Землі, змінюється через: зміни у відстані між Землею і Сонцем; атмосферне розсіювання молекулами повітря, водяної пари і пилу; атмосферне поглинання киснем, озоном, водою і вуглекислим газом.

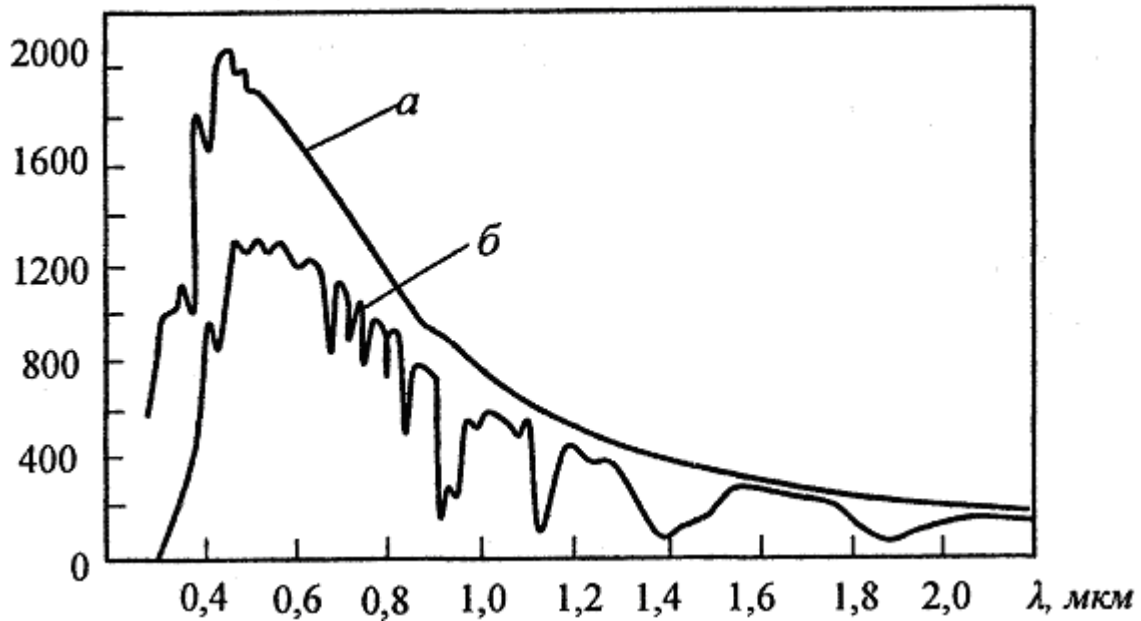


Рис. 1.6. – Спектри випромінювання

а – сонячного позаатмосферного; б – сонячного приземного

Прямим випромінюванням називається сонячна енергія, яка надходить від Сонця без зміни напрямку. Дифузним (розсіяним) – називається випромінювання від Сонця, яке надходить після зміни його напрямку в результаті відбивання і розсіювання атмосферою.

Енергія випромінювання Сонця, падаючого за одиницю часу на одиницю площі поверхні, перпендикулярної потоку випромінювання в космічному просторі на середній відстані між Землею і Сонцем, дорівнює $1\,353\text{ Вт/м}^2$ і називається сонячною сталою. Проте густина потоку сонячного випромінювання, що досягає верхньої межі атмосфери, відрізняється від сонячної сталої на $\pm 1,5\%$ в результаті флуктуації, та на $\pm 4\%$ протягом року в результаті еліптичності земної орбіти. Цю енергію ($1\,353\text{ Вт/м}^2$) в ясну погоду могла б поглинути абсолютно чорна поверхня площею 1 м^2 , зорієнтована

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перпендикулярно сонячним променям. Проте з врахуванням неповного поглинання сонячної енергії та втрат тепла в навколишнє середовище реально діючі та достатньо високоефективні сонячні установки можуть давати лише потужність 400 – 600 Вт/м².

Рівень розсіяної сонячної енергії в безхмарний день в 1,5-2 рази нижчий прямої і складає 150 – 300 Вт/м². Прямий потік сонячної енергії, що проходить через атмосферу при нормальному тиску, взаємодіє із певною масою повітря. Збільшення шляху променя під кутом, відмінним від нормального, називається масою атмосфери m . Довжина шляху по вертикалі відраховується від рівня моря і приймається рівною одиниці. Таким чином на рівні моря, коли Сонце знаходиться в зеніті, $m = 1$.

Довжини хвиль, що найбільш важливі в спектрі сонячного випромінювання для використання сонячної енергії у СЕС, відповідають області спектру від ультрафіолетового до ближнього інфрачервоного випромінювання, тобто 0,2 – 25 мкм. Більша частина сонячної енергії на поверхні Землі припадає на діапазон 0,29-3 мкм. Випромінювання в області спектра 0,2 – 100 мкм називається тепловим і має визначальний вплив на роботу сонячних колекторів.

Інтенсивність випромінювання визначається як енергія випромінювання, що проходить за одиницю часу через одиницю площі уявної площини в одиниці просторового кута, вісь якого перпендикулярна до цієї уявної площини. Густина потоку випромінювання визначається як енергія, що проходить за одиницю часу через одиницю площі уявної площини. Інтенсивність сонячної енергії впродовж доби змінюється від максимуму в обід до нуля вночі. Тому важливими для систем сонячного теплопостачання є акумулятори сонячної теплової енергії, що могли б акумулювати сонячну енергію в період сильної інтенсивності та віддавати її вночі та при тривалому захмаренні.

Відомо, що стан атмосфери значно впливає на її пропускну здатність. Тобто запиленість, туман, задимленість та ін. зменшують кількість сонячної енергії, що надходить на поверхню Землі. Так коефіцієнт пропускання сонячного проміння атмосферою змінюється від 0,99 для ідеальної атмосфери до 0,71 для промислових центрів (при куті сходження Сонця 60°). Дані про зміну сонячної

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергії протягом дня і року можна отримати із метрологічних станцій. Але цих станцій є небагато і на них фіксуються тільки денні, середні за місяць денні суми або повні протягом місяця суми сонячної енергії. Також ці дані можна отримати з відповідної літератури.

Більшість даних вимірювання сонячної енергії отримана для горизонтальної поверхні, але часто потрібно оцінити вплив орієнтації приймаючої поверхні. Для тривалих періодів часу в місцевостях, де не спостерігаються помітні сезонні зміни атмосферних умов, вплив орієнтації оцінюється на основі розрахунку приходу прямої енергії.

Дуже часто необхідні дані про сонячну енергію відсутні і для цього можна використати аналітичні залежності, які з достатньою точністю дозволяють вирішувати поставлені завдання. Знаходженню та опису таких залежностей присвячено багато праць.

1.3 Аналіз існуючих установок перетворення сонячної енергії для теплопостачання

Використання сонячної енергії для теплопостачання набуло широкого значення в світі. Для перетворення сонячної радіації в тепло застосовують установки, основними елементами яких є сонячний колектор та тепловий акумулятор, для зберігання тепла в темну пору доби [10].

В роботі геліосистем, котрі в наш час користуються великим попитом, застосовуються певні рідини, які забезпечують перенесення енергії тепла по всій системі. Такі речовини є ефективними при високих температурах $+200-+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ і більше. У більшості випадків, в теплових системах застосовують пропіленгліколеві теплоносії. Але для систем з температурою понад $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ застосовують теплоносії на масляній, сольовий і силіконовій основі [11].

Ці речовини виконують дуже важливу функцію. Вони забезпечують транзит тепла від колектора до накопичувального баку. Теплоносієм приймає

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тепло перебуваючи в трубах абсорбера геліосистеми колектора, після чого переносить це тепло до водонагрівача за допомогою теплообмінника [11].

Найкращою речовиною для транзиту тепла в сонячних колекторах є вода, завдяки своїм фізичним якостям, таким як тепломісткість, а також завдяки великим запасам і загальнодоступності. Тим не менш використання простої води, неможливе в усіх районах Землі, а лише там де відсутні низькі температури. У тих же районах, де є негативні температури, використовують не чисту воду, а воду змішану з пропіленгліколем. Зазвичай співвідношення пропіленгліколю по відношенню до води дорівнює 1 до 1,5, тобто 40% пропіленгліколю і 60% води. Це співвідношення використовується в центральній Європі. Такий розчин не дає замерзнути воді навіть при температурі -30°C . При температурі, яка нижче, теплоносій починає кристалізуватися [11].

Для перетворення сонячної енергії в тепло використовують наступні пристрої:

- плоский сонячний колектор;
- вакуумний сонячний колектор;
- сонячні концентратори:
 - геліоцентричний;
 - параболоциліндричний;
 - параболічний.

Плоскі колектори – традиційні, вони представляють собою плоску коробку, яка закрита склом. Основним елементом плоского сонячного колектора є абсорбер – металева пластина зі спеціальним поглинаючим покриттям і напаяним на неї проточним трубопроводом. Абсорбер укладений в спеціальний корпус, який роблять максимально герметичним для зменшення тепловтрат. Теплоізоляція абсорбера досягається за рахунок шару повітря або інертного газу з боку прозорості передньої стінки, і шару утеплювача з боку задньої стінки [12].

Прозорий елемент зазвичай виконується з загартованого скла з пониженим вмістом металів. При відсутності відбору тепла плоскі колектори здатні нагрівати воду до $190\text{—}200^{\circ}\text{C}$. Чим більше енергії випромінювання передається теплоносію, що протікає в колекторі, тим вище його ефективність [13].

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підвищення ефективності колектора на абсорбер може бути нанесено спеціальне селективне покриття, яке не випромінює тепла в інфрачервоному



Рис. 1.7. – Плоский сонячний колектор

спектрі. Наявність селективного покриття значно збільшує продуктивність плоского колектора, але, в той же час, збільшує його вартість [11].

Незаперечними перевагами плоских сонячних колекторів є їх невисока ціна при високій ефективності в теплу пору року. До недоліків можна віднести низьку продуктивність в зимовий період, а також порівняльне незручність їх монтажу на важкодоступні покрівлі. Плоский колектор є цілком нерозбірною конструкцією, через що піднімати і встановлювати на дах його доводиться цілком [11].

Вакуумний трубчатий колектор більш складний пристрій, який складається з ряду скляних труб, в яких міститься абсорбер і теплова мідна трубка. Поглинаючи сонячне випромінювання, абсорбер передає тепло мідній трубці, яка в свою чергу передає тепло теплоносієві. За принципом своєї роботи він схожий на термос, так як всі поверхні, що нагріваються сонячними променями, відокремлені від зовнішнього середовища вакуумом. Така особливість конструкції дозволяє зберегти близько 95% уловлюваної теплової енергії і дає можливість використовувати такі колектори навіть взимку під час морозів [13].

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Монтаж таких колекторів є дещо складнішим оскільки вони складаються з рами та 20-30 трубок, які треба на неї змонтувати. Але в цьому є і свої переваги, оскільки у важкодоступних місцях легше зібрати колектор з багатьох трубок ніж

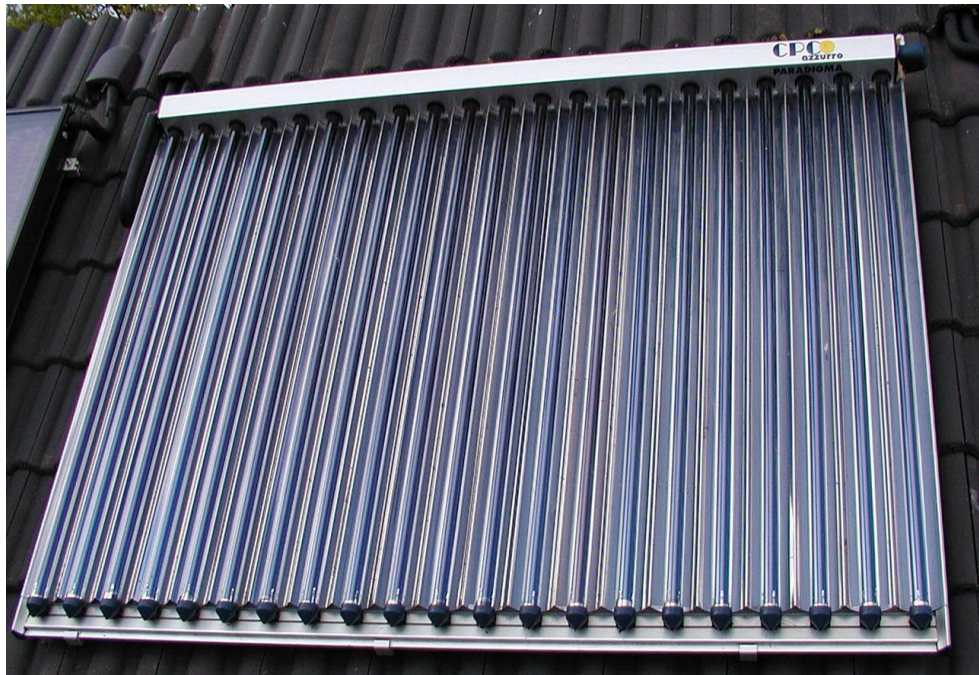


Рис. 1.8. – Вакуумний трубчатий колектор

доставити сонячну панель розміром 1100ммх2300мм. Вакуумні трубки є досить крихкими і при ударі є імовірність розгерметизації. Але в разі пошкодження однієї трубки решта працює в нормальному режимі, а пошкоджену можна легко замінити.

Важливою перевагою вакуумних колекторів є висока ефективність поглинання розсіяного випромінювання (в похмуру погоду вони зможуть нагріти воду в бойлері до 25-35°C), їх ефективність практично не залежить від зовнішньої температури.

Проблемою таких колекторів є скидання надлишку тепла в теплу пору року, хоча зараз знаходиться багато рішень цієї проблеми (злив теплоносія в спеціальну ємність, додаткова акумулююча ємність, додаткове джерело скидання тепла).

Сонячний концентратор – це пристрій, який концентрує пучок сонячних променів на теплоносії, що дає можливість підвищити ККД. Теплоносієм може бути як вода, так і масло, які поглинають енергію тепла.

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Концентратори мають різну конструкцію і форму. Зовнішня сторона цих конструкцій покривається дзеркалами. Від того концентратор якого виду використовується, залежить як концентрується сонячний пучок, в одній точці або лінійно [14].

Центральний приймач із полем геліостатів або так звана сонячна вежа використовується для нагріву води до дуже високих температур. Ідея створення такої установки була висунута радянським інженером Ліницьким в 1930-х роках. Тоді ж ним була запропонована схема сонячної електричної станції з



Рис. 1.9. – Сонячна вежа

центральним приймачем на вежі. У ній система уловлювання сонячних променів складалася з поля геліостатів — плоских відбивачів, керованих по двох координатах. Кожен геліостат відображає промені сонця на поверхню центрального приймача, який для усунення впливу взаємного затінення піднято над полем геліостатів [13].

У концентраторах цього типу в якості теплоносія може виступати пара або газ за умови, що вони можуть витримувати температуру до 1000° . Також може бути рідина або метал у рідкому стані, які витримують температурний режим до 800° . Використання таких концентраторів дуже ефективно, але одночасно така система дорога і для її розміщення потрібні великі площі понад 50 Га [14].

Параболоциліндричні концентратори за своєю будовою це дзеркала, що мають форму параболи, розміщеної вздовж прямої. Довжина його може досягати

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

50 метрів. Роблять такий концентратор з дзеркал увігнутого типу. Кожне дзеркало акумулює промені сонця, фокусуючи їх в конкретній точці. При цьому



Рис. 1.10. – Параболоциліндричні концентратори

точкою фокусу для кожного з дзеркал є окрема ділянка труби з теплоносієм, яка розташована на протязі всієї дзеркальної конструкції. Труба полягає в скляний кожух, що дозволяє знизити тепловтрати [15]. Завдяки високій концентрації сонячних променів теплоносій нагрівається до 300 – 390 °С після чого відбувається подальше перетворення енергії [13].

Для такої системи концентратора важлива система стеження за сонячним випромінюванням. Встановлюють таку геліосистему з обов'язковим орієнтуванням на південну сторону світла [14].

Ці пристрої можуть ефективно працювати тільки в сонячну погоду, тому застосування їх обмежене. Їх використання виправдане в тих куточках Землі, де більшу частину року сонячно. Сьогодні для виробництва електроенергії промисловим об'ємом концентратори використовують у пустелях і степах[30].

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Параболічні сонячні концентратори по своїй формі нагадують супутникові антени. Складається ця конструкція з великої кількості дзеркал параболічної форми. Фокусування сонячного пучка відбувається на кожному дзеркалі окремо, що дає можливість нагріти теплоносії до 1000°.



Рис. 1.11. – Параболічні сонячні концентратори

Оскільки при цьому утворюється велика кількість пари доцільно використовувати для максимальної ефективності двигуни Стірлінга. З-за цього ефекту концентратори даного типу вважаються дуже перспективними. Такі концентратори дуже ефективні в побутовому використанні, за умови що житло розташоване в сонячній смузі.

Таблиця 1.1.

Характеристика основних видів колекторів, які ефективно використовувати в природо-кліматичних умовах України

Тип сонячного колектора	Робоча температура, °С	ККД колектора, %	Відносна потребуєча площа, %	Слідкування за сонцем
-------------------------	------------------------	------------------	------------------------------	-----------------------

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1.

Плоский	30-100	30-50	100	Не потребується
Вакуумний трубчатий колектор	90-300	40-60	50-75	Не потребується

У своїй статті О.В. Дєдова стверджує, що тепловий акумулятор використовують для накопичення тепла від різних теплогенераторів для подальшого використання в системах опалення і гарячого водопостачання за необхідністю. Головною перевагою теплового акумулятора є запобігання втрат теплової енергії в системах тепло- і водопостачання, завдяки акумуляуванню надлишкової теплової енергії та зберіганні її протягом деякого проміжку часу [16].

В. Гальчак та С. Коробка у своїй статті зазначають, що на сьогодні існує велике різноманіття теплоакумулюючих матеріалів (ТАМ), видів і конструкцій теплових акумуляторів, зумовлене широким спектром сфер їх застосування :

- теплові акумулятори з твердим ТАМ;
- теплові акумулятори з плавильним ТАМ;
- рідинні акумулятори тепла;
- парові акумулятори тепла;
- теплові акумулятори фазового переходу;
- термохімічні акумулятори [17].

Баки для акумуляування гарячої води (акумуляційні баки) призначені для нагромадження, зберігання та передачі тепла, отриманого з різних джерел тепла непостійної дії, а саме: твердопаливних котлів, сонячних колекторів, електродкотлів, які використовуються в нічний час, теплових насосів та інше. Акумуляційні (або буферні) баки забезпечують безпечну роботу опалювальних систем шляхом нагромадження або віддачі тепла, що утворюється в результаті

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

невідповідності між потужностями генерування та споживання тепла різними джерелами [18].

Функції теплового акумулятора в системі опалення:

- акумуляція теплової енергії з віддачею її до опалювальної системи за необхідністю;
- захист твердопаливного котла від закипання (бак-теплоакумулятор забирає перегріту воду й змішує її з уже охолодженою);
- можливість одночасного використання кількох теплогенераторів в опалювальній системі; це дуже важливо, ураховуючи той факт, що різні джерела

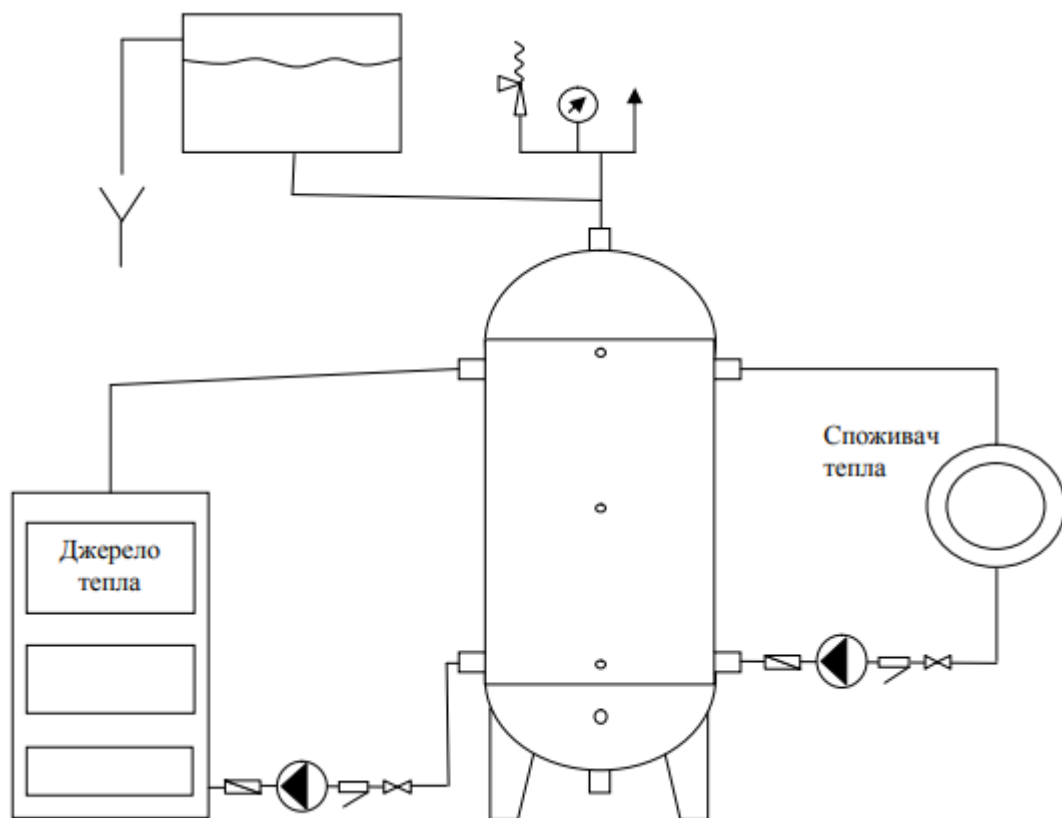


Рис. 1.12. – Типова схема підключення теплового акумулятора[18].

тепла можуть працювати ефективно в різний час доби (сонячну енергію доцільно акумулювати вдень, коли сонце найбільш активне, а енергію від електрокотла краще накопичувати вночі, коли діє «нічний тариф» на електроенергію й тому подібне);

- підвищення ККД та ефективності використання твердопаливного котла за рахунок повного згоряння палива;

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– можливість забезпечити будинок санітарною гарячою водою за допомогою бака-теплоаккумулятора з умонтованим теплообмінником або бака з внутрішнім бойлером [19].

Для сонячних систем тепlopостачання найбільш поширеними і простими у застосуванні є акумулятори ємнісного типу, теплоносієм в яких використовується речовина, що нагрівається без зміни її агрегатного стану. Принцип роботи такого акумулятора базується на експлуатації високої теплоємності теплоносія.

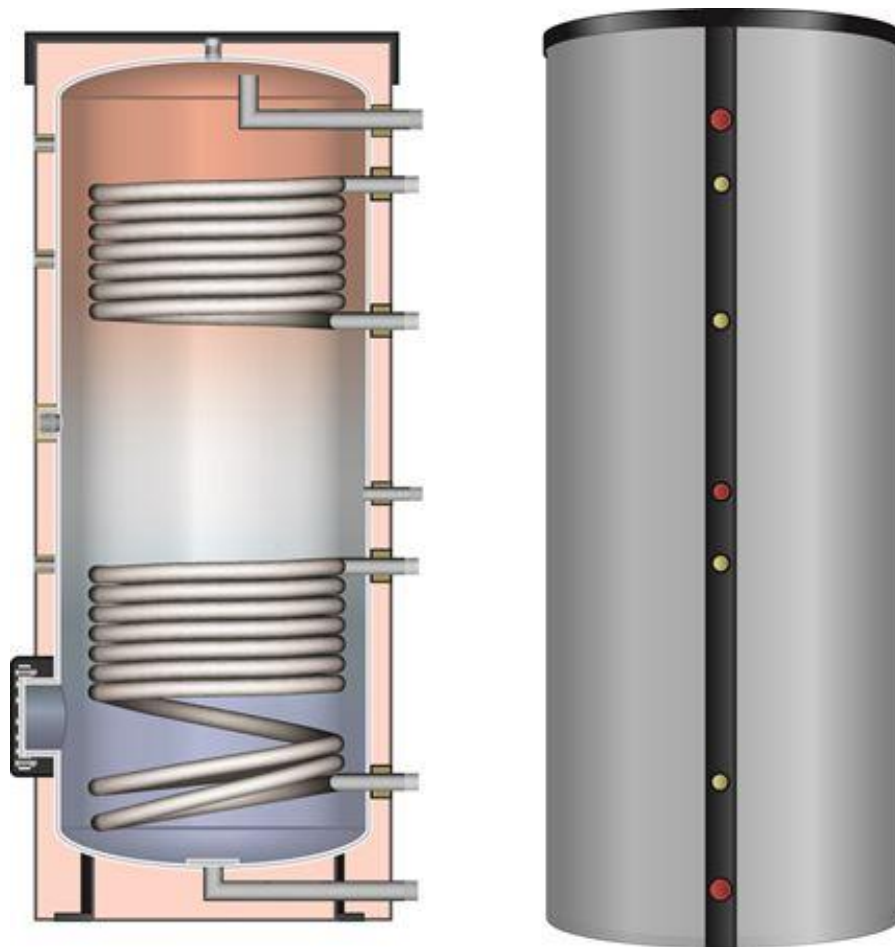


Рис. 1.13. – Тепловий бак акумулятор

Конструкція такого пристрою досить проста – це металевий резервуар з теплоносієм під тиском, в середині якого знаходиться теплообмінник. Щоби тепло акумулювалось з достатньою ефективністю буферна ємність повинна мати відмінні теплоізоляційні властивості.

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

1.4 Аналіз існуючих установок для отримання сонячної енергії для електропостачання.

В сучасному світі широкого поширення набуло перетворення спектрального випромінювання Сонця в електричну енергію за допомогою напівпровідникових фотоелектричних перетворювачів, які механічно об'єднані в спеціальні конструкції – сонячні батареї. Їх основною характеристикою є коефіцієнт корисної дії (ККД), який на сьогоднішній день досягає 18% [20].

Принцип роботи фотоелектричного перетворювача заснований на застосуванні явища фотоефекту – виходу електронів з тіла в інше середовище або вакуум під дією електромагнітного випромінювання [21].

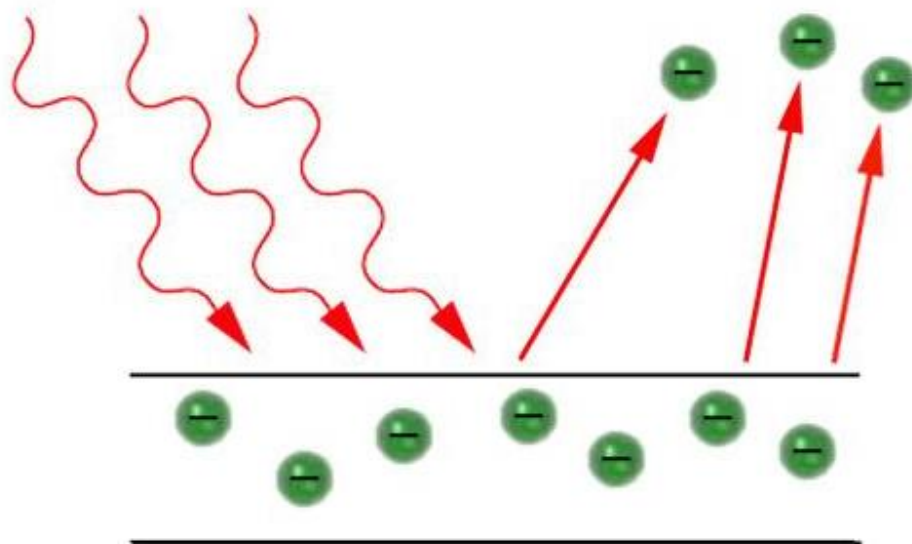


Рис. 1.14. – Ілюстрація вибивання електронів під дією електромагнітного випромінювання [21].

Переваги використання сонячних батарей наступні [22]:

1. **Сонячна енергія** - це відновлювальна енергія, яка не може вичерпатися (принаймні в масштабах людського мислення). В запасі у нас є ще мінімум 5 мільярдів років, щоб використовувати Сонце для отримання електроенергії. Цього більш ніж достатньо, враховуючи те, що запаси нафти, газу і вугілля можуть вичерпатися в найближчі сторіччя.

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. **Екологічність.** Отримання сонячної енергії за тією технологією, яка застосовується зараз (за допомогою сонячних панелей), абсолютно не шкодить навколишньому середовищу. А ті забруднення, які виникають при виробництві та транспортуванні сонячних систем мізерно малі в порівнянні з тим, яку шкоду екології планети завдає видобуток традиційних корисних копалин.
3. **Великі можливості використання.** Кількість сонячного випромінювання, що потрапляє на Землю, настільки велика, що в кілька десятків тисяч разів перевищує потребу в ньому всього людства. Це означає, що при правильній організації використання цієї енергії на всій планеті, людство зможе забезпечити себе постійним потоком електроенергії всього з одного джерела. При цьому, завдяки його відновлюваності, ми не зможемо перевищити свої потреби і привести до нестачі ресурсів.
4. **Висока технологічність процесу.** Пам'ятаєте, як робочі видобувають вугілля? А нафту? Це дуже масштабний процес, який пов'язаний не тільки з великими трудовими витратами, а й із значною небезпекою для життя. У технології отримання сонячної енергії роль людини зведена до мінімуму, та й процес виробництва не можна назвати ризикованим.
5. **Доступ до сонячної енергії** можна отримати в будь-якій точці світу за рідкісним винятком (міста крайньої півночі, де день може тривати щонайбільше декілька годин). Ні в одній країні не може бути привілеїв у доступності до цього джерела, так як тут можливості в усіх рівні. Різниця лише в рівні розвитку технологій, але це вже інше питання.
6. **Простота експлуатації.** Сонячні станції, особливо домашні, практично не вимагають технічного обслуговування. Декілька разів на рік вимагають очищення модулів, в іншому ж станція стабільно служить в середньому 25 років. До речі, великий плюс сонячних електростанцій - їх безшумність.
7. **Економія.** Слід відразу сказати, що мова йде про економію в довгостроковій перспективі. У багатьох країнах працюють різні державні програми, спрямовані на заохочення використання громадянами та

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємцями альтернативних джерел енергії. Так, в Україні діє «зелений тариф» - завищена ціна, за якою держава купує електроенергію, отриману альтернативним екологічним способом.

Напівпровідникові елементи поділяються на:

1. Монокристалічні сонячні батареї.
2. Полікристалічні сонячні батареї.
3. Тонкоплівкові фотовольтажні модулі.

Монокристалічні сонячні батареї створені на основі монокристала кремнію, вирощеного з розплаву полікристалічного кремнію, розпиляного і відполірованого. Середня продуктивність таких батарей становить до 19% від встановленої потужності. Тобто встановивши систему номінальною потужністю 1 кВт, Ви фактично отримуєте на годину 190 Вт електричної енергії.



Рис. 1.15. – Монокристалічні сонячні батареї.

Середня площа займана 1 кВт системою на базі монокристалічних панелей становить 7 м². Область застосування найрізноманітніша, від міні котеджів і туристичних комплектів, закінчуючи станціями потужністю в декілька МВт.

Найчастіше застосовується в проектах з встановленою потужністю до 10 кВт. Традиційно монокристалічні модулі вставлені в алюмінієву рамку і закриті протиударним склом. Колір монокристалічних фото-елементів - темно-синій або чорний [23].

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Монокристалічні сонячні батареї мають ряд переваг:

- Мають найкращий коефіцієнт корисної дії серед всіх сучасних моделей.
- Добре функціонують в умовах низьких температур.
- Мають тривалий термін експлуатації (до 25 років).
- Вимагають менше місця в порівнянні з іншими аналогами при одній і тій же віддачі тепла [24].

Полікристалічні сонячні батареї мають в своєму складі елементи з великим числом кристалів. Які ж відмінності в процесі виробництва



Рис. 1.16. – Полікристалічні сонячні батареї.

полікристалів? Їх не вирощують дорогим і довгим за часом способом, як монокристалічні. Розплавлений кремній поступово охолоджується і твердне, в результаті виходить заготівля з полікристалів кремнію у вигляді прямокутника. Готовий матеріал нарізають на найтонші платівки (менше 1 мм). За структурною однорідності і чистоті ця модель поступається монокристалічним панелям. Сировиною можуть служити відпрацювали свій термін сонячні панелі.

Підготовлені полікристалічні елементи наклеюються на суцільне підставу і полягають в алюмінієву рамку, яку покривають чорною фарбою. На заключному етапі роблять герметизацію рамки, ламінують всю поверхню для запобігання псуванню від впливу зовнішнього середовища (опаді, перепади температур). Саме від цього етапу залежить, як довго сонячна батарея зможе пропрацювати [24].

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня продуктивність таких батарей становить до 16% від встановленої потужності. Тобто встановивши систему номінальною потужністю 1 кВт, фактично отримуємо на годину 160 ват електричної енергії. Середня площа займана 1 кВт системою на базі полікристалічних панелей становить 8,3 м². Основне застосування полікристалічних панелей це коли необхідні окремі елементи потужністю понад 200 ват [23].

Переваги полікристалічних сонячних батарей:

- Процес виробництва більш дешевий і простий.
- Гарна результативність при функціонуванні в хмарних погодних умовах.
- Полікристалічні сонячні панелі відрізняються більш різноманітними параметрами за розмірами та формами.
- Стійкі до перепадів температури навколишнього середовища [24].

Тонкоплівкові фотовольтажні модулі (ThinFilmTechnology) є найбільш продуктивними сонячними батареями з доступних в Україні - їх ККД наближений до 25%.

Виготовляються такі батареї за передовою американської технології всього на декількох заводах в світі. Основне призначення цих модулів це генерація енергії в промислових обсягах. За рахунок високої напруги і низького

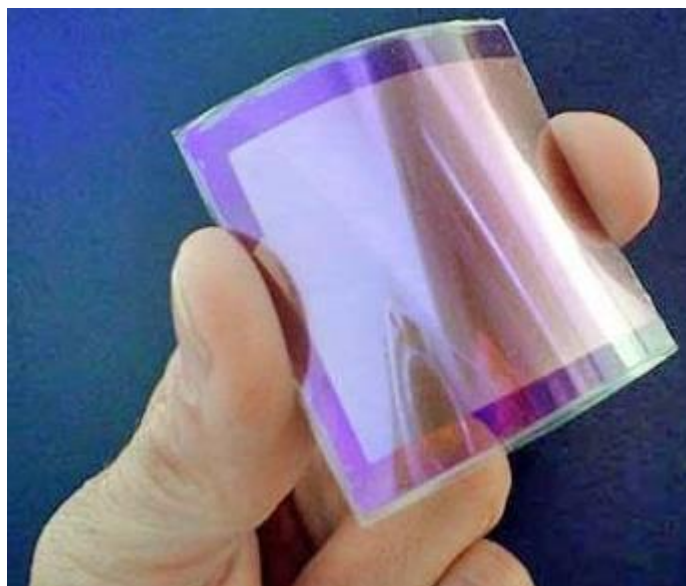


Рис. 1.17. – Тонкоплівкові фотовольтажні модулі

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струму ці модулі можна встановлювати на об'єктах де сумарна встановлена потужність повинна перевищувати 10 кВт. Фактична продуктивність 10 кВт системи в годину становить 2,5 кВт електричної енергії.

Головна перевага цих панелей - це вироблення енергії при розсіяному сонячному світлі і в похмуру погоду. Обмеженням є площа, яку вони займають для порівняння 10 кВт встановленої потужності займе 183 м².

Одна з переваг тонкоплівкових фотовольтажних модулів в тому, що в той час, як в стандартних сонячних фотомодулів використовують величину струму, яка дорівнює 8 ампер і величину напруги 30 вольт, у пропонованих панелях використовується 3.6 ампера і 70 вольт відповідно.

Цей фактор впливає на те, що тонкоплівкові фотовольтажні модулі нагріваються приблизно в 4 рази менше. Також панелі мають велику довговічність, у зв'язку з тим, що в панелі немає металевих частин.

Завдяки сучасній технології виробництва, і відсутності металевих частин пропоновані панелі важать в 2 рази менше, ніж стандартні фотомодулі [23].

Світова практика показує, що для промислового і побутового використання найчастіше застосовуються сонячні батареї з монокристалічним або полікристалічним кремнієм. Для одержання 1 кВт електроенергії необхідно використати сонячну батарею монокристалічного кремнію площею від 6 до 9 м², а у випадку полікристалічного кремнію від 7,5 до 10 м². При застосуванні батарей із тонкоплівкового кремнію їх площа сягатиме 20 м² [20].

Незважаючи на всі свої позитивні якості сонячні батареї мають ряд недоліків [22]:

1. **Висока вартість.** Будьте готові до того, що сонячна електростанція - задоволення не з бюджетних, якщо говорити про разовий вклад коштів. Вигоди, безумовно, від такої станції будуть куди більші, але, знову ж таки, в довгостроковій перспективі. При грамотній організації таких систем, з урахуванням усіх базових витрат, отримання сонячної енергії обходиться дешевше, ніж електрика з мережі.
2. **Мінливість.** Кількість отриманої енергії безпосередньо залежить від інтенсивності сонячного випромінювання, так що, наприклад, у наших

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

широтах, влітку СЕС працюють набагато ефективніше, ніж в холодну пору року. Те ж саме можна сказати і про похмурі дні, і про ранковий і вечірній час. Саме через це системи без акумуляторів на даний момент не можуть використовуватися в якості основних джерел енергії.

3. **Створення викривлення у добовому графіку навантаження енергосистеми.** Так як сонячні електростанції виробляють електроенергію лише вдень, коли навантаження споживачів я досить низьким, порівняно із навантаженням вночі, в мережі з'являється надлишок електроенергії. Ця проблема вирішується будівництвом гідроакумуляуючих електростанцій, які можуть використовувати надлишок електроенергії вдень і віддавати її вночі з високим ККД.
4. **Дорогі системи зберігання енергії.** Щоб використання електроенергії було максимально ефективним, застосовуються акумулятори, які зберігають її запаси і, скажімо так, вирівнюють графік її подачі. Завдяки акумуляторам система працює більш стабільно, але на їх придбання також доведеться витратитися.
5. **СЕС вимагає площ.** Це може бути земля, стіна будівлі, або ж дах, але місце все ж потрібно виділити.

Висновки до розділу

1. Висвітлено ефективність застосування сонячної енергії в Україні та світі з допомогою мап сонячного випромінювання та сонячної активності.
2. Досліджено методи розрахунку надходження сонячної енергії.
3. Наведено основні види установок для перетворення сонячної радіації в теплову енергію та установки для акумуляування тепла.
4. Проаналізовано переваги та недоліки перетворення енергії Сонця в електроенергію.
5. Розглянуто сучасні фотоелектричні модулі з їхніми позитивними і негативними сторонами.

					ПЗ 18.312.00.000.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір основного обладнання для сонячної електростанції та схеми її підключення.

Використання сонячної енергії набуло широкого значення у сучасному світі. Поточний розвиток технологій дає можливість ефективно використовувати сонячну енергію для різноманітних потреб. Світовий досвід використання цього ресурсу відкриває плацдарм для ще більшого розвитку сонячної енергетичної галузі в Україні.

Для прикладу буде проведено розрахунок приватної сонячної електростанції(СЕС) потужністю 30 кВт для продажу електроенергії, а також сонячних колекторів для зменшення навантаження гарячого водопостачання. За основу взято приватне домогосподарство на півночі Тернопільської області, де рівень сонячної інсоляції нижчий середнього по всій Україні.

На сучасному ринку України найбільш поширеними сонячними панелями є ті, які працюють на полікристалічних або монокристалічних елементах. Потужність модулів варіюється від 280 до 360 Вт в стандартному корпусі (100×164 см) та ефективністю роботи від 15 до 20 %. Вибір сонячних панелей звівся до декількох варіантів:

1. Risen RSM120-6-320 M – сонячна монокристалічна панель.

Ключові переваги:

- Підвищена міцність модулів на вигин(вигин у 3-5 разів більша від звичайного скла), завдяки загартованому склу – товщиною 3,2 мм, функція самоочищення;

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лис	№	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2		
Розробив	Кондратюк						
Перевіри	Козак К. М.						
Консульт.	Козак К. М.						
Н.Контро	Коваль В. П.						
Затверд.	Тарасенко						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		

- Довговічна ізоляція на зворотній стороні із високою стійкістю до ультрафіолетового випромінювання ;
- міцна, легка, та стійка до корозії алюмінієва рама;
- Корозійна стійкість до кислот та солей ;
- Відповідність європейським стандартам стосовно снігових та вітрових навантажень;
- Максимально можлива ефективність модуля на рівні 20,2 %;
- Толерантність до потужності близьки + 3% [25].

2. Risen RSM60-6-280P, 280W, 5 BB – полікристалічна сонячна панель.

Ключові переваги:

- Максимально можлива ефективність модуля близько 19%;
- Підвищена ударостійкість модулів, завдяки загартованому склу, товщиною 4 мм, функція самоочищення;
- Один із найнижчих на ринку температурних коефіцієнтів (Temperature Coefficient) $P_{\max} - 0,39\%/^{\circ}\text{C}$ – завдяки цьому виробіток в спеку буде вищим в порівнянні з іншими панелями;
- Легка в встановленні та транспортуванні алюмінієва рама, стійка до окислення та корозії;
- Термін служби модуля більше 25 років;
- Відповідність до європейських вимог для снігових та вітрових навантажень;
- Толерантність до потужності на рівні + 3% [26].

3. AMERISOLAR AS-6M30 310W 5BB – монокристалічна сонячна панель.

Ключові риси:

- Завдяки передовим технологіям виготовлення у модулів висока ефективність перетворення енергії;
- Низька деградація та відмінні показники при високій температурі та низькому освітленні.
- Міцний алюмінієвий каркас, дозволяє модулям витримувати вітрові навантаження до 2400 Па та снігові навантаження до 5400 Па.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

- Позитивна силова толерантність $0 \sim + 3\%$.
- Висока стійкість до аміаку та сольового туману [27].

4. LONGI SOLAR LR6-60PE – 300W 5BB моно PERC – монокристалічна сонячна панель.

Ключові риси:

- Легкість установки та висока сумісність;
- Захищена позитивна потужність на рівні 5 Вт;
- Ефективність перетворення модулів близько 19,3%;
- Сонячна деградація енергії, що підтримується технологією Mono PERC Low LID: перший рік <2%, 0,55% рік 2 – 25%.
- Кращий вихід енергії з відмінними низькими показниками опромінення та температурним коефіцієнтом.
- Опір PID забезпечується оптимізацією процесу сонячних батарей та ретельним вибором модуля.
- Висока стійкість солям та аміаку;
- Міцна рама (40 мм) витримує механічне снігове навантаження 5400 Па спереду та 2400 Па вітрового навантаження з тильної сторони [28].

Таблиця 2.1.

Основні характеристики запропонованих сонячних модулів [25,26,27,28]

Характеристика	Risen RSM120-6- 320 M	Risen RSM60-6- 280P, 280W, 5 BB	AMERISOLAR AS-6M30 310W 5BB	LONGI SOLAR LR6- 60PE – 300W 5BB моно PERC
Ціна, \$	133	98	107	140
Тип модуля	монокристал	полікристал	монокристал	монокристал
Потужність, Вт	320	280	310	300
ККД, %	19,1	16,5	19,05	18,3

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Продовження таблиці 2.1.

Струм короткого замикання, А	10,10	9,42	9,88	9,81
Номінальний струм, А	9,5	8,92	9,46	9,15
Напруга х.х., В	40	38,9	40	40,1
Номінальна напруга, В	33,7	31,8	32,8	32,8
Вага, кг	19,0	18,5	-	18,3

Порівнявши основні характеристики сонячних модулів, вибираємо монокристалічну сонячну панель Risen RSM120-6-320 М для проведення розрахунку СЕС.



Рис.2.1. – Монокристалічна сонячна панель Risen RSM120-6-320 М [25]

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Визначимо необхідну кількість модулів за формулою:

$$n = \frac{P_{\text{СЕС}}}{P_{\text{ФЕМ}}} = \frac{30000}{320} \approx 94 \text{шт.}, \quad 2.1$$

де, $P_{\text{СЕС}}$ – потужність сонячної електростанції, Вт;

$P_{\text{ФЕМ}}$ – номінальна потужність одного сонячного модуля, Вт;

n – кількість сонячних модулів.

Кінцева потужність СЕС буде рівною:

$$P_{\text{СЕС}} = n \cdot P_{\text{ФЕМ}} = 30\,080 \text{ Вт} \quad 2.2$$

Окрім сонячних панелей, в сонячній електростанції не менш важливим елементом є мережевий інвертор, який перетворює вироблений постійний струм в змінний і віддає його в мережу. Так як і з сонячними модулями ринок пропонує широкий вибір інверторів. Вибираю модель Solis 30K з такими ключовими перевагами:

- Ефективність інвертора близько 98,8%;
- Діапазон напруги 200В-800В MPPT (один з найкращих показників в світі по показнику нижньої межі роботи перетворювача);
- 7,0-дюймовий кольоровий LCD дисплей;
- Чотири MPPT-трекери, з точним алгоритмом MPPT;
- Загхист IP65, що дозволяє встановлювати пристрій в приміщенні, так і на вулиці;
- Wi-Fi моніторинг завдяки спеціальному додатку (Android та Apple App Store) [29].

Таблиця 2.2.

Основні характеристики мережевого інвертора Solis 30K [29].

Характеристика					Значення характеристики				
----------------	--	--	--	--	-------------------------	--	--	--	--

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ				
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат					

Продовження таблиці 2.2.

Номінальна потужність, Вт	30 000
Максимальна потужність, Вт	36 000
Максимальна сила струму, А	43,3
Ціна, \$	2500
ККД, %	98,6
Вага, кг	58,2
Ступінь захисту	IP65
Комунікації	WIFI, опціонально



Рис. 2.2 - Мережевий інвертор Solis 30K [29]

					KMP 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Оскільки сонячна електростанція буде віддавати електроенергію в мережу схема підключення буде мати вигляд, зображений на рис. 2.3.

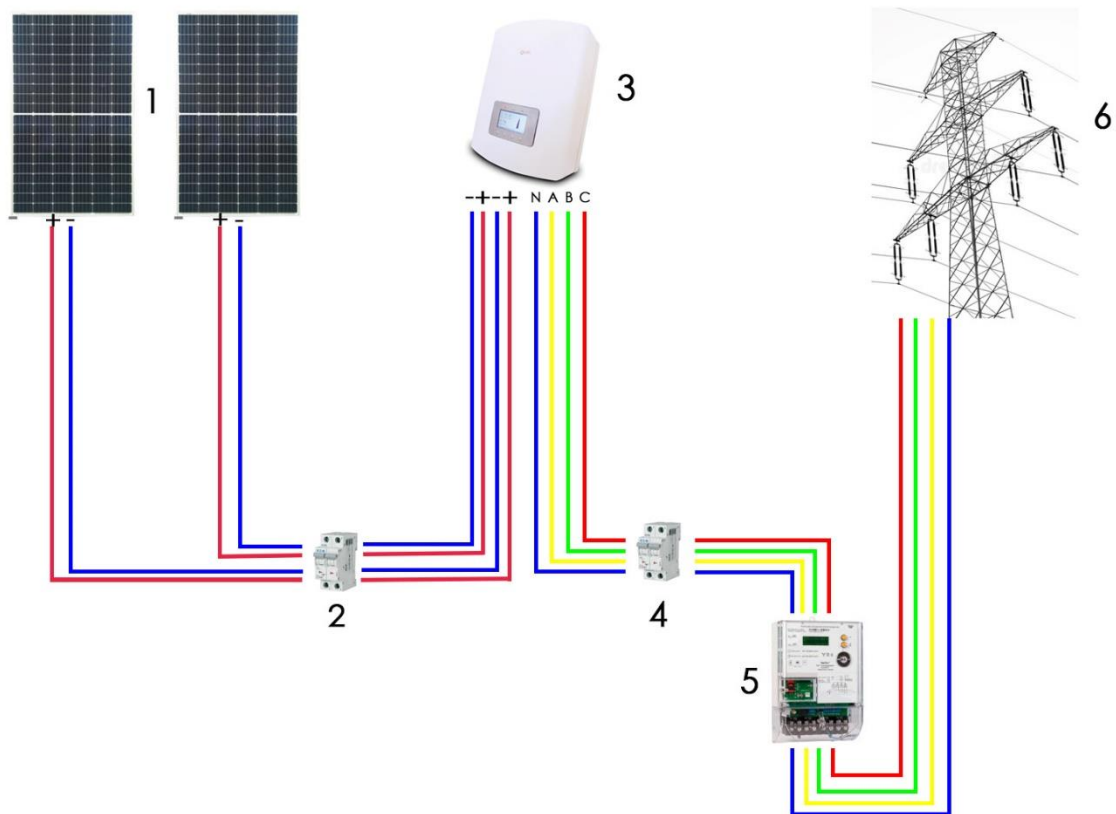


Рис. 2.3. Схема підключення сонячної електростанції. 1 – сонячні модулі; 2 – прилади захисту постійного струму; 3 – мережевий інвертор; 4 – пристрої захисту змінного струму; 5 – лічильник виробленої електричної енергії; 6 – лінії електропередачі.

2.2. Оцінка ефективності сонячної електростанції

Знаючи статистику про середньомісячні надходженні сонячної енергії на квадратний метр земної поверхні можна провести розрахунок очікуваного вироблення електроенергії сонячними фотоелектричними модулями (ФЕМ), встановленими в різних районах Землі. Кількість сонячної енергії що надходить вказується в ват-годинах на квадратний метр за день. Середній місячний рівень сонячної радіації в містах України наведено в табл. 2.3 [30,31].

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Кількість енергії (Вт·год), що виробляється фотоелектричною панеллю протягом дня, визначається за формулою:

$$W = P_{\phi EM} \cdot k \cdot T_h, \quad 2.3$$

де k – коригувальний коефіцієнт, що дорівнює 0,7 в літній період (квітень – вересень) і 0,5 у зимовий період (жовтень – березень). Цей коефіцієнт робить поправку на втрату потужності сонячних елементів при нагріванні на сонці, а також враховує похиле падіння променів на поверхню модулів протягом дня;

T_h – кількість пікових годин (умовний час, протягом якого сонце світить з інтенсивністю 1000 Вт/м^2) [30].

Кількість пікових годин визначається за формулою:

$$T_h = \frac{E_{c\dot{o}}}{1000}, \quad 2.4$$

де $E_{\text{сд}}$ – середньодобове значення інтенсивності сонячного випромінювання в даному місяці, $\frac{Вт \cdot год}{м^2 \cdot день}$;

1000 – стандартна інтенсивність світлового випромінювання при випробуванні фотоелектричних модулів, Вт/м² [30].

Таблиця 2.3

Середньодобова інтенсивність сонячного випромінювання [30]

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,9
Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79
Дніпро	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Продовження таблиці 2.3.

Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88
Запоріжжя	1,21	2,00	2,91	4,20	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95
Івано- Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86
Кропивни- цький	1,20	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,58	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04
Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91
Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,10	0,86
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,9
Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,36	1,04
Хмельниць- кий	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91
Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94

Проведемо розрахунки для кожного місяця в 2020 р.

Кількість енергії, яка виробляється протягом середньостатистичного січневого дня сонячним модулем Risen RSM120-6-320 M:

$$W_{\text{січ 10}} = P_{\text{ФЕМ}} \cdot k \cdot T_{\text{h січ}}$$

2.5

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ			
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат				

Кількість пікових годин для січня буде дорівнювати:

$$T_{hсiч} = \frac{E_{сд\ cич}}{1000} = \frac{1\ 090}{1\ 000} = 1,09\ год; \quad 2.6$$

$$W_{сiч\ 1д} = 320 \cdot 0,5 \cdot 1,09 = 174,4\ Вт \cdot год. \quad 2.7$$

Кількість енергії, виробленої за місяць буде дорівнювати:

$$W_{сiч} = W_{сiч\ 1д} \cdot N, \quad 2.8$$

де N – кількість днів у місяці.

Для січня

$$W_{сiч} = 174,4 \cdot 31 = 5\ 406,4\ Вт \cdot год. \quad 2.9$$

Для лютого:

$$T_{hлют} = \frac{E_{сд\ лют}}{1000} = \frac{1860}{1000} = 1,86\ год; \quad 2.10$$

$$W_{лют\ 1д} = 320 \cdot 0,5 \cdot 1,86 = 297,6\ Вт \cdot год; \quad 2.11$$

$$W_{лют} = 297,6 \cdot 29 = 8630,4\ Вт \cdot год. \quad 2.12$$

Для березня:

$$T_{hбер} = \frac{E_{сд\ бер}}{1000} = \frac{2\ 850}{1\ 000} = 2,85\ год; \quad 2.13$$

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

$$W_{\text{бер } 1\text{д}} = 320 \cdot 0,5 \cdot 2,85 = 456 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.14$$

$$W_{\text{бер}} = 456 \cdot 31 = 14\,136 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.15$$

Для квітня:

$$T_{\text{нкв}} = \frac{E_{\text{сд кв}}}{1000} = \frac{3\,850}{1\,000} = 3,85 \text{ год}; \quad 2.16$$

$$W_{\text{кв } 1\text{д}} = 320 \cdot 0,7 \cdot 3,85 = 862,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.17$$

$$W_{\text{кв}} = 862,4 \cdot 30 = 25\,872 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.18$$

Для травня:

$$T_{\text{нтр}} = \frac{E_{\text{сд тр}}}{1000} = \frac{4840}{1000} = 4,84 \text{ год}; \quad 2.19$$

$$W_{\text{тр } 1\text{д}} = 320 \cdot 0,7 \cdot 4,84 = 1084,16 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.20$$

$$W_{\text{тр}} = 1084,16 \cdot 31 = 33608,96 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.21$$

Для червня:

$$T_{\text{нчер}} = \frac{E_{\text{сд чер}}}{1000} = \frac{5\,000}{1\,000} = 5 \text{ год}; \quad 2.22$$

$$W_{\text{чер } 1\text{д}} = 320 \cdot 0,7 \cdot 5 = 1120 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.23$$

$$W_{\text{чер}} = 1120 \cdot 30 = 33600 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.24$$

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Для липня:

$$T_{h\text{ лип}} = \frac{E_{\text{сд лип}}}{1000} = \frac{4\,930}{1\,000} = 4,93 \text{ год}; \quad 2.25$$

$$W_{\text{лип 1д}} = 320 \cdot 0,7 \cdot 4,93 = 1\,104,32 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.26$$

$$W_{\text{лип}} = 1\,104,32 \cdot 31 = 34\,233,92 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.27$$

Для серпня:

$$T_{h\text{ сер}} = \frac{E_{\text{сд сер}}}{1000} = \frac{4\,510}{1\,000} = 4,51 \text{ год}; \quad 2.26$$

$$W_{\text{сер 1д}} = 320 \cdot 0,7 \cdot 4,51 = 1\,010,24 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.27$$

$$W_{\text{сер}} = 1\,010,24 \cdot 31 = 33\,600 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.28$$

Для вересня:

$$T_{h\text{ вер}} = \frac{E_{\text{сд вер}}}{1000} = \frac{3\,080}{1\,000} = 3,08 \text{ год}; \quad 2.29$$

$$W_{\text{вер 1д}} = 320 \cdot 0,7 \cdot 3,08 = 689,92 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.30$$

$$W_{\text{вер}} = 689,92 \cdot 30 = 20\,697,6 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.31$$

Для жовтня:

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

$$T_{h_{жсов}} = \frac{E_{сд жсов}}{1000} = \frac{1\,910}{1\,000} = 1,91 \text{ год}; \quad 2.32$$

$$W_{жсов \text{ 1д}} = 320 \cdot 0,5 \cdot 1,91 = 305,6 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.33$$

$$W_{жсов} = 305,6 \cdot 31 = 9\,473,6 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.34$$

Для листопада:

$$T_{h_{лис}} = \frac{E_{сд лис}}{1000} = \frac{1\,090}{1\,000} = 1,09 \text{ год}; \quad 2.35$$

$$W_{лис \text{ 1д}} = 320 \cdot 0,5 \cdot 1,09 = 174,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.36$$

$$W_{лис} = 174,4 \cdot 30 = 5\,232 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.37$$

Для грудня:

$$T_{h_{гр}} = \frac{E_{сд гр}}{1000} = \frac{850}{1\,000} = 0,85 \text{ год}; \quad 2.38$$

$$W_{гр \text{ 1д}} = 320 \cdot 0,5 \cdot 0,85 = 136 \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad 2.39$$

$$W_{гр} = 136 \cdot 31 = 4\,216 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.40$$

Таблиця 2.4.

Розрахунок виробленої електричної енергії одним сонячним модулем на
прикладі 2020 р.

Місяць	Днів у місяці	$\frac{E_{сд},}{\kappa\text{Вт} \cdot \text{год}} \bigg/ \frac{\text{м}^2}{\text{день}}$	$T_h,$ год	$W_{1д},$ Вт·год	$W,$ Вт·год	k	$P_{ФЕМ},$ Вт
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат	КМР 18-312.00.00.000. ПЗ		

Продовження таблиці 2.4.

Січень	31	1,09	1,09	174,4	5406,4	0,5	320
Лютий	29	1,86	1,86	297,6	8630,4	0,5	320
Березень	31	2,85	2,85	456	14136	0,5	320
Квітень	30	3,85	3,85	862,4	25872	0,7	320
Травень	31	4,84	4,84	1084,16	33608,96	0,7	320
Червень	30	5	5	1120	33600	0,7	320
Липень	31	4,93	4,93	1104,32	34233,92	0,7	320
Серпень	31	4,51	4,51	1010,24	31317,44	0,7	320
Вересень	30	3,08	3,08	689,92	20697,6	0,7	320
Жовтень	31	1,91	1,91	305,6	9473,6	0,5	320
Листопад	30	1,09	1,09	174,4	5232	0,5	320
Грудень	31	0,85	0,85	136	4216	0,5	320

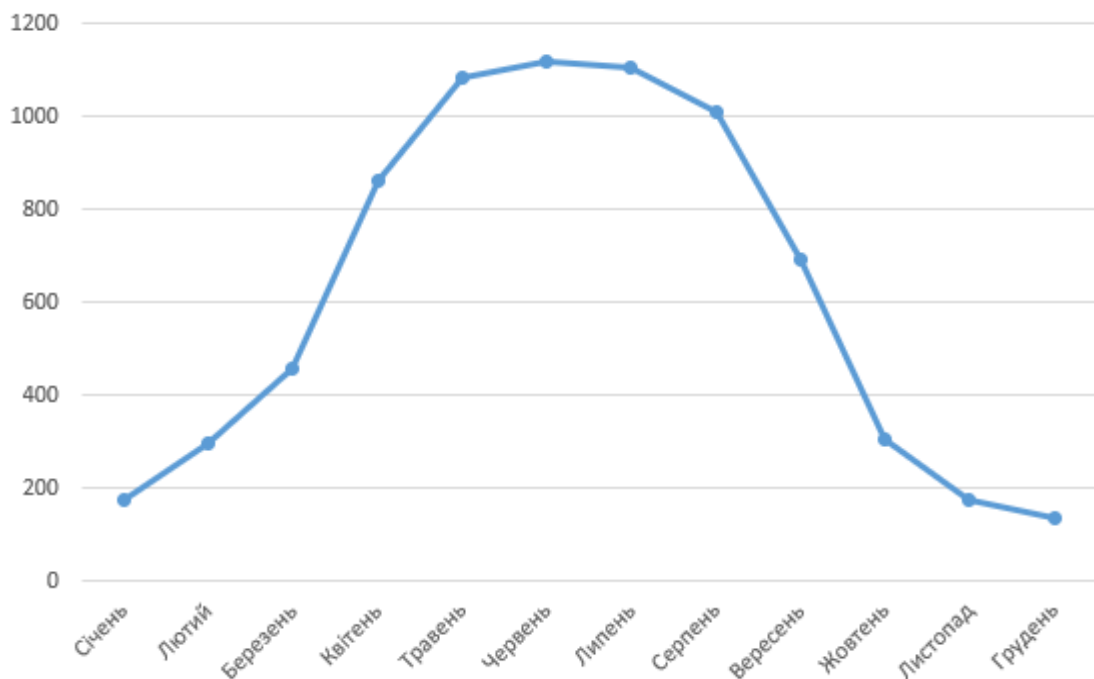


Рис. 2.4. Графік залежності виробленої електричної енергії, Вт·год одним модулем Risen RSM120-6-320 M відносно місяця.

Сума виробленої електричної енергії однією панеллю за рік буде дорівнювати:

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

$$W_{\text{рік}} = \Sigma W = 5406,4 + 8630,4 + 14136 + 25872 + 33608,96 + 33600 + \\ + 34233,92 + 31317,44 + 20697,6 + 9473,6 + 5232 + 4216 = 226424,32 \text{ Вт} \cdot \text{год.} \quad 2.41$$

Електрична енергія, яку може виробити СЕС буде дорівнювати:

$$W_{\text{заг}} = W_{\text{рік}} \cdot 94 = 226424,32 \cdot 94 = 21283886,08 \text{ Вт} \cdot \text{год.} \quad 2.42$$

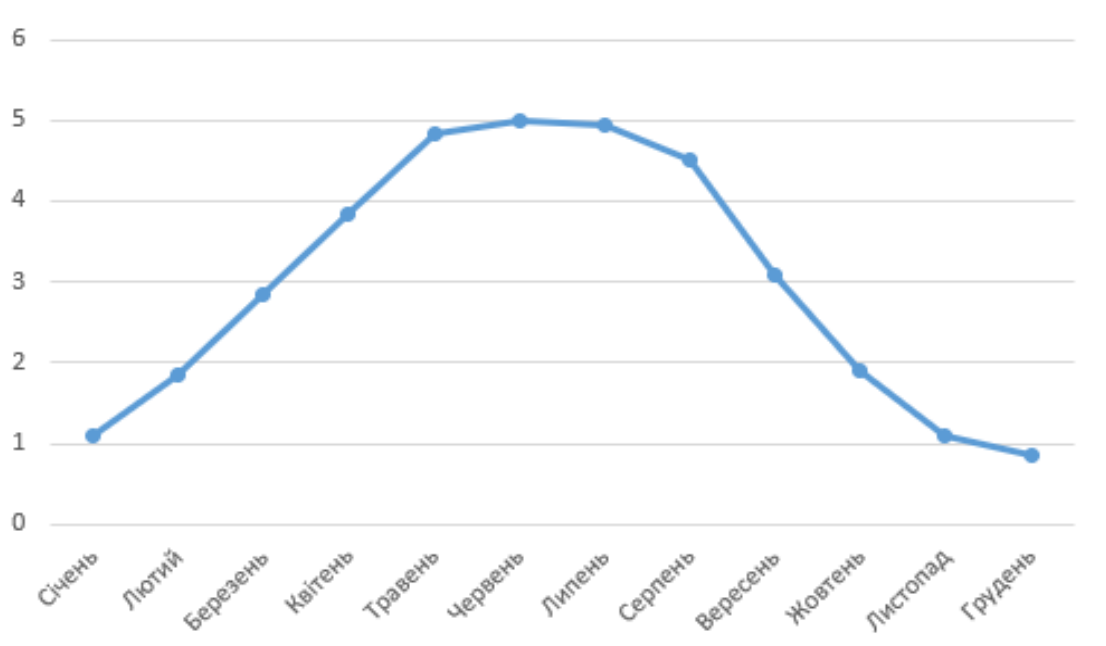


Рис. 2.5. Графік залежності середньодобового значення інтенсивності сонячного випромінювання, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2} / \text{день}$ відносно місяця.

Поглянувши на графік залежності виробленої електричної енергії відносно місяця (рис. 2.4.) бачимо, що найнижча ефективність сонячного модуля припадає на зимові місяці, коли рівень сонячної інтенсивності невисокий, що можна побачити на графіку залежності середньодобового значення інтенсивності сонячного випромінювання відносно місяця (рис. 2.5.). Також це пояснюється короткою тривалістю світлого часу доби в зимовий період року. В літній період

виробництво електричної енергії зростає в декілька разів, що дає можливість ефективно використовувати потенціал сонячного модуля.

Після того, як було обраховано, скільки електроенергії виробить, у середньому, сонячна електростанція, необхідно порахувати, яку частину з очікуваної кількості електроенергії установка зможе віддати в мережу.

Електрична енергія від сонячних фотоелектричних (ФЕ) модулів спочатку подається на інвертор, а вже після цього через лічильник надходить в мережу. Отже для визначення кількості електричної енергії, яка надійде в мережу слід врахувати коефіцієнт корисної дії інвертора.

Для цього скористаємось формулою:

$$W_{\text{мер}} = W_{\text{заг}} \cdot \eta_{\text{інв}}, \quad 2.43$$

де $\eta_{\text{інв}}$ – коефіцієнт корисної дії інвертора Solis 30K.

$$W_{\text{мер}} = 21283886,08 \cdot 0,986 = 20985911,67 \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad 2.44$$

Енергетична ефективність установки визначається корисним ефектом від її реалізації. Тому буду переводити кількість виробленої електричної енергії в інші, поширені в Україні, види енергії користуючись перевідними коефіцієнтами та співвідношеннями [32]:

- 1000 м^3 природного газу = 1,16 т у.п.=0,812 т нафтового еквіваленту;
- 1 Гкал теплової енергії = 0,143 т у.п. = 0,1 т нафтового еквіваленту;
- 1000 кВт·год. електроенергії = 0,351 т у.п. = 0,246 т нафтового еквіваленту;
- 1 т вугілля = 0,75 т у.п. = 0,525 т нафтового еквіваленту;
- 1 м^3 дров (у щільному вимірі) = 0,266 т у.п. = 0,186 т нафтового еквіваленту;
- 1 т паливного торфу = 0,29 т у.п. = 0,203 т нафтового еквіваленту;

					KMP 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

- 1 т скрапленого газу (пропан-бутанова суміш) = 1,54 т у.п. = 1,1 т нафтового еквіваленту;
- 1 т мазуту топкового = 1,46 т у.п. = 1,02 т нафтового еквіваленту;
- 1 т бензину моторного = 1,49 т у.п. = 1,04 т нафтового еквіваленту;
- 1 т дизпалива = 1,45 т у.п. = 1,02 т нафтового еквіваленту;
- 1000 м³ природного газу = 8,11 Гкал теплової енергії = 3305 кВт·год. електроенергії = 1,55 т вугілля = 4,36 м³ дров;
- 1000 кВт·год. електроенергії = 303 м³ природного газу = 2,45 Гкал теплової енергії = 0,468 т вугілля = 1,32 м³ дров;
- 1 Гкал теплової енергії = 407 кВт·год. електроенергії = 123 м³ природного газу = 0,191 т вугілля = 0,54 м³ дров.

Для запропонованої СЕС, з річним виробництвом 20 985 911,67 Вт·год електроенергії переведення в нафтовий еквівалент буде виглядати:

$$20985911,67 \cdot 0,246 \cdot 10^{-6} = 5,163 \text{ т нафтового еквіваленту.} \quad 2.45$$

Для запропонованої СЕС, з річним виробництвом 20 985 911,67 Вт*год електроенергії переведення в спожитий природний газ буде виглядати:

$$20985911,67 \cdot 303 \cdot 10^{-6} = 6358,731 \text{ м}^3 \text{ природного газу.} \quad 2.46$$

Для запропонованої СЕС, з річним виробництвом 20 985 911,67 Вт*год електроенергії переведення в умовне паливо буде виглядати:

$$20985911,67 \cdot 0,351 \cdot 10^{-6} = 7,366 \text{ т у. п.} \quad 2.47$$

2.3. Вибір сонячного колектора та пристроїв, необхідних для його нормальної роботи.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Для зменшення навантаження на гаряче водопостачання вибрано геліосистему систему на базі всесезонного трубчастого вакуумного сонячного колектора Atmosfera СВК-А 30, який ефективно працює цілий рік в будь-якій області України. Запропонований сонячний колектор має високу продуктивність в умовах низької сонячної інсоляції, що ідеально підходить для Тернопільської області. Сонячні нагрівачі Atmosfera широко застосовуються в приватних будинках, дитячих садках, школах, магазинах, АЗС тощо. Система має низьку інерційність, працює із швидким виходом на робочий режим і забезпечує середньорічну економію енергоносіїв до 50%. Рама колектору виготовлена із алюмінію, що дозволяє значно знизити навантаження на несучі конструкції даху. Монтаж колектору розраховано як на горизонтальні поверхні, так і на вертикальні поверхні. [33].

Таблиця 2.5

Основні технічні характеристики колектора Atmosfera СВК-А 30 [33]

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Кількість труб	<i>шт</i>	30
Пікова потужність	$\frac{\text{кВт}}{\text{год}}$	2,062
Продуктивність	$\frac{\text{кВт}}{\text{год}} / \text{день}$	6,88
Площа адсорбції	м^2	2,41
Площа апертури	м^2	2,81
Ємність теплообмінника	<i>л</i>	3,2
Висота	<i>мм</i>	2000
Ширина	<i>мм</i>	2440
Вага	<i>кг</i>	110

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		



Рис. 2.6. – Вигляд сонячного колектора Atmosfera CBK-A 30

Основні переваги сонячного колектора Atmosfera CBK-A 30:

- Високий ступінь поглинання сонячної радіації в похмуру погоду;
- Відмінна ізоляція теплових трубок;
- Здатність нагрівати воду протягом усього року;
- Здатність теплових трубок пасивно поглинати сонячне випромінювання весь день, завдяки їх циліндричній формі;
- Мінімізовані втрати тепла із внутрішньої трубки, завдяки створенню вакууму у зовнішній трубці.
- Здатність колектору працювати при негативних температурах (до -30°C);
- Висока міцність і довговічність вакуумних трубок, їх простий монтаж та заміна
- Висока продуктивність [33].

Невід’ємним елементом системи, в якій використовується сонячний колектор, є тепловий акумулятор. Вибираю акумуляційний бак об’ємом 350

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

літрів BakiLux AB-350i. Даний бак виготовлений із сталі, ізолятором тепла в ньому виступає м'який пінополіуретан товщиною 100 мм [34].

Таблиця 2.6.

Характеристики акумуляційного баку BakiLux AB-350i [34]

Параметр	Значення
Об'єм, л	350
Висота, мм	1998
Діаметр, мм	500
Діаметр з ізоляцією, мм	700
Робочий тиск, бар	3
Максимальна температура, °C	95
Вага, кг	88
Ізоляція	Пінополіуретан

Особливості:

- підключення до різних джерел енергії;
- виконує функцію бойлера;
- декілька варіантів нержавіючого теплообмінника: 20 мм, 25 мм, 32 мм, 40 мм;
- система нагріву гарячої води «fresh» унеможливорює розвиток небезпечних бактерій;
- можливість вживати воду з ГВП в їжу;
- надійна ізоляція забезпечує незначні втрати тепла;
- можливість комплектування ТЕНами;
- вбудований теплообмінник для підключення сонячних колекторів;

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

- може бути використаний у відкритій чи замкнутій системі [34].



Рис. 2.7. – Зовнішній вигляд акумуляційного баку BakiLux AB-350i [34].

Ще одним обов'язковим елементом системи з сонячним колектором є сонячний контролер – пристрій який призначений для контролю стану системи, процесу нагріву, а також управління всіма процесами, які проходять в системі. Вибираю мікропроцесорний контролер PCSOL 201.

Основні функції

- Працює за принципом TOUCH & PLAY;
- Можливість підключення 4 датчиків температури;
- Варіація схем підключення;
- Плавне управління помпами;
- Визначення аварійних ситуацій;
- Відображення схеми підключення на дисплеї [35].

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Характеристики контролера [35]

Параметр	Значення
Живлення	210-230 В, 50 Гц, I = 0,52 А
Атмосферні умови роботи	0 – 40°C, вологість 10-90% без конденсату
Клас захисту	IP20
Розміри	140×95×40 мм



Рис. 2.8. – зовнішній вигляд мікропроцесорного контролера PCSOL 201 [35]

2.4. Оцінка ефективності сонячної установки для гарячого водопостачання.

Для оцінки ефективності установки буду використовувати порівняння значень навантаження гарячого водопостачання для сім'ї із 4 людей і значення теплопродуктивності сонячного колектора для кожного місяця.

Об'єм необхідної гарячої води визначається за формулою:

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

$$V = v \cdot n_{\text{л}}, \quad 2.48$$

де V – об'єм необхідної гарячої води, л;

v – добова норма гарячої води на 1 особу – 50 л;

$n_{\text{л}}$ – кількість людей в сім'ї – 4 людини.

$$V = 50 \cdot 4 = 200_{\text{л}} \quad 2.49$$

Температурний перепад між гарячою і холодною водою обраховується так:

$$\Delta T = 60 - 10 = 50^{\circ}\text{C}, \quad 2.50$$

де ΔT - температурний перепад, $^{\circ}\text{C}$;

60 – температура гарячої води, $^{\circ}\text{C}$;

10 – температура холодної води, $^{\circ}\text{C}$.

Для нагріву V літрів води на ΔT $^{\circ}\text{C}$ потрібно затратити таку кількість енергії:

$$Q = V \cdot \Delta T \cdot C = 200 \cdot 50 \cdot 1,16 = 11600 \text{Вт} \cdot \text{год}, \quad 2.51$$

де c – теплоємність води – $1,16 \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{л} \cdot ^{\circ}\text{C}}$.

Для кожного місяця теплове навантаження обраховуватиметься за формулою:

$$Q_{\text{м}} = Q \cdot N, \quad 2.52$$

де N – число днів місяця.

Для січня:

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

$$Q_{січ} = 11600 \cdot 31 = 359,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.53$$

Для лютого:

$$Q_{лют} = 11600 \cdot 29 = 336,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.54$$

Для березня:

$$Q_{бер} = 11600 \cdot 31 = 359,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.55$$

Для квітня:

$$Q_{кв} = 11600 \cdot 30 = 348 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.56$$

Для травня:

$$Q_{тр} = 11600 \cdot 31 = 359,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.57$$

Для червня:

$$Q_{чер} = 11600 \cdot 30 = 348 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.58$$

Для липня:

$$Q_{лип} = 11600 \cdot 31 = 359,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.59$$

Для серпня:

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

$$Q_{сер} = 11600 \cdot 31 = 359,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.60$$

Для вересня:

$$Q_{вер} = 11600 \cdot 30 = 348 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.61$$

Для жовтня:

$$Q_{жов} = 11600 \cdot 31 = 359,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.62$$

Для листопада:

$$Q_{лис} = 11600 \cdot 30 = 348 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.63$$

Для грудня:

$$Q_{гр} = 11600 \cdot 31 = 359,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.64$$

Отримані дані вносимо в Таблицю 2.7.

Таблиця 2.8.

Навантаження гарячого водопостачання для сім'ї з 4 людей на прикладі
2020 року

Місяць	Кількість днів	Навантаження ГВП, $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{місяць}$
Січень	31	359,6
Лютий	29	336,4
Березень	31	359,6
Квітень	30	348

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Продовження таблиці 2.8.

Травень	31	359,6
Червень	30	348
Липень	31	359,6
Серпень	31	359,6
Вересень	30	348
Жовтень	31	359,6
Листопад	30	348
Грудень	31	359,6

Кількість теплоти, яку може виробити сонячний колектор Atmosfera СВК-А 30 за місяць визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{кол}} = F'_R \cdot [E_{\text{сд}} \cdot (\tau\alpha) - U_L \cdot (T_T - T_{\text{н.п.}})] \cdot S_a \cdot N, \quad 2.65$$

де $Q_{\text{кол}}$ – кількість теплоти, кВт·год;

F'_R – коефіцієнт ефективності поглинаючої панелі, $F'_R = 0,77$;

$E_{\text{сд}}$ – середньодобове значення сонячної інсоляції;

$(\tau\alpha)$ – коефіцієнт, що враховує пропускну та поглинаючу здатність колектора, $(\tau\alpha) = 1,08$;

U_L – коефіцієнт теплових втрат, $U_L = 0,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

T_T – середня температура теплоносія, $T_T = 333\text{К}$;

$T_{\text{н.п.}}$ – температура навколишнього повітря;

S_a – площа адсорбції, $S_a = 2,41$;

Розрахунок середньодобової температури для кожного місяця:

Для січня:

$$T_{\text{Тсін}} = 273 - 5,5 = 267,5\text{К} \quad 2.66$$

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Для лютого:

$$T_{\text{Лют}} = 273 - 4,1 = 268,9K \quad 2.67$$

Для березня:

$$T_{\text{Бер}} = 273 + 0,8 = 273,8K \quad 2.68$$

Для квітня:

$$T_{\text{Кв}} = 273 + 9,4 = 282,4K \quad 2.69$$

Для травня:

$$T_{\text{Тр}} = 273 + 16 = 289K \quad 2.70$$

Для червня:

$$T_{\text{Чер}} = 273 + 19,6 = 292,6K \quad 2.71$$

Для липня:

$$T_{\text{Лип}} = 273 + 21,3 = 294,3K \quad 2.72$$

Для серпня:

$$T_{\text{Сер}} = 273 + 20,6 = 293,6K \quad 2.73$$

Для вересня:

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

$$Q_{\text{кол січ}} = 0,77 \cdot [1090 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 267,5)] \cdot 2,41 \cdot 31 = 64,706 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.78$$

Для лютого:

$$Q_{\text{кол лют}} = 0,77 \cdot [1860 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 268,9)] \cdot 2,41 \cdot 29 = 105,344 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.79$$

Для березня:

$$Q_{\text{кол бер}} = 0,77 \cdot [2850 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 273,8)] \cdot 2,41 \cdot 31 = 174,342 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.80$$

Для квітня:

$$Q_{\text{кол кв}} = 0,77 \cdot [3850 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 282,4)] \cdot 2,41 \cdot 30 = 229,226 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.81$$

Для травня:

$$Q_{\text{кол тр}} = 0,77 \cdot [4840 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 289)] \cdot 2,41 \cdot 31 = 298,678 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.82$$

Для червня:

$$Q_{\text{кол чер}} = 0,77 \cdot [5000 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 292,6)] \cdot 2,41 \cdot 30 = 298,824 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.83$$

Для липня:

$$Q_{\text{кол лип}} = 0,77 \cdot [4930 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 294,3)] \cdot 2,41 \cdot 31 = 304,514 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.84$$

Для серпня:

$$Q_{\text{кол сер}} = 0,77 \cdot [4510 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 293,6)] \cdot 2,41 \cdot 31 = 278,387 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.85$$

Для вересня:

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

$$Q_{\text{кол вер}} = 0,77 \cdot [3080 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 288,4)] \cdot 2,41 \cdot 30 = 183,197 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.86$$

Для жовтня:

$$Q_{\text{кол жов}} = 0,77 \cdot [1910 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 281,4)] \cdot 2,41 \cdot 31 = 116,291 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.87$$

Для листопада:

$$Q_{\text{кол лис}} = 0,77 \cdot [1090 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 275,5)] \cdot 2,41 \cdot 30 = 62,975 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.88$$

Для грудня:

$$Q_{\text{кол гр}} = 0,77 \cdot [850 \cdot 1,08 - 0,8 \cdot (333 - 270,9)] \cdot 2,41 \cdot 31 = 49,951 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 2.89$$

Таблиця 2.10.

Кількість теплоти яку може виробити колектор Atmosfera СВК-А 30 для
кожного місяця

Місяць	Кількість днів	Кількість енергії, кВт · год / місяць
Січень	31	64,706
Лютий	29	105,344
Березень	31	174,342
Квітень	30	229,226
Травень	31	298,678
Червень	30	298,824
Липень	31	304,514
Серпень	31	278,387
Вересень	30	183,197
Жовтень	31	116,291
Листопад	30	62,975
Грудень	31	49,951
Сума		2166,440

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

В сумі сонячний колектор може виробити 2166,440 кВт·год теплової енергій за рік. Переведення в умовне паливо матиме вигляд:

$$2166,440 \cdot 0,1228 \approx 266 \text{ кг. у.п.} \quad 2.90$$

Для оцінки ефективності установки введемо γ , який буде показувати частку використання сонячного колектора в системі гарячого водопостачання. Він обчислюється за такою формулою:

$$\gamma = \frac{Q_{\text{кол}}}{Q} \cdot 100\% \quad 2.91$$

Проведемо розрахунок для кожного місяця:

Для січня:

$$\gamma_{\text{січ}} = \frac{64,706}{359,6} \cdot 100\% = 17,99\% \quad 2.92$$

Для лютого:

$$\gamma_{\text{лют}} = \frac{105,344}{336,4} \cdot 100\% = 31,31\% \quad 2.93$$

Для березня:

$$\gamma_{\text{бер}} = \frac{174,342}{359,6} \cdot 100\% = 48,48\% \quad 2.94$$

Для квітня:

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

$$\gamma_{кв} = \frac{229,226}{348} \cdot 100\% = 65,86\% \quad 2.95$$

Для травня:

$$\gamma_{тр} = \frac{298,678}{359,6} \cdot 100\% = 83,05\% \quad 2.96$$

Для червня:

$$\gamma_{чер} = \frac{298,824}{348} \cdot 100\% = 85,86\% \quad 2.97$$

Для липня:

$$\gamma_{лип} = \frac{304,514}{359,6} \cdot 100\% = 84,68\% \quad 2.98$$

Для серпня:

$$\gamma_{сер} = \frac{278,387}{359,6} \cdot 100\% = 77,41\% \quad 2.99$$

Для вересня:

$$\gamma_{вер} = \frac{183,197}{348} \cdot 100\% = 52,64\% \quad 2.100$$

Для жовтня:

$$\gamma_{жов} = \frac{116,291}{359,6} \cdot 100\% = 32,33\% \quad 2.101$$

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

Для листопада:

$$\gamma_{\text{лис}} = \frac{62,975}{348} \cdot 100\% = 18,09\% \quad 2.102$$

Для грудня:

$$\gamma_{\text{гр}} = \frac{49,951}{359,6} \cdot 100\% = 13,89\% \quad 2.103$$

Отриманні дані занесем в Таблицю 2.9.

Таблиця 2.9.

Частка використання сонячного колектора в системі ГВП

Місяць	Q _{кол} , кВт·год	Q, кВт·год	γ, %
Січень	64,706	359,6	17,99389
Лютий	105,344	336,4	31,31526
Березень	174,342	359,6	48,4824
Квітень	229,226	348	65,86967
Травень	298,678	359,6	83,05857
Червень	298,824	348	85,869
Липень	304,514	359,6	84,68135
Серпень	278,387	359,6	77,41596
Вересень	183,197	348	52,64301
Жовтень	116,291	359,6	32,33909
Листопад	62,975	348	18,09627
Грудень	49,951	359,6	13,89087
Сума	2166,440	4268,6	50,57294

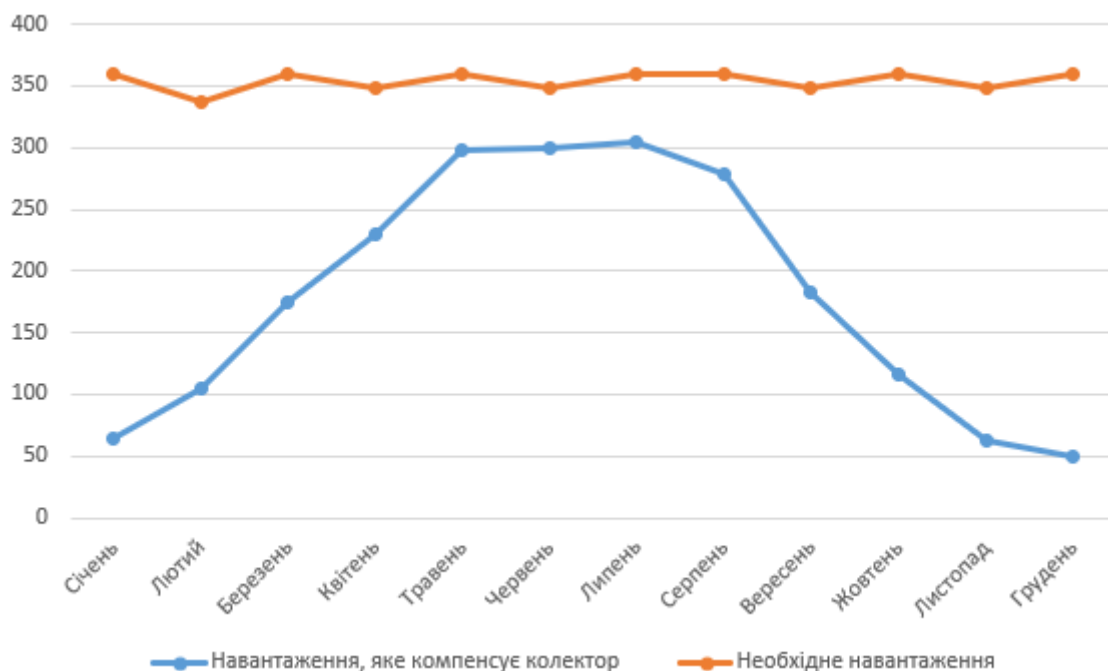


Рис. 2.9. – Графіки навантаження ГВП і теплового навантаження, яке компенсує колектор.

Поглянувши на графік навантаження гарячого водопостачання і графік теплового навантаження, яке зможе компенсувати колектор (рис. 2.7.), то бачимо найефективнішу роботу установки з квітня по вересень. В ці місяця частина теплового навантаження в системі гарячого водопостачання перевищує 50 %. Найбільша ефективність припадає на період з травня по серпень, це пояснюється тепловим навантаженням в системі гарячого водопостачання перевищує 50 %. Найбільша ефективність припадає на період з травня по серпень, це пояснюється високою температурою повітря і довгою тривалістю світлої пори доби. У свою чергу найнижча ефективність роботи установки припадає на зимові місяці, коли температура повітря опускається нижче 0 °C і тривалість світлої пори доби низька.

Висновки до розділу

1. Як приклад для досліджень запропоновано сонячну електростанцію, потужністю 30 кВт та геліоустановку для виробництва теплової енергії, які розташовані в Тернопільській області. В якості основного обладнання для СЕС

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

вибрано 94 монокристалічні модулі Risen RSM120-6-320 М та мережевий інвертор Solis 30К. Для теплової установки вибрано вакуумний сонячний колектор Atmosfera CBK-A 30 з теплоакumuлюючою ємністю BakiLux AB-350i і контролером PCSOL 201.

2. Найкраща ефективність роботи сонячної електростанції в природо-кліматичних умовах України припадає на період з квітня по вересень. Прогнозований річний виробіток складає 21283,886 кВт·год електричної енергії..

3. Прогнозований річний виробіток складає 2166,440 кВт·год теплової енергії. Це дозволить зменшити навантаження на гаряче водопостачання на 50,57294 % впродовж року.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк	№ локум.	Підпи	Дат		

РОЗДІЛ 3

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Пристрої автоматичного керування потрібні для узгодження роботи всіх елементів системи. Це відбувається на основі даних отриманих від різних датчиків, вмонтованих в різних частинах схеми. На основі аналізу даних про температуру приймається рішення про вмикання циркуляційного насосу або додаткового нагрівального обладнання. Регулятор PCSol201 являється сучасним електронним пристроєм, який використовується для керування роботою сонячних колекторів. Цей контролер працює з насосами до геліосистем, які керуються сигналом PWM. Основним завданням контролера є керування контуром гарячого водопостачання в залежності від показів датчиків температури таким чином, щоб отримати як можна більше тепла від сонячного колектора.

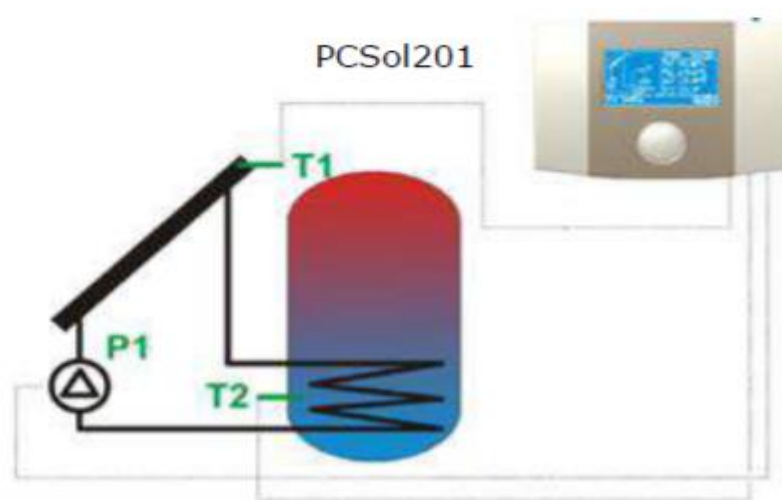


Рис. 1.1. – Базова гідравлічна схема підключення контролера до сонячного колектора та акумулюючої ємності.

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ					
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						
Розробив	Кондратюк О				СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Арк.всїв
Перевірів	Козак К. М.									
Консульт.	Козак К. М									
Н.Контрол	Коваль В. П.							ТНТУ, ФПТ,		
Затверд.	Тарасенко М.							каф.електр.інжен. ЕМм-61		

Регулятор обладнаний системою «TOUCH&PLAY», що полегшує його обслуговування та настройку з допомогою ручки з кнопкою, яка обертається.

Для того щоб ввімкнути контролер варто утримувати нажатою ручку, яка обертається впродовж 3 секунд.

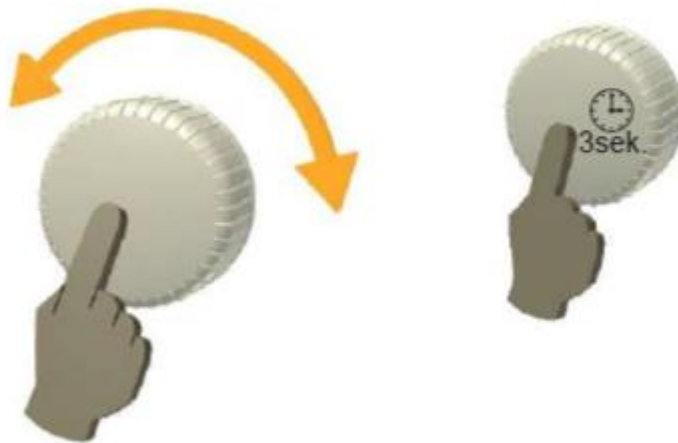


Рис. 1.2. – Вигляд системи керування контролера

Після включення регулятора на дисплеї з'явиться основне вікно, у якому зазначені такі параметри:

- Вигляд гідравлічної схеми;
- Поточний час і дата;
- Актуальна різниця температур теплоносія;
- Поточна теплова потужність;
- Вхід в меню настройки контролера;
- Оповіщення про сигнали тривоги.

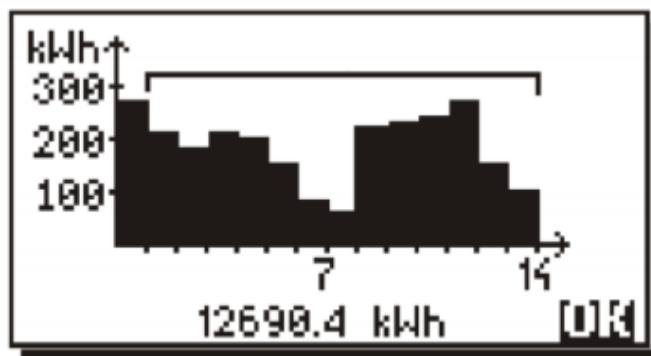


Рис. 1.3. – Графік вироблення теплової енергії колектором.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контролер реєструє дані про отриману теплову енергію за останні 14 днів у вигляді графіка.

Контролер укомплектований функцією розумних сигналів тривоги, тобто пристрій розпізнає тип позаштатної ситуації і в залежності від виду ситуації виконує відповідні дії.

Наприклад, якщо з'явиться несправність датчика підігріву теплоакumuлюючої ємності, то контролер перестане її підігрівати. Незважаючи на сигнал тривоги, контур сонячного колектора буде працювати у нормальному режимі і контролер не допустить перегрів системи.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

Обґрунтування економічної ефективності

5.1. Економічне обґрунтування доцільності фотоелектричних модулів.

У сучасному світі проблема економії завжди залишатиметься актуальною. Особливо часто це стосується у питанні витрат на газ та електроенергію. Комунальні платежі часто становлять вагомую частину у бюджеті витрат пересічного українця. У даній статті ми з Вами розглянемо сонячні електростанції як спосіб економії коштів, розберемось з її плюсами та мінусами, а також опишемо її типи та доцільність застосування. Розглянемо, в яких випадках монтування станції виглядає як розумне і економічно обґрунтоване рішення, а в яких – не надто доречне [36].

На жаль, українські електромережі не можуть похизуватися надійною безперебійною подачею електроенергії для кожного будинку. Це може відображатися стрибками напруги, перекосами по фазах, частими перебоями в подачі струму і навіть відсутністю проведених електромереж до малозаселених віддалених пунктів. При відсутній електромережі необхідна постійна подача електроенергії, як в день, так і вночі. Тоді питання економічної доцільності станції відпадає – це єдиний спосіб отримання електроенергії, хоча й затратний. В якості генератора електроенергії виступатиме станція автономного типу. Накопичуватиметься електроенергія на зовнішні акумулятори. Власник такої станції забезпечить базові потреби в електроенергії [36].

Проте є дві основні проблеми такого способу – робота станції взимку та при несприятливих погодних умовах. Як відомо, зимовий період часу

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Обґрунтування економічної ефективності	Літ.	Арк.	Арквівів
Розробив		Кондратюк О						
Перевірив		Козак К. М.						
Консульт.		Малюта Л. Я.				ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		
Н.Контрол		Коваль В. П.						
Затверд.		Тарасенко М.						

характеризується частими снігопадами, хмарністю та коротким сонячним днем. Логічно, що станція не працюватиме без сонця. Тому на повноцінне і стабільне електроживлення від сонячної електростанції власник розраховувати, на жаль, не може. В даному випадку вирішенням буде встановлення генератора як резервного джерела живлення на випадок відсутності подачі струму від сонячних панелей і акумуляторів. Така система дозволить покрити всі потреби споживача як вдень, так і вночі. Але обслуговування такої станції потребуватиме особливої уваги і дотримання технічних норм [36].

Важливим фактором економічного аналізу є термін експлуатації фотоелектричної системи. Терміни служби різних компонентів сонячного енергопостачання підраховані на основі досвіду, накопиченого за останні роки:

- термін служби фотоелектричних панелей без помітного зниження ККД оцінюється в 20 - 25 років;
- каркаси і кріплення з алюмінію і нержавіючої сталі (використовуються в більшості фотоелектричних систем) - термін служби не нижче фотоелектричних модулів;
- середній термін служби акумулятора складає від 4 до 10..12 років в залежності від характеру циклу заряд / розряд;
- контролери заряду акумуляторів розраховані щонайменше на 10 - 15 років безремонтної експлуатації;
- інвертори зазвичай слугують не менше 10 - 15 років. Багато виробників дають гарантійний термін експлуатації 5 років.

Розрахунок капітальних витрат.

За початковими даними, виходячи з розрахованої потужності системи і необхідної кількості устаткування, а також оцінки будівельно-монтажних витрат отримаємо вираз, який визначає капіталовкладення для запропонованої сонячної електростанції:

$$C_{ec} = C_{mod} + C_{inv} + C_{б.м.р} , \quad 5.1$$

де C_{ec} – загальні капіталовкладення в електростанцію, дол;

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

$C_{\text{мод}}$ – вартість фотовольтажних модулів, дол;

$C_{\text{інв}}$ – вартість інвертора, $C_{\text{інв}} = 2500$ дол;

$C_{\text{б.м.р.}}$ – вартість будівельно-монтажних робіт, дол.

Вартість фотовольтажних модулів визначається:

$$C_{\text{мод}} = C_{1\text{мод}} \cdot n, \quad 5.2$$

де $C_{1\text{мод}}$ – вартість одного модуля, $C_{1\text{мод}} = 133$ дол;

n – кількість модулів, $n = 94$.

$$C_{\text{мод}} = 133 \cdot 94 = 12502 \text{ дол}, \quad 5.3$$

Вартість будівельно-монтажних робіт складає 30% від вартість устаткування і буде дорівнювати:

$$C_{\text{б.м.р.}} = (C_{\text{мод}} + C_{\text{інв}}) \cdot 0,3 = (12502 + 2500) \cdot 0,3 = 4500 \text{ дол} \quad 5.4$$

Загальні капіталовкладення складатимуть:

$$C_{\text{ес}} = 12502 + 2500 + 4500 = 19502 \text{ дол} \quad 5.5$$

Враховуючи те, що ставка зеленого тарифу для сонячних електростанцій запускених з 1 січня 2020 року по 31 грудня 2025 року становить 0,163 євро або 0,18 долара за кВт·год прибуток з виробленої електроенергії визначатиметься за формулою:

$$P_{\text{еє}} = W_{\text{заг}} \cdot 0,18, \quad 5.6$$

де $P_{\text{еє}}$ – прибуток з виробленої електричної енергії, дол;

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

$W_{\text{заг}}$ – кількість електричної енергії, виробленої за рік, $W_{\text{заг}} = 21283,886 \text{ кВт} \cdot \text{год}$;

0,18 – ставка зеленого тарифу.

Сума прибутку в рік буде складати:

$$P_{\text{еє}} = 21283,886 \cdot 0,18 = 3831 \text{ дол} \quad 5.7$$

Термін окупності визначатиметься:

$$t_{\text{сєс}} = \frac{C_{\text{єс}}}{P_{\text{еє}}} = \frac{19502}{3831} = 5,09 \text{ року.} \quad 5.7$$

Підбиваючи підсумки, варто зазначити, що сонячна електростанція є вигідною інвестицією котра зможе себе окупити за лічені роки та принести доволі непоганий стабільний прибуток протягом року. Особливо враховуючи той факт, що розрахунки проводилися для, доволі, дорогого обладнання та низького рівня сонячної інсоляції. Крім того, встановлюючи в себе на будинку сонячну електростанцію, ви робите крок до екологічно чистого майбутнього України.

2.2. Економічне обґрунтування доцільності сонячних колекторів.

Потреби в електричній енергії збільшуються з кожним роком, проте запаси викопних палив неминуче скорочуються. У зв'язку зі значним зростанням цін на енергоносії і залежністю від їхнього імпорту з інших країн останнім часом у всьому світі спостерігається тенденція до розвитку альтернативної енергетики.

Використання технології на основі відновлюваних джерел енергії дозволяє не тільки забезпечити споживачів необхідною енергією, а й знизити збиток, що наноситься паливною енергетикою довкіллю.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

У магістерській дисертації оцінюється ефективність застосування установки на базі сонячного колектора Atmosfera СВК-А 30 для зменшення теплового навантаження на систему гарячого водопостачання для сім'ї із 4 людей.

За початковими даними, виходячи з розрахованої потужності системи і необхідної кількості устаткування, а також оцінки монтажних витрат отримаємо вираз, який визначає капіталовкладення для запропонованої сонячної теплової установки:

$$C_{ту} = C_{ск} + C_{та} + C_{к} + C_{мр}, \quad 5.8$$

де $C_{ту}$ – капітальні витрати для теплової установки, дол;

$C_{ск}$ – вартість сонячного колектора, $C_{ск} = 966$ дол;

$C_{та}$ – вартість теплового акумулятора, $C_{та} = 280$ дол;

$C_{к}$ – вартість контролера системи, $C_{к} = 150$ дол;

$C_{мр}$ – вартість монтажних робіт, дол.

Вартість монтажних робіт визначається:

$$C_{мр} = (C_{ск} + C_{та} + C_{к}) \cdot 0,2 = (970 + 280 + 150) \cdot 0,2 = 280 \text{ дол} \quad 5.8$$

Капітальні витрати для теплової установки будуть дорівнювати:

$$C_{ту} = 970 + 280 + 150 + 280 = 1680 \text{ дол} \quad 5.8$$

Для оцінки прибутку від виробленої теплової енергії потрібно скористатися перевідними коефіцієнтами:

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{год теплової енергій} = 8,598 \cdot 10^{-4} \text{ Гкал.}$$

$$2166,440 \cdot 8,598 \cdot 10^{-4} = 1,863 \text{ Гкал} \quad 5.9$$

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

1 Гкал теплової енергії = 123 м³ природного газу.

$$1,863 \cdot 123 = 229,149 \text{ м}^3 \quad 5.10$$

При ціні природного газу у 8 грн або 0,34 дол за м³ річна економія складатиме:

$$229,149 \cdot 0,34 = 78 \text{ дол} \quad 5.11$$

Термін окупності буде рівний:

$$t_{\text{my}} = \frac{1680}{78} = 21,5 \text{ року.} \quad 5.12$$

З обрахунків наведених вище, можна зробити висновок, що приведені витрати на систему сонячного теплопостачання значно перевищують річну економію. Економічна доцільність такої установки підтвердиться тільки в довгостроковому використанні.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Охорона праці.

Впродовж багатовікової історії людства проблеми здоров'я та безпеки праці завжди посідали чільне місце в соціальному та економічному житті суспільства і були пов'язані з розвитком суспільного виробництва та формуванням суспільного буття. Цілком зрозуміло, що вивченню питань охорони праці приділялась серйозна увага. Вчені, інженери, лікарі, психологи, представники інших наук та фахів вивчали проблеми створення безпечних та нешкідливих умов та засобів праці. Адже саме за таких обставин людина здатна працювати з високою продуктивністю, створювати необхідний матеріальний потенціал для суспільства та добробут усіх громадян. Тому історично склалось, що охорона праці як галузь науки виникла на перетині соціально-правових, технічних і медичних наук, науки про людину. Головними об'єктами її досліджень є людина в процесі праці, виробниче середовище, організація праці та виробництва. На підставі цих досліджень розробляються заходи та засоби, спрямовані на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [37].

5.1.1. Дія електричного струму на організм людини, види електротравм.

Число електротравм складає 0,5...1 % від загальної кількості травм на виробництві, але серед всіх травм із смертельним наслідком електротравми складають 20...40 %. Причому, в електроустановках з напругою менше 1000 В

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Охорона праці	Літ.	Арк.	Арквівів
Розробив		Кондратюк О						
Перевірів		Козак К. М.						
Консульт.		Гурик О. Я.				ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		
Н.Контрол		Коваль В. П.						
Затверд.		Гарасенко М.						

число нещасних випадків в 3 рази більше, ніж в електроустановках вище 1000 В. Із загальної кількості смертельних електротравм 60...85 % – це електротравми в електроустановках до 1000 В, а саме 127...380 В, які широко розповсюджені в техніці і побуті [37].

Дія електричного струму на організм людини має декілька особливостей:

- несподіваність ураження, яка пов'язана із відсутністю у людини органів чуття (рецепторів), за допомогою яких можна виявити напругу на відстані;
- можливість дистанційної дії, що проявляється в ураженні людини через електричну дугу, або крокову напругу;
- рефлекторна дія через центральну нервову систему, яка призводить до порушення роботи серця і легенів.

Електричний струм, проходячи через організм людини спричиняє термічну, електролітичну та біологічну дію.

Термічна дія струму полягає в нагріванні тканини, випаровуванні вологи із неї, що викликає опіки, обвуглювання тканин та їх розриви паром. Тяжкість термічної дії струму залежить від величини струму, опору його проходженню та часу проходження.

Електролітична дія струму проявляється в електролізі крові та плазми, що призводить до зміни їхніх фізико-хімічних та біохімічних властивостей.

Біологічна дія струму проявляється у подразненні і збудженні тканин організму. Збудження тканин внаслідок прямої (контактної) дії струму може проявлятися у вигляді мимовільного, непередбачуваного скорочення м'язів. Непряма дія струму (рефлекторна) відбувається через центральну нервову систему, до якої надходять імпульси від збуджених під дією електричного струму рецепторів. Центральна нервова система опрацьовує інформацію і надсилає відповідні імпульси до систем організму щодо нормалізації процесів життєдіяльності у відповідних тканинах та органах. Якщо кількість імпульсів, що надходить від збуджених рецепторів занадто велика настає перевантаження інформацією центральної нервової системи внаслідок чого вона може видавати недоцільну команду, що може призвести до серйозних порушень

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діяльності серця та легенів, навіть якщо ці органи і не знаходяться на шляху проходження струму.

Ураження електричним струмом поділяються на місцеві – електричні травми та загальні – електричні удари.

Електричні травми – це місцеві ураження, серед яких розрізняють: електричні опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, електрофтальмія, механічні пошкодження.

Електричний опік в залежності від умов виникнення може бути контактним і дуговим. Контактні струмові опіки мають місце в електроустановках напругою до 1000 В, вони виникають в місцях контакту людини із струмоведучими неізольованими елементами електроустановок. В місцях контакту виділяється значна кількість тепла за рахунок великої густини струму та підвищеного опору, який створює шкіра людини. Тяжкість ураження за таких умов залежить від величини струму, часу його дії та опору людини. Дугові опіки мають місце в установках, напругою більше 1000 В і, як правило, більш тяжкі (III або IV ступеня). В електроустановках напругою 6...10 кВ дугові опіки є результатом випадкових коротких замикань при виконанні робіт в електроустановках. Електрична дуга виникає між елементами електроустановки, тому струм через тіло людини в даному випадку не проходить і небезпека обумовлюється тепловою дією струму. При значеннях напруги більше 10 кВ електрична дуга виникає між струмоведучими елементами і тілом людини, таким чином, теплова дія дуги поєднується з проходженням струму через тіло людини [37].

Електричні знаки – це різко окреслені плями сірого або блідо-жовтого кольору на поверхні тіла людини в місці контакту з струмоведучими елементами. Зазвичай знаки мають круглу, овальну форму або форму струмоведучого елемента, до якого доторкнулась людина, розмірами до 10 мм з поглибленням у центрі, а іноді – форму мікроблискавки. Особливого больового відчуття електричні знаки не спричиняють і з часом безслідно зникають.

Металізація шкіри – проникнення у верхні шари шкіри дрібних часток металу, який розплавився під дією електричної дуги. На ураженій ділянці тіла

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при цьому відчувається біль від опіку за рахунок тепла, занесеного в шкіру металом, і напруження шкіри від присутності в ній часток металу. В більшості випадків одночасно із металізацією шкіри мають місце дугові опіки.

Електрофтальмія – запалення поверхневих слизових оболонок очей в результаті дії ультрафіолетових променів, які утворюються електричною дугою. Електрофтальмія розвивається через 2 – 6 годин після опромінення і проявляється у формі почервоніння і запалення шкіри та слизових оболонок повік, слъозоточінні, гнійних виділеннях, світлоболях і світлобоязні. Тривалість захворювання 3...5 днів.

Механічні ушкодження спричиняються непередбачуваним судомним скороченням м'язів у результаті подразнювальної дії струму. В результаті таких судомних скорочень м'язів можливі розриви сухожиль, шкіри, кровоносних судин, нервових клітин, вивихи суглобів, переломи кісток.

Загальні електричні травми або електричні удари – це порушення діяльності життєво важливих органів або всього організму людини як наслідок збудження живих клітин організму електричним струмом, яке супроводжується судомним скороченням м'язів. При цьому зовнішні місцеві ушкодження можуть бути відсутні.

В залежності від наслідків ураження розрізняють 4 групи електричних ударів:

I – судомні скорочення м'язів без втрати свідомості;

II – судомні скорочення м'язів із втратою свідомості, але без порушень дихання і кровообігу.

III – втрата свідомості з порушенням серцевої діяльності або дихання;

IV – клінічна смерть, тобто відсутність кровообігу і дихання.

Клінічна смерть – це перехідний стан від життя до смерті, який настає після зупинки серця. В стані клінічної смерті кровообіг та дихання відсутні, в організм людини кисень не постачається, але життєдіяльність клітин і організму в цілому ще деякий час підтримується за рахунок кисню, наявного в організмі на момент ураження. Якщо в стані клінічної смерті потерпілому своєчасно надіти допомогу (штучне дихання, закритий масаж серця), то дихання і кровообіг

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

можуть відновитися, або продовжиться період клінічної смерті до прибуття медичної допомоги.

Біологічна смерть – явище незворотне, в результаті чого розпадаються білкові клітини.

Причиною смерті внаслідок ураження електричним струмом може бути наступне:

- опіки більше 2/3 поверхні шкіри або внутрішніх органів;
- порушення функції серця;
- порушення функції дихання;
- електричний шок.

Порушенням функції серця може бути його зупинка чи фібриляція – невпорядковані скорочення серця (окремих його волокон – фібрил). Фібриляція може перейти в нормальну роботу серця при застосуванні медпрепаратів або дефібриляторів, в іншому випадку серце гине через гіпоксію – недостатнє забезпечення живої тканини киснем.

Порушення функції дихання може починатись при струмі величиною 20 – 25 мА (50 Гц), а при більшій величині струму (декілька сотень мА) настає раптовий параліч дихання.

Електричний шок – особлива нервово-рефлекторна реакція організму у відповідь на сильне подразнення струмом, супроводжується небезпечним розладом обміну речовин, кровообігу тощо. Зовнішні прояви – біль, збудження, крик, страх. Може бути зупинка серця через декілька годин, днів – так звана “запізнїла смерть” [38].

При встановленні та використанні сонячно-електричних енергоустановок, зокрема сонячних батарей, працівники стикаються з дією електричного струму на організм людини. І тому важливо розуміти та знати вимоги безпеки.

5.1.2. Класифікація, реєстрація та технічне опосвідчення посудин, що працюють під тиском

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При експлуатації сонячно-теплових енергоустановок, зокрема сонячного колектора і теплового акумулятора, трубопроводи яких працюють під тиском, виникає небезпека перегрівання системи. Саме тому необхідно виконувати і дотримуватись вимог безпеки при роботі з посудинами, що працюють під тиском.

Посудини, що працюють під тиском, належать до обладнання підвищеної небезпеки. Залежно від умов роботи посудини поділяються на дві групи. До першої групи належать посудини й апарати.

Усе обладнання першої групи реєструється і перебуває під контролем органів Держпраці.

Посудини з умовами роботи, відмінними від посудин першої групи, належать до другої групи. Вимоги безпеки до таких посудин наведені у галузевих правилах безпеки. Вони не підлягають реєстрації в органах Держгірпромнагляду України. Нагляд за об'єктами цієї групи здійснює підприємство, яке несе відповідальність за безпечну експлуатацію, виконання ремонтних робіт та контроль за цими об'єктами.

Обладнання, що працює під тиском, підлягає технічному опосвідченню до пуску в роботу, періодично в процесі експлуатації і, в необхідних випадках, – позачергово.

Посудини, що належать до першої групи, до пуску в роботу повинні пройти опосвідчення органами Держпраці та отримати дозвіл на експлуатацію.

Технічне опосвідчення посудин, що працюють під тиском, буває двох видів:

- часткове – зовнішній і внутрішній огляд – не рідше одного разу на 4 роки;
- повне – зовнішній і внутрішній огляд та гідравлічне випробування – не рідше одного разу на 8 років.

Технічне опосвідчення посудин, що працюють під тиском, проводиться представником Держпраці та представником підприємства. Обладнання, що не підлягає реєстрації, опосвідчується технічним керівництвом підприємства або спеціально призначеною ним комісією з компетентних інженерно-технічних працівників.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Трубопроводи пари і гарячої води поділяються на чотири категорії залежно від робочих параметрів середовища. До категорій I, II, III належать трубопроводи з тиском 1,6 ... 3,9 МПа і температурою середовища 250... 580 °С, до IV категорії – трубопроводи з температурою середовища 115... 250 °С та тиском 0,07... 1,6 МПа. Держпраці контролює трубопроводи I категорії з умовним проходом більше 70 мм та трубопроводи II,III категорій з умовним проходом більше 100 мм. Технічне опосвідчення цих трубопроводів проводиться Держпраці у такі терміни:

- зовнішній огляд та гідравлічне випробування до початку експлуатації;
- зовнішній огляд – не рідше одного разу на 3 роки;
- зовнішній огляд та гідравлічне випробування після кожного ремонту з використанням зварювання, а також при пуску трубопроводів, що були на консервації більше 2 років.

Трубопроводи IV категорії та всі інші, що не відповідають наведеним вище параметрам, контролюють та випробують підприємства, що їх експлуатують, у встановленому порядку.

Гідравлічне випробування трубопроводів на міцність і щільність швів та з'єднань проводиться пробним тиском, який дорівнює 1,25 робочого [39].

Трубопроводи, що використовуються в сонячно-теплових енергоустановках належать до IV категорії, так як робочий тиск становить до 1,6 МПа, а температура теплоносія не перевищують 250 °С [40].

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.

Природно-техногенна ситуація в Україні залишається напруженою, а в ряді її складових і в окремих регіонах країни – загрозовою. Моніторинг природної та техногенної безпеки впродовж останніх років підтверджує тенденцію до збільшення потенційних ризиків у галузі цивільного захисту. У цьому аспекті набувають своєї практичної ваги питання прогнозування та запобігання надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Досвід підтверджує, що необхідно насамперед проводити постійний моніторинг найнебезпечніших об'єктів [41].

Аналіз надзвичайних ситуацій останніх років свідчить, що найбільші збитки населенню і державі завдають надзвичайні ситуації (НС) природного характеру. На надзвичайні ситуації техногенного характеру, на їх виникнення та локалізацію найбільше впливає людський чинник. Людина постає як двозначна величина, що може стати як чинником виникнення надзвичайної ситуації, так і може запобігти їй [41].

5.2.1. Оцінка стійкості роботи об'єктів електротехнічної та світлотехнічної галузі, зокрема сонячно-електричних енергоустановок, до впливу вражаючих факторів ядерного вибуху.

При ядерних і звичайних вибухах основним уражаючим фактором, що діє на виробничі будівлі, споруди, обладнання тощо, є повітряна ударна хвиля, основним параметром якої є надмірний тиск $\Delta P_{\text{ф}}$ (рисунок 5.1).

Дія ударної хвилі на об'єкт характеризується складним комплексом навантажень: надлишковим тиском, тиском відбиття, тиском швидкісного напору, тиском затікання, навантаження від сейсмовибухових хвиль і т.д.

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ					
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Безпека в надзвичайних ситуаціях			Літ.	Арк.	Арквівів
Розробив	Кондратюк О									
Перевірів	Козак К. М.									
Консульт.	Стручок В. С.							ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		
Н.Контрол	Коваль В. П.									
Затверд.	Гарасенко М.									

Значення їх залежить в основному від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції і розмірів елементів об'єкта, орієнтації щодо епіцентру вибуху, місця розташування будинків і споруджень у загальній забудові об'єкта й окремих елементів виробництва в приміщеннях будинків, рельєфу місцевості і деяких інших факторів. Врахувати їх у сукупності для кожного елемента об'єкта, як правило, неможливо. Тому можливість елементів опиратися дії ударної хвилі

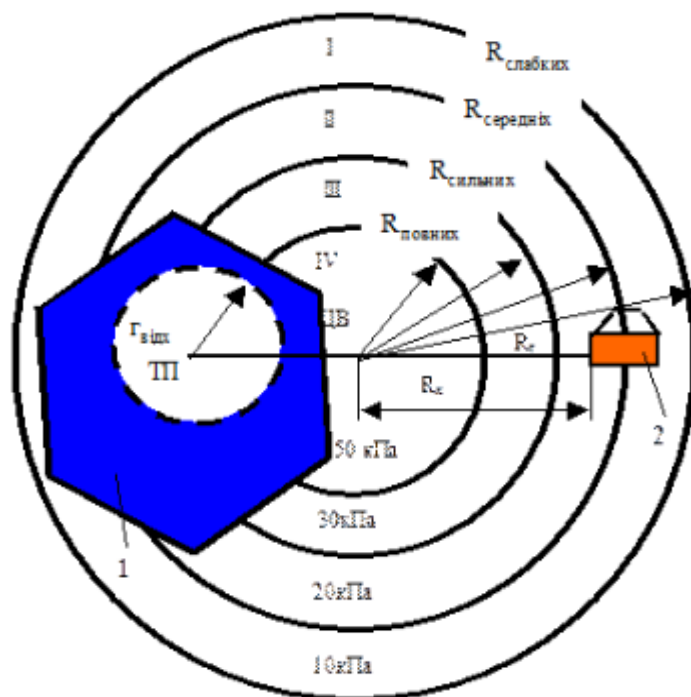


Рис. 5.1. Зони руйнувань від впливу ударної хвилі (наземний ядерний вибух потужністю $q=0.5$ Мт на відстані від об'єкту $R_x=4.4$ км): 1-місто; 2-об'єкт.

характеризують тільки надлишковим тиском у її фронті, вважаючи, що масштаби руйнувань не залежать від потужності і висоти найбільш ймовірних ядерних вибухів.

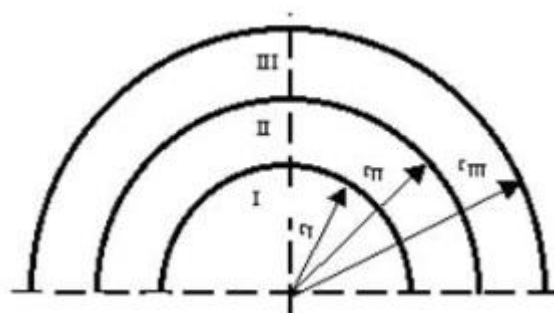


Рис. 5.2. Зони осередку ураження при вибуху ГПС

Під час надзвичайних ситуацій техногенного характеру надмірний тиск на відстані r , що очікується на об'єкті в разі вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів, буде максимальним значенням надмірного тиску $\Delta P_{\text{ф max}}$ і визначається розрахунковим шляхом виходячи з того, що у разі вибуху газопровідної суміші формується три фізичні зони (рисунк 5.2):

а) Зона I – зона детонаційної хвилі. Вона знаходиться в межах хмари вибуху. Радіус цієї зони можна розрахувати за формулою:

$$r_I = 17.5 \sqrt[3]{Q}, \text{ м} \quad 5.1$$

В межах цієї зони надмірний тиск складає $\Delta P_I = 1700$ кПа.

б) Зона II – зона дії продуктів вибуху. Ця зона охоплює всю територію, по якій розлетілись продукти ГПС в результаті дії детонації.

Радіус цієї зони становить

$$r_{II} = 1.7 r_I \quad 5.2$$

Надмірний тиск в межах зони змінюється від 1350 до 300 кПа і може бути розрахований за формулою:

$$\Delta P_{II} = 1300 \left(\frac{r_I}{r} \right)^3 + 50, \text{ кПа} \quad 5.3$$

де r – відстань від центру вибуху до вибраної точки (до об'єкту), м.

в) Зона III – зона дії повітряної ударної хвилі.

Надмірний тиск в зоні III на заданій відстані від центру вибуху r_{III} можна визначати за формулами:

Спочатку обчислюється відносна величина

$$\psi = 0.24 \frac{r_{III}}{r_I} \quad 5.4$$

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

при $\psi \leq 2$

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29.8\psi^3} - 1)}, \text{ кПа} \quad 5.5$$

при $\psi = 2$

$$\Delta P_{III} = \frac{22}{\psi \sqrt{\lg \psi + 0.158}}, \text{ кПа.} \quad 5.6$$

За кількісний показник стійкості об'єкту до впливу ударної хвилі приймається значення надмірного тиску, при якому будівлі, споруди і обладнання об'єкту зберігаються або отримують слабке і середнє руйнування. Це значення надмірного тиску прийнято вважати межею стійкості об'єкту до ударної хвилі ($\Delta P_{\phi \text{ lim}}$).

За межу стійкості будь-якого елементу об'єкту (будівля, споруда, обладнання) приймається мінімальне значення ΔP_{ϕ} , при якому цей елемент отримує середнє руйнування.

Критерієм стійкості об'єкта до дії світлового опромінювання є значення того мінімального імпульсу світлового опромінення, при якому може виникнути займання матеріалів чи споруд, в результаті чого на об'єкті виникнуть пожежі.

Величину світлового імпульсу, який викликає займання, визначає за допомогою спеціальних таблиць. Значення світлового імпульсу, що викликає займання і початок пожеж на об'єкті, є граничним рівнем стійкості до світлового опромінювання.

Якщо об'єкт складається з групи будівель і споруд, то визначають можливу пожежну обстановку в цій групі будов, враховуючи щільність забудови.

У висновках про стійкість об'єкта до дії світлового опромінення вказують граничний рівень стійкості об'єкта, найбільш небезпечні в пожежному відношенні ділянки, можливий пожежний стан на об'єкті, граничний рівень доцільного підвищення стійкості до світлового опромінення, необхідні протипожежні й інженерно-технічні заходи.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КМР 18-312.00.00.000. ПЗ

Вторинними вражаючими факторами є пожежі, вибухи, затоплення, забруднення атмосфери та місцевості і т. ін. Втрати від вторинних вражаючих факторів у ряді випадків можуть значно перебільшувати втрати, які одержує господарство в результаті дії первинних факторів, притаманних більшості надзвичайних ситуацій.

Джерела вторинних вражаючих факторів на об'єкті й в небезпечному віддаленні від нього повинні виявлятися заздалегідь з метою завчасного прийняття заходів, що направлені на виключення чи зменшення вражаючої дії.

Оцінка стійкості об'єктів до дії вторинних вражаючих факторів проводиться в такій послідовності:

- виявляють всі можливі джерела вражаючих факторів, як внутрішні, так і зовнішні;
- визначають найкоротшу відстань від об'єкта до кожного джерела вторинного ураження (на місцевості або на мапі чи плані);
- визначають характер вражаючої дії вторинного фактора (пожежа, затоплення, загазованість т. ін.);
- встановлюють чи вираховують час від моменту появи до моменту початку дії на об'єкт вторинного вражаючого фактора;
- визначають тривалість дії вражаючого фактора й можливі розміри втрат.

Одержані результати аналізують і роблять конкретні висновки для розробки організаційних, інженерно-технічних та технологічних заходів щодо виключення або обмеження дії на роботу об'єкта вторинних вражаючих факторів.

5.2.2. Захист персоналу об'єктів енергетики від впливу іонізуючих випромінювань.

Верховною Радою України був прийнятий ряд закон «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання», спрямованих на забезпечення захисту життя, здоров'я і майна людей від негативного впливу іонізуючих випромінювань. .

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Базовим у цьому законі є встановлення поняття *основної дозової межі опромінення*, що визначається як максимально припустимий рівень індивідуальної ефективної дози опромінення, перевищення якого вимагає застосування заходів захисту людини.

Ліміт дози індивідуального опромінення, отриманого населенням за рік, не повинен перевищувати 1 мілізіверта (мЗв) ефективної дози (категорія В).

Основна дозова межа індивідуального опромінення персоналу об'єктів, на яких проводиться практична діяльність, не повинна перевищувати 20 мЗв ефективної дози за рік (для категорії А).

Для осіб, які не працюють безпосередньо з джерелами іонізуючого випромінювання, але за умовами розміщення робочих місць чи проживання можуть піддаватися їхньому впливу, межа річної ефективної дози не повинна перевищувати 2 мЗв (категорія Б).

Законом визначені також рівні втручання в умовах аварії, тобто очікувані розрахункові величини, що визначають необхідність проведення тих чи інших заходів щодо захисту здоров'я і життя людини.

Встановлено, що залучення осіб для участі в ліквідації аварії чи її наслідків можливо тільки при їхній згоді на контрактній основі, причому в контракті повинна бути обговорена можлива доза опромінення за час ліквідації аварії. Заборонено залучення до таких робіт осіб молодше 18 років і жінок до 45 років.

Захист персоналу від іонізуючих випромінювань заснований на чотирьох принципах: захист часом, захист відстанню, захист кількістю, захист екранами.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування в зоні дії іонізуючих випромінювань і зведення до мінімуму часу проведення відповідних робіт.

Захист відстанню передбачає забезпечення під час робіт із джерелами іонізуючих випромінювань максимальної відстані від джерела до людини, тому що зниження потоку випромінювання пропорційно квадрату відстані від точкового джерела.

Захист кількістю передбачає використання для роботи джерел з мінімально можливим виходом іонізуючих випромінювань.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Захист екранами заснований на зменшенні інтенсивності випромінювання за допомогою екранів з різних матеріалів. При цьому для захисту від різних видів зовнішнього випромінювання можуть бути використані наступні матеріали:

гамма-випромінювання – бетон, вода, залізо, чавун, свинець та ін.;

бета-випромінювання – алюміній, вода, оргскло;

нейтронне випромінювання – вуглеводнево-вмісні (графіт, парафін, віск, оргскло) і комбіновані (серпентинітовий бетон, кадмій-бетон, вода-бетон);

альфа-випромінювання – білизна, легкі матеріали, папір.

Крім заходів захисту людей від опромінення, необхідно використовувати прийоми підвищення стійкості організму до його впливу, виходячи з біологічних реакцій на іонізуюче випромінювання на молекулярному рівні. Фармакологічні препарати, що використовуються в цих цілях, можна підрозділити на три групи:

Протектори, введення яких в організм перед опроміненням знижує вплив радіації (антиоксиданти, в першу чергу утримуючі сірку амінотіюли і біогенні аміни, що не містять сірку, меланін, що сприяє генетичній адаптації до впливу іонізуючого випромінювання);

Адаптогени, що підвищують стійкість організму до впливу різних екстремальних факторів (препарати женьшеню, елеутерококу, зміїної отрути, екстракти з мідій та ін., вітаміни;

Препарати, що блокують перебування радіонуклідів в організмі і сприяють їхньому виведенню (глини типу монтморилоніту, цеоліти, пектини-препарати з чорноплідної горобини та ін.). Сюди ж може бути віднесений і йодид калію, що забезпечує насичення щитовидної залози природним йодом і виведення з організму радіонукліда йоду.

Висновок: проаналізовано оцінку стійкості роботи об'єктів електротехнічної та світлотехнічної галузі, зокрема сонячно-електричних енергоустановок, до впливу вражаючих факторів ядерного вибуху. Розглянуто методи захисту персоналу об'єктів енергетики від впливу іонізуючих випромінювань. Визначено основні засоби профілактики та захисту від згубної дії іонізуючих випромінювань.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЯ

Спалювання викопного палива і виснаження природних ресурсів у різних куточках планети, покладання на традиційну енергетичну систему призвели до кризи, яка проявляється у світі у вигляді змін клімату, забруднення повітря і води, руйнування океанів, загроз масового вимирання, нестачі води і продовольства, бідності, поширення ядерної зброї й геополітичної напруженості.

Питання збереження клімату і зупинки глобального потепління не викликані енергетикою як такою, а видами енергії, на які ми покладемося більшою мірою: вугілля, нафтопродукти, газ. Також, енергетичний сектор в Україні протягом усього періоду незалежності є однією з найбільш проблемних галузей економіки. Покладання на викопні види палива призводить до залежності від видобувної галузі, що призводить до корупції, зацентралізованості, монополізації олігархами, низького рівня ефективності підприємств енергетичного сектора і високого рівня споживання. Енергетичний сектор є причиною близько 76% викидів парникових газів в Україні.

Сонце – надзвичайно перспективне джерело отримання енергії. Це пов'язано з невичерпністю джерела випромінювання (термоядерні реакції на Сонці будуть проходити ще, щонайменше, 5 мільярдів років). Сонячна радіація перетворюється на тепло за допомогою сонячних колекторів різних модифікації та на електроенергію, використовуючи напівпровідникові фото елементи.

6.1. Екологічність перетворення сонячної енергії в тепло.

У сучасному світі сонячна енергія широко використовується для

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	ЕКОЛОГІЯ	Літ.	Арк.	Арквівів
Розробив		Кондратюк О						
Перевірів		Козак К. М.						
Консульт.		Зварич Н. М.				ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		
Н.Контрол		Коваль В. П.						
Затверд.		Тарасенко М.						

теплопостачання, включаючи гаряче водопостачання і опалення, а також для холодопостачання, кондиціювання повітря, висушування та в інших технологічних процесах.

У своєму дослідженні Мандрик О. М та Іванов В. І. зазначають, що використання сонячних колекторів є одним з інноваційних напрямків модернізації систем теплопостачання, що дозволяє скоротити витрати. Сонячні колектори використовують для забезпечення об'єктів (приватні будинки, багатоповерхові будинки, промислові та громадські будівлі) гарячою водою, а також частково – для опалення, підігріву води в басейнах, сушіння сільськогосподарської продукції, приготування їжі, та кондиціювання повітря [42].

В Україні населення та теплогенерувальні організації використовують близько 17 млрд м³ природного газу на рік. Більше 30% газу використовують на гаряче водопостачання. Встановлення сонячних колекторів зменшить споживання газу, що у свою чергу призведе до зменшення викидів шкідливих газів, що покращить рівень забруднення навколишнього середовища України[1].

Основний шкідливий вплив геліоустановок на навколишнє середовище – побічне і обумовлене технологічними процесами, пов'язаними з виробництвом нових речовин для геліоустановок. У багатьох випадках це потребує рідкоземельних елементів, які містяться в дуже малих концентраціях в земних породах і для їх видобутку необхідно переробити значну кількість таких порід [43].

6.2. Екологічність сонячних електростанцій.

Сонячні електростанції – це альтернативне джерело електроенергії, яким активно користуються як в жарких країнах, так і в регіонах з помірним кліматом. Вчені не дійшли єдиної думки щодо ефективності та доцільності використання панелей в деяких частинах планети. Але в тому, що за ними майбутнє, не сумнівається вже ніхто. Щоб зробити об'єктивні висновки, спробуємо

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

детальніше розібратися чим корисні (і не дуже) сучасні сонячні електростанції [44].

Для більшості панелей основним матеріалом у виробництві є дешевий і поширений кремній. Такі фотоелектричні елементи складають близько 80% ринку продажів. В інших модулях застосовуються плівки на основі органіки, рідкоземельних хімічних елементів і їх різних з'єднань [44].

Існує ряд екологічних проблем пов'язаних із використанням фотогальванічних модулів. Одна з них полягає в тому, що для створення одного стандартного фотоелектричного осередку необхідно синтезувати і переробити близько 4 кг токсичного алюмофториду натрію. Пари цього з'єднання можуть викликати серйозні захворювання нервової системи, шкіри та слизових оболонок. Недопущення потрапляння токсичних випарів і канцерогенів в атмосферу досягається шляхом установки на заводах спеціальних нейтралізують фільтрів. Це вимагає додаткових фінансових витрат, але іншого шляху зробити процес виробництва сонячних батарей екологічно безпечним не існує [44].

Ще одна проблема пов'язана з виробництвом панелей на основі рідкоземельних металів. Для виготовлення цього типу фотоелементів використовують небезпечні для здоров'я кадмій, галій, германій і миш'як. Рівень шкідливості для екології залежить від різновиду використовуваних токсичних елементів, а також технологічних процесів виробництва та утилізації сонячних панелей. Тому на заводах фотогальваніки важливо не допустити потрапляння канцерогенних хімічних елементів в навколишню атмосферу і ґрунт, що може привести до серйозних порушень, пов'язаних зі здоров'ям живих організмів.

Вплив хімікатів на організм може призвести:

- до ослаблення імунітету;
- порушення фертильності (здатності народжувати здорове потомство);
- збільшення загальної смертності;
- уповільнення зростання і розвитку дітей і т.д.

Сонячна енергетика постійно розвивається і вдосконалює свої технології, а вчені активно шукають способи запобігти будь-які проблемні ситуації. Тому не

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виключено, що в недалекому майбутньому виробництво сонячних батарей стане повністю безпечним для екології [44].

Хімічно активні та потенційно небезпечні для здоров'я речовини знаходяться в модулях в безпечних комбінаціях і повністю запаєні в герметичну оболонку з загартованого скла або надміцних полімерів. Руйнування елементів шляхом зовнішнього впливу практично неможливо – кожен з елементів проходить передпродажні випробування в екстремальних умовах – імітації пилових бур, тропічних злив, ударної дії каменів і великих градин і т.д.

Механічна статична і динамічна міцність сучасних батарей настільки висока, що в деяких регіонах вони використовуються одночасно у ролі надміцної «сонячної» покрівлі.

Переваги використання геліоелементів з екологічної точки зору:

- в процесі експлуатації викиди в навколишнє середовище канцерогенів, чадного і вуглекислого газів дорівнює нулю;
- їх робота абсолютно безшумна;
- протягом усього терміну експлуатації генерація електроенергії безкоштовна;
- деградація напівпровідників складає не більше 0,3% – 0,5% на рік, завдяки чому тільки гарантійний термін роботи сонячних батарей хорошої якості – не менше 25 років;
- сонячне випромінювання – це невичерпне джерело енергії;
- панелі можна використовувати разом з іншими варіантами генерації електрики.

Єдина шкода екології від сонячних батарей пов'язана з великою площею, яку займають СЕС промислового типу, і небезпекою для птахів, що пролітають в безпосередній близькості від накопичувальних баків сонячних електростанцій баштового типу, де температура фокусованих дзеркалами на бак сонячних променів досягає 1000 ° С.

Щоб отримати від сонячних модулів таку ж кількість енергії, яку виробляє середня атомна електростанція потужністю 1000 МВт, знадобиться близько 35 тисяч гектарів землі.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сонячні панелі стали використовувати відносно недавно і гострих проблем з утилізацією модулів не виникає. Щоб запобігти можливій шкоді від сонячних батарей для екології, багато виробників впровадили програми з переробки старих батарей. Це забезпечує безпеку для зовнішнього середовища і збільшує економічну вигоду власників СЕС.

Так, американська компанія First Solar з 2005 року займається утилізацією своєї продукції, а з 2018 року її заводи функціонують з мінімальною часткою токсичних відходів. Більш того, високотехнологічні програми з переробки дозволяють повторно використовувати понад 90% напівпровідникових матеріалів і до 75% скла, що дозволяє удешевити виробництво модулів [44].

Порівнявши недоліки і переваги сонячних енергоустановок можна зробити висновок, що користь від використання енергії сонця значно перевищує шкоду, заподіяну їх виробництвом і утилізацією. Враховуючи той факт, що технології не стоять на місці, з екологічної точки зору користування сонячною енергією є абсолютно доцільним.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Сонячні установки для виробництва тепла і підігріву води – це складні інженерні системи, ефективність роботи яких залежить від багатьох факторів, основним з яких є рівень сонячної інсоляції тієї місцевості, де такі установки будуть працювати.

2. В якості прикладу для теоретичних досліджень виробництва електричної енергії запропоновано приватну сонячну електростанцію, потужністю 30 кВт, розташовану в Тернопільській області на базі монокристалічних сонячних модулів Risen RSM120-6-320 M та мережевого інвертора Solis 30K.

3. Найкраща ефективність роботи сонячної електростанції в природо-кліматичних умовах України припадає на період з квітня по вересень.

Прогнозований річний виробіток складає 21283,886 кВт·год електричної енергії. Вартість такої установки з монтажними роботами буде рівною 19502 дол. При ставці зеленого тарифу на 2020р. 0,163 євроценти термін окупності дорівнюватиме 5,09 років.

4. В якості прикладу для теоретичних досліджень виробництва теплової енергії запропоновано геліоустановку, розташовану в Тернопільській області на базі вакуумного сонячного колектора Atmosfera CBK-A 30 і теплоакumuлюючої ємності BakiLux AB-350i.

5. Найвища ефективність роботи теплової установки в природо-кліматичних умовах України припадає на період з травня по серпень.

Прогнозований річний виробіток складає 2166,440 кВт·год теплової енергії. Це дозволить зменшити навантаження на гаряче водопостачання на 50,57294 % впродовж року. Вартість такої установки з монтажними роботами складає 1680 дол. При щорічній економії в 78 дол термін окупності буде дорівнювати 21,5 років.

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Арквівів
Розробив	Кондратюк О							
Перевірів	Козак К. М.							
Консульт.	Козак К. М.					ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61		
Н.Контрол	Коваль В. П.							
Затверд.	Тарасенко М.							

Список використаних джерел

1. Сонячні перспективи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://uare.com.ua/novyny/575-sonyachni-perspektivi.html>.
2. GLOBAL SOLAR ATLAS GLOBAL WIND ATLAS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://globalsolaratlas.info/?c=50.064192,-34.101563,2&s=50.064192,-34.205729&m=sg:ghi>.
3. Solar resource maps of World [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/world>.
4. Kabir, E.; Kumar, P.; Adelodun, A.A.; Kim, K.H. Solar energy: Potential and future prospects. Renew. Sustain. Energy Rev. 2018, 82, 894–900. [Google Scholar]
5. Нараєвський С.В. Порівняльний аналіз ефективності роботи сонячної енергетики у провідних країнах світу / С.В. Нараєвський // Економічний вісник НТУУ «КПІ» – 2015.– № 12. – С. 145–150.
6. Стеценко І.В. Дослідження ефективності впровадження альтернативних джерел електроенергії [Текст] / І.В. Стеценко, Ю.А. Зав'ялець // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 25. – С. 172-177.
7. Методичні вказівки «Довідкові дані з клімату України» для виконання практичних, розрахунково-графічних, курсових робіт, дипломних проектів і магістерських робіт студентами всіх природничих напрямків підготовки та спеціальностей НУВГП денної та заочної форм навчання / О. І. Галік, Т. О. Басюк. – Рівне: НУВГП, 2014. – 158 с.
8. Жолонко М. М. Практична енергоекологія. Частина 1 : альтернативні джерела енергії / М. М. Жолонко. – Черкаси : Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2008. – 84 с.

					КМР 18-312.00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата								
Розробив		Кондратюк О			Список використаних джерел				Літ.		Арк.	Архівів
Перевірів		Козак К. М.										
Консульт.		Козак К. М.										
Н.Контрол		Коваль В. П.										
Затверд.		Тарасенко М.										
ТНТУ, ФПТ, каф.електр.інжен. ЕМм-61												

9. Климатологический справочник СССР. Вып. 10. Украинская ССР и Молдавская ССР. Ч. 6 / Облачность и солнечное сияние. – Л.: Гидрометиздат, 1963. – 944 с
10. Тарасенко Микола Григорович. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Відновлювані джерела енергії». Методичні вказівки / М.Г. Тарасенко, В.І. Гетманюк – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулля, 2012. – 93 с.
11. Теплоносії для систем опалення та геліосистем [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://xn--e1amaldqba1cbe.xn--j1amh/magazin-2/folder/teplonositeli-antifrizy>.
12. Типи сонячних колекторів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.atmosfera.ua/uk/geliosistemi/tipi-sonyachnix-kolektoriv/>.
13. Сонячний колектор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна_енергія.
14. Супряга О. Сонячний концентратор [Електронний ресурс] / Олександра Супряга. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://alternative-energy.com.ua/vocabulary/сонячний-концентратор/>.
15. Сонячний концентратор: що це таке і як він працює? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://remontu.com.ua/sonyachnij-koncentrator-shho-ce-take-i-yak-vin-pracyuye>.
16. Дєдова О. В. Теплові акумулятори для систем опалення та гарячого водопостачання у будинках котеджного типу.
17. Гальчак В., Коробка С. Дослідження параметрів та режимів роботи повітряно-гравійного акумулятора в конвективній геліосушарці.
18. БАКИ ДЛЯ АКУМУЛЮВАННЯ ГАРЯЧОЇ ВОДИ СЕРІЇ: ЕАВ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://teplozahid.com/storage/web/source/product/1/20190213_173708_2429.pdf.
19. Ефективність акумуляуючої ємності [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://teplosfera.com.ua/statti-akumulyuyuchi-yemnosti/stattya-akumulyuyuchi-2/>.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Брич В.Я. ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СФЕРІ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА / Брич В.Я., Гевко Б.Р. // ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. – С. 152–157.

21. Методичні вказівки щодо самостійної роботи студентів та модульного контролю знань з дисципліни «Відновлювані джерела енергії» для студентів напряму підготовки 6.050701 Електротехніка та електротехнології / Уклад.: М.Г. Тарасенко, – Тернопіль: ТНТУ 2012 – 20 с.

22. ПЛЮСИ ТА МІНУСИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://ekotechnik.ua/ukr/umnoe-solnce/stati/plysu-i-minysu-solnechnuh-stantsiy/>.

23. Типи сонячних батарей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://tehnonovator.com.ua/ua/energy-ua/sun-battery-ua/types-sun-battery-ua.html>.

24. Полікристалічні і монокристалічні сонячні панелі — яка між ними різниця [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://podvirya.com.ua/opalennya/polikristalichni-i-monokristalichni-sonyachni-paneli-yaka-mizh-nimi-riznitsya/>.

25. Сонячна панель монокристал Risen RSM120-6-330 M [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://solarsystem.com.ua/products/sonyachna-panel-monokrystal-risen-rsm120-6-320m/>.

26. Сонячна панель полікристал Risen RSM60-6-280P, 280W, 5 BB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://solarsystem.com.ua/products/sonyachna-fotopanel-risen-rsm60-6-275p-275w-5-bb-poly/>.

27. Сонячна панель монокристал AMERISOLAR AS-6M30 310W 5BB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://solarsystem.com.ua/products/sonyachna-panel-monokrystal-amerisolar-as-6m30-310w-5bb/>.

28. Сонячна панель монокристал LONGI SOLAR LR6-60PE – 300W 5BB mono PERC [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<https://solarsystem.com.ua/products/sonyachna-fotopanel-longi-solar-lr6-60pe-295w-5bb-mono/>.

29. Мережевий інвертор Solis 30K [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://solarsystem.com.ua/products/merezhevyj-invertor-solis-30k/>.

30. Безкостний П. І. Впровадження сонячних електростанцій та дослідження їх впливу на роботу електроенергетичних систем / Павло Ігорович Безкостний. – 2018. – С. 29.

31. Ресурсозберігаючі та екологічні технології [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до самостійної роботи студентів усіх спеціальностей першого (бакалаврського) рівня / уклад. О. Ф. Протасенко, А. А. Івашура. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 42 с.

32. Одиниці потужності та співвідношення між різними одиницями вимірювання кількості теплоти та потужності [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

https://uhbdp.org/images/uhbdp/pdf/library_sabo/odynyci_kilkosti_teploty_ta_potuzhnosti.pdf.

33. Сонячний колектор Atmosfera СВК-А 30 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://teploformat.ua/ua/sonyachni-kolektori/sonyachnij-kolektor-atmosfera-svk-a-30>.

34. BakiLux АБ-350і аккумулярующий бак [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://voltar.com.ua/shop/bakilux-ab-350-akkumuliruiushchii-bak-c-izoliatsiei.html>.

35. PCSOL201 Контролер для сонячних колекторів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.salus-controls.eu/obladnannja/pcsol201-kontroljer-dlja-sonjacznih-koljektoriw>.

36. Економічна вигода сонячної електростанції [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://sun-energy.com.ua/index.php?route=module/iblog/post&post_id=23.

37. ОХОРОНА ПРАЦІ ЯК СУСПІЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ЧИННИК І ГАЛУЗЬ НАУКИ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://buklib.net/books/26787/>.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

38. Безпека праці та промислова санітарія: курс охорони праці для студентів інженерно-економічного напрямку підготовки / [К.Н. Ткачук, О.Л. Гуменюк, Бивойно Т.П., Денисова Н.М. та інші]; За редакцією К.Н. Ткачука і О.Л. Гуменюк – Чернігів: ЧДТУ, 2010. – 368 с.

39. Класифікація, реєстрація та технічне опосвідчення посудин, що працюють під тиском [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://allrefs.net/c12/45x2w/p83/>.

40. Нержавіюча сталь або мідь? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.meibes.ua/o-kompanii/articles/2016/11/18/nerzhav%D1%96yucha-stal-abo-m%D1%96d/>.

41. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк.- Львів:Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010.- 417с.

42. Мандрик О. М. РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПЛОСКОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА ЗІ СПЕЦІАЛЬНО ОБРОБЛЕНОЮ ПОВЕРХНЕЮ АБСОРБЕРА / О. М. Мандрик, В. І. Іванов. // ISSN 2415–3184 Екологічна безпека та збалансоване ресурсовикористання. – С. 166–172.

43. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк.- Львів:Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010.- 417с.

44. Чим корисні і чим шкідливі сонячні електростанції? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://greentechtrade.com.ua/koryst-i-shkoda-sonyachnyh-elektrostantsij/>.

					КМР 18-312.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		