

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(назва факультету)  
Кафедра електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

**магістр**

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Енергоефективність акумулювання сонячної енергії  
в приватному секторі**

Виконав: студент **6** курсу, групи **ЕМ<sub>м</sub>-61**

напряму підготовки (спеціальності)

**141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»**

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	<hr/>	<b>Гаврилишин Р.І.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	<b>Зінь М.М.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	<b>Коваль В.П.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	<b>Габрусєв Г.В.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему: «Енергоефективність акумулювання сонячної енергії в приватному секторі» складається з 86 листів машинописного тексту, пояснювальної записки, презентації.

Актуальність роботи полягає у тому, що заміна традиційних джерел енергії відновлюваними джерелами є актуальним для всього світу, зокрема і для України.

Метою роботи є оцінка енергоефективності та доцільності використання сонячних фотоелементів та колекторів для перетворення та акумулювання сонячної енергії в приватному секторі Тернопільського району.

В роботі було проаналізовано енергетичний потенціал сонячної радіації та енергії на території України.

Було розглянуто енергоефективність ККД складових систем, втрати та ефективність про їх використання у приватному секторі. Проведена оцінка погодних умов Тернополя для приватного сектору.

При розробці дипломного проекту було використано 37 формул, побудовано 19 рисунки, 11 таблиць та використано 39 літературних джерел.

Ключові слова: теплоакумулятор, трекер, сонячний колектор, гетероструктури, коефіцієнт корисної дії.

					ДРМ 18-305.00.000. ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Гаврилишин Р.І.					3	86
Перевірив		Зінь М.М.						
Консульт.		Зінь М.М.						
Зав. Каф.		Гарасенко М.Г.						
Н. Контр.		Коваль В.П.				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>М</sub> -61		

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	
1.1. Перспективи сонячної енергетики	10
1.2. Розвиток фотовольтаїчної індустрії	12
1.3. Типи сонячних колекторів	15
1.4. Накопичувачі енергії	18
1.5. Вибір акумулятора для системи накопичення електричної енергії	20
1.6. Енергонезалежний будинок	23
1.7. Висновки	25
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	
2.1. Ефективність перетворення сонячної енергії у електричну	26
2.2. Ефективність перетворення сонячної енергії у теплову	29
2.3. Втрати при акумулюванні електричної енергії	33
2.4. Втрати при акумулюванні теплової енергії	37
2.5. Використання акумульованої енергії. Втрати при її конвертуванні	41
2.6. Розрахунок втрат будинку	46
2.7. Висновки	50
3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	
3.1. Оцінка погодних умов у Тернополі	51
3.2. Кількість енергії, що потрапляє на поверхню від Сонця	52
3.3. Кількість генерованої електроенергії з сонячного випромінювання	54
3.4. Кількість генерованого тепла з сонячного випромінювання	55

					ДРМ 18-305.00.000. ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Гаврилишин Р.І.				ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Зінь М.М.						4	86
Консульт.	Зінь М.М.							
Зав. Каф.	Тарасенко М.Г.							
Н. Контр.	Коваль В.П.							
						ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>М</sub> -61		

3.5. Потреби у електроенергії та теплі середньостатистичного приватного будинку	56
3.6. Висновки	60
<b>4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ</b>	
4.1. Економічна ефективність і окупність сонячної станції	61
4.2. Розрахунок річної економії коштів згідно теоретично розрахованій кількості річної генерації тепла сонячними колекторами	62
4.3. Розрахунок річної економії коштів згідно теоретично розрахованій кількості річної генерації електроенергії сонячними панелями	63
4.4. Розрахунок річних витрат пов'язаних з експлуатацією сонячних колекторів та панелей	64
4.5. Висновки	65
<b>5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	
5.1 Охорона праці	66
5.1.1 Актуальність проблеми електробезпеки	66
5.1.2 Система попередження пожеж	67
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	71
5.2.1 Організація цивільного захисту на об'єктах енергетики	71
5.2.2 Захист обладнання для акумулювання сонячної енергії в приватному секторі, від ушкоджень що викликані електромагнітним імпульсом (ЕМІ) ядерних вибухів	73
<b>6. ЕКОЛОГІЯ</b>	
6.1 Енергетичні ресурси навколишнього середовища	77
6.2 Нетрадиційні й відновлювані джерела енергії	80
<b>ВИСНОВКИ</b>	84
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	85

					ДРМ 18-305.00.000. ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів

### Умовні позначення та символи

$\text{CO}_2$  – вуглекислий газ;

$r(\lambda)$ - коефіцієнт однократного відбиття;

$I_{SC}$  – струм короткого замикання (КЗ);

FF – коефіцієнт заповнення вольт-амперної характеристики (ВАХ);

$\eta_0$  – оптичний ККД колектора;

Q – розрахункова кількість теплової енергії;

$\Delta P_{\text{дод.}}$  – додаткові втрати на заряд акумуляторної батареї;

C – питома теплоємність повітря, кДж/(кг·К);

$\rho$  – щільність повітря у приміщенні (приймають за 1,1), кг./м<sup>3</sup>;

$P_a$  – втрати тепла.

### Скорочення

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

СЕС – сонячна електростанція;

ГЕС – гідроелектростанція;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ЕРС – електрорушійна сила;

ГВС – гаряче водопостачання;

АКБ – акумуляторна кислотна батарея;

ГАЕС – гідроакумуляююча електростанція;

КЗ – коротке замикання;

СК – сонячні колектори;

ДБЖ – джерело безперебійного живлення;

ВАХ – вольт-амперна характеристика;

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ			
Розроб.		Гаврилишин Р.І.			ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Зінь М.М.					6	86
Консульт.		Зінь М.М.				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>м</sub> -61		
Зав.каф.		Тарасенко М.Г.						
Норм.контр.		Коваль В.П.						

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Без розвитку енергетики науково-технічний прогрес неможливо уявити. Зараз, як ніколи є важливим питання, про те, яким буде майбутнє планети в енергетичному плані. Головне значення має заміна людської праці автоматизованою, механізація і автоматизація виробничих процесів. Переважна більшість технічних засобів має електричну основу.

Людству електроенергія потрібна, і потреби в ній збільшуватимуться з кожним роком. Запаси традиційних природних палив вичерпні. Також вичерпні і запаси ядерного палива – урану і торію, з якого можна одержувати в реакторах-розмножувачах плутоній. Тому джерела електроенергії вигідні, з погляду простоти конструкцій, експлуатації, дешевизни матеріалів та екологічно чистої енергії.

В регіонах України є передумови для використання значного потенціалу нетрадиційної енергетики. До відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) належать вітрова, сонячна, гідроенергія – енергія малих водотоків, геотермальна теплова енергія, використання рослинної біомаси, як через безпосереднє спалювання, так і через конверсію її на біогаз, промислові та муніципальні відходи.

Перераховані ресурси не потрібно купувати, видобувати і транспортувати, тому що вони є результатом дії сонячного випромінювання на фізичні, хімічні та біологічні процеси, які відбуваються на земній кулі. Ресурси поновлювальної енергії є доступними кожній країні.

Використання ВДЕ та отримання з них енергії в більшості випадків практично є екологічно чистим. Сонце – це джерело життя і найбільший виробник енергії на нашій планеті. Завдяки сонячному випромінюванню на Землі існують викопні види палива. Загальний потік енергії, який Сонце

					ДРМ 18-305.00.000. ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Гаврилишин Р.І.				ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Зінь М.М.						7	86
Консульт.	Зінь М.М.							
Зав. Каф.	Гарасенко М.Г.							
Н. Контр.	Коваль В.П.							
					ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>М</sub> -61			

випромінює у космічний простір, складає  $3,8 \cdot 10^{26}$  Вт. З точки зору енергетичного використання сонячного випромінювання найбільше значення мають хвилі довжиною від 300 до 2500 нанометрів, на які приходить близько 98 % всієї енергії, падаючої на поверхню Землі. Варто тільки уявити за 20 хвилин Сонце відсилає на Землю стільки енергії, скільки людство споживає протягом одного року.

Вважаю, що вихід нашої держави на міжнародний ринок альтернативної енергетики є закономірний. Адже, за кліматичними умовами Україна має рівні можливості з багатьма європейськими державами. Україна відноситься до регіонів де кількість сонячних днів більша, за наприклад, Німеччину, де геліоустановки є найпоширенішими.

Пристрої, що використовують енергію сонця, розроблені для опалення, освітлення, вентиляції і охолодження будинків, хмарочосів, опріснення морської води, виробництва електроенергії, сушка матеріалів і сільськогосподарських продуктів, приготування їжі. Сонячне опалення будинків є досить ефективним у помірному кліматі, тут навіть узимку можна створити комфортну температуру лише за допомогою вловлювання сонячної енергії. На сьогодні, вартість спорудження енергоефективного будинку окупаються протягом 7-10 років. При цьому немає необхідності будувати котельні, ємності для зберігання палива, і прокладати всередині будівлі труби водяного опалення.

**Об'єкт дослідження** – процеси енергоперетворення сонячного випромінювання за допомогою фотоелементів та колекторів у теплову та електричну енергію з подальшою акумуляцією.

**Предмет дослідження** – енергоефективність застосування фотоелементів та колекторів для перетворення та акумулювання сонячної енергії в приватному секторі.

**Мета та завдання дослідження.** Метою дипломної роботи магістра є розробка системного підходу до оцінки енергоефективності та доцільності використання сонячних фотоелементів та колекторів для перетворення та акумулювання сонячної енергії в приватному секторі.

					ДРМ 18-305.00.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Для досягнення вказаної мети в роботі вирішувалися наступні завдання:

- Аналіз ефективності перетворення сонячної енергії у електричну за допомогою фотоелементів;
- Аналіз ефективності перетворення сонячної енергії у теплову за допомогою сонячних колекторів;
- Ефективність акумулювання електричної та теплової енергії;
- Економічна вигода використання фотоелементів та колекторів з подальшою акумуляцією отриманої енергії;
- Аналіз ефективного використання акумульованої сонячної енергіїю.

**Методи та способи вирішення поставлених завдань.** Адаптація вже розроблених методів розрахунку до умов використання Тернопільської області.

**Новизна проведеного дослідження.** Дослідження ефективності та доцільності використання ВДЕ у приватному секторі для Тернопільської області.

**Практичне значення одержаних результатів.** Одержані результати дозволяють оцінити можливість застосування сонячних панелей та колекторів при проектуванні енергоефективних будівель у приватному секторі. Застосувавши методи обчислення, що використані у даній роботі можна розрахувати річну економію з встановлених пристроїв перетворення сонячної енергії.

**Апробація результатів дослідження.** Тарасенко М. Енергоефективність акумулювання сонячної енергії в приватному секторі / М. Тарасенко, Р. Гаврилишин // Матеріали XXI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 127–128. — (Електротехніка і світлотехніка, електроніка).

					ДРМ 18-305.00.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9



# РОЗДІЛ 1

## ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 1.1. Перспективи сонячної енергетики

На сьогоднішній день запасів відновлюваних джерел енергії на Землі є достатньо для задоволення потреб людства. Енергетика у сучасному світі є основою розвитку галузей народного господарства, які визначають прогрес суспільного виробництва.

Відомий є і той факт, що значення акумулювання зростає при експлуатації енергоустановок на основі ВДЕ (енергії сонця, вітру). Тому безперервне вироблення енергії при змінній інтенсивності її генерації повинні забезпечувати енергетичні установки на основі ВДЕ. Здійснено це може бути за рахунок включення в енергосистему акумулюючих установок [1].

Однак, актуальною проблемою для розвитку ВДЕ є винайдення ефективного способу накопичення, зберігання і транспортування енергії.

Для порівняння, створення модулів накопичення енергії має забезпечити революційний стрибок в енергетиці, як банківська справа в економіці. А звести до мінімуму енергетичні втрати дасть змогу накопичення енергії про запас. При наявності накопичувальних модулів буде можливість електростанціям запасати величезні обсяги незатребуваної нічної генерації (наприклад, вітроагрегати, малі ГЕС) або надлишкової денної (СЕС) – і витратити її в години пік. Теплова енергія Сонця й денна світлова, концентруючись у накопичувачі, може використовуватися вночі, літня – узимку.

Накопичення енергії відбувається у безліч способів (піднятий вантаж, стисла пружина, електроакумулятор, заморожена чи охолоджена вода, конденсатор), але з точки зору щільності пакування енергії, найефективнішим є

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Гаврилишин Р.І.			ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Зінь М.М.					10	86
Консульт.		Зінь М.М.						
Зав. Каф.		Тарасенко М.Г.						
Н. Контр.		Коваль В.П.						
						ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>М</sub> -61		



Крім того, державні структури купують електроенергію в приватних осіб, які встановили на своїх будинках сонячні елементи. Коли у власників сонячних колекторів виникає надлишок енергії, вони продають його електрокомпаніям і заробляють на цьому. Власники «сонячного будинку» отримують гарантовані податкові пільги, безпроцентні кредити й інші подібні заохочення [5].

## 1.2. Розвиток фотовольтаїчної індустрії

Станом на 3-й квартал 2019 року встановлено СЕС загальною номінальною потужністю 2640,4 МВт. Частка СЕС на 2019 рік у загальній генерації України складає 1,65 %, або 52 % від усіх джерел відновлювальної енергетики.

Майбутнє сонячної енергетики прямо залежить від перетворення сонячного випромінювання в електричний струм за допомогою напівпровідникових фотоелементів – сонячних колекторів [6].

Сьогодні в країні налагоджене виробництво власних високоефективних кремнієвих сонячних колекторів із ККД до 20 %. Ефективність сучасних кремнієвих (а також на основі арсеніду галію) фотоелементів досить висока, а чим вище ККД, тим менша площа сонячних панелей необхідна, що навіть у малій енергетиці становить десятки квадратних метрів.



Рис. 1.2. Фото монокристалічного кремнієвого фотоелемента

За кордон експортується 90 % комплектуючих до сонячних панелей, наявність високотехнологічного виробництва дає можливість виробництва

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

сонячних колекторів власного виробництва, що значно здешевить їх кінцеву вартість. Своєрідний «фундамент» у розвиток альтернативних джерел енергії вже закладений Верховною Радою [7].

Процес виробництва з технологічної точки зору полягає в отриманні напівпровідників наперед заданої хімічної чистоти і використанні їх в конструюванні плівок або модулів.

В залежності від типу фотоелементів і матеріалу, це відбувається наступними методами.

Монокристалічні. Виробляються методом Чохральського, створенням одного великого кристала, який згодом нарізається на плоскі пластини.

Полікристалічні. Близько 75 % випадків виходять в процесі вирощування кристалів в кремній-водневої суміші при  $t = 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Siemens-технологія). ККД сонячних колекторів на полікрісталах нижче, ніж монокристалічних.

Тонкоплівкові. Утворюються методом напилення з парогазової суміші на підкладку тонкого шару напівпровідника товщиною менше 1 мкм. Для аморфного кремнію температура суміші  $t = 250\text{-}400\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

GISP-батареї. Багатошаровість вимагає послідовного напилення різних матеріалів. Для цього використовуються підкладки з молібденовим покриттям і електронні гармати. Процес відбувається у вакуумі.

Менш поширений спосіб і більш дорогий – трафаретний друк. При ньому нанесення матеріалів проводиться струменем (так як працює будь-який струменевий принтер) [8].

У фотоелектричних перетворювачах сонячної енергії використовується кремній з добавками інших елементів, що утворюють структуру з р-п переходом.

На рис. 1.3. зображено схему роботи напівпровідникового кремнієвого фотоелемента, яка є досить простою: у р-області напівпровідника створюється «діркова» (позитивна) провідність, а в n-області - електронна (негативна).

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

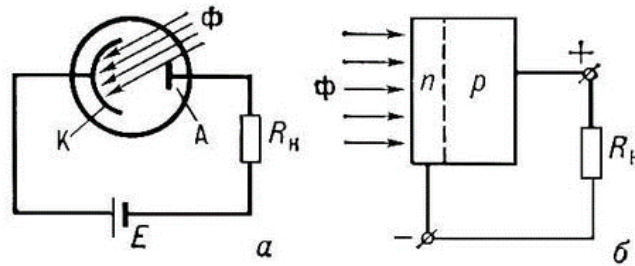


Рис.1.3. Схема роботи напівпровідникового кремнієвого фотоелемента

У напівпровіднику виникає електрорушійна сила (ЕРС), і він стає джерелом електричного струму. Величина ЕРС буде тим більше, чим інтенсивніший світловий потік.

Більшим досягненням напівпровідникової промисловості стала розробка кремнієвих фотоелементів, що володіють ККД до 40 %.

Ще один але не менш важливий напрямок у розвитку сонячної енергетики є створення більш дешевих і зручних фотоперетворювачів:

- тонких плівок аморфного кремнію,
- стрічкових полікристалічних кремнієвих панелей,
- інших напівпровідникових матеріалів.

Напівпровідникові гетероструктури — це новий вид напівпровідникових матеріалів – хімічно і технологічно складних, дорогих, але найефективніших.

Сучасна оптоелектроніка і розвиток високошвидкісної мікроелектроніки передусім пов'язано з використанням гетероструктур.

Станом на сьогодні гетероструктури і карбід кремнію, що його використовують — широкозонні напівпровідники на нітридах, які дедалі ширше застосовуються для створення силових напівпровідникових швидкодіючих приладів.

У сонячній енергетиці гетероструктури – найдорожчі фотоелементи, але найдешевші джерела електрики, через що в цьому випадку ефективно використовуємо концентрацію сонячної енергії [9].

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3. Типи сонячних колекторів

Є декілька видів водяних колекторів: вакуумний трубчастий і плоский. Простим і дешевим способом використання сонячної енергії є нагрів побутової води в так званих плоских сонячних колекторах (зображений на рис.1.4).

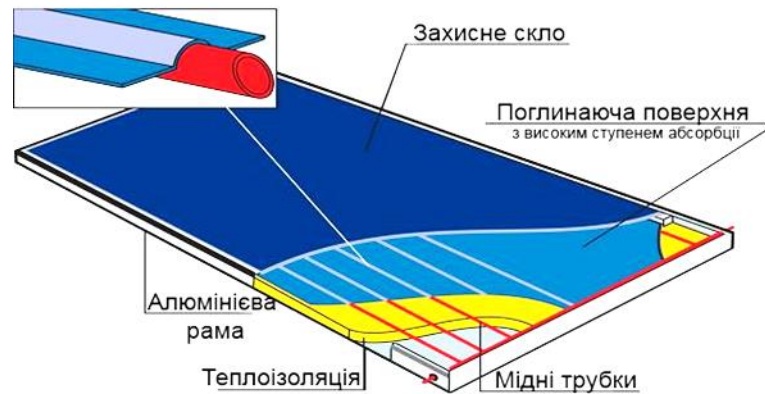


Рис.1.4. Плоский сонячний колектор

Цей колектор найпоширеніший вид і виглядає як теплоізольована зашклена панель, у яку поміщена пластина поглинача. Втрати тепла знижуються завдяки зашкленню. Пластина поглинача виготовлена з металу, що добре проводить тепло (найчастіше міді або алюмінію). Бічні стінки і дно колектора покривають теплоізолюючим матеріалом, це скорочує теплові втрати. У зимовий час продуктивність систем падає за рахунок тепловтрат в довкілля. Тому зазвичай системи з плоскими колекторами використовують сезонно (з весни по осінь).

Сонячно вакуумні колектори є найбільш ефективними пристроями для оброблення сонячної енергії. Для того щоб досягти ефективності 85 %, пристрій використовує всього 15 % від одержуваної сонячної енергії. Вакуумні колектори ефективніші, так як можуть не тільки перетворювати сонячну енергію в електрику, але також використовуються і для обігріву. Дана особливість дозволяє не тільки економити на електроенергії, але і не витрачається на обігрівальне обладнання [10].

На рис. 1.5 зображений вакуумний трубчастий колектор який складається з вакуумних трубок, у які вбудовані мідні поглиначі із геліотитановим покриттям,

що гарантують високий рівень поглинання сонячної енергії й мале виробництво теплового випромінювання. Вакуумний простір дозволяє повністю усунути тепловтрати. Перевагою цієї системи є безпосередня передача тепла воді, що дозволяє скоротити тепловтрати. Через те, що повний коефіцієнт втрат у вакуумному колекторі малий, теплоносій у ньому можна нагріти до температур 120-160 °С [11].

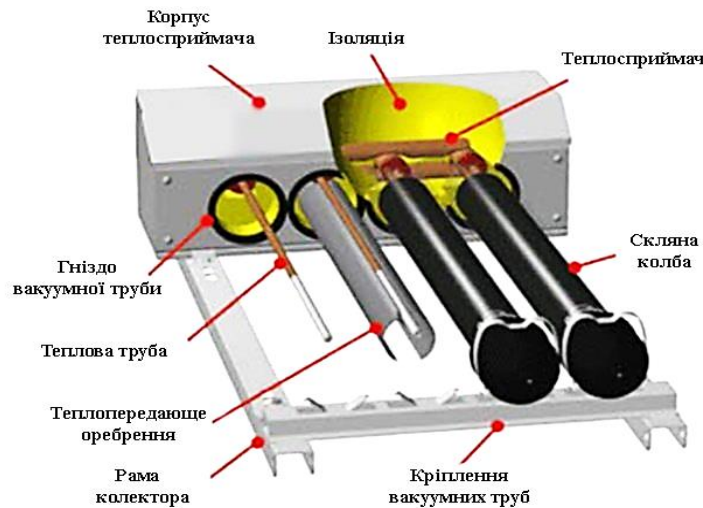


Рис. 1.5. Вакуумний трубчастий колектор

Встановлюють колектори на даху будинку так, щоб їхня освітленість протягом дня була максимальною. Водяні колектори користуються популярністю в Ізраїлі, де 80 % води нагрівається за допомогою сонячної енергії.

На Україні середньорічна щільність потоку сонячної енергії становить 180-250 Вт/м<sup>2</sup>. Цієї енергії достатньо для нагрівання з одного квадратного метру колектора до 100 літрів гарячої води з температурою 60 °С.

Такі установки коштують від 10 000 гривень, а окупність систем у середньому становить 5 років. При низькій температурі докільля переваги вакуумних колекторів стають очевидні.

Для плоских колекторів максимальна температура не перевищує 80-90 градусів, а у вакуумних колекторах температура теплоносія може перевищувати 100 °С.

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Це вимагає постійного відведення тепла від вакуумного колектора, аби він не закипів. Проте з іншого боку, в системах з плоскими колекторами існує проблема розмноження бактерій і інших мікроорганізмів (там тепло і волого), чого немає в системах з вакуумними колекторами [12].

В зимовий період, якщо ранок починається з інію на колекторах, а потім виходить сонце, то плоский колектор замерзається і починає працювати, а зовнішня трубка вакуумного колектора практично весь день не прогрівається від тепла поглинаючої внутрішньої поверхні (вакуумний проміжок є хорошим теплоізолятором, що працює проти колектора при інії). Подібна ситуація і при сніжному покриві [13].

Сонячні колектори різного виду дозволяють отримати теплову енергію, яка в першу чергу використовується для приготування гарячої води, що актуально в літній період, коли спостерігається максимальна сонячна активність і максимальне споживання гарячої води.

Використовуючи енергію сонця, геліосистеми дозволяють щорік економити традиційне паливо:

- до 50 % – для цілей опалювання;
- до 75% – для гарячого водопостачання (ГВС) при цілорічному використанні;
- до 80 % – для цілей чергового опалювання;
- до 95 % – для ГВС при сезонному використанні.

Слід враховувати, що кожна система індивідуальна, і відсоток економії енергоресурсів при використанні геліосистеми необхідно розраховувати [14].

Одним із головних завдань нового століття – зменшити техногенний вплив на клімат Землі.

Сонячні (як наземні, так і космічні) електростанції, сонячні ставки, геліохімія, термоповітряні електростанції, сонячні й термальні батареї, сонячно-воднева енергетика – це лише найбільш яскраві приклади, окремі віхи того сценарію, який пишеться і який можна назвати завтрашнім днем енергетики.

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



До цього моменту шлях непростий, довгий і тернистий. Тому в людства немає іншого вибору, як працювати над вирішенням цих завдань.

Сонячна енергія з точки зору екології дійсно ідеальна, оскільки не порушує рівновагу в природі. Тому зусилля світового співтовариства повинні бути сконцентровані та спрямовані на якнайшвидше подолання цього шляху до ери енергетичного достатку [15].

#### 1.4. Накопичувачі енергії

Акумуляторна кислотна батарея (АКБ) є джерелом постійного струму. АКБ засновано на циклічному перетворенні хімічної енергії в електричну, що дозволяє багаторазово накопичувати та віддавати електроенергію з батареї.

Акумулятори – забезпечують функціонування техніки при виникненні несправностей в централізованій мережі енергоспоживання. В будові АКБ виділяють наступні типи свинцево-кислотних батарей (рис.1.6).



Рис.1.6. Зовнішній вигляд свинцево-кислотного акумулятора

- Герметизовані – виготовляються в герметизованому корпусі, що дозволяє використовувати їх в житлових приміщеннях, не потребують додаткової вентиляції та та обслуговування.
- З рідким електролітом – класичні стартові АКБ (6, 12, 24 Вольт) в більшості використовуються при роботі двигунів внутрішнього згорання.
- Гелеві – один з сучасних типів свинцево-кислотних батарей. Технологія побудована на використанні желеподібного електроліта (схожого по консистенції на віск).

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



Рис.1.7. Зображення літій-іонної акумуляторної батареї

Основою для створення даного типу батарей є літій, який за своїми характеристиками є легким металом, має найбільший електрохімічний потенціал і забезпечує найбільший вміст енергії. Li-Ion відзначається відносно низьким саморозрядом і в ньому повністю відсутній “ефект пам’яті”.



Рис.1.8. Зображення нікелево-кадмієвих (ni-cd) акумуляторів

До переваг даного типу акумуляторів можна віднести: відмінну стійкість до великих струмів заряду і розряду, низьку вартість. До недоліків даного типу батарей слід віднести: наявність так званого “ефекту пам’яті”, високу токсичність головної складової – кадмію.

Практично найбільшого розповсюдження в домашніх системах безперебійного живлення отримали гелеві і AGM- акумулятори.

Пояснюється це декількома обставинами: економічно виправданий строк експлуатації від 3 до 7 років, адекватна вартість, не потребують періодичного доливання електроліту і взагалі будь-якого обслуговування в процесі експлуатації [16].

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

GEL — від слова «гель». І тут зовсім інша конструкція, незважаючи на зовнішні подібності. Стандартно два комплекти пластин, але між ними йде спеціальний гель, який утримує всередині електроліт. За рахунок того, що гель заповнює весь простір, пластини як би обволікають електроліт..

Виготовляються пластини з чистого свинцю. У середньому, батарея слугує від 7 років [17].

### 1.5. Вибір акумулятора для системи накопичення електричної енергії

Підбирають АКБ по декількох параметрах:

- Вихідна напруга, В – в більшості сучасних моделей рівна 12 В. Також є модифікації на 24 В та 48 В.
- Ємність батареї, А·год – це величина заряду, яку акумулятор здатний закумуляувати, а потім віддати під час своєї роботи. Щоб з'ясувати, яка реальна віддача в акумулятора слід виконати розрахунок. Наприклад, акумулятор ємністю 200 А·год і напругою 12 В накопичують  $12 \cdot 200 = 2400$  Вт·г = 2,4 кВт·год. Максимальна величина пускового струму, А. Електроприлади в момент старту потребують більше енергії, ніж в робочому режимі. В домашніх умовах достатньо АКБ із пусковим струмом 200-400 А [18].

Ключова роль акумуляторів енергії в енергоустановках, що працюють на поновлюваних джерелах енергії, визначається істотною нестабільністю генерації. Актуальною є проблема акумуляторів енергії, які також необхідні для створення систем аварійного, резервного і безперебійного електроживлення споживачів.

Включення в систему акумуляторів дозволяє спростити технічні проблеми підключення енергоустановок на ВДЕ до електричної мережі. Існують різні види акумуляторів енергії. До найбільш застосовуваних акумуляуючих установок відносяться:

- акумулятори електрохімічної енергії – електроенергія зберігається і віддається в результаті хімічних реакцій;

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- найдешевші акумулятори доцільно використовувати тільки для сонячних колекторів, зібраних своїми руками за мінімальну вартість.

Після того, як обраний тип акумулятора, його виробник, визначені основні і додаткові експлуатаційні характеристики, необхідно знову повернутися до головного показника – необхідної ємності.

### 1.5.1. Розрахунок ємності акумулятора для сонячної батареї

Таблиця 1.1

Наприклад, домашня сонячна електростанція буде забезпечувати енергією такі пристрої

н/п	Тип пристрою	Потужність, Вт	К-сть пристроїв	Загальна потужність, Вт
	TV	120	1	120
	Комп'ютер	180	1	180
	Холодильник	20	1	20
	LED-лампи освітлення	10	3	30
	Результат	-	6	350

Припустимо, що сонячна електростанція буде автономною, і в нічний час зобов'язана буде постачати енергію перерахованих пристроїв протягом 8 годин. Перемножуємо питому потужність на час:  $350 \text{ Вт} \cdot 8 \text{ ч.} = 2800 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$  Для гелієвих варіантів краще виходити з 50 % розряду. Для дешевих свинцево-рідинних накопичувачів – з 30 %, для продовження їх терміну служби. Найкращі акумулятори для сонячних колекторів, як свідчать відгуки – літієві, але бюджетним варіантом є свинцеві.

Зважаючи на те, що сонячне світло може використовуватися по-різному, як на Землі, так і в космосі, вказує на те, що саме розташування є важливим

фактором, коли справа стосується вибору одного з видів сонячних колекторів над іншим [21].

### 1.6. Енергонезалежний будинок

Сонячну енергетику активно впроваджують в життя на Україні. Наприклад на сонячних колекторах в Херсоні працюють шість дитсадків. Оплата за тепло там в десять разів менше, ніж раніше, коли вода підігрівалася електрикою. Тепер у Херсоні сонячними колекторами обладнають ще і басейн в одній зі спортивних шкіл. Міська влада, яка ініціювала цей проект, запевняє: навіть взимку у хмарну погоду вони здатні нагрівати воду в душових кабінках до 30 градусів. Місту це новаторство обійшлося в 230 тисяч гривень.

А ще є господарі однієї з квартир у Львові які «приборкали» енергію сонця і стали практично незалежними від комунальних служб. Освітлення, тепло та гарячу воду для двох верхніх поверхів забезпечують сонячні колектори, розташовані на даху. Господиня помешкання – архітектор і директор одного з видавництв Оксана Денис не залежить від “Львівгазу”, ані від “Львівобленерго”, ані від інших енергетичних служб. Неймовірно, але факт. Львів’янка зробила зі своєї квартири маленьку електростанцію «Дах-батарейка» та камін, що гріє всю оселю.



Рис.1.9. Зображення «Даху-батарейки» жительки Львова Оксани Денис  
Пані Оксана є спеціалістом з енергозбереження. Уже сім років подорожчання енергоносіїв цю жінку не бентежать. Її помешкання в самому

						ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			23

серці Львова схоже радше на мініатюрну електростанцію. Ані газу, ані центрального опалення в квартирі нема. Вся електрика та опалення – це дві надсучасні панелі. Одна поглинає сонячне світло – інша тепло. Оце покриття даху з вбудованим фотовольтаїчним покриттям. За рахунок цього є електрика, і 12-вольтна проводка окремо від 220. І освітлення та рекуперація відбуваються за рахунок 4-х панелей. Ці панелі збирають 300 ватів електрики на місяць. Цього стає на обслуговування двоповерхової квартири. Зокрема, завдяки енергозберігальним лампочкам, 40 таких поглинають електрики як одна традиційна.

Є ще одна цікавинка – камін. Якщо сонце зникає надовго, він здатний нагріти помешкання. Бракує сонячної енергії лише телевізору та пральній машині. Вони працюють від звичайної мережі, але вночі за нічним ощадним тарифом. На місяць виходить щонайбільше 200 гривень за 200 метрів квартирної площі. Це вшестеро дешевше, ніж сплачує власник такого самого помешкання в середмісті Львова. Хоча й інвестиції чималі. Квадратний метр геліопрофілю, який збирає тепло на даху коштує 110 євро. А комплекс сонячних колекторів – близько 2-х тисяч. Енергозберігання – давня європейська практика. Чи не у всіх країнах людям надають безвідсоткові кредити на встановлення сонячних колекторів чи вітряків. В Україні допомагають лише великим підприємствам. Бо таких як Оксана замало.

Сонячні колектори впроваджують у Японії. Після аварії на АЕС «Фукусіма-1» влада Японії стали приділяти велику увагу розвитку альтернативних джерел енергії. Було заплановано побудування однієї з найбільших у світі сонячних електростанцій всього за один рік. Електростанція з'явилася в східній частині країни, в місті Кагосіма (у тій же префектурі, де сталася катастрофа).

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Рис.1.10. Сонячна електростанція в м. Кагосіма

Для будівництва станції знадобилося 290 тисяч сонячних колекторів, які зайняли собою близько 130 гектарів землі. Зрозуміло, що стільки вільного простору у японців не було, тому для розміщення станції було створено штучний острів. Загальна очікувана потужність станції повинна скласти більше 78 МВт, чого вистачить для забезпечення електрикою 22 тисячі будинків. Будівництво станції обійшлося інвесторам в \$ 309 млн. Крім прямих функцій, станція виконує роль туристичного об'єкту: бажаючі можуть відвідати її з оглядовою екскурсією, прослухати лекцію про важливе значення альтернативних джерел енергії та помилуватися видом на океан і вулкан Сакурадзіма [22].

### 1.7. Висновок

В першому розділі роботи було проаналізовано теоретичні питання дослідження. При проектуванні сонячних будинків враховується багато факторів: вдале розташування будинку, велика кількість вікон зорієнтованих до півдня, щоб пропускати більше сонячного світла в зимовий час. Правильний розрахунок теплового навантаження на внутрішні приміщення, щоб уникнути небажаних коливань температури і зберігати тепло в нічний час.

Добре ізольована конструкція будівлі більш ефективно зберігає накопичене тепло. В більшості конструкцій сонячних будинків, як акумулятори теплоти, використовуються саме стіни, які вдень накопичують сонячне тепло, а вночі віддають його.

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25



## РОЗДІЛ 2

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Ефективність перетворення сонячної енергії в електричну

Кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, яка щорічно надходить на територію України, знаходиться в межах від 1 070 кВт·год/м<sup>2</sup> в північній частині України до 1 400 кВт·год/м<sup>2</sup> і вище в південній.



Рис. 2.1. Розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року

ККД сонячних електростанцій – це співвідношення кількості виробленої системою електричної енергії до величини сонячного випромінювання, що потрапляє на панель. Ефективність використання СЕС переважно визначається матеріалом, з якого виготовлені фотоелементи, також якістю збірки.

Перетворення сонячної енергії в електричну в умовах України слід орієнтувати в першу чергу на використання фотоелектричних пристроїв.

Наявність запасів сировини, промислової та науково-технічної бази для виготовлення фотоелектричних пристроїв, забезпечує потреби вітчизняних споживачів і дозволяє експортувати більше двох третин виробленої продукції.

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата					
Розробив		Гаврилишин Р.І.			ОСНОВНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Арквівів	
Перевірів		Зінь М.М.				26	86		
Консульт.		Зінь М.М.							
Зав. Каф.		Тарасенко М.Г				ГНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>М</sub> -61			
Н. Контр.		Коваль В.П.							

Зараз ККД панелей сонячних електростанцій, які використовуються в космічній галузі, досягає 40 %. Однак такі модулі дорогі, тому для приватних будинків не застосовуються. Хоч і в дослідних зразках рекордом є 47 % ефективності, до теоретично можливої межі в 85-87 % поки ще далеко.

Також є фактори, які впливають на продуктивність ККД – затіненість ділянки, погодні умови, температура, чистота поверхні модуля. В ідеалі промені повинні падати на панель під прямим кутом, важливо не допускати перегрівання і запилення фотоелементів.

Правильна установка – ще одна запорука ефективної роботи панелей. На рис. 2.2 зображено азимутальний кут що корелює з градусами, на які поверхня панелей відхиляється від точного південного напрямку, а кут нахилу демонструє відхилення від горизонтальної поверхні. Найбільш ефективний азимутальний кут має  $0^\circ$  та кут нахилу близько  $30^\circ$ .

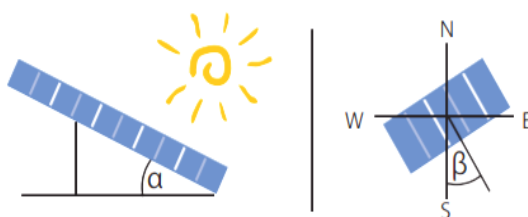


Рис. 2.2. Кут нахилу  $\alpha$  та азимутальний кут  $\beta$

Панелі здатні переробляти розсіяне світло, що забезпечує більш високий середній ККД протягом досить довго періоду. Також відсутня необхідність в монтажі модулів під певним кутом строго на південь. Тінь, пил, похмура погода, як і раніше робить негативний вплив на продуктивність панелей, але воно на 60-70 % нижче, ніж у кремнієвих елементів [23].

Вимірювання струму короткого замикання (КЗ) фотоелемента дозволяє отримати уявлення про ефективність кожної стадії процесу перетворення випромінювання в електричну енергію, який відбувається всередині елемента.

Насамперед необхідно визначитись, по відношенню до якого – падаючого або поглинаючого потоку випромінювання – проводиться оцінка розглянутих процесів. У межах лінійної залежності струму короткого замикання

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фотоелемента від щільності потоку випромінювання виконується співвідношення :

$$I_{к.з.2}(\lambda) = I_{к.з.1}(\lambda)/(1 - r(\lambda)), \quad (2.1)$$

де  $I_{к.з.2}$ ,  $I_{к.з.1}$  – струм короткого замикання сонячного елемента при заданій інтенсивності відповідно поглинаючого і падаючого випромінювання;

$r(\lambda)$  – коефіцієнт однократного відбиття.

Всі три величини віднесені тут до однієї й тієї ж визначеної довжини хвилі. Для аналізу і оцінки якості фотоелемента корисна така характеристика, як спектральна залежність струму короткого замикання елемента, розрахована на один квант поглинаючого світла.

Спроба отримати потрібну кількість електроенергії шляхом збільшення площі малоефективних фотоелементів збільшить витрати на з'єднуючі та підкріплюючі елементи конструкцій, герметизуючі матеріали, в деякій мірі – на обслуговування енергетичної установки та перевезення фотоелементів на місце експлуатування.

Отриманий у даний час ККД сонячних елементів 15 % вважають достатнім для виготовлення енергетичних установок вартістю 1 дол./Вт пікової потужності.

ККД визначають як :

$$\eta = \frac{I_{к.з.} \cdot V_{х.х.} \cdot FF}{P_{п.в.}}, \quad (2.2)$$

де  $I_{к.з.}$  – струм короткого замикання (КЗ);

$V_{х.х.}$  – напруга холостого ходу (х.х.);

FF – коефіцієнт заповнення вольт-амперної характеристики (ВАХ);

$P_{п.в.}$  – потужність падаючого випромінювання.

Всі три параметри повинні мати якнайбільш високі значення. Струм КЗ визначається відбиваючою здатністю поверхні сонячного елемента і ефективністю збирання носіїв р-п переходом. Для захисту елемента від псування

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовують просвітлюючі покриття, при цьому утворюється текстурована поверхня і використовується тонка контактна сітка. Збільшення коефіцієнта збирання є можливим за рахунок збільшення дифузійної довжини неосновних носіїв.

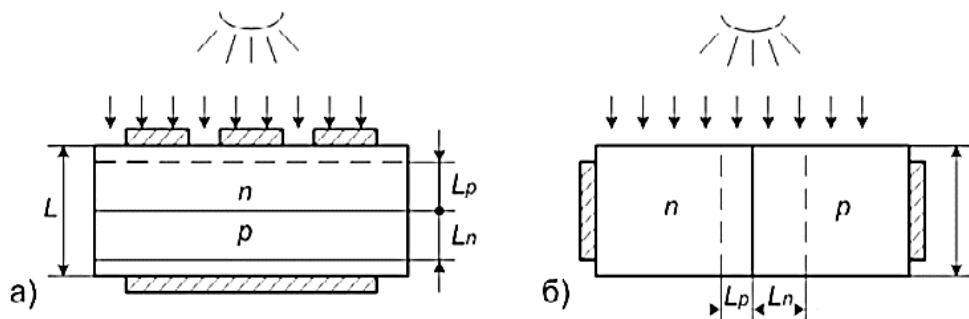


Рис. 2.3. Схема розміщення р-п переходу в напівпровідниковому кристалі: а) – перпендикулярна; б) – паралельна до площини р-п переходу.

Паралельне розміщення вважається кращим, тому що для повного збирання і розподілення носіїв найбільш суттєвим є розподілення пар носіїв у напрямку, перпендикулярному до р-п переходу, і рівномірна генерація носіїв по глибині кристалу утворює сприятливі умови для їх дифузії до р-п переходу і наступного просторового розподілення.

## 2.2. Ефективність перетворення сонячної енергії у теплову

Для приватного сектору у будинках для вироблення тепла в системі гарячого водопостачання можна застосовувати сонячні колектори (СК). Сонячні колектори здатні нагрівати воду до 70 °С. Вдень СК перетворюють енергію Сонця в теплову, яка гріє воду, що накопичується в теплоізованих ємностях (баках-акумуляторах). Із баків-акумуляторів вода подається в систему гарячого водопостачання. СК встановлюються на даху будинку, а накопичувальна ємність та допоміжне обладнання монтується в технічному приміщенні.

Види сонячних колекторів: плоский, вакуумний із прямою передачею тепла воді. Експлуатаційні витрати на роботу системи гарячого водопостачання

									Арк.
									29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМ 18-305.00.000 ПЗ				

на базі СК мінімальні, адже електрична енергія витрачається тільки на роботу циркуляційного насосу.

Наприклад, за потреби громадського закладу в 650 л/добу гарячої води, річний виробіток теплової енергії плоскими сонячними колекторами становить 8,7 МВт·год (7,5 Гкал). При цьому, електричної енергії для роботи циркуляційного насосу витрачається близько 180 кВт·год.

Порівняння роботи вакуумного і плоского колекторів. Будинки, які піддаються термомодернізації для суттєвого зменшення споживання енергії, стають екологічнішими, адже зменшують викиди CO<sub>2</sub> [24].

Для таких будинків варто розглядати впровадження та використання сонячної енергії як для забезпечення гарячою водою, так, частково, і для теплопостачання. Один з таких будинків, реконструйований на початку 90-х років (збудований в Баварії в 1970 році) потрапив під дослідження ефективності роботи вакуумних і плоских колекторів. Будинок відповідає високим стандартам тепловтрат.

Будинок був обладнаний системою обігрівання, яка складалася з рідинно-паливного котла, плоских колекторів і системи теплих підлог. При виконанні досліджень систему вдосконалили шляхом встановлення вакуумних трубчатих колекторів і бака-акумулятора з розподіленням води (стратифікація).

Вимірювальне обладнання було встановлено в приміщенні, щоб контролювати термодинамічні процеси компонентів системи, особлива увага приділялась вимірюванню теплової енергії, яка вироблялась вакуумними і плоскими колекторами. Крім цього, були досліджені властивості і параметри теплової стратифікації бака-акумулятора.

Вироблення теплової енергії досліджувалося протягом опалювального сезону. За весь період плоский колектор виробив більше теплової енергії, не дивлячись на нижчу номінальну ефективність. Порівняння проводилось за площею колектора, адже величина площі колектора враховується при варіанті розміщення на даху. Власне, доступна площа даху часто обмежує кількість колекторів, які можна встановити на певному даху.

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглядаючи показник виробленої теплової енергії для апертурної площі колектора, він вищий для вакуумного трубчатого колектора восени і весною. Причиною цього є атмосферні фактори [25].

Якщо зимовий ранок починається з інію на колекторах, а потім виходить сонце, то плоский колектор практично зразу розмерзається і починає працювати, а зовнішня трубка вакуумного колектора практично весь день не прогрівається від тепла поглинаючої внутрішньої поверхні (вакуумний проміжок є хорошим теплоізолятором, що працює проти колектора при інії). Подібна ситуація і при сніжному покриві. З плоского колектора сніг досить просто сповзає при появі сонця, а з вакуумного колектора, навіть при куті 33 градусів, це не проходить так швидко.

У підсумку, оскільки при використанні плоского колектора зимою (головна пора для застосування - опалення) сніг досить швидко, просто сповзає при появі сонця, то вважаю доцільним використовувати у наших широтах плоскі колектори.

Успішна робота сонячної установки залежить не лише від колекторів, але і від раціонального використання всіх компонентів, що є в системі. По-перше коефіцієнтом корисної дії (ККД) сонячного колектору, називається частка сонячного випромінювання, що потрапляє на площу апертури колектору, яка перетворюється в корисну теплову енергію (рис.2.4).

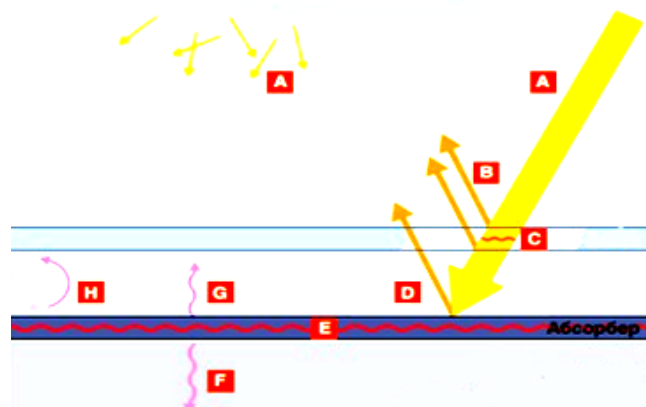


Рис. 2.4. Сонячне випромінювання що потрапляє на площу колектора перетворюється на теплову енергію

Площею апертури називається поверхня колектору, на котру ефективно діє сонячне випромінювання.

По-друге ККД розраховуються за допомогою наступної формули:

$$\eta = \eta_0 - (k_1 \cdot \Delta T) / E_g - (k_2 \cdot \Delta T_2) / E_g, \quad (2.3)$$

де  $E_g$  – середньорічна кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, що взято для Тернополя – 1100, Вт\м<sup>2</sup>;

$k_1$  та  $k_2$  – коефіцієнтів теплових втрат, приведені у технічній документації від виробника;

$\Delta T$  – різниця температур між абсорбером та навколишнім середовищем;

$\eta_0$  – оптичний ККД колектора.

По-третє оптичний ККД плоского колектору залежить від багатьох факторів. Частина сонячного випромінювання, що потрапляє на сонячний колектор втрачається в наслідок відображення та поглинання на прозорому покритті і внаслідок відбивання на абсорбері. Коефіцієнт корисної дії залежить також і від робочого стану колектору.

Для більшості виробників якісних плоских колекторів оптичний ККД системи становить 80 %.

У відповідності з цими характеристиками і значенням інтенсивності сонячного випромінювання, можна відобразити коефіцієнт корисної дії у вигляді графіку (рис. 2.5).

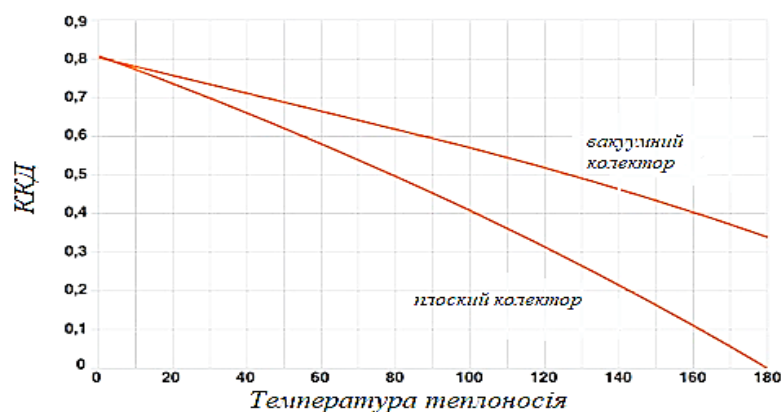


Рис. 2.5. ККД у вигляді графіку

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Максимальний ККД досягається у тому випадку, якщо різниця температур колектору і температури навколишнього середовища рівна нулю і колектор немає теплових втрат в оточуюче середовище.

Температура стагнації. Якщо відбір теплоти від колектору припиняється (теплоносій не циркулює, насос не працює), то колектор нагрівається до так званої температури стагнації.

У цьому випадку теплові втрати рівні випромінюванню, що поглиналося, продуктивність колектору рівна нулю. Плоскі колектори досягають температури стагнації при температурі вище 200 °С, а вакуумні трубчаті – близько 300 °С [26].

### 2.3. Втрати при акумулюванні електричної енергії

Для акумулювання електричної енергії використовують акумулятори різних типів. Кожний з них має як переваги так і недоліки, а також різну ефективність у циклі заряду-розряду.

Так газові сховища є інноваційним, екологічним, хоча й менш ефективним через надлишкову електроенергію, яка використовується для виробництва водню в процесі електролізу. Далі водень може перетворюватися в метан, якщо є поблизу джерело вуглецю. Газ зберігається у спеціальних резервуарах, і вивільняється в міру необхідності.

Стандартний показник ККД для таких систем – близько 50 %. Хоча вчені проводять дослідження в сфері високотемпературного електролізу і метанування – їх ефективність перевищує 75 %. Електроліз за особливо високих температурах (близько 800 °С) є суттєвою перевагою для збільшення ККД технології «power-to-gas».

Дослідження демонструють, що якщо акумулятор деякий (короткий) час заряджати при температурі навколишнього середовища 40 °С повністю, то його ємність (здатність накопичувати енергію) вже через рік знизиться на 35 %, навіть якщо його потім використовувати мало.

В середньому років через десять ємність акумулятора знижується до «економічно не вигідних» рівнів 50 – 70 % від заявленої для нових батарей, а

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



менша ємність – менший ККД. Крім літій-іонних, є батареї на основі інших металів. Але їх ККД трохи нижчий. Також як і вартість [27].

З поданих вище характеристик для різних типів акумуляторів очевидно, що вибір для енергетично незалежного будинку буде за – Li-ion типу акумулятора. Характеристики якого вражають, а ефективність у 90 %. Теоретично даний тип акумулятора забезпечить роботу середньостатистичного приватного будинку на 6-10 років.

Такі вражаючі характеристики акумулятори Li-ion типу отримали завдяки революції у їх розвитку, що була розроблена в Японії – акумулятори з негативним електродом з вуглецевих матеріалів. Вуглець виявився дуже зручною матрицею для введення літію.

У всіх Li-ion акумуляторів, доведених до комерціалізації, анод виготовляється з вуглецевих матеріалів. Введення літію в вуглецеві матеріали являє собою складний процес, механізм і кінетика якого в істотному ступені залежать від природи вуглецевого матеріалу і природи електроліту.

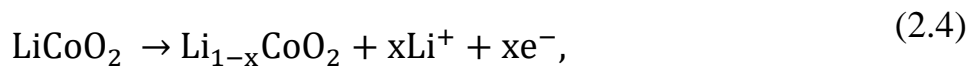
Крім вуглецевих матеріалів в якості матриці негативного електрода вивчаються структури на основі олова, срібла і їх сплавів, сульфід олова, фосфати кобальту, композити вуглецю з наночастинками кремнію.

Якщо в первинних літієвих елементах застосовувались різноманітні активні матеріали для позитивного електрода, то на сьогодні вибір матеріалу позитивного електрода обмежений. Позитивні електроди літій-іонних акумуляторів створюються виключно з літійованих оксидів кобальту або нікелю з літій-марганцем [28].

В даний час в якості катодних матеріалів все частіше застосовуються матеріали на основі змішаних оксидів або фосфатів. Показано, що з катодами з змішаних оксидів досягаються найкращі характеристики акумулятора. При заряді Li-ion акумулятора, які зображено на рис. 2.6. – відбуваються наступні реакції:

– на позитивних пластинах

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



– на негативно заряджених пластинах

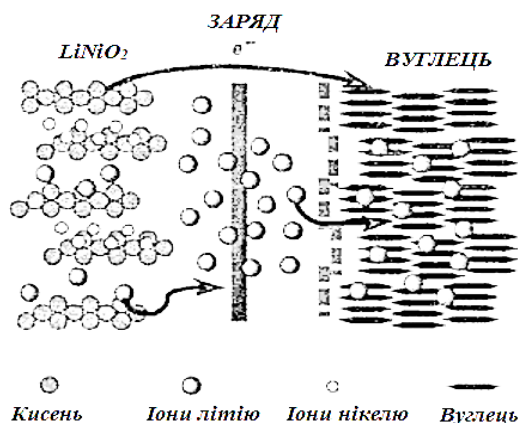


Рис. 2.6. Процес заряду та розряду Li-іон акумулятора

Сучасні Li-іон акумулятори мають високі питомі характеристики: 100-180 Вт·год / кг і 250-400 Вт·год / л. Робоча напруга 3,5-3,7 В.

Малогабаритні акумулятори працездатні при струмах розряду до 2 С, потужні - до 10-20 С (С - ємність). Інтервал робочих температур: від -20 до +60 °С. Проте багато виробників вже розробили акумулятори, працездатні при -40 °С. Можливо розширення температурного інтервалу в область більш високих температур.

Саморозряд Li-іон акумуляторів становить 4-6 % за перший місяць, потім - істотно менше: за 12 місяців акумулятори втрачають 10-20 % запасеної ємності.

При заряді Li-іон акумуляторних батарей струмом 1 А час заряду становить 2-3 годин.

Тому для використання у приватному секторі пропоную застосувати практику використання військовими. Тобто обмежити максимальну напругу зарядки, що знизить загальну ємність, але суттєво підвищить термін роботи.

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМ 18-305.00.000 ПЗ				

Нажаль при цьому ціна установки збільшиться, але вона себе цілком окупить у майбутньому – збільшивши час експлуатації на 30 % - 60 % [29].

Тому для розрахунку необхідної ємності акумулятора у приватному секторі застосована формула:

$$C = k \cdot \sum P, \quad (2.6)$$

де  $\sum P$  – сума усіх потреб у електричній енергії, що розрахована на один день для окремого будинку, кВт·год;

$k$  – коефіцієнт запасу, який враховує короткострокове збільшення потреб у певний день.

Враховуючи, що обрані акумулятори є неідеальними, необхідно врахувати ККД циклу заряду-розряду:

$$C_a = \frac{C}{\eta_a}, \quad (2.7)$$

де  $\eta_a$  – ККД циклу заряду-розряду для обраного типу акумулятору.

Оскільки, як було описано вище, для продовження терміну експлуатації необхідно обмежити межі для заряду акумулятора, то (2.8) буде наступного вигляду:

$$C_a = \frac{(1 - k_1 - (1 - k_2)) \cdot C}{\eta_a}, \quad (2.8)$$

де  $k_1$ ,  $k_2$  – коефіцієнти, що дорівнюють відповідно нижній та верхній межах заряду акумулятора, %.

Для підвищення часу експлуатації, пропоную у розрахунку обмежити використання акумулятора на рівні від 20 % до 80 %.

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як вже було сказано, такі обмеження верхнього та нижнього меж, мають подовжити термін експлуатації акумуляторної установки та зменшити негативні сторони для обраного типу акумуляторів – Li-ion батареї [30].

А врахувавши (2.9) отримаємо кінцеву формулу розрахунку ємності акумулятора для приватного сектору:

$$C_a = \frac{(1-k_1-(1-k_2)) \cdot k \cdot \sum P}{\eta_a} \quad (2.9)$$

#### 2.4. Теплоаккумулятор та втрати при акумулюванні теплової енергії

Теплоаккумулятор – це енергозберігаючий бак, мета якого зберігати надмірно вироблену енергію сонячним колектором. Тобто при надходженні надлишкового тепла з колектора, щоб вона даремно не витрачалася, то тимчасово зберігається в теплоаккумуляторі. А тоді коли колектор буде зменшувати кількість генерації і температура почне знижуватися, то в роботу вступить теплоаккумулятор, який і направить збережене тепло для відновлення температурного режиму.

Теплоаккумулятор виглядає як велика міцна ємність квадратної або циліндричної форми. Він може досягати обсягу до 3 тонн, але найбільш популярним варіантом для приватних будинків виступає ємність розміром в 200 літрів. Розміщуватися він повинен разом з опалювальною системою в нежитловому, добре провітрюваному приміщенні. Обов'язковою умовою його роботи є установка манометра і датчиків температури [31].

Коли джерело тепла має малий запас по потужності, то нормальна робота системи опалення з теплоаккумулятором неможлива. У цьому випадку «зарядити» батарею повністю не вдасться ніколи, оскільки теплогенератор повинен одночасно обігрівати будинок та завантажувати ємність. Підбір твердопаливного котла для обв'язки з теплоаккумулятором передбачає дворазовий запас по тепловій потужності.

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З алгоритмом розрахунку можна ознайомитися на прикладі будинку площею 200 м<sup>2</sup> при тривалості простою котла 8 годин. Передбачається, що вода в баку нагріється до 90 °С, а в процесі роботи опалення охолоне до 40 °С. Для обігріву такої площі в найбільш холодну пору знадобиться 20 кВт теплоти, а середнє її споживання складе близько 10 кВт / год. Значить, батарея повинна накопичити 10 кВт / год x 8 год = 80 кВт енергії.



Рис. 2.7. Приклад будинку площею 200 м<sup>2</sup>

Розрахунок обсягу теплоаккумулятора ведеться через ф-лу теплоємності води:

$$m = \frac{Q}{1,163} \cdot \Delta t, \quad (2.10)$$

де Q – розрахункова кількість теплової енергії, яку треба накопичити, Вт;

m - маса води в резервуарі, кг;

$\Delta t$  – різниця між початковою і кінцевою температурами теплоносія в баку, дорівнює 90 - 40 = 50 °С;

163 Вт / кг °С або 4,187 кДж / кг °С – питома теплоємність води.

Для розглянутого прикладу маса води в теплоаккумуляторі складе:

$$m = \frac{80000}{1,163} \cdot 50 = 1375 \text{ кг або } 1,4 \text{ м}^3. \quad (2.11)$$

									ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
										38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

На практиці, особливо коли будинок добре утеплений, середня витрата теплоти на площу 200 м<sup>2</sup> буде менше, ніж 10 кВт / год. Звідси висновок: щоб правильно розрахувати розміри теплоаккумулятора, необхідно використовувати більш точні вихідні дані по споживанню тепла.

Для розрахунку необхідної ємності теплоаккумулятора у приватному секторі застосуємо наступну формулу:

$$C_T = k \cdot \sum(P_o + P_v), \quad (2.12)$$

де  $\sum P_o$  – сума усіх втрат теплової енергії під час опалювального сезону, що необхідно компенсувати та потреб на підвищення температури приміщення, кВт;

$\sum P_v$  – сума усіх потреб теплової енергії на теплопостачання води, кВт;

$k$  – коефіцієнт запасу, який враховує короткострокове збільшення потреб у певний день.

Враховуючи, що у теплоаккумуляторі відбувається постійне виділення тепла через недостатнє утеплення, то необхідно врахувати втрати під час зберігання тепла. Такі втрати врахуємо у наступній формулі:

$$C_T = k \cdot \sum(P_o + P_v + P_a), \quad (2.13)$$

де  $P_a$  – втрати теплової енергії пов'язані з нещільністю та недосконалістю обраного теплоізоляційного матеріалу для теплоаккумулятора, кВт.

Теплові втрати теплоаккумулятора залежать від багатьох факторів. основними з яких є:

- об'єм баку, відповідно до якого розраховується площа баку;
- температура теплоносія у акумуляторі;
- обраний тип теплоізолятора;
- товщина теплоізолятора.

Відповідно до вище поданих підпунктів розрахуємо тепловтрати:

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_a = k_a \cdot F_a (t_a - t_n), \quad (2.14)$$

де  $k_a$  – коефіцієнт теплопередачі стінок теплобака, Вт/(м<sup>2</sup>·град.°С);

$F_a$  – площа стінки баку теплоаккумулятора, м<sup>2</sup>;

$t_a$  та  $t_n$  – температури у акумуляторі тепла та у приміщенні відповідно, °С.

Коефіцієнт теплопередачі стіни теплобака розрахуємо з формули:

$$k_a = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.15)$$

де  $d_1$  та  $d_2$  – товщини стінок матеріалів, сталюї та теплоізолятора відповідно, м;

$\lambda_1$  та  $\lambda_2$  – коефіцієнти теплопровідності для першої та другої стінки, Вт/(м·К).

$\alpha_1$  та  $\alpha_2$  – коефіцієнти тепловіддачі від сталі до ізолятора та ізолятора до навколишнього повітря.

З врахуванням даного коефіцієнту формула (2.16) набуде виду:

$$P_a = \frac{F_a(t_a - t_n)}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.16)$$

Отже, необхідна ємність теплобаку для приватного сектору розрахуємо за кінцевою формулою:

$$C_T = k \cdot \sum \left( P_o + P_B + \frac{F_a(t_a - t_n)}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} \right). \quad (2.17)$$

## 2.5. Використання акумульованої енергії. Втрати при її конвертуванні

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інвертор служить для перетворення постійного струму (ПС), який виробляють сонячні елементи, в змінний (ЗС). Ця конвертація необхідна для передачі згенерованої сонячної енергії в розподільну мережу і використання цієї енергії споживачами змінного струму.

При проектуванні фотовольтаїчних систем і виборі інвертора, враховують, яка кількість виробленої енергії зможе бути ефективно перетворена інвертором, тому в своїх проектах, в міру можливості, необхідно підібрати оптимальний коефіцієнт навантаження інвертора [32].

Коефіцієнт навантаження інвертора або ПС/ЗС визначається співвідношенням потужності масиву сонячних панелей до номінальної потужності інвертора. У багатьох випадках для підвищення економічної вигоди та ефективності роботи фотовольтаїчної системи необхідно збільшувати потужність сонячних панелей, так щоб коефіцієнт навантаження інвертора був більше 1. Таке рішення дозволяє збільшити кількість виробітку електроенергії в той час, коли потужність сонячних панелей нижче номінальної потужності інвертора [33].

Перевантаження інвертора дозволяє підібрати інвертор з меншою номінальною потужністю, а отже - ціна за такий інвертор буде нижче.

Однак необхідно пам'ятати, що перевантаження інвертора ніколи не повинно перевищувати його критичну межу. При проектуванні завжди потрібно звертати увагу на технічні характеристики інвертора і використовувати тільки кваліфікованих проектувальників і монтажників. Для цього необхідно підібрати оптимальне перевантаження інвертора і забезпечити максимальну ефективність роботи сонячної станції.

У разі збою живлення інвертор автоматично вимкнеться. Мережевий перетворювач напруги підходить для сонячних систем без акумуляторних батарей.

Вся вироблена енергія генерується в загальну мережу за “зеленим тарифом” [34].

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Було проаналізовано ринок інверторів в Україні та з'ясовано, що середній ККД для інвертора складає – 95 %. А тому для розрахунку буде також враховано даний коефіцієнт – 0,95.

Ще важливе перевантаження інвертора яке підвищує ефективність роботи СЕС. Це надзвичайно корисний інструмент, який дозволяє проектувальникам фотовольтаїчних систем забезпечити максимальний обсяг виробленої енергії при мінімальних питомих затратах на обладнання [35].

Переворот в енергетиці, багато хто пов'язує цей термін з переходом на використання відновлюваної енергії, такої як енергія сонця та вітру. Проте важливим є те, що потенціал для переходу до стійких джерел енергії полягає не у виробництві електроенергії, а в зменшенні її споживання.

Використання енергозощаджуючих двигунів може зберегти 10 % енергії - 17 тераватт-годин на рік. Існує ще один шлях економії енергії – електронна система контролю швидкості, оскільки багато двигунів працюють на великій швидкості коли це навіть не потрібно. Таким чином можна заощадити 30 % енергії, або 50 тераватт-годин.

Але частотні перетворювачі для регулювання швидкості також витрачають енергію, оскільки вони працюють з напругою постійного струму, яка повинна бути згенерована шляхом трансформації зі змінного струму. Це призводить до втрат при перетворюванні, та ефекту зворотного впливу, викликаного гармоніками, що спричиняють нестабільність основних мереж.

Струм короткого замикання інвертора  $I_{кз}$  — це здатність інвертора при його зовнішньому короткому замиканні віддавати струм, кратний номінальному значенню вихідного струму, протягом певного часу.

Обмеження струму інвертора в режимі перевантаження є властивістю джерел безперебійного живлення (ДБЖ) при виникненні перевантажень. При зростанні струму навантаження понад номінальне значення, інвертор переходить у режим генератора струму, обмежуючи максимальне значення струму на певній величині  $I_{обм}$ .

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Експериментально показано: для того, щоб відносна величина спотворень синусоїдальності вихідної напруги не перевищувала 5 %, необхідно встановлювати поріг обмеження максимального значення вихідного струму, яке не перевищує в 1,5 рази амплітудного значення номінального струму інвертора при лінійному навантаженні

$$I_{\text{обм}} = 1,5\sqrt{2I_{\text{вих.ном.}}} \quad (2.18)$$

Відповідно, коефіцієнт амплітуди струму обмеження становитиме

$$K_{\text{а.обм}} = \frac{I_{\text{обм}}}{I_{\text{вих.ном}}} = 2,12. \quad (2.19)$$

На рис. 2.8 наведено криві вихідної напруги й струму інвертора з номінальною потужністю 5 кВт при роботі на нелінійне навантаження при різних значеннях струму навантаження. Інвертор із ШІМ-регулюванням вихідної напруги здатний реагувати на зміни струму навантаження, обмежуючи його за амплітудою. При цьому відбувається збільшення тривалості імпульсу струму на напівперіоді вихідної напруги (рис. 2.8 б, в, г).

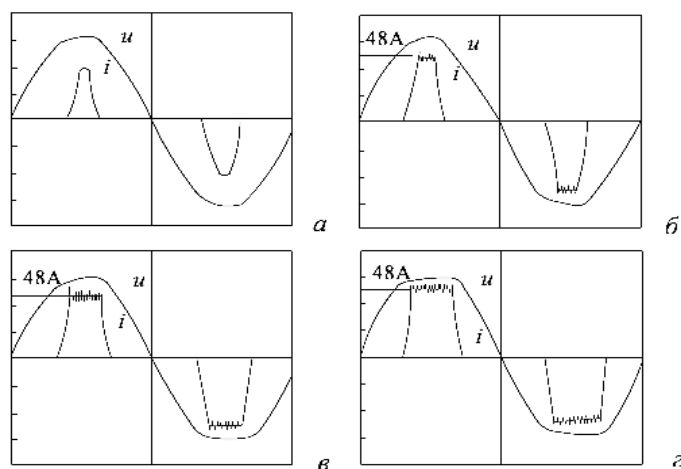


Рис. 2.8. Криві зміни напруги й струму інвертора

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Часові характеристики автономної роботи ДБЖ відображають максимальний час роботи ДБЖ від акумуляторних батарей за відсутності або припустимих відхилень напруги мережі, залежно від коефіцієнта навантаження ДБЖ [36].

На рис. 2.9. зображено часові характеристики для використання в ДБЖ батарей (Ач) різної енергоємності. Значне збільшення часу резерву досягається при підключенні додаткових акумуляторних модулів до ДБЖ. Слід звернути увагу на нелінійну залежність часових характеристик від величини коефіцієнта навантаження.

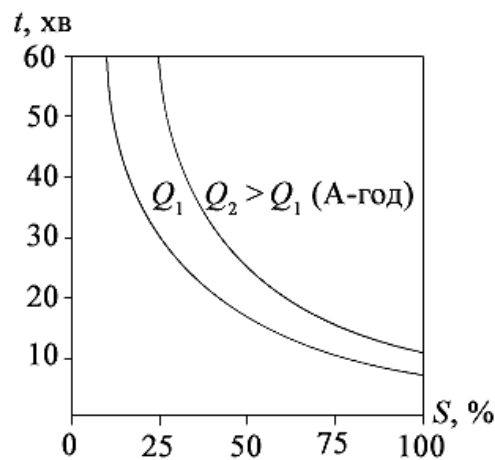


Рис. 2.9. Часові характеристики автономної роботи ДБЖ

Енергетичний коефіцієнт визначається відношенням споживаної потужності до повної потужності, яка віддається в ДБЖ. У відповідності до (2.9), маємо

$$K_e = \eta K_p, \quad (2.20)$$

якщо виконується умова  $K_e \geq K_{рн}$ , тоді ДБЖ споживає з мережі повну потужність, яка дорівнює або менша за ту, що віддається в навантаження

$$S_{вх} = \frac{K_{рн}}{K_e} S_{вих}. \quad (2.21)$$

Це положення поширюється високим вхідним коефіцієнтом потужності при роботі на нелінійні навантаження з низьким коефіцієнтом потужності. Тому, що при нелінійному навантаженні струму реактивної потужності й високочастотних гармонік струму потужності, спотворення замикаються в контурі «інвертор — навантаження» та не проявляються у вхідному ланцюзі ДБЖ.

Це означає, що при заданому коефіцієнті потужності навантаження  $K_{рн}$  і ККД, активна потужність на вході ДБЖ становитиме

$$P_{вх} = S_{вих} \cdot K_{рн} / \eta. \quad (2.22)$$

Повна потужність на вході ДБЖ визначатиметься вхідним коефіцієнтом потужності

$$S_{вх} = P_{вх} / K_{рвх} = S_{вих} \cdot K_{рн} / K_e. \quad (2.23)$$

За умови  $U_{вх} = U_{вих}$  маємо

$$I_{вх} = I_{вих} \cdot K_{рн} / K_e. \quad (2.24)$$

Наприклад,  $K_{рвх} = 0,95$ , ККД = 90 %, при роботі на нелінійне навантаження з коефіцієнтом потужності  $K_{рн} = 0,63$ , зі співвідношення (8) маємо:  $I_{вих} = 0,74 I_{вх}$ .

Зменшення діючого значення вхідного струму щодо вихідного струму приводить до зниження завантаженості мережі, порівняно з тим випадком, коли навантаження підключене до мережі безпосередньо. Це означає менше розсіювання потужності в лінії електропередачі й понижуючому силовому трансформаторі. Втрати потужності в лініях електропередачі з використанням ДБЖ у нашому прикладі складуть 54 % від втрат при живленні того самого

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження від мережі без ДБЖ. Ця обставина особливо важлива за наявності так званих «м'яких» ліній електропередачі.

Таким чином, енергетичний коефіцієнт є одним з найважливіших показників, які визначають доцільність застосування ДБЖ з подвійним перетворенням енергії не тільки для забезпечення безперебійного електроживлення навантаження при зникненні або спотворенні напруги у мережі, але й для оптимізації енергоспоживання при навантаженнях з низьким коефіцієнтом потужності [37].

## 2.6. Розрахунок втрат для приватного сектору

При ретельному підході до розрахунку систем опалення в приватному секторі, конкретно для будинку, необхідно розпочати з розрахунку тепловтрат будівлі. Втрати тепла відбуваються через стіни, дах, вікна та підлогу. Тепло також може виходити разом з повітрям через вентиляцію та щілини в конструкціях.

Втрати тепла або потужність, яку необхідно компенсувати роботою сонячних колекторів удень та теплоаккумулятором вночі розраховуємо за формулою:

$$P_a = P_c + P_v + P_{ст} + P_{п} + P_{вент}, \quad (2.25)$$

де  $P_c$  – втрати тепла, що пов'язані з неідеальністю ізоляції стін;

$P_v$  – втрати тепла у вікнах;

$P_{ст}$  – втрати тепла у стелі;

$P_{п}$  – втрати тепла через підлогу;

$P_{вент}$  – втрати пов'язані з вентиляцією.

Втрати тепла через стіни можна розрахувати наступною формулою:

$$P_c = k_c \cdot F_c (t_{вн} - t_{зовн}), \quad (2.26)$$

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $k_c$  – коефіцієнт теплопередачі стіни будинку, Вт/(м<sup>2</sup>·град.°С);

$F_c$  – сумарна площа всіх зовнішніх стін, м<sup>2</sup>;

$t_{вн}$  та  $t_{зовн}$  – температура у приміщенні та зовні будівлі відповідно, °С.

Температуру усередині будинку можна прийняти за 20°С.

Коефіцієнт теплопередачі для стін розрахуємо з формули:

$$k_c = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.27)$$

де  $d_1$  та  $d_2$  – товщини стіни та теплоізоляційного матеріалів, м;

$\lambda_1$  та  $\lambda_2$  – коефіцієнти теплопровідності для стіни та теплоізоляційного матеріалу, Вт/(м·К).

$\alpha_1$  та  $\alpha_2$  – коефіцієнти тепловіддачі від внутрішнього повітря до стіни та від ізолятора до зовнішнього повітря.

З врахуванням даного коефіцієнту формула для розрахунку коефіцієнту теплопередачі для стін (2.28) набуде виду:

$$P_c = \frac{F_c(t_{вн} - t_{зовн})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.28)$$

Втрати тепла вікнами можна розрахувати наступною формулою:

$$P_b = k_b \cdot F_b(t_{вн} - t_{зовн}), \quad (2.29)$$

де  $k_b$  – коефіцієнт теплопередачі вікон будинку, Вт/(м<sup>2</sup>·град.°С);

$F_b$  – сумарна площа всіх вікон, м<sup>2</sup>;

$t_{вн}$  та  $t_{зовн}$  – температура у приміщенні та зовні будівлі відповідно, °С.

Температуру усередині будинку, як і у попередньому прикладі, приймають за 20 °С.

Коефіцієнт теплопередачі для вікон розрахуємо з формули:

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_B = \frac{k_{\text{скл}} \cdot F_{\text{скл}} + k_p \cdot F_p}{F_3}, \quad (2.30)$$

де  $k_{\text{скл}}$  та  $k_p$  – коефіцієнти теплопередачі для склопакету та його рами, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Дані показники надає виробник вікон;

$F_{\text{скл}}$  та  $F_p$  – площа всіх склопакетів та їх рам, м<sup>2</sup>;

$F_3$  – загальна площу вікон.

З врахуванням даного коефіцієнту формула для розрахунку коефіцієнту теплопередачі для стін (2.31) набуде виду:

$$P_B = \frac{F_B (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})}{(k_{\text{скл}} \cdot F_{\text{скл}} + k_p \cdot F_p) / F_3}, \quad (2.31)$$

Втрати тепла через стелю розрахуємо за наступною формулою:

$$P_{\text{ст}} = k_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}), \quad (2.32)$$

де  $k_{\text{ст}}$  – коефіцієнт теплопередачі для стелі будинку, Вт/(м<sup>2</sup>·град.°С);

$F_{\text{ст}}$  – сумарна площа всіх стель, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{вн}}$  та  $t_{\text{зовн}}$  – температура у приміщенні та зовні будівлі відповідно, °С.

Температуру усередині будинку можна прийняти за 20 °С.

Коефіцієнт теплопередачі стелі розрахуємо за формулою 2.28.

З врахуванням даного коефіцієнту формула для розрахунку коефіцієнту теплопередачі стелі (2.33):

$$P_{\text{ст}} = \frac{F_{\text{ст}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.33)$$

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати тепла підлогою розраховується формулою:

$$P_{\Pi} = k_{\Pi} \cdot F_{\Pi} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}), \quad (2.34)$$

де  $k_{\Pi}$  – коефіцієнт теплопередачі підлоги у будинку, Вт/(м<sup>2</sup>·град.°С);

$F_{\Pi}$  – сумарна площа всіх підлог, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{вн}}$  та  $t_{\text{зовн}}$  – температура у приміщенні та зовні будівлі або ґрунту відповідно, °С. Температуру усередині будинку можна прийняти за 20°С.

Коефіцієнт теплопередачі для підлоги розраховуємо з формули:

$$k_{\Pi} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.35)$$

де  $d_1$  та  $d_2$  – товщини для першого та другого шарів підлоги, м;

$\lambda_1$  та  $\lambda_2$  – коефіцієнти теплопровідності для першого та другого шарів підлоги, Вт/(м·К).

$\alpha_1$  та  $\alpha_2$  – коефіцієнти тепловіддачі від внутрішнього повітря до першого шару підлоги та від другого шару підлоги до зовнішнього повітря або ґрунту [38].

З врахуванням даного коефіцієнту формула для розрахунку коефіцієнту теплопередачі для стін (2.36) набуде виду:

$$P_{\Pi} = \frac{F_{\Pi} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.36)$$

Витрата тепла на нагрів припливного повітря або ж інфільтрацію розраховується для будинку по формулі:

$$Q_{\text{ін}} = 0,28 \cdot L_{\text{н}} \cdot p \cdot C \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot k, \quad (2.37)$$

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



де  $L_n$  – витрата повітря, яке видаляється щогодини,  $m^3/год$ ;

$\rho$  – щільність повітря у приміщенні (приймають за 1,1),  $кг./m^3$ ;

$C$  – питома теплоємність повітря,  $кДж/(кг \cdot K)$ ;

$t_{вн}$  та  $t_{зовн}$  – температури повітря усередині приміщення та ззовні,  $^{\circ}C$ ;

$k$  – коефіцієнт для обліку зустрічного теплового потоку конструкції [39].

## 2.7. Висновок

У другому розділі даної роботи для приватного сектору були розглянуті основні напрямки роботи: ефективність перетворення сонячної енергії в електричну і теплову, а також втрати при акумулюванні. Визначено, що перетворення сонячної енергії в електричну в умовах України орієнтовано в першу чергу на використання фотоелектричних пристроїв. Сонячні колектори бувають двох типів, вакуумний трубчастий і плоский.

Оскільки, при використанні плоского колектора зимою, сніг досить швидко просто сповзає при появі сонця, то вважаю доцільним використовувати у наших широтах плоскі колектори.

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1. Оцінка погодних умов у Тернополі

Погодні умови і всі можливі тепловтрати ретельно розраховуються оскільки це важливий фактор при системному опаленні приватного сектора.

У табл. 3.1 проведений розрахунок на основі даних з метеостанцій попереднього року.

Таблиця 3.1

Хмарність по місяцях для Тернополя

Місяць	Хмарність, %
Січень	87,9 %
Лютий	70,8 %
Березень	67,1 %
Квітень	56,5 %
Травень	75,1 %
Червень	58,2 %
Липень	56,3 %
Серпень	50,8 %
Вересень	54,2 %
Жовтень	54,2 %
Листопад	79,8 %
Грудень	89,3 %

При сильній хмарності, тумані, вночі і коли батарея повністю покрита снігом сонячні елементи не виробляють електроенергію. Сніг топиться під дією тепла,

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гаврилишин Р.І.			СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Зінь М.М.					51	86
Консульт.		Зінь М.М.				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>М</sub> -61		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

яке отримує модуль і яке виділяється з нього.

В хмарні дні амплітуда добових коливань температури повітря менше, ніж в ясні. Вдень хмари затримують пряму сонячну радіацію, а вночі зменшують ефективне випромінювання, тобто втрату тепла земною поверхнею.

### 3.2. Кількість енергії, що потрапляє на поверхню від Сонця

Risen Energy це високоефективне підприємство яке бере свій початок з 1986 року. Завдяки багаторічному досвід роботи, компанія розробляє ефективні та надійні сонячні панелі, про це свідчать тестування пенелей у лабораторно-дослідницькому центрі Photon (Німеччина). Компанія Risen Energy входить в список виробників TIER 1.

Вироблений модулями струм потрібно відразу використати або накопичити в акумуляторах, так як сонце є нестабільним джерелом і залежить від пори року, доби та погодніх умов. Також для максимально ефективної роботи дуже важливий кут під яким встановлений фотомодуль до сонця.

Сонячна панель виготовлена з 60 полікристалічних фотоелементів стандартного форм фактора 156x156 мм.

ККД полікристалічного пластин становить 16,5 %, це дозволяє в стандартний модуль розміру 1650x992 розмістити фотомодуль потужністю потужність 260 Вт.

Головною особливістю сонячної панелі RSM60-6-280P це низький коефіцієнт температурних втрат.

Тобто при нагріві такого фотомодуля на 1 градус номінальна потужність зменшується на 0,39 %, на відмінно від традиційних фотомодулів у яких цей показник становить 0,4-0,5 %.

Завдяки новітнім технологіям, RSM60-6-280M є оптимальним варіантом для розміщення як на наземних конструкціях так і на даху. Одна з найпопулярніших моделей в Україні за рахунок відповідності двом принципівим клієнтським вимогам – висока якість та доступна ціна.

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Надзвичайно важливим аргументом надійності сонячних панелей Risen є повноцінна фірмова гарантія терміном 12 років на сам виріб та повноцінна гарантія терміном 25 років на прогнозований виробіток.

Максимальна ефективність модуля 19 %. Застосоване загартоване скло товщиною 4 мм, підвищена ударостійкість модулів, функція самоочищення.

Один із найнижчих температурних  $-0,39\% / ^\circ\text{C}$  – це означає виробіток в спеку буде кращим в порівнянні з панелями інших виробників. Рама з алюмінієвого сплаву є стійка до корозії та окислення, легка в транспортуванні та встановленні. Повна відповідність європейським вимогам сніговим та вітровим навантаженням всіх кліматичних умов.

Толерантність до потужності відмінна на рівні  $+3\%$  (сонячна панель за оптимальних умов зможе видати на  $3\%$  більше від номіналу).

У табл. 3.2 поданий розрахунок к-сті сонячного випромінювання, що падає у Тернополі по місяцях.

Таблиця 3.2

Кількість сонячного випромінювання, що падає на поверхню у Тернополі по місяцях

Місяць	Кількість енергії з Сонця на поверхні за місяць, кВт/м <sup>2</sup>
Січень	25,74933333
Лютий	55,8556
Березень	100,562
Квітень	168,5124
Травень	186,12
Червень	316,4616
Липень	276,276
Серпень	252,4426667
Вересень	163,944
Жовтень	97,4

Листопад	37,6488
Грудень	24,8

### 3.3. Кількість генерованої електроенергії з сонячного випромінювання

Сонячний трекер є електромеханічною системою, яка використовується для орієнтації сонячної фотоелектричної панелі в напрямку сонця. Його основна мета – знайти максимальне сонячне випромінювання, щоб отримати максимальний заряд панелей.

У таблиці 3.3 подано розрахункову потужність генерації фотопанелями електроенергії з кожного м<sup>2</sup> поверхні покритої такими фотомодулями. Також враховано, що використовувалось система автоматичного повертання за Сонцем.

Таблиця 3.3.

Кількість генерованої електроенергії з сонячного випромінювання, що падає на поверхню у Тернополі по місяцях

Місяць	Кількість сонячної енергії, що конвертується у електричну за місяць, кВт/м <sup>2</sup>
Січень	4,041036
Лютий	8,72856
Березень	16,291044
Квітень	27,4073382
Травень	31,0068
Червень	52,6617936
Липень	46,1953206
Серпень	41,682168
Вересень	26,9053488
Жовтень	15,38433
Листопад	5,990193

Грудень	4,0176
---------	--------

Одним з критеріїв оцінки інвертора є його ефективність або нормативний ККД.

У інверторів хорошої якості значення ККД може досягати 98 %. Під час компонування сонячної системи слід уникати перетворювачів з номінальною ефективністю меншою 92 % [38].

### 3.4. Кількість генерованого тепла з сонячного випромінювання

Сонячний колектор «KS2000 TLP» є безкомпромісним рішенням з точки зору конструкції і параметрів в класі плоских сонячних колекторів. Абсорбер повністю виконаний з міді. З'єднання мідного трубопроводу з плитою абсорбера, виконується сучасним методом ультразвукового зварювання.

Застосоване структурне скління найвищого класу U1 поглинання сонячної енергії, впливає на високий оптичний ККД 80,2 % підтверджений тестом в Інституті SPF в Швейцарії.

Теплова ізоляція з мінеральної вати збільшена до 55 мм товщини з ізоляцією стінок корпусу 20 мм, забезпечує низькі втрати тепла. Покритий порошковим лаком корпус забезпечує привабливий дизайн сонячного колектора.

У табл. 3.4 розрахунок проведений згідно другого розділу, враховуючи щоденну температуру повітря та густину потоку сонячного випромінювання.

Таблиця 3.4

Кількість генерованої електроенергії з сонячного випромінювання, що падає на поверхню у Тернополі по місяцях

Місяць	Кількість сонячної енергії, що конвертується у теплову за місяць, кВт/м <sup>2</sup>
Січень	0,342494239
Лютий	8,44112145
Березень	24,56490947

						ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ	Арк.
							55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Квітень	78,54269505
Травень	92,61319814
Червень	211,7635945
Липень	176,7943194
Серпень	161,2117627
Вересень	87,80560328
Жовтень	31,86864845
Листопад	2,408704361
Грудень	0

Такі низькі результати були отримані зимою через такі погодні чинники, як висока захмареність, сніг. У підсумку, розрахована кількість енергії з використанням теплоакумулятора буде ще нижча. Також згідно розрахунку не вигідно використовувати сонячні колектори зимою, але вигідно весною і осінню, що дасть також економію.

### 3.5. Потреба в електроенергії та теплі середньостатистичного приватного будинку

Теплові втрати середньостатистичного будинку з урахуванням того, що опалення необхідно вмикати за середньодобової температури зовнішнього повітря нижче за 8 °C та потребами у гарячій воді.

У табл. 3.5 подано к-сть витраченої енергії на обігрів за місяць

Таблиця 3.5

#### Кількість витраченої енергії на обігрів за місяць

Місяць	Кількість витраченої енергії на обігрів за місяць, кВт·год
Січень	8090,601531
Лютий	6055,345219
Березень	4593,988366

						ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			56

Квітень	1492,852282
Травень	177,0260292
Червень	0
Липень	0
Серпень	0
Вересень	0
Жовтень	1585,787068
Листопад	3922,809924
Грудень	7354,260133
Сума	33272,67055

У табл. 3.6 подана к-сть витраченої електроенергії а гарячу воду

Таблиця 3.6

Місяць	Кількість витраченої енергії на гаряче водопостачання за місяць, кВт·год
Січень	970,641
Лютий	876,708
Березень	970,641
Квітень	939,33
Травень	970,641
Червень	939,33
Липень	970,641
Серпень	970,641
Вересень	939,33
Жовтень	970,641
Листопад	939,33
Грудень	970,641
Сума	11428,515

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57





Січень	9061,242531	6,849884775	9054,392646
Лютий	6932,053219	168,822429	6763,23079
Березень	5564,629366	491,2981894	5073,331177
Квітень	2432,182282	1570,853901	861,3283806
Травень	1147,667029	1852,263963	0
Червень	939,33	4235,27189	0
Липень	970,641	3535,886387	0
Серпень	970,641	3224,235254	0
Вересень	939,33	1756,112066	0
Жовтень	2556,428068	637,372969	1919,055099
Листопад	4862,139924	48,17408722	4813,965837
Грудень	8324,901133	0	8324,901133
Сума	44701,18555	17527,14102	36810,20506

Проаналізувавши температурні показники, опалувальний період починається з жовтня та закінчується у травні.

Згідно норм потреба для такого будинку у електриці 200-250 кВт·год щомісяця.

Було встановлено 10 м<sup>2</sup> таких сонячних панелей. У табл. 3.9 подана електрична енергія з врахуванням виробленої сонячними панелями:

Таблиця 3.9

Місяць	Кількість сонячної енергії, що конвертується у електричну за місяць, кВт/м <sup>2</sup>	Додатково витрачена електроенергія з мережі, кВт·год
Січень	40,41036	209,58964
Лютий	87,2856	162,7144
Березень	162,91044	87,08956
Квітень	274,073382	0
Травень	310,068	0

Червень	526,617936	0
Липень	461,953206	0
Серпень	416,82168	0
Вересень	269,053488	0
Жовтень	153,8433	96,1567
Листопад	59,90193	190,09807
Грудень	40,176	209,824
сума	2803,115322	955,47237

Отже, такі панелі повноцінно забезпечують будинок електрикою тільки влітку.

### 3.6. Висновок

В третьому розділі даної дипломної роботи були описані потреби в електроенергії та теплі середньостатистичного приватного будинку. При цьому було враховано потреби на опалення та гаряче водопостачання а також на витоки тепла з вентиляцією.

При розрахунку кількості генерованого тепла та електроенергії з сонячного випромінювання було враховано різного роду втрати, що були описані в розділі 2.

Також була проведена оцінка погодних умов у Тернополі, де хмарність найвищою була в грудні, а найнижчою в серпні. Розрахунок був проведений по місяцях.

## РОЗДІЛ 4

### ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

#### 4.1. Економічна ефективність і окупність сонячної станції

Домашня сонячна електростанція - це не лише вклад у власну енергонезалежність на тлі подорожчання електроенергії, а й вигідне капіталовкладення, яке приносить стабільний пасивний дохід.

Середня окупність сонячної електростанції - 5-7 років, в залежності від величини власного споживання, регіону проживання, розташування панелей та низки інших факторів.

Під час розрахунку окупності електростанції враховувалось також те, що власнику впродовж всього часу не доведеться витратити кошти на оплату електроенергії з мережі.

Окупність сонячної станції залежить від багатьох факторів, проте можна виділити найважливіші та вирахувати приблизний термін повернення інвестицій. Генерація сонячної станції перш за все залежить від кількості сонячної енергії що отримує сонячна система, а саме:

- рівня інсоляції (сонячного випромінювання що падає на одиницю площі) залежить від регіону;
- орієнтації сонячних панелей на сторону світу (південь, північ, захід, схід);
- кута нахилу сонячних панелей відносно горизонту (бажано перпендикулярне попадання сонячного проміння на панель, у літку цей кут становить 30-35 град, весна та осінь 45 град та у зиму рекомендовано використовувати кут 70 градусів відносно горизонту).

Також одним із вирішальних факторів окупності системи є власне споживання електроенергії об'єктом. Тут арифметика досить проста - менше спожили

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Гаврилишин Р.І.						
Перевір.		Зінь М.М.					61	86
Консульт.		Мельник Л.М.				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>М</sub> -61		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

електроенергії, більше продали по зеленому тарифі. Тому рекомендую використовувати енергозберігаюче освітлення (LED освітлення) та енергозберігаючу техніку.

Менш важливим фактором будуть підвищення цін на електроенергію.

#### 4.2. Розрахунок річної економії коштів згідно теоретично розрахованій кількості річної генерації тепла сонячними колекторами

Місяць	Кількість сумарної витраченої теплової енергії на за місяць, кВт·год	Кількість сонячної енергії, що конвертується у теплову за місяць, кВт·год	Додатково витрачена енергії з мережі на нагрів, кВт·год	Економія, грн
Січень	9061,242531	6,849884775	9054,392646	11,50781
Лютий	6932,053219	168,822429	6763,23079	283,6217
Березень	5564,629366	491,2981894	5073,331177	825,381
Квітень	2432,182282	1570,853901	861,3283806	2639,035
Травень	1147,667029	1852,263963	0	1928,081
Червень	939,33	4235,27189	0	1578,074
Липень	970,641	3535,886387	0	1630,677
Серпень	970,641	3224,235254	0	1630,677
Вересень	939,33	1756,112066	0	1578,074
Жовтень	2556,428068	637,372969	1919,055099	1070,787
Листопад	4862,139924	48,17408722	4813,965837	80,93247
Грудень	8324,901133	0	8324,901133	0
Сума	44701,18555	17527,14102	36810,20506	13256,85

Влітку враховано, кількість енергії для нагрівання гарячої води, розрахованої з кількості необхідної води на одну особу. Розраховано для 4 людей по 1,6 м<sup>3</sup> для кожного. ціна електроенергії при цьому = 1,68 грн.

#### 4.3. Розрахунок річної економії коштів згідно теоретично розрахованій кількості річної генерації електроенергії сонячними панелями

Місяць	Кількість сонячної енергії, що конвертується у електричну за місяць, кВт/м <sup>2</sup>	Додатково витрачена електроенергія з мережі, кВт·год	Економія, грн
Січень	40,41036	209,58964	67,8894
Лютий	87,2856	162,7144	146,6398
Березень	162,91044	87,08956	273,6895
Квітень	274,073382	0	420
Травень	310,068	0	420
Червень	526,617936	0	420
Липень	461,953206	0	420
Серпень	416,82168	0	420
Вересень	269,053488	0	420
Жовтень	153,8433	96,1567	258,4567
Листопад	59,90193	190,09807	100,6352
Грудень	40,176	209,824	67,49568
Сума	2803,115322	955,47237	3434,806

Енергоспоживання середньостатистичного будинку площею 150 м<sup>2</sup>, становить 200-250 кВт·год. Ціна електроенергії при цьому = 1,68 грн.

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

#### 4.4. Розрахунок річних витрат пов'язаних з експлуатацією сонячних колекторів та панелей

З часом бруд і пил, що накопичується на скляній поверхні сонячних панелей, може бути причиною зменшення їх вихідної потужності.

Тому варто здійснювати періодичне очищення модулів для забезпечення максимальної потужності, особливо якщо сонячні батареї встановлені в місцях значної атмосферної забрудненості (поблизу автомобільних доріг, промислових підприємств).

Витрата коштів на щорічний огляд колекторів спеціалістом, становить в середньому 2000 гривень.

Сонячна електростанція для покриття власного споживання забезпечує потреби приватного господарства протягом світлового дня. У випадку коли власної сонячної енергії недостатньо, різниця автоматично береться з централізованої енергомережі.

Основний економічний ефект виникає з заощаджень коштів, що не були витрачені на придбання електрики від енергопостачальної компанії.

Догляд за сонячними панелями не складає особливих труднощів, проте приховує за собою деякі нюанси.

Елементарне обслуговування можна здійснити і самостійно. Необхідно регулярно перевіряти чистоту поверхні фотомодулів, так як наявність шару пилу, бруду або листя знижує ефективність системи в рази. На практиці даної чищенням не доводиться займатися часто, так як періодичні дощі досить непогано дозволяють дану проблему.

Відчищати сонячні панелі від бруду можна за допомогою простої води, шланга, нежорсткій чотки і миючих засобів. Спочатку необхідно прибрати великий сміття. Традиційний віник не рекомендується використовувати, щоб не подряпати поверхню сонячних панелей. У зимовий час необхідно стежити за тим, щоб на поверхні панелей не затримувався сніг. У разі необхідності акуратно зчищати його, стежачи за тим, щоб не подряпати захисне скло.

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

#### 4.5. Висновок

Економічна ефективність даної роботи – це, передусім заощадження коштів під час будівництва (мінімалізм в дизайні, тектонічність конструктивної схеми) планування схеми, компактність, якісне утеплення стін, використання альтернативних джерел енергії.

Отже, економія коштів згідно теоретично розрахованій кількості річної генерації тепла сонячними колекторами за рік становить 13256,85 грн. Згідно розрахунків найпродуктивнішими місяцями виявились квітень, травень.

Економія коштів згідно розрахованій кількості річної генерації електроенергії сонячними панелями за рік 3434,806 грн. З квітня по вересень включно, місяці виявились найбільш продуктивними. В обох випадках найменш ефективним є зимовий період.

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 5.1. Охорона праці

**5.1.1. Актуальність проблеми електробезпеки.** Закон України «Про охорону праці» зобов'язує забезпечити працюючих громадян безпечними умовами праці, що включає в себе вирішення питань безпеки праці, усунення причин травматизму і попередження професійних захворювань, аварійних ситуацій на виробництві; питання правової охорони праці. Усі працівники повинні бути ознайомлені з правилами і інструкціями охорони праці з техніки безпеки і виробничої санітарії.

Інструкції охорони праці з техніки безпеки повинні знаходитися на робочих місцях, плакати, що ілюструють методи безпечного виконання робіт вивішуються на видних місцях.

Однак, основною умовою зниження шкідливих факторів є обов'язкове виконання правил безпеки. Темою магістерської дисертації є «Енергоефективність акумулювання сонячної енергії в приватному секторі».

До початку проведення робіт на даху споруд необхідно виконати передбачені порядом заходи безпеки, в тому числі:

- відгородити щитами, канатами тощо діючі електромережі та електроустаткування, що знаходяться на відстані 2,5 м і ближче до місця проведення робіт та вивісити на огорожі відповідні знаки та плакати безпеки;
- підготувати риштування та переносні площадки для пересування та прийому матеріалів на даху;
- забезпечити працівників запобіжними поясами, спецодягом, спецвзуттям, захисними касками та іншими засобами індивідуального захисту,

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гаврилишин Р.І.			<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Зінь М.М.					66	86
Консульт.		Гурик О. Я.				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>м</sub> -61		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

інвентарними захисними огороженнями.

За відсутності на даху постійних конструкцій для кріплення страхувальних канатів встановлюються надійно закріплені металеві стійки, залізобетонні блоки чи визначаються елементи конструкцій, за які можливе закріплення страхувальних канатів. Місця закріплення страхувальних канатів і карабінів запобіжних поясів працівників зазначаються в проекті виконаних робіт (ПВР):

- у місцях з недостатньою міцністю покрівлі встановлюються та надійно кріпляться до стійких конструкцій покрівельні драбини, трапи чи риштування так, щоб вони перекривали несучі конструкції, що знаходяться під покрівлею;

- невідкладні ремонтні роботи під час дощу, снігу здійснюються під тентом або навісом;

- після остаточного закінчення робіт на даху споруди всі пристосування, обладнання, інструмент, матеріали видаляються з даху із застосуванням вантажопідіймальних кранів, машин і пристроїв у встановлені місця їх складування та збереження;

- під час проведення робіт на плоских дахах, що не мають постійного огороження (парапетних ґрат), по периметру даху встановлюються тимчасові захисні (страхувальні) огороження висотою не менше 1,1 м з бортовим елементом огороження відповідно до ГОСТ 12.4.059-89 «Будівництво. Огороження запобіжні інвентарні. Загальні технічні умови.» За неможливості установлення захисних (страхувальних) огорожень працівники зобов'язані застосовувати запобіжні пояси [30].

**5.1.2. Система попередження пожеж.** При акумулюванні сонячної енергії в приватному секторі може виникнути пожежа, загорання. У випадку виникнення пожежі необхідно викликати спеціалізовану пожежну частину за телефоном 101 та повідомити

сусідів, керівництво підприємства, колег і негайно розпочати ліквідацію пожежі всіма наявними засобами.

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк	№ локум.	Пілпис	Дата		67

Система попередження пожеж виключає два основних напрямки: запобігання формуванню горючого середовища і виникненню в цьому середовищі (чи внесенню в нього) джерела запалювання.

Запобігання формуванню горючого середовища досягається: застосуванням герметичного виробничого устаткування; максимально можливою заміною в технологічних процесах горючих речовин та матеріалів негорючими; обмеження кількості пожежо- та вибухонебезпечних речовин при використанні та зберіганні, а також правильним їх розміщенням; ізоляцією горючого та вибухонебезпечного середовища; організацією контролю за станом середовища в апаратах; застосуванням робочої та аварійної вентиляції; відведенням горючого середовища в спеціальні пристрої та безпечні місця.

На території приватного сектору повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим і порядок оповіщення людей про пожежу, з якими потрібно ознайомити всіх. Територію сектору слід постійно утримувати в чистоті. Дороги, проїзди та під'їзди до будівель, а також доступи до пожежного інвентарю та обладнання мають бути завжди вільними. На території не дозволяється розкладання вогнищ, спалювання сміття.

Також повинна висіти табличка, на якій вказано прізвище відповідального за пожежну безпеку, номер телефону найближчої пожежної частини, а також розміщена інструкція з пожежної безпеки. Протипожежні системи, установки, устаткування приміщень, будівель та споруд (протидимовий захист, пожежна автоматика, протипожежне водопостачання та інші захисні пристрої) необхідно постійно утримувати у справному робочому стані.

У приміщенні будинку не дозволяється:

- застосовувати для миття підлоги та обладнання легкозаймисті або горючі речовини (бензин, ацетон, гас);
- користуватися електронагрівачами з відкритою спіраллю;
- залишати без нагляду робоче місце, запалені пальники та інші нагрівальні прилади;
- сушити предмети, що можуть горіти, на опалювальних приладах;

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

- зберігати будь-які речовини, пожежонебезпечні властивості яких не досліджені.

Працівники, під час прийняття на роботу і за місцем праці, проходять інструктажі з пожежної безпеки. Організація своєчасного проведення навчання, інструктажів та перевірки знань покладається на керівника проекту, а в структурному підрозділі - на його керівника. Допуск до роботи осіб, які не пройшли спеціального навчання, інструктажу і перевірки знань, не дозволяється. Програми для проведення вступного та первинного протипожежних інструктажів затверджуються керівником.

У разі виникнення пожежі дії працівників, залучених до гасіння пожежі, мають бути спрямовані на створення безпеки людей, і в першу чергу дітей, їх евакуацію та рятування.

Кожен працівник, який виявив пожежу або її ознаки (задимлення, запах горіння або тління різних матеріалів, підвищення температури в приміщенні), зобов'язаний:

- негайно повідомити про це службу порятунку за телефоном: 101 (при цьому слід чітко назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, а також свою посаду та прізвище);

- сповістити про пожежу керівника закладу або установи чи відповідну компетентну посадову особу та чергового по об'єкту;

- вжити (за можливістю) заходів для гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;

- організувати зустріч пожежних підрозділів, вжити заходів до гасіння пожежі наявними в установі засобами пожежогасіння;

- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газову);

- якщо неможливо погасити пожежу власними силами, потрібно якнайшвидше залишити приміщення через основні та запасні виходи;

- виходячи з приміщення, де виникла пожежа, потрібно щільно зачинити двері, щоб зменшити надходження кисню до приміщення.

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керівник об'єкта, що прибув на місце пожежі, зобов'язаний:

- перевірити, чи викликана пожежна охорона (продублювати повідомлення), довести подію до відома роботодавця;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;
- видалити за межі небезпечної зони всіх працюючих, не пов'язаних з ліквідацією пожежі;
- припинити роботи в будівлі, крім робіт, пов'язаних із заходами по ліквідації пожежі;
- здійснити в разі необхідності відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинення транспортуючих пристроїв, агрегатів, апаратів, перекриття газових, парових та водяних комунікацій, зупинення систем вентиляції в аварійному та суміжних з ним приміщеннях (за винятком пристроїв протидимового захисту) та виконати інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимленості будівлі;
- перевірити включення оповіщення людей про пожежу, установок пожежогасіння, протидимового захисту;
- організувати зустріч підрозділів пожежної охорони, подати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі та в установці на водні джерела;
- одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист матеріальних цінностей;
- забезпечити дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі [31].

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.2.1. Організація цивільного захисту на об'єктах енергетики.

Відповідно до статті 20 Кодексу цивільного захисту України, керівник об'єкта енергетики зобов'язаний організувати цивільний захист робітників та службовців об'єкта.

Цивільний захист на об'єкті (ЦЗ об'єкта) організовується по типовій структурі з урахуванням особливостей виробництва. Начальником ЦЗ об'єкта є його керівник (директор, ректор, голова правління, начальник). Він несе повну відповідальність за організацію і стан ЦЗ, управляє силами і засобами ЦЗ, а також проведенням аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт [31].

Керівництво підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального і колективного захисту, організовує здійснення евакуаційних заходів щодо працівників та майна об'єкта, створює сили для ліквідації наслідків НС; забезпечує їх готовність до практичних дій; створює диспетчерські служби, виконує інші заходи щодо цивільного захисту і несе пов'язані з цим матеріальні і фінансові витрати в порядку та обсягах, передбачених законодавством.

Радіаційні, хімічні і вибухонебезпечні підприємства додатково створюють локальні автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайної ситуації та оповіщення персоналу і населення, що проживає в зонах можливого ураження; запроваджують інженерно-технічні заходи, що зменшують ступінь ризику виникнення аварій, пожеж та вибухів, і несуть витрати щодо їх здійснення в обсягах, передбачених відповідними нормативно-правовими актами.

Власники потенційно небезпечних об'єктів відповідають за захист населення, яке проживає в зонах можливого ураження, від наслідків аварій на цих об'єктах.

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Гаврилишин Р.І.			БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Зінь М.М.					71	86
Консульт.		Стручок В. С.				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>м</sub> -61		
Н.КОНТРОЛ		Коваль В. П.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

Начальник ЦЗ об'єкта підкоряється начальнику свого урядового органу (міністерства, служби, агентства), а в оперативному відношенні - начальнику ЦЗ міста (району). Наказом начальника ЦЗ об'єкта призначаються заступники з:

- евакуації і розосередження,
- інженерно-технічної частини,
- матеріально-технічного постачання.

Начальникові ЦЗ підпорядковуються евакуаційна комісія, комісія з питань НС та штаб ЦЗ об'єкта, які укомплектовуються штатними працівниками та посадовими особами без звільнення їх від основної роботи. Органом управління у начальника ЦЗ є штаб ЦЗ. Штаб ЦЗ очолює начальник штабу, який одночасно є першим заступником начальника ЦЗ об'єкта.

Штаб ЦЗ організує і забезпечує безперервне управління цивільним захистом на об'єкті.

Для організації та проведення спеціальних заходів ЦЗ на об'єкті створюються служби ЦЗ.

Служби ЦЗ створюються начальником ЦЗ об'єкта на базі відповідних структурних підрозділів (цехів, відділів, управлінь, лабораторій) об'єкта.

На об'єктах, які продовжують роботу у військовий час, можуть створюватися невоєнізовані формування ЦЗ (НФЦЗ):

- зведені рятувальні загони (команди, групи);
- рятувальні загони (команди, групи);
- розвідувальні групи (ланки);
- пости радіаційно-хімічного спостереження;
- групи (ланки) зв'язку;
- протипожежні команди;
- команди (групи) охорони громадського порядку;
- аварійно-технічні команди (ланки);
- групи (ланки) по обслуговуванню сховищ і укриттів;
- групи (ланки) знезаражування та інші формування в залежності від особливостей об'єкта.

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними формуваннями загального призначення на промислових об'єктах є рятувальні та зведені рятувальні загони (команди, групи).

**5.2.2. Захист обладнання для акумулювання сонячної енергії в приватному секторі, від uszkodжень що викликані електромагнітним імпульсом (ЕМІ) ядерних вибухів.** У воєнний час дія ураження ЕМІ проявляється перш за все по відношенню до радіоелектронної й електротехнічної апаратури, яка знаходиться на озброєнні, військовій і цивільній техніці та інших об'єктах. Під дією ЕМІ в зазначеній апаратурі наводяться електричні струми і напруги, які можуть викликати пробій ізоляції, uszkodження трансформаторів, згорання розрядників, псування напівпровідникових приладів, перегорання плавких вставок та інших елементів радіотехнічних пристроїв.

Найбільш піддані впливу ЕМІ лінії зв'язку, сигналізації і управління. Якщо ЕМІ недостатній для повного пошкодження приладів або окремих деталей, то можливо спрацьовування засобів захисту (плавких вставок, громорозрядників) і порушення працездатності ліній.

Електромагнітний імпульс являє небезпеку і для міцних споруд (укритих командних пунктів, ракетних стартових комплексів, об'єктів економіки), які розраховані на стійкість до впливу ударних хвиль наземного ядерного вибуху, проведеного на відстані кількох сотень метрів.

У цьому випадку сильні електромагнітні поля можуть пошкодити електричні ланцюги і порушити роботу не екранованого електронного і електротехнічного обладнання.

Висотний вибух здатний створювати перешкоди в роботі засобів зв'язку на дуже великих площах.

Захист від ЕМІ досягається екрануванням каналів енергопостачання та управління, а також апаратури. Всі зовнішні лінії повинні бути двохрановодними, добре ізольованими від землі, з малоінерційними розрядниками і плавкими вставками. Для захисту чутливого електронного обладнання доцільно використовувати розрядники з невеликим порогом спалювання. Важливе

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



значення мають правильна експлуатація ліній, контроль справності засобів захисту, а також організація обслуговування ліній в процесі експлуатації[28].

Найбільш небезпечним і руйнівним одночасний вплив вражаючих факторів ядерної зброї. При цьому травми і контузії людей можуть поєднуватися з опіками, променевою хворобою від дії проникаючої радіації і радіоактивного забруднення.

Цивільні об'єкти можуть бути зруйновані (пошкоджені) ударною хвилею з одночасним займанням від світлового випромінювання, електронна апаратура і прилади можуть втратити працездатність в результаті впливу електромагнітного імпульсу та іонізуючих випромінювань ядерного вибуху. У містах і населених пунктах можуть виникнути зони завалів, а в лісистій місцевості - зони пожеж.

Захист населення у цих умовах досягається різними шляхами. Основним способом захисту є використання захисних споруд - сховищ і укриттів цивільної оборони. У відповідності зі ст. 4 Кодексу цивільного захисту України, цивільний захист- це функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період.

Одним з головних шляхів у цьому напрямку є здійснення інженерно-технічних заходів цивільної оборони та попередження надзвичайних ситуацій ІТЗ ЦО(ЦЗ). Але нове будівництво захисних споруд визнано доцільним вести тільки там, де це вкрай необхідно: на підприємствах атомної енергетики, хімічно небезпечних об'єктах, а також в районах їх розташування.

В інших місцях захист людей слід організувати шляхом комплексного освоєння підземного простору міст, пристосування під захисні споруди приміщень у цокольних та наземних поверхах існуючих і споруджуваних будинків.

Інженерно-технічні заходи передбачають ДБН В.1.2-4-2006 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)» також дообладнання метрополітенів, пристосування гірничих виробок і природних порожнин для

захисту населення і матеріальних засобів від впливу ядерної зброї і деяких надзвичайних ситуацій.

У будинках рекомендується будувати не підвали, як це робиться зараз, а підземні поверхи з посиленими перекриттями, розміщувати в них об'єкти обслуговування будинків, різні підсобні приміщення, майстерні. В загрозовий період при відповідних конструктивних рішеннях ці споруди можна буде дообладнати до захисних споруд [27].

Не виключається використання укриттів польового типу, що зводяться силами населення.

Одним з важливих способів захисту залишається евакуація населення із зони ураження, але його використання залежить від конкретних умов. Загальна евакуація населення з категорійних міст передбачається тільки при прямій загрозі ядерного нападу.

Для захисту людей при радіоактивному забрудненні застосовують засоби індивідуального захисту. Цими засобами забезпечуються в першу чергу населення, яке проживає в зонах ймовірного небезпечного зараження. В умовах радіоактивного забруднення великих територій особливого значення набуває вибір і встановлення режимів поведінки (захисту) людей на забрудненій території.

До числа основних заходів, способів і засобів, що забезпечують захист населення від радіоактивного впливу, належать:

- виявлення і аналіз радіаційної обстановки;
- організація радіаційного контролю;
- встановлення і підтримання режиму радіаційної безпеки;
- проведення, при необхідності, на ранній стадії йодної профілактики населення та учасників ліквідації наслідків застосування ядерної зброї;
- забезпечення населення, учасників ліквідації наслідків засобами індивідуального захисту і правильне використання цих коштів;
- укриття населення в сховищах і укриттях, що забезпечують зниження рівня зовнішнього опромінення і захист органів дихання від проникнення в них радіонуклідів, які опинилися в атмосферному повітрі;

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		75

- санітарна обробка населення і учасників ліквідації наслідків;
- дезактивація об'єктів, транспорту, засобів захисту, одягу, майна, продовольства, води;
- евакуацію або відселення людей із зон, у яких рівень забруднення перевищує допустимий для проживання населення.

Очевидно, що масоване застосування ядерної зброї неминуче призведе до великих втрат серед населення. Найбільш значні втрати можуть бути в густонаселених районах, де зосереджені великі промислові підприємства, а також в адміністративних, ділових і культурних центрах.

Населення сільських районів може бути піддана сильному впливу радіоактивного забрудження. Звідси випливає необхідність організації надійного захисту населення та об'єктів економіки на всій території країни, незалежно від їх місцезнаходження відносно кордонів держави, чіткої організації системи оповіщення і умілих дій населення за сигналами цивільної оборони.

При хорошій постановці цивільної оборони, вмілому здійсненні комплексу загальнодержавних заходів щодо захисту населення і економіки можна домогтися значного зниження згубних наслідків застосування ядерної зброї проти України.

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ

### 6.1. Енергетичні ресурси навколишнього середовища

Потреба в енергії - одна з основних життєвих потреб людини. Енергія потрібна не тільки для нормальної діяльності сучасного складноорганізованого людського суспільства, але й для фізичного існування окремого людського організму. За даними, наведеними Н. С. Работновим, для підтримування життя людині потрібно приблизно 3 тис. кілокалорій на добу.

Близько 10% потрібної енергії забезпечують людині продукти харчування, решту - промислова енергетика.

Прискорення темпів науково-технічного прогресу і розвиток матеріального виробництва пов'язані зі значним зростанням витрат енергії. Тому розвиток енергетики представляється однією з найважливіших умов економічного зростання сучасного суспільства.

Довгий час енергетичною базою служило викопне паливо, запаси якого незмінно скорочувалися. Тому останнім часом завдання пошуку нових джерел енергії - одна з найбільш актуальних завдань сучасності.

Безперервне зростання споживання енергії ставить перед людством проблему пошуку нових її джерел. Сюди слід віднести геотермальну, сонячну, вітрову і термоядерну енергію, гідроенергію.

Енергія Сонця- цей вид енергії визнається одним з найбільш екологічно чистих і перспективних.

Переваги сонячної енергії складаються в її доступності, невичерпності, забруднюючих середовище продуктів. До недоліків слід віднести низьку щільність і уривчастість надходження на поверхню Землі, пов'язану з чергуванням

					ДРМ 18-305.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гаврилишин Р.І.			ЕКОЛОГІЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Зінь М.М.					77	86
Консульт.		Зварич Н.М.				ГНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>м</sub> -61		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

дня і ночі, зими і літа, погодними змінами.

В даний час сонячна енергія використовується в обмежених масштабах в житлових та інших будинках. Найбільш освоєні встановлюються на дахах сонячні батареї, що забезпечують дешеву гарячу воду для побутових потреб. Понад 1 млн таких нагрівальних приладів встановлено у Росії, Японії, Австралії та інших країнах.

В даний час вченими розробляються шляхи і способи використання сонячної енергії для промислових потреб, аж до створення станцій в космосі. Питання це дуже складне, і вирішення його можливе лише у далекій перспективі [27].

Одним з головних абіотичних факторів навколишнього природного середовища є фізичні поля, заповнюють середовище і впливають на живу і неживу природу з моменту утворення Землі. Вплив фізичних полів на середовище багато в чому визначає більшість процесів біосфери. Вивчення фізичних полів природного та техногенного походження та їх впливу на людину становить основний зміст фізичної екології.

Напрямок фізичної екології тісно пов'язано з багатьма напрямками екології як біосфери, так і екології техносфери. Вивчення процесів взаємодії фізичних полів антропогенного і природного походження з людиною становить одне з напрямків сучасних структур: екології біосфери, екології техносфери і вчення про безпеку життєдіяльності.

Для одержання альтернативних видів газового палива на сьогодні використовуються навіть тверді побутові відходи (ТПВ), які є одним з різновидів вуглецевмісної сировини. Безпрецедентне зростання світових цін на нафтопродукти обумовило інтерес до нарощування енергетичного використання ТПВ шляхом виробництва електричної та теплової енергії.

При цьому слід враховувати, що калорійність 1 т ТПВ трохи перевищує калорійність 1 бареля нафти. Саме тому в Німеччині ще в 2003 р. працювало 58, а у Франції 123 заводи, які утилізували 13,2 і 11,2 млн. т ТПВ відповідно, а

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



водневої енергетики. При цьому він розглядається як вторинне джерело енергії для використання, наприклад, на транспорті. Безумовна перевага даних технологій – екологічна чистота, оскільки результатом окислювання (спалювання) палива в цьому випадку є вода [28].

## 6.2. Нетрадиційні й відновлювальні джерела енергії

До основних нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії відносять: енергію сонця, вітру, тепла землі, біомаси (органічні відходи в господарській діяльності людей, енергетичні плантації), океанів та морів (наприклад, припливи та відливи, температурний градієнт); нетрадиційні види гідроенергетики (малих річок, гідроакumuлюючих систем), а також вторинні енергетичні ресурси (теплові відходи промислових та сільськогосподарських підприємств).

- Використання енергії сонця для енергопостачання будинків

Перспективним джерелом тепла в Україні є енергія сонця. Рівень інсоляції становить від 3,8 ГДж/м<sup>2</sup> на заході до 4,99 ГДж/м: — на півдні країни. Інтенсивність сонячного випромінювання в Україні складає приблизно 3,48 МВт·год на рік.

Тому сонячну енергію можна достатньо ефективно використовувати для теплопостачання будівель торговельних підприємств. Здійснюють таке теплопостачання переважно за двома принциповими схемами, які передбачають пасивне або активне використання сонячної енергії.

Системи сонячного теплопостачання передбачають влаштування сонячних колекторів па даху під кутом 45...50° або на вертикальних пів-денно орієнтованих огорожуючих конструкціях. Площа сонячного колектора займає значну площу і тому є визначним формоутворюючим елементом будівлі. Крім того, поверхня сонячного колектора може бути гладкою плоскою, хвилястою, трубчастою або ребристою і до того ж чорного кольору для кращого поглинання сонячної енергії.

У випадку встановлення на будівлі замість сонячних колекторів сонячних концен-траторів, як правило, параболоциліндричної форми, задача архітектора

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спрощується, оскільки їх можна розташовувати на плоскому даху, тобто розташувати так, щоб вони були невидимі з землі і не впливали на зорове сприйняття будинку в цілому.

Крім систем сонячного теплопостачання, використовують сонячні фотоелектричні установки, які безпосередньо перетворюють сонячну радіацію на електричну енергію за допомогою напівпровідникових фотоелектроперетворювачів. В цих установках для роботи приладів перемінного струму передбачають інвертори.

Перспективним напрямом енергопостачання є біоенергетика, де джерелом енергії є біомаса. В даному випадку під цим терміном розуміють відходи, які мають органічну природу, тобто всі види рослин, відходи сільського господарства (рослинні та тва-ринні), відходи деревообробної і а інших видів промисловості, побуові відходи. Використання біомаси як джерела енергії до недавнього часу зводилося до прямого спалювання її у відкритому вогнищі або в печах і топках з відносно низьким ККД. Крім того, недоліком біомаси як палива є відносно великий, порівняно з іншими видами палива, вміст вологи.

При використанні біомаси як джерела енергії доцільнішою є технологія отримання з біомаси біогазу, який є сумішшю метану та вуглекислого газу і який в подальшому використовують як паливо. Біогаз отримують в анаеробних умовах у спеціальних біореакторах, які обладнані і відрегульовані таким чином, щоб при зброджуванні біомаси забезпечити максимальне виділення метану.

Якщо реактор працює нор-мально, отриманий біогач містить 60...70 % метану 30...40 % двооксиду вуглецю, невелику кількість сірководню, а також суміші водню, аміаку та оксиду азоту, Енергія, яку отримують при спалюванні біогазу, може досягати 60...90 % енергії вихідного матеріалу, в той час як при прямому спалюванні вихідного матеріалу ця величина становить 35...50 %.

Ще одним важливим способом альтернативного енергопостачання є використання вітроенергетичні установок (ВЕУ), які перетворюють кінетичну енергію вітрового потоку в електричну за допомогою генератора. Лопаті ВЕУ використовуються для обертання центральної ступиці, яка під'єднана через

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81



коробку передач до електричного генератора. При цьому швидкість вітру і площа, що охоплюється лопатями вітротурбіни, є найважливішими факторами, що впливають на кількість енергії, яку ВЕУ може перетворити в електроенергію. Енергія вітру змінюється пропорціонально кубу швидкості вітру. Тобто, якщо швидкість вітру подвоюється, то кінетична енергія, яку отримує ротор, збільшиться у вісім разів.

За розташуванням осі обертання розрізняють два типи вітроенергетичні установок. ВЕУ із горизонтальною віссю обертання мають дві або три лопаті, що встановлені на вершині башти. Довжина лопатей переважно становить 15...40 м. Розміри сучасних ВЕУ мають широкий діапазон: від малих 100 кВт-них, що призначені для забезпечення електроенергією окремих будівель, до великих - потужністю більше 1 МВт. Сучасні ВЕУ зазвичай мають такі основні компоненти: лопаті, ротор, трансмісію, генератор і систему контролю.

Важливими факторами, що впливають на продуктивність ВЕУ, є висота установки та її місце розташування. Оскільки швидкість вітру зростає з висотою, то більшість ВЕУ мають високі башти (приблизно 30 м).

Будинки, дерева та інші перепони зменшують швидкість вітру, у той час як значні водні простори чи території аеродромів не спричиняють стримуючого ефекту на вітер. ВЕУ повинна бути вищою за оточуючі пе-репони, які знаходяться в радіусі 100 м, мінімум на 10 м. Вважається, що мінімальна економічна висота установки - 15 м.

Також енергію можна отримувати з використанням низькопотенціальних (слабонагрітих) альтернативних джерел енергії, до яких відносять: воду (грунтову, відкритих джерел, геотермальну, підігріту стічну), повітря та ґрунт. Безпосереднє використання теплоти цих джерел для теплопостачання будівель у більшості випадків економічно недоцільне і тому на практиці для підняття їх потенціалу додатково застосовують теплові насоси.

Принцип роботи теплового насосу аналогічний принципу роботи холодильної шафи, але його призначення — прямо протилежне. У компресійному теплому насосі внаслідок підведення тепла від джерела теплової енергії

					ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

(наприклад, ґрунтові води, ґрунт, повітря тощо) відбувається випаровування холодоагенту у випарнику при низькій температурі та низькому тиску. У компресорі за рахунок механічної енергії здійснюється стискання холодоагенту, при цьому температура і тиск пари підвищуються. Через підвищення тиску підвищується також температура кипіння холодоагенту. У другому теплообміннику (конденсаторі) при високій температурі, споживачеві тепла віддається тепло випаровування (наприклад, опалювальним контуром), яке було сприйняте при низькій температурі у випарнику. Потім у регулюючому клапані (дроселі) рідкий холодоагент знову дроселюється до низьких значень температури і тиску на вході до випарника.

Найважливішим критерієм доцільності використання теплового насосу є так званий робочий коефіцієнт (відношення генерованої тепло-вим насосом теплової енергії до спожитої у вигляді електричного струму кількості енергії). Так, приміром, 81 кВт·год теплоти при спалюванні газу, перетворювані на електростанції на 25 кВт·год електроенергії, в теплово-му насосі з робочим коефіцієнтом 4 будуть перетворені на 100 кВт·год теплової енергії. Значення робочого коефіцієнта залежить, передусім, від різниці температур джерела тепла і його споживача (температура у тру-бопроводі подачі теплоносія). Зниження різниці температур на 1 °С зумовлює зменшення споживання струму приблизно на 2,5 %.

Достатньо зручним джерелом теплоти для теплових насосів є вода, яка забезпечує найбільші значення коефіцієнта передачі теплоти. Так, наприклад, ґрунтові води впродовж усього року зберігають практично постійну температуру і при використанні теплових насосів для систем опалення «тепла підлога» з температурою води у трубопроводі подачі 35 °С середньорічне значення робочого коефіцієнта становить біля 4 і залишається в раціональних межах навіть при температурі води в трубопроводі подачі 55 °С [26].

						ДРМ 18-305.00.00.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			83

## ВИСНОВКИ

Згідно розділу 2 було проведено аналіз ефективності та можливості акумулювання енергії різними типами акумуляторів.

З поданих характеристик для різних типів акумуляторів, вибір для енергетичного незалежного будинку буде за – Li-ion типу акумулятора. Його ефективність становить 90 %. Даний тип акумулятора забезпечить роботу середньостатистичного приватного будинку на 6-10 років.

Розглянуто енергоефективність ККД складових систем, втрати та ефективність про їх використання у приватному секторі. Проведена оцінка погодних умов Тернополя.

Одержані результати дозволяють оцінити можливість застосування сонячних панелей та колекторів при проектуванні енергоефективних будівель. Для приватного сектору були розглянуті основні напрямки роботи: ефективність перетворення сонячної енергії в електричну і теплову, а також втрати при акумулюванні.

Визначено, що перетворення сонячної енергії в електричну в умовах України орієнтовано в першу чергу на використання фотоелектричних пристроїв.

Вважаю доцільним використовувати у наших широтах плоскі колектори.

Пасивний будинок – це будинок, в якому можливо досягти комфортного мікроклімату, як у зимовий період без окремої системи опалення, так і в літній період без системи кондиціонування. Отже, комфорт + здоров'я + економія – ці “три в одному” є шляхом широкого впровадження пасивного будівництва.

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Гаврилишин Р.І.						84	86
Перевірів	Зінь М.М.							
Консульт.	Зінь М.М.							
Зав. Каф.	Тарасенко М.Г							
Н. Контр.	Коваль В.П.							
						ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>М</sub> -61		

## Список використаних джерел:

### *журнали*

1. Светотехнический журнал «Софит» №7, июнь 2009.
2. Аква-терм №3 (19) травень 2004.

### *книги*

3. Бабієв Г.М., Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. // ЕЛЕКТРИЧНИЙ Журнал, - Запоріжжя: ВАТ "Гамма", 1998 №1, - С.63-64.
4. Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи використання енергії та палива в Україні з нетрадиційних та відновлюваних джерел. // Бюл. "Новітні технології в сфері нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії", Київ: АТ "Укренергозбереження", 1999.- №2, - С.30-38.

### *Інтернет-сайти*

5. [https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65625a3ad68a5c53a89421306d36\\_0.html](https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65625a3ad68a5c53a89421306d36_0.html)
6. <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-1/section-2/2-1/2-1-3>
7. <https://solarsystem.com.ua/blog/energiya-pro-zapas-yak-pratsyuyut-systemy-bezperedbijnogo-zhyvlennya-dlya-pryvatnogo-budynku/>
8. <http://ma.khnu.km.ua/sonpaneli.shtml>
9. <https://agroexpert.ua/potencial-vidnovlivanih-dzerel-energii-v-ukraini/>
10. <https://uare.com.ua/novyny/549-bezalternativni-zeleni-tekhnologiji.html>
11. <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>
12. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна\\_енергетика\\_України](https://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна_енергетика_України)
13. <https://greentechtrade.com.ua/vyrobnytstvo-sonyachnyh-batarej/>
14. [http://www.bog5.in.ua/lection/ftt\\_lect/lect2\\_ftt\\_ukr.html](http://www.bog5.in.ua/lection/ftt_lect/lect2_ftt_ukr.html)
15. <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/72662/05->
16. <https://sambud.in.ua/najtsikavishe-pro-vakuumnyj-soniachnyj-kolektor-plius-vidhuky.html>

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Гаврилишин Р.І.						85	86
Перевірив	Зінь М.М.							
Консульт.	Зінь М.М.							
Зав. Каф.	Тарасенко М.Г							
Н. Контр.	Коваль В.П.							ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМ <sub>м</sub> -61

17. <https://130.com.ua/uk/gelevyie-i-agm-akkumulyatoryi-otlichiya/>
18. <http://www.gpp.in.ua/dim/obmezhujte-vikoristannya-elektropriladiv.html>
19. <https://www.imena.ua/blog/why-tesla-batteries-wont-work-for-air-taxis/>
20. <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/29/6-29-kl74.pdf>
21. <http://energetika.in.ua/ua/books/book-1/part-1/section-5/5-2>
22. <https://ecotown.com.ua/news/Porivnyannya-roboty-vakuumnoho-i-ploskoho-kolektoriv/>
23. <https://avenston.com/articles/solar/>
24. <https://www.sop.com.ua/article/262-qqq-16-m1-11-01-2016-kontrol-za-stanom-ohoroni-prats-na-pdprimstv>
25. <https://studopedia.org/4-66040.html>
26. [https://studme.com.ua/125906054165/ekologiya/energeticheskie\\_resursy.htm](https://studme.com.ua/125906054165/ekologiya/energeticheskie_resursy.htm)
27. <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-1/section-2/2-3/2-3-1>
28. [https://studme.com.ua/11151212/bzhd/yadernoe\\_oruzhie\\_zaschita\\_nego.htm](https://studme.com.ua/11151212/bzhd/yadernoe_oruzhie_zaschita_nego.htm)
29. <https://studfile.net/preview/5149574/page:16/>
30. [https://pidruchniki.com/15010922/bzhd/sistema\\_poperedzhennya\\_pozhezi](https://pidruchniki.com/15010922/bzhd/sistema_poperedzhennya_pozhezi)
31. <https://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=194649>
32. <https://greentechtrade.com.ua/kkd-sonyachnyh-elektrostantsij/>
33. <https://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>
34. <https://ecotown.com.ua/news/Porivnyannya-roboty-vakuumnoho-i-ploskoho-kolektoriv/>
35. <https://vi-academy.com.ua/article/osnovni-harakterystyky-ta-kryteriyi-ocinky-sonyachnyh-kolektoriv-viessmann>
36. <http://www.powerinfo.ru/accumulator-liion.php>
37. <http://www.solartec.ua/ua/news/item/pochemu-nuzhno-peregruzhat-invertor-fotovoltaicheskoy-sistemy>
38. [https://kurs.if.ua/articles/pidbir\\_obladnannya\\_dlya\\_sonyachnoi\\_elektrostantsii\\_dlya\\_domu\\_kryterii\\_yakosti\\_73547.html/](https://kurs.if.ua/articles/pidbir_obladnannya_dlya_sonyachnoi_elektrostantsii_dlya_domu_kryterii_yakosti_73547.html/)
39. <https://bilux.ua/ua/calculation-heat-loss-private-house-ukr/>

					ДРМ 18-305.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86