

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра _____ Електропостачання та енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

_____ Блаженко С. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ грудня 2025 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Балюта С. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ грудня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»
на тему: « Стратегія розвитку відновлюваної енергетики в сучасних умовах в Україні »

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗЕЛ-2-5М

_____ Остапенко Микита Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Серьогін Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент Володимир ТЕЛИЧКУН
(прізвище та ініціали) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І. С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Балюта С. М./

“17” грудня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Остапенко Микита Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи «Стратегія розвитку відновлюваної енергетики в сучасних умовах в Україні»

1. Керівник роботи Серьогін Олександр Олександрович, проф., докт. тех. наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “15” 10 2025 р. № 845-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 10 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: основні технологічні особливості твердопаливних котлів, метеорологічні дані Київської області та потік прямої та розсіяної сонячної радіації у м. Бориспіль.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) провести аналіз твердопаливних котлів на ринку України, оцінити потенціал теплової сонячної енергії в Київській області, визначити способи покращення енергетичних характеристик, розрахувати тепловтрати будинку на огорожувальні конструкції та кількість теплової енергії для гарячого водозабезпечення; розрахувати сонячну станцію необхідної потужності для енергозабезпечення будинку; розробити схему підключення сонячних панелей до інвертору, розробити теплову схему теплопостачання будинку.

5. Перелік графічного матеріалу:

- Презентація до пояснювальної записки (10 слайди)

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | Заповнюється, якщо були | | |
| | консультанти | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____ 15 жовтня 2025 р. _____

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1 | Робота з джерелами | 02.11.2025 | Виконано |
| 2 | Аналіз ринку твердопаливних котлів України | 08.11.2025 | Виконано |
| 3 | Огляд сонячних електростанцій | 15.11.2025 | Виконано |
| 4 | Дослідження ділянки, на якій буде встановлено будинок | 21.12.2025 | Виконано |
| 5 | Розрахунок тепловтрат будинку та необхідної теплової енергії для гарячого водозабезпечення | 26.12.2025 | Виконано |
| 6 | Розрахунок твердопаливного котла необхідної потужності у поєднанні з автоматичною системою керування | 05.01.2025 | Виконано |
| 7 | Розрахунок сонячної електростанції необхідної потужності для забезпечення електропотреб | 09.01.2025 | Виконано |
| 8 | Розробка схеми підключення сонячних панелей до інвентору | 13.01.2025 | Виконано |
| 9 | Оформлення роботи, підготовка до здачі | 16.01.2025 | Виконано |

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Остапенко М.П.
(прізвище та ініціали)

Серьогін О.О.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Магістерська дисертація складається з: аркушів - 107, включає в себе рисунків - 51, таблиць - 14 та 1 презентацію.

Виконано систему комплексного забезпечення житлового будинку тепловою та електричною енергією на основі застосування твердопаливної піролізної котельної установки тривалого горіння та дахової сонячної електричної станції. Зроблені обчислення теплових витрат житлового будинку та витрат теплової енергії на постачання гарячої води. Проведено обчислення параметрів твердопаливної піролізної котельної установки, а ще основного та допоміжного обладнання дахової сонячної електричної станції для зменшення навантаження та покращення енергетичних характеристик комунального господарства.

Мета роботи: покращення енергетичних характеристик комунального господарства альтернативними джерелами енергії для збереження довкілля.

Об'єкт дослідження: процеси генерування, перетворювання та використання енергії відновлюваних джерел при реалізації локальної системи енергозабезпечення та шляхи підвищення їх ефективності.

Предмет дослідження: визначення основних параметрів твердопаливного котла та дахової сонячної електростанції будинку протягом року для зменшення навантаження та покращення енергетичних характеристик комунального господарства завдяки.

Наукова новизна. Комплекс інженерних та технічних рішень, що надають можливість зменшення навантаження та покращення енергетичних характеристик комунального господарства завдяки створенню теплового та електричного забезпечення будинку у поєднанні із комплексом «розумний дім» в кліматичних умовах Київської області.

Ключові слова: комунальне господарство, сонячна електрична станція, піроліз, твердопаливна котельна установка, відновлювальні джерела енергії.

Abstract

The master's thesis consists of: sheets - 107, includes figures - 51, tables - 14 and 1 presentation.

The implementation of a comprehensive system for providing a residential building with thermal and electrical energy has been carried out based on the application of a solid fuel pyrolysis boiler unit with extended combustion and a rooftop solar power station. Calculations of the thermal losses of the residential building and the energy consumption for supplying hot water have been performed. Calculations of the parameters of the solid fuel pyrolysis boiler unit, as well as the main and auxiliary equipment of the rooftop solar power station, have been conducted to reduce the load and improve the energy characteristics of municipal utilities.

Purpose: improving the energy characteristics of municipal utilities through the use of alternative energy sources to preserve the environment.

Object of research: the processes of generation, transformation and use of energy from renewable sources in the implementation of the local energy supply system and ways of increasing their efficiency.

Subject of research: Determining the key parameters of a solid fuel boiler and rooftop solar power station for a house throughout the year to reduce the load and improve the energy characteristics of municipal utilities.

Scientific novelty: A complex of engineering and technical solutions that enable the reduction of the load and improvement of the energy characteristics of municipal utilities through the creation of thermal and electrical supply for a building, combined with a "smart home" system, in the climatic conditions of the Kyiv region.

Key words: Municipal utilities, solar power station, pyrolysis, solid fuel boiler installation, renewable energy sources.

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів

Умовні позначення та символи

$A_{\text{буд}}$ – площа будинку.

$t_{\text{вн}}$ - внутрішня температура приміщення;

$t_{\text{зовн}}$ - температура зовнішнього повітря;

F - повна площа поверхні;

α – коефіцієнт теплової віддачі;

δ - товщина шару теплового ізоляційного матеріалу;

λ – теплова провідність теплоізоляційного матеріалу;

Скорочення

ЄС – Європейський Союз

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ДБН – Державні будівельні норми

ДСТУ – Державний стандарт України

ЗУ – закон України

U – коефіцієнт теплопередачі

ТОА – теплообмінний апарат;

ГВП – гаряче водопостачання;

ТН – теплоносій.

Індекси:

– нижні:

о – параметри опалення;

оп – параметри опалювальних приладів;

г – параметри гарячої води;

х – параметри холодної води;

г.в – параметри гарячого постачання

води;

р – розрахункова величина;

з – параметри зовнішнього повітря;

– верхні:

н – параметри насосів;

ср – середнє значення;

л – параметри літнього періоду;

рік – річне значення;

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ..... | 7 |
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СВІТІ | |
| 9 | |
| 1.1 Відновлювана енергетика в країнах світу | 9 |
| 1.2 Сонячна енергетика у світі..... | 19 |
| 1.3 Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики | 28 |
| 2 НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ (РЕГУЛЮВАННЯ) СОНЯЧНОЇ | |
| ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ..... | 31 |
| 2.1 Сучасна система енергетичного законодавства України та основні напрями її | |
| вдосконалення | 31 |
| 2.2 Економічне стимулювання сонячної енергетики | 41 |
| 3 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В | 47 |
| УКРАЇНІ..... | |
| 3.1 Сонячно-енергетичний потенціал України | 47 |
| 3.2 Перспективи розвитку сонячної енергетики | 59 |
| ВИСНОВКИ..... | 63 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 65 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АЕС - атомна електростанція;
- ВВП - валовий внутрішній продукт;
- ВДЕ - відновлювальні джерела енергетики;
- ВЕС - вітрова електростанція;
- ВЕУ - вітрова електроустановка;
- ГеоТЕС - геотермальна електростанція;
- ГЕС - гідроелектростанція;
- ДАБІ - державна архітектурно-будівельна інспекція;
- ЕСУ - енергетична стратегія України;
- ККД - коефіцієнт корисної дії;
- КНР - Китайська Народна Республіка;
- НВДЕ - нетрадиційні відновлювальні джерела енергії;
- НДДКР - науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи;
- ОРЕ - оптовий ринок електроенергії;
- ПЕС - припливна електростанція;
- САЕС - сонячна аеростатна електростанція;
- СЕС - сонячна електростанція;
- СОТ - світова організація торгівлі;
- ТНУ - теплонасосна установа;
- УВЕА - Українська вітроенергетична асоціація.

ВСТУП

Світова спільнота розглядає використання місцевих альтернативних джерел енергії як один із перспективних шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення [12]. Невичерпність ресурсної бази та її екологічна чистота є визначальними перевагами за умов зменшення ресурсів органічного палива та зростаючих темпів забруднення довкілля. Місцева біомаса є одним з найбільш потужних і доступних альтернативних джерел енергії на Землі [82, 83].

Протягом багатьох століть, принаймні на території України, вона була основним джерелом енергії; і на сьогодні біомаса посідає четверте місце у світі як паливо. Вона забезпечує до 15 % загальносвітового виробництва енергії і належить до найдинамічнішого сектору енергетики країн ЄС, США і Канади. Виокремлюють два різновиди біомаси: рослинну, що утворюється на основі фотосинтезу і включає різні види рослин, і тваринного походження, що становить собою відходи життєдіяльності і переробки тварин. Згідно з міжнародною класифікацією, до рослинної біомаси належить і торф [1, 12].

У багатьох розвинених країнах стратегічним питанням національної енергетичної безпеки є зменшення залежності від імпорту енергоносіїв. Україна вважається енергодефіцитною країною, яка щороку споживає близько 200 млн тонн умовних одиниць паливно-енергетичних ресурсів, забезпечуючи потреби щодо енергоспоживання приблизно на 53 %. Однак український ринок біопалива досі не сформований. Про це свідчить відсутність систем сертифікації та стандартизації, що призводить до утворення значного обсягу низькоякісної продукції, повільного розвитку логістики та нестабільності ціноутворення. Вирішити проблеми розвитку внутрішнього ринку можна, наблизивши європейські біопаливні стандарти до реалій вітчизняної економіки [4, 135-137].

Україна, у якій проблеми енергозабезпечення не вирішені і яка прагне в майбутньому стати членом європейської спільноти, повинна будувати свою

енергетичну політику з урахуванням цього перспективного напрямку.

Пропонована монографія адресована всім, хто вивчає проблеми енергозбереження, розвитку альтернативних джерел енергії, ресурсної бази регіону, використання новітніх технологій в енергетиці. Матеріали монографії можуть бути використані у практичній господарській діяльності для забезпечення стабільної роботи підприємства, фірми, особистого домогосподарства, отримання нових знань.

Сьогодні сонячна енергетика стає актуальною як ніколи. Глобальні проблеми з енергоносіями, залежність нашої держави від імпортованих вуглеводнів, все це змушує нас шукати нові джерела енергії, а державу - вкладати гроші у сонячні електростанції та зелений тариф.

В даний час у суспільній свідомості міцніє переконаність у тому, що енергетика майбутнього повинна базуватися на великомасштабному використанні сонячної енергії, причому в самих різних її проявах.

Сонце - це величезний, невичерпний, абсолютно безпечне джерело енергії, в рівній мірі всім належить і всім доступний. Ставка на сонячну енергетику повинна розглядатися не тільки як безпрограшний, але в довготривалій перспективі і як безальтернативний вибір для людства. Ми розглянемо в ретроспективному і перспективному плані можливості перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою напівпровідникових фотоелементів. Ці пристрої представляються сьогодні цілком дозрілими в науковому та технологічному відношенні для того, щоб розглядатися в якості технічної бази для великомасштабної сонячної електроенергетики майбутнього.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є визначення умов розвитку функціонування сонячної енергетики в Україні.

1. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СВІТІ

1.1 Відновлювана енергетика в країнах світу

З кожним роком в багатьох країнах світу все гостріше постає проблема забезпечення різними видами енергії. Основними причинами такого становища є нестача та вичерпність традиційних енергоносіїв (вугілля, нафти та природного газу). Вирішити енергетичну проблему можна або раціонально використовуючи наявні природні енергоносії, тобто проводити енерго- та ресурсозберігаючу політику, або застосовувати нові нетрадиційні та відновлювані джерела енергії [1].

Привабливість та актуальність застосування відновлювальних джерел енергії зумовлюється, крім великих запасів відновлюваних джерел енергії, ще і цілим рядом інших причин (невичерпність запасів через постійну відновлюваність, відносна простота перетворення та екологічна чистота). Особливу гостроту цей напрямок набуває в Україні, яка характеризується обмеженими запасами енергоносіїв.

В таких умовах особливого значення набуває використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (енергії сонця, біомаси, тепла землі, вітру та інших видів). Вони дозволять суттєво поповнити енергобаланс, як окремих регіонів, так і держави в цілому. Таким чином потрібно створювати принципово нову систему енергопостачання, яка дає змогу народногосподарським об'єктам отримати значну енергетичну незалежність свого розвитку [2].

У цілому використання нетрадиційних відновлювальних джерел енергії (НВДЕ) в світі набуло відчутних масштабів і стійку тенденцію до зростання. За різними прогнозними оцінками ця частка до 2024-2025 рр. у багатьох державах досягне або перевершить 10%. Дискусійним залишається тільки

темп зростання даного показника, але сам факт зростання не піддається сумніву [3].

Поняття відновлювальної або регенеративної енергії передбачає той вид енергії, який можна використовувати нескінченно, і джерело цієї енергії ніколи не вичерпається в межах існування людства.

До подібних джерел належить енергія природних ресурсів - вітру, води, сонця та тепла. Крім того, ці джерела енергії не здійснюють шкідливого впливу на навколишнє середовище, тобто при їх використанні не утворюється вуглекислий газ або радіоактивні відходи, які можуть забруднити атмосферу, воду, ґрунт і тим самим завдати збитків природі [3].

Енергія, що утворюється від цих джерел, нескінченна і тому їй знаходять все більше застосування в технічних аспектах діяльності людини. Слід зазначити, що відновлювана енергія не порушує законів фізики про виникнення енергії - вона постійно поповнюється самими ж джерелами.

До НВДЕ зазвичай відносять сонячну, вітрову та геотермальну енергію, енергію морських припливів і хвиль, біомаси (рослини, різні види органічних відходів), низькопотенційну енергію навколишнього середовища. Також до НВДЕ також прийнято відносити малі ГЕС (потужністю до 30 МВт при потужності одиничного агрегату не більше 10 МВт), які відрізняються від традиційних - більших - ГЕС тільки масштабом [4, 5].

Різні види НВДЕ знаходяться на різних стадіях освоєння. Як це не парадоксально, найбільше застосування отримав найбільш мінливий і непостійний вид енергії - вітер. Сумарна світова встановлена потужність великих ВЕУ і ВЕС, за різними оцінками, становить від 10 до 20 ГВт. Подібний парадокс пояснюється тим, що питомі капіталовкладення у ВЕУ нижче, ніж при використанні більшості інших видів НВДЕ. Зростає не тільки сумарна потужність вітряних установок, а й їх одинична потужність, що перевищила 1 МВт [6].

У багатьох країнах виникла нова галузь - вітроенергетичне

машинобудування. Мабуть, і в найближчій перспективі вітроенергетика зберігатиме свої передові позиції. Світовими лідерами із застосування енергії вітру є США, Німеччина, Нідерланди, Данія, Індія.

Друге місце за обсягом застосування займає геотермальна енергетика. Сумарна світова потужність ГеоТЕС становить не менше 6 ГВт. Вони цілком конкурентоздатні в порівнянні з традиційними паливними електростанціями. Однак, ГеоТЕС географічно прив'язані до родовищ парогідротерм або до термоаномалій, які не є дуже поширені, що обмежує область застосування геотермальних установок. Поряд з ГеоТЕС, широке розповсюдження набули системи геотермального теплопостачання [7].

Наступне місце займає сонячна енергія. Вона використовується в основному для виробництва низько потенційного тепла для комунально-побутового гарячого водопостачання та теплопостачання. Переважним видом обладнання тут є так звані плоскі сонячні колектори. Їх загальносвітове виробництво становить не менше 2 млн. м² на рік, а вироблення низькопотенційного тепла за рахунок сонячної енергії досягає $5 \cdot 10^6$ Гкал.

У світі активізується процес перетворення сонячної енергії в електроенергію. Тут використовуються два методи - термодинамічний та фотоелектричний, причому останній лідирує з великим відривом. Так, сумарна світова потужність автономних фотоелектричних установок досягла 500 МВт. Тут слід згадати проект «Тисяча дахів», реалізований в Німеччині, де 2250 будинків були обладнані фотоелектричними установками. При цьому роль резервного джерела грає електромережа, з якої відшкодовується нестача енергії. У випадку ж надлишку енергії вона, у свою чергу, передається в мережу. Цікаво, що при реалізації цього проекту до 70% вартості установок оплачувалося з федерального і земельного бюджетів. У США прийнята ще більш масштабна програма «Мільйон сонячних дахів», розрахована до 2010 р. Витрати федерального бюджету на її реалізацію складуть 6,3 млрд. доларів. Однак поки основна кількість автономних фотоелектричних

установок надходить за рахунок міжнародної фінансової підтримки в країни, що розвиваються, де вони найбільш потрібні [6, 8].

Значний розвиток отримав напрямок, пов'язаний з використанням низькопотенційного тепла навколишнього середовища (води, ґрунту, повітря) з допомогою теплонасосних установок (ТНУ). У ТНУ при витраті одиниці електричної енергії виробляється 3-4 еквівалентні одиниці теплової енергії, отже, їх застосування в кілька разів вигідніше, ніж прямий електричний нагрів. Вони успішно конкурують і з паливними установками.

Не менш інтенсивно розвивається використання енергії біомаси. Остання може конвертуватися в технічно зручні види палива або використовувати для отримання енергії шляхом термохімічної (спалювання, піроліз, газифікація) і (або) біологічної конверсії. При цьому використовуються деревні та інші рослинні, а також органічні відходи, у тому числі міське сміття, відходи тваринництва та птахівництва. При біологічної конверсії кінцевими продуктами є біогаз і високоякісні екологічно чисті добрива. Цей напрямок має значення не тільки з точки зору виробництва енергії. Мабуть, ще більшу цінність вона становить з позицій екології, так як вирішує проблему утилізації шкідливих відходів [4].

В останні роки спостерігається відродження інтересу до створення та використання малих ГЕС. Вони отримують у багатьох країнах все більше поширення на новій, більш високій технічній основі, пов'язаній, зокрема, з повною автоматизацією їх роботи при дистанційному управлінні.

Набагато менш розвинене практичне застосування припливної енергії. У світі існує тільки одна велика приливна електростанція (ПЕС) потужністю 240 МВт (Ранс, Франція). Ще менш розвинене використання енергії морських хвиль. Цей спосіб використання НВДЕ знаходиться на стадії початкового експериментування [9].

Швидке зростання вітроенергетики, незважаючи на фінансову кризу і економічний спад, свідчить про привабливість технології, зокрема екологічною чистотою, надійністю та швидкістю монтажу. Вітрова

енергетика стала потужною технологією, на якій зупиняють свій вибір все більше число країн по всьому світу.

За даними Глобального Ради з Вітроенергетики (The Global Wind Energy Council, GWEC), сумарна енергія, яку отримують за допомогою вітру в 2009 році зросла на 31%, в абсолютному вираженні збільшилася на 37,5 ГВт і досягла 157,9 ГВт. Третина всього зростання відбулося за рахунок Китаю, який закінчив ще один рік з показником зростання у 100% в даній сфері. Основними ринками, що забезпечили таке значне зростання стали Азія, США і Європа, кожна з яких ввела в експлуатацію більше 10 ГВт [10].

У 2009 р. Китай був найбільшим у світі ринком більш ніж подвоївши власні вітрогенеруючі потужності з 12,1 ГВт у 2008 р. до 25,1 ГВт на кінець 2009 р. з новими доповненнями потужностями в 13 ГВт. На думку Лі Джунфенга, генерального секретаря Асоціації Корпорацій Китайської поновлюваної енергії, китайський уряд серйозно розуміє відповідальність за зменшення викидів CO₂ у процесі забезпечення енергією своєї зростаючої економіки та докладає серйозних зусиль для розробки величезних ресурсів вітру в країні. З урахуванням нинішніх темпів зростання, можна чекати, що навіть неофіційна мета в 150 ГВт буде досягнута задовго до 2020 р [10].

Іншою країною, яка наростила потужність на 1270 МВт є Індія, а також спостерігається деякий невеликий приріст у Японії, Південній Кореї і на Тайвані, що перетворив Азію в найбільший регіональний ринок вітряної енергії в 2009 році, з більш ніж 14 ГВт нових потужностей .

У США в 2009 р. було запущено майже 10 ГВт потужності, збільшення встановленої потужності в країні склало 39%, а загальні встановлені, підключені до мереж потужності склали 35 ГВт. На початку 2009 р., деякі аналітики передбачали падіння розвитку вітрової енергетики на 50%, однак завдяки американському закону про відновлення і реінвестування (American Recovery and Reinvestment Act) з його акцентом на розвиток вітрової енергії, влітку вдалося нейтралізувати цю тенденцію [10].

У Європі, яка традиційно є найбільшим у світі ринком з розвитку вітрової енергетики, спостерігалось також стрімке зростання. У 2009 р. в Європі було запущено 10,5 ГВт потужності, лідером стала Іспанія (2,5 ГВт) і Німеччина (1,9 ГВт). Італія, Франція і Великобританія також додали до більше 1 ГВт нових потужностей вітряної енергії кожна.

Енергія вітру склала 39% всіх нових потужностей введених в 2009 р., друге і третє місце посіли газ (26%) і сонячні батареї (16%). Європа в 2009 р. вивела з експлуатації більше вугільних і атомних потужностей, ніж ввела. На всі технології відновлюваної енергії, разом узяті, припадає 61% від загального числа введених потужностей у 2009 р [10].

Інвестиції в нові європейські вітряні електростанції в 2009 р. досягли € 13 млрд., у тому числі € 1,5 млрд. в енергію вітру, що видобувається в морі. 10163 МВт така потужність була введена сумарно у всіх країнах Європейського союзу - що на 23% більше в порівнянні з потужністю, введеною в 2008 р. Введена наземна потужність складає 9581 МВт (на 21% більше рівня минулого року) і 582 МВт - потужності встановлені у відкритому морі (на 56% більше ніж у минулому році).

Енергія вітру, поряд з іншими поновлюваними джерелами енергії та перехід з вугілля на газ, дають масові скорочення європейських викидів вуглецю, при створенні такої необхідної економічної діяльності та нових робочих місць для громадян Європи. Загальна потужність, що виробляється енергією вітру в Європейському Союзі, в даний час досягла 74767 МВт, у порівнянні з 64719 МВт до кінця 2008 року. Лідирує Німеччина з найбільшою кількістю встановленої потужності, за нею слідує Іспанія, Італія, Франція і Великобританія [7].

Ситуація з вітроенергетикою в Україні, за даними дослідження, підготовленого Українською вітроенергетичною асоціацією (УВЕА), позитивна, проте потребує більшого зростання. В Україні сформувався повноцінний (хоча поки ще слабкий у порівнянні з європейськими) ринок малої вітроенергетики. За роки незалежності в Україні встановлено близько

1170 вітроагрегатів потужністю до 10 кВт. За результатами проведеного моніторингу сумарна встановлена потужність працюючих в країні вітроустановок сягає 1200 кВт.

В Україні практичне застосування НВДЕ значно відстає від масштабів, досягнутих в інших країнах. І це незважаючи на такі сприятливі передумови, як практично необмежені ресурси НВДЕ, достатньо високий науково-технічний і промисловий потенціал у цій галузі [11].

Електроенергія являє собою дуже специфічний вид продукції, який повинен бути спожитий у той же момент, що і виготовлений. Її не можна складувати чи зберігати, як вугілля, нафту або будь-який інший продукт чи товар, оскільки фундаментальна науково-технічна проблема акумулювання електроенергії у великих кількостях поки не вирішена, і немає підстав вважати, що вона буде вирішена в найближчому майбутньому.

Для малих автономних вітрових та сонячних енергоустановок можливе і доцільне застосування електрохімічних акумуляторів, але при виробництві електроенергії за рахунок цих нерегульованих джерел у промислових масштабах виникають труднощі, пов'язані з неможливістю постійного сполучення виробництва електроенергії з її споживанням (з графіком навантаження). Досить потужна енергосистема, яка включає також вітроелектричні установки (ВЕУ) або вітроелектростанції (ВЕС) та сонячні електростанції (СЕС), може компенсувати зміни потужності цих станцій. Однак при цьому, щоб уникнути змін параметрів енергосистеми (перш за все частоти), частка нерегульованих електростанцій не повинна перевищувати, за попередньою оцінкою, 10-15% (потужності) [5].

Нетрадиційні відновлювані джерела енергії мають як позитивні, так і негативні властивості. До позитивних належать повсюдна поширеність більшості їх видів, екологічна чистота. Експлуатаційні витрати з використання нетрадиційних джерел не містять паливної складової, так як енергія цих джерел практично безкоштовна.

Негативні якості - це мала щільність потоку (питома потужність) і

мінливість у часі більшості НВДЕ. Перша обставина змушує створювати великі площі енергоустановок, що «перехоплюють» потік використовуваної енергії (приймальні поверхні сонячних установок, площа вітроколеса, протяжні греблі приливних електростанцій тощо). Це призводить до великої матеріаломісткості подібних пристроїв, а, отже, до збільшення питомих капіталовкладень у порівнянні з традиційними енергоустановками. Правда, підвищені капіталовкладення згодом окупаються за рахунок низьких експлуатаційних витрат, але на початковій стадії вони потребують значних інвестицій для використання НВДЕ [5].

Більше складним є мінливість у часі таких джерел енергії, як сонячне випромінювання, вітер, припливи, стік малих річок, тепло навколишнього середовища. Якщо, наприклад, зміна енергії припливів суворо циклічна, то процес надходження сонячної енергії, хоча в цілому і закономірний, містить, тим не менш, значний елемент випадковості, пов'язаний з погодними умовами. Ще більш мінлива і непередбачувана енергія вітру. Зате геотермальні установки при незмінному геотермальному флюїду в свердловинах гарантують постійне вироблення енергії (електричної або теплової). Крім того, стабільне виробництво енергії можуть забезпечити установки, що використовують біомасу, якщо вони забезпечуються необхідною кількістю цієї «енергетичної сировини» [5].

Більшість видів НВДЕ вважається безкоштовними, що не зовсім відповідає дійсності, оскільки цей фактор нівелюється значними витратами на придбання відповідного обладнання. У результаті виникає певний парадокс, який полягає в тому, що безкоштовну енергію здатні використовувати, головним чином, багаті країни. У той же час найбільш зацікавлені в експлуатації НВДЕ держави, що розвиваються, не мають сучасної енергетичної інфраструктури, тобто розвинутої мережі централізованого енергопостачання. Для них створення автономного енергозабезпечення шляхом застосування нетрадиційних джерел могло б

стати вирішенням проблеми, але в силу своєї бідності вони не мають коштів на закупівлю в достатній кількості відповідного обладнання. Багаті ж країни енергетичного голоду не відчують і виявляють інтерес до альтернативної енергетики в основному з міркувань екології, енергозбереження та диверсифікації джерел енергії.

Окрім стрімкого зростання для відновлювальної енергетики характерне також коло проблем розвитку, до яких відносяться такі:

- Використання енергії вітру. У провінціях Цзянсу, Хебей, Ганьсу, Автономному районі Внутрішня Монголія створюються бази вітрової енергетики потужністю понад 10 млн кВт кожна. За початковим варіантом плану передбачалося, що в 2010 р. сумарна встановлена потужність перевищить 20 млн кВт, а в 2020 р. - 30 млн кВт. В кінці 2008 р. вона складає 12,2 млн кВт. Китайська промисловість в основному освоїла виробництво агрегатів потужністю до 1,5 мВт. Західні компанії, прагнучи зберегти своє монопольне становище, відмовляються вивозити технології з виробництва установок потужністю більше 2,5 мВт і не створюють в Китаї спільних підприємств [8].

- Використання сонячної енергії. У 2008 р. виробництво полікристалічного кремнію в Китаї перевищило 6 тис. т, виробництво фотоелектричних елементів - 2 млн кВт, або 15% світового виробництва. Китай є світовим лідером з виробництва та використання сонячних водонагрівачів. Глобальна криза з другої половини 2008 р. важко відбилася на цій галузі: знизилася число замовлень, впали ціни на полікристалічний кремній. Проте урядова антикризова програма, спрямована на стимулювання внутрішнього попиту, сприяє пожвавленню ринку і подоланню наслідків кризи. У березні 2009 р. Міністерство фінансів і Міністерство житлового міського та сільського будівництва КНР прийняли рішення про часткове надання дотацій на використання фотоелектричної енергії в будівельній індустрії. Оскільки на частку цієї галузі припадає 40-50% всієї споживаної в країні енергії, перехід на відновлювану енергію рівносильний споживанню

додаткових 300-500 млн. т вугілля. Широкомасштабне поширення «зеленого будівництва» може стати важливим двигуном зростання китайської економіки. У липні 2009 р. Міністерство фінансів, Міністерство науки і техніки та Державне енергетичне управління КНР дали старт програмі «Золоте сонце», що передбачає надання фінансової, науково-технічної та ринкової підтримки фотоелектричної енергетиці. Планується протягом двох-трьох років фінансово сприяти створенню демонстраційних об'єктів потужністю не менше 500 мВт [10].

- Використання біопалива. В кінці 2007 р. в Китаї налічувалося 87 об'єктів, які використовують біопаливо для виробництва електроенергії, з сумарною встановленою потужністю 2,2 млн кВт. Китай має в своєму розпорядженні великі ресурси сировини для такого виробництва. Розвиток його особливо значимо для вирішення енергетичних проблем сільських і окраїнних районів. Проте собівартість одержуваної таким шляхом енергії поки що занадто велика і не здатна конкурувати в мережах з електроенергією, що отримується з інших джерел [10].

Проведене дослідження показало, що досвід використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії доводить їх велику перспективність для задоволення енергетичних потреб народного господарства країни.

Потенційні ресурси поновлюваних джерел енергії становлять істотну частку потреб людства в енергетиці. Світове споживання цих джерел на сьогоднішній день складає лише мізерну частку. Це пояснюється в першу чергу тим, що в силу низької концентрації НВДЕ та їх нерівномірного розподілу по поверхні Землі питомі витрати на одиницю потужності і вартість енергії при сучасних технологіях дуже великі, не можуть конкурувати з традиційними джерелами енергії [10].

Дефіцит енергоресурсів в Україні потребує їх раціонального використання, запровадження енергозберігаючих технологій та сприяє розвитку нетрадиційної енергетики. Її значення збільшується з ростом ціни

на традиційне паливо та із загостренням екологічних проблем, що пов'язані з експлуатацією традиційних електростанцій. Загалом очевидно, що в Україні розвиток нетрадиційної енергетики гальмується через наявність кризових явищ та незадовільний стан економіки. Особливу тривогу викликає скорочення обсягів НДДКР у сфері НВДЕ через різке зниження їх фінансування [10].

Встановлено, що в даний час іде процес трансформації від системи централізованого енергопостачання до системи децентралізованого енергопостачання. Найбільшою мірою цьому сприятиме використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

Для ефективнішого використання відновлюваних джерел енергії необхідно створювати нові системи енергопостачання, що будуть враховувати, як особливості самого джерела енергії, так і специфіку споживачів такої енергії [10].

1.2 Сонячна енергетика у світі

У сучасному світі сонячна енергія широко використовується для теплопостачання, включаючи гаряче водопостачання і опалення, а також для холодопостачання, кондиціонування повітря, висушування та в інших технологічних процесах.

Сонячна енергія може бути перетворена в електричну двома основними шляхами: термодинамічним і фотоелектричним.

При термодинамічному методі електричну енергію за рахунок використання сонячної енергії можна отримати використанням традиційних схем в теплових установках, в яких теплота від згоряння палива замінюється потоком концентрованого сонячного випромінювання [12].

Існують сонячні теплоелектростанції трьох типів:

- баштового типу з центральним приймачем-парогенератором, на поверхні якого концентрується сонячне випромінювання від плоских дзеркал-геліостатів;
- параболічного (лоткового) типу, де в фокусі параболоциліндричних концентраторів розміщуються вакуумні приймачі-труби з теплоносієм;
- тарілкового типу, коли в фокусі параболічного тарілкового дзеркала розташовується приймач сонячної енергії з робочою рідиною [12].

Станції баштового типу складаються з п'яти основних елементів: оптичної системи, автоматичної системи управління дзеркалами і станцією в цілому, парогенератора, башти і системи перетворення енергії, яка включає теплообмінники, акумулятори енергії і турбогенератори.

Оскільки у такій електростанції використовується пряме сонячне випромінювання, концентруючі геліостати повинні мати систему слідкування за Сонцем, при цьому кожний з геліостатів орієнтується в просторі індивідуально.

Температура, яку можна отримати на вершині башти з допомогою дзеркальних концентраторів, складає 300-1500°C. В одному модулі можна отримати потужність, яка не перевищує 200 МВт, що пов'язано зі зниженням ефективності перенесення енергії від найбільш віддалених концентраторів на вершину башти [11].

Світова практика експлуатації станцій баштового типу довела їх технічну можливість і працездатність. Основним недоліком таких установок є значна площа, яку вони займають. Так, для розміщення баштової електростанції потужністю 100 МВт необхідна площа 200 га [12].

Пуск сучасної сонячної електростанції баштового типу відбувся 30 березня 2007 року в районі Санлукар-ла-Майор недалеко від Севільї (Іспанія). Чудова бетонна башта висотою 115 м і 624 дзеркала геліостатів площею 120 м² кожне забезпечує парою паротурбінну установку потужністю

11 МВт, що достатньо для постачання електроенергією 6000 будівель, економлячи тим самим 18000 тонн вуглецевих викидів за рік [13].

Види систем теплопостачання:

- системи «активного» сонячного теплопостачання, що використовують «активні» установки на основі сонячних колекторів з циркуляцією теплоносія, в якості якого можуть застосовуватися рідина (вода, розчини солей) і газ (повітря);
- системи «пасивного» сонячного опалення, в яких різні конструкційні елементи споруд використовуються в ролі теплоприймачів сонячної енергії;
- комбіновані системи сонячного теплопостачання, в яких використані елементи «пасивного» і «активного» сонячного теплопостачання [13].

У сучасних низько і середньотемпературних системах теплопостачання (до 100°C), що використовуються для перетворення сонячної енергії в низькопотенційне тепло для гарячого водопостачання, опалення та інших теплових процесів, основним елементом є плоский колектор, який являє собою геліоприймальний абсорбер з циркулюючим теплоносієм, конструкція плоского сонячного колектора теплоізолювана з тильної сторони і зашклена з лицьової сторони.

Особливістю плоского колектора є те, що він вловлює як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію. Об'єми таких систем розраховуються в квадратних метрах сонячних колекторів.

У системах високотемпературного теплопостачання (вище 100°C) використовують високотемпературні сонячні колектори. На даний час найкращим з них вважається концентруючий сонячний колектор, що являє собою параболічний жолоб з чорною трубкою в центрі, на яку фокусується сонячне випромінювання. Такі колектори дуже ефективні у промисловості та для виробництва пару в електроенергетиці. Їх недоліком є неможливість використання розсіяної сонячної радіації [14].

У звичайних плоских колекторах практично неможливо отримати

температуру теплоносія вище 100°C. Збільшення робочої температури

22

теплоносія до 250-300°C можливо досягнути за допомогою вакуумних скляних сонячних колекторів. Як теплоносієм в колекторах може використовуватися вода, розчин етиленгліколя і пропіленгліколя.

Пасивні сонячні системи є більш простими і дешевими у порівнянні з активними, бо не потребують додаткових пристроїв поглинання, перетворення і розподілення сонячної енергії. Пасивне використання енергії Сонця для опалення будівель відбувається за рахунок планувальних, архітектурно-конструктивних рішень, коли вся будівля може розглядатися як колектор сонячної теплоти.

У пасивній системі повинна бути оптимальна орієнтація будівлі приблизно вздовж осі схід-захід, на південній стороні має бути не менше 50-70% всіх вікон, на північній - не більше 10%, житлові кімнати повинні розташовуватися з південної сторони і т. п. Крім того, передбачаються спеціальні пристрої - дахи-теплонакопичувачі, конвекційні системи тощо [14].

Активне використання сонячної енергії може бути здійснене за допомогою сонячного ставка. Такі ставки є добрими акумуляторами сонячної енергії. Завдяки тому, що густина соляного розчину в нижніх шарах у порівнянні з верхніми значно вища, у таких ставках практично відсутній конвекційний тепломасообмін, в результаті чого у придонній зоні ставка створюється шар води з високою температурою. Така властивість соляних ставок може бути використаною для отримання електричної енергії.

На активному використанні теплової дії сонячних променів базуються сонячні енергетичні печі, обігрівання басейнів, опріснення морської і засоленої води, отримання дистильованої води, сонячні побутові печі, висушування сільськогосподарських продуктів тощо [14].

Демонстраційна сонячна термодинамічна електростанція «Solar Two» працювала з 1981 по 1999 роки в пустелі Мохаве (Каліфорнія, США). Її потужність перевищувала 10 МВт. Сонячну башту цієї станції оточували 1926

гріло не воду, а проміжний теплоносій - розплавлену суміш натрію і калію. Від неї вже закипала вода, що давала пару для турбін. У 1999 році вчені перебудували цю станцію у гігантський детектор черенковського випромінювання для вивчення дії космічних променів на атмосферу [8].

Світло від сотень великих дзеркал настільки яскраве, що викликає свічення пилу і вологи в повітрі, завдяки чому і помітні промені, оточуючі красиву білу башту.

Поруч з даною станцією відбувається будівництво ще однієї подібної станції (PS2), але більш потужної. Буде встановлено приблизно 1255 дзеркал. Розрахункова потужність електростанції - 20 МВт. Пуск другої станції зменшить викиди CO₂ в атмосферу на 54000 тонн за рік і забезпечить електроенергією біля 18000 будівель. А всього до 2013 року різні за принципом дії сонячні установки, які будуть встановлені на площадці в Санлукар-ла-Майор, матимуть сумарну електричну потужність 300 МВт, що достатньо для задоволення потреб в електроенергії такого міста, як Севілья [8].

У сонячних електростанціях параболічного типу використовуються параболічні дзеркала (лотки), що концентрують сонячну енергію на приймальних трубках, які розташовані в фокусі конструкції і вміщують в собі рідинний теплоносій. Ця рідина нагрівається приблизно до 400°C і прокачується через ряд теплообмінників, при цьому виробляється перегріта пара, яка приводить в дію звичайний турбогенератор для вироблення електричної енергії.

Станції параболічного типу використовуються все ширше завдяки більш простій системі слідкування за Сонцем і меншій металоємності. Питома вартість станцій параболічного типу близька до питомої вартості АЕС [8].

В установках тарілкового типу використовуються параболічні тарілкові дзеркала (схожі за формою на супутникову тарілку), які фіксують сонячну

енергію на приймачі, розташованому в фокусі кожної тарілки.

Рідина в приймачі нагрівається до 1000°C і її енергія використовується для вироблення електричної енергії в двигуні Стирлінга або в установці, що працює за циклом Брайтона. Установки мають систему слідкування за Сонцем. Внаслідок ефекту аберації при відхіленні від ідеальної форми та інших конструктивних факторів максимальний діаметр тарілок не перевищує 20 м при потужності до 60-75 кВт. Питома вартість сонячної електростанції тарілкового типу може бути меншою, ніж електростанцій баштового і параболічного типів [8].

Сонячна електростанція компанії «Solucar» в Санлукар-ла-Майор перевіряє на ділі різні технології. Наприклад, параболічні концентратори з двигунами Стирлінга і довжелезні параболічні (в поперечному перерізі) дзеркала з трубами для розігрівання теплоносія (фото «Solucar»).

Сонячні електростанції найбільш ефективні в районах з високим рівнем сонячної радіації і малою хмарністю. Їх ККД може досягати 20%, а потужність 100 МВт.

Сонячна фотоенергетика являє собою пряме перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Принцип дії фотоелектричного перетворювача базується на використанні внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках і ефекту ділення фотогенерованих носіїв зарядів (електронів і дірок) електронно-дірочним переходом або потенційним бар'єром типу метал-діелектрик-напівпровідник [8].

Фотоефект має місце, коли фотон (світловий промінь) падає на елемент з двох матеріалів з різним типом електричної провідності (дірочної або електронної). Потрапивши в такий матеріал, фотон вибиває електрон з його середовища, утворюючи вільний негативний заряд і «дірку». У результаті рівновага так званого р-п-переходу порушується і в колі виникає електричний струм.

Чутливість фотоелемента залежить від довжини хвилі падаючого світла

і прозорості верхнього шару елемента. В ясну погоду кремнієві елементи виробляють електричний струм приблизно силою 25 мА при напрузі 0,5 В на площі елемента, тобто 12-13 мВт/см². Теоретична ефективність кремнієвих елементів складає коло 28%, практична - від 14 до 20% [8].

При послідовно-паралельних з'єднаннях сонячні елементи утворюють сонячну (фотоелектричну) батарею. Потужність сонячних батарей, що серійно випускаються промисловістю, складає 50-200 Вт. Показані фотоелектричні батареї для маяка на о. Зміїний (Україна). На сонячних фотоелектричних станціях сонячні батареї використовуються для створення фотоелектричних генераторів. Термін служби такої станції становить 20-30 років, а експлуатаційні витрати мінімальні.

Недоліком плоских фотоелементів для отримання електричної енергії є їх висока вартість (до 5 дол. США/Вт) і значні площі, необхідні для розміщення фотоелектростанції [8].

Одним із шляхів удосконалення фотоенергетики є створення концентруючих фотоелементів. Система концентрації сонячної енергії складається безпосередньо з концентраторів і системи слідкування за положенням Сонця, бо концентруючі фотоелементи сприймають тільки пряме сонячне випромінювання.

Сьогодні для створення концентруючих сонячних елементів використовують кремній. Так, на основі кремнію в Австралії створені елементи зі ступенем концентрації $k = 11$ і ККД 20%.

Для підвищення ефективності фотоелектричного перетворення сонячної енергії в якості вихідного матеріалу використовують арсенід галію, фотоелектричні втрати якого при високих температурах значно нижчі, ніж у кремнію [8].

На основі арсеніду галію створено двої трикаскадні елементи з високою ефективністю роботи при ступені концентрації 1000 і більше. Вже створено лабораторні зразки сонячних елементів площею 0,5 см² з $k = 500$ і ККД 40%.

Прогнози спеціалістів в галузі фотоелектричного перетворення сонячного випромінювання показують, що найбільш перспективними будуть

концентратори з $k = 1000$, які працюють з багатокаскадними арсенідгалієвими сонячними елементами нового покоління [8].

Одним з ефективних способів використання фотоелементів є фотоелектричний транспорт. Багато фірм створюють автомобілі на сонячних фотоелементах. У 1980 р. побудований перший сонячний літак «Солар Челленджер», який може пролетіти 160 км.

Суттєвим недоліком існуючих сонячних енергетичних установок є нерівномірність їх роботи, що пов'язано зі зміною потоку сонячного випромінювання, який досягає поверхні Землі, викликаного погодними умовами, зміною пори року і часом доби [13].

Сонячні аеростатні електростанції можуть стати одним з можливих нових напрямків, які дозволять більш ефективно використовувати сонячну енергію. Основний елемент сонячних аеростатних електростанцій - аеростат - може бути виведеним на декілька кілометрів над поверхнею Землі, вище хмар, що забезпечить безперервне використання сонячної енергії на протязі дня [13].

Принципова схема роботи сонячної аеростатної електростанції (САЕС) з паровою турбіною полягає в поглинанні поверхнею аеростата сонячного випромінювання і нагрівання в результаті водяної пари, що знаходиться всередині. При цьому оболонка аеростата виконується двошаровою. Сонячні промені, проходячи через зовнішній прозорий шар, нагрівають внутрішній шар оболонки з нанесеним покриттям, яке поглинає сонячне випромінювання. Водяна пара, що знаходиться всередині оболонки, нагрівається тепловим потоком, який потрапляє через оболонку, до 100- 150°C. Прошарок газу (повітря) між шарами, виконуючи роль теплоізоляції, зменшує втрати теплоти в атмосферу. Тиск пари практично дорівнює тиску зовнішнього повітря. Водяна пара гнучним паропроводом подається на парову турбіну, потім конденсується в конденсаторі, вода з конденсатора знову подається помпами у внутрішню частину оболонки, де випарюється при контакті з перегрітою водяною парю. К.к.д. такої установки може

складати 25%, причому завдяки запасу водяної пари у внутрішній частині аеростата установка може працювати і вночі. При діаметрі аеростата 150 м і розміщенні на висоті 5 км установка може мати потужність 2 МВт [12].

Такі САЕС можуть розташовуватися в декілька сотень метрів над поверхнею Землі або над поверхнею моря із силовою установкою на платформах з якорем, до платформ також кріпиться аеростат. При розташуванні аеростата на висоті 5-7 км забезпечується робота САЕС незалежно від погодних умов. При цьому силова паротурбінна установка може розташовуватися на землі або в люльці аеростата з передачею електроенергії по кабелю на землю. На сьогодні існує досвід використання таких САЕС на Тайвані [11].

Перша дослідно-промислова САЕС «Чорна перлина», яка введена в експлуатацію в 2003 р., складається з приймача сонячної енергії у вигляді декількох шарів гнучких сферичних оболонок. Значною перевагою конструкції є те, що пара, яка нагнітається компресором в розділений на відсіки простір між прозорою і поглинаючою оболонками, завдяки автоматизованій системі клапанів циркулює тільки на освітленій стороні. Така САЕС потужністю 5 МВт займає площу 0,3 км². В іншій САЕС «Чорний місяць», введений в дію в 2005 р., центр оболонки діаметром 300 м знаходиться на висоті 450 м, що дозволяє різко скоротити площу, яка використовується. На основі позитивного досвіду експлуатації таких САЕС Тайвань передбачає їх широке будівництво [11].

Іншим можливим напрямом використання в ХХІ ст. сонячної енергії є створення орбітальних електростанцій із сонячними батареями, які акумулюють енергію Сонця і перетворюють її в мікрохвильове або лазерне випромінювання, спрямоване до Землі, де воно сприймається спеціальними антенами і потім перетворюється на електричну енергію.

В якості перетворювачів сонячної енергії в електричну зазвичай служать сонячні елементи, які з'єднуються разом, утворюючи сонячні батареї [8].

У космосі, де не існує атмосфери, хмар, зміни дня і ночі, на одиницю площі потрапляє цілодобово сонячної енергії в десять разів більше, ніж на земній поверхні. Дослідницькі роботи відносно сонячних орбітальних електростанцій почалися в 70-ті роки ХХ століття в США, СРСР та інших країнах.

У теперішній час роботи над створенням таких станцій проводяться у США, Росії, Японії та інших країнах з використанням новітніх науково-технічних досягнень в фотоелектричній енергетиці, електроніці й робототехніці. При цьому подальшого вирішення потребують такі технічні питання, як зниження маси орбітальних електростанцій, витрат на виведення обладнання в космос тощо [11].

Японія передбачає на рівні 2030 р. зібрати на орбіті на висоті 36 тис. км сонячну електростанцію, яка буде передавати електроенергію на Землю у вигляді мікрохвильового променя, прийом її буде здійснюватися наземною антеною. Важливим досягненням є отримання недавно вченими з Японського космічного агентства елементів, які перетворюють енергію сонячного випромінювання в лазерний пучок з к.к.д. 42%.

Для реалізації таких складних і вартісних проектів, як створення сонячних орбітальних електростанцій, важливішим фактором є міжнародне співробітництво [11].

1.3 Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики

Найбільш широке застосування сонячна енергетика знайшла у системах теплопостачання. Вони слугують для гарячого водопостачання, опалення та інших потреб, що дозволяє значно зменшити використання традиційних паливних ресурсів.

Сучасною тенденцією є швидке розширення сфер використання сонячної електроенергетики як для централізованого вироблення

електроенергії на сонячних електростанціях, так і в індивідуальних системах електропостачання громадських і власних будівель.

У країнах, де має місце високий рівень розвитку сонячної енергетики, існують відповідні державні програми, які забезпечують сприятливі умови, в тому числі економічні, для її використання і розвитку [15].

У Німеччині, яка лідирує в ЄС за сумарною потужністю сонячних установок, використання системи сонячного теплопостачання, наприклад для опалення, супроводжується підсиленням теплозахисту будівель, утилізацією теплових викидів і в цілому зниженням енерговитрат. Так, застосування сонячно-теплопомпової системи теплопостачання індивідуальних житлових домів з вакуумними сонячними колекторами забезпечує до 70% енергоспоживання.

Загальна площа сонячних колекторів в 2008 р. склала, наприклад, в Ізраїлі - 3,5 млн. м² (більше 80% води нагрівається сонячною енергією), в США - більше 10 млн. м², в Японії - 8 млн. м². Більше половини сонячних колекторів у світі - в Китаї. Основними споживачами сонячної енергії є також Швеція, Данія, Німеччина, Іспанія, Індія та інші країни.

У теперішній час біля 7 млн. будинків у світі обладнано сонячними батареями. Сонячна енергія широко використовується для виробництва електроенергії, яка передається в енергосистему, а також для децентралізованого електропостачання окремих населених пунктів, фермерських господарств, островів, морських і космічних станцій.

У 2004 р. в світі встановлена потужність сонячних теплових електростанцій склала 0,4 млн. кВт, а сонячних колекторів для теплопостачання - 77 млн. кВт (теплових) [15].

У 2007 р. в США введена в експлуатацію сонячна електростанція потужністю 64 МВт, в Іспанії - потужністю 11 МВт з геліостатичним полем з 624 дзеркал площею 120 м² кожне і баштою висотою 115 м. У США планується будівництво сонячної електростанції потужністю 280 МВт, а в Австралії будується така електростанція потужністю 250 МВт.

За прогнозами саме в ХХІ ст. відбудеться стрімке зростання використання сонячної енергії, і сонячна енергетика може стати одним з основних джерел відновлювальної енергії [15].

Щорічно в Україні виробництво фотоелектричних елементів складає біля 150 МВт, більша частина яких експортується. Існує також досвід створення сонячних електрогенераторів на основі термодинамічного методу перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію, однак результати експлуатації сонячної електростанції потужністю 5 МВт (СЕС-5) в Криму не дали підстав для впровадження цього обладнання в Україні.

Загальна площа сонячних колекторів в Україні в 2008 р. склала біля 45 тис. м². У кліматичних умовах України ефективним є використання сонячних колекторів для децентралізованого тепlopостачання, нагрівання повітря, висушування зерна тощо.

В Україні існують достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні еквівалентний 6 млн. т у. п., його використання дозволило б замінити біля 5 млрд. м³ природного газу.

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що потрапляє на 1 м² поверхні, на території України знаходиться в межах від 1070 кВтгод/м² в її північній частині до 1400 кВтгод/м² і вище на півдні України [15].

2. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ (РЕГУЛЮВАННЯ) СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

У світі відбуваються зміни у підходах до формування енергетичної політики держав: здійснюється перехід від застарілої моделі функціонування енергетичного сектору, в якому домінували великі виробники, викопне паливо, неефективні мережі, недосконала конкуренція на ринках природного газу, електроенергії, вугілля - до нової моделі, в якій створюється більш конкурентне середовище, вирівнюються можливості для розвитку й мінімізується домінування одного з видів виробництва енергії або джерел та/або шляхів постачання палива. Разом з цим віддається перевага підвищенню енергоефективності й використанню енергії із відновлюваних та альтернативних джерел. Впровадження заходів із запобігання та адаптації до зміни клімату також є одним із пріоритетів глобального розвитку енергетики.

2.1 Сучасна система енергетичного законодавства України та основні напрями її вдосконалення

Останнім часом в Україні докладаються все більш активні зусилля, спрямовані на забезпечення системного розвитку енергетичного права, національного законодавства, вдосконалення державного управління і регулювання в цій галузі, здійснення відповідних правових досліджень, а також ефективної участі України в міжнародній співпраці у зазначеній сфері.

Зокрема, розроблено й прийнято закони, «Про енергозбереження», «Про альтернативні джерела енергії» Значний доробок складають законодавчі акти, що стосуються питань використання ядерної енергії, ядерної та радіаційної безпеки, поводження з радіоактивними відходами, який включає закони «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії», а також про ратифікацію та

приєднання України до найбільш важливих міжнародних конвенцій у цій сфері [16 - 20].

Важливе значення для регулювання правових відносин в енергетичній сфері мають також Закон «Про охорону навколишнього природного середовища», Кодекс України про надра, Гірничий закон [21 - 23].

Спеціальним законом врегульовано особливості правового регулювання у сфері нафти та газу, прийнято Закон «Про угоди про розподіл продукції», що створює досить широкі можливості для вирішення питань ефективного використання відповідних природних ресурсів [24].

У низці нормативно-правових актів України визначаються конкретні загрози національній безпеці України в енергетичній сфері, шляхи вирішення проблем у цій галузі. Зокрема серед основних напрямів державної політики у сфері забезпечення національної безпеки визначено забезпечення енергетичної безпеки на основі сталого функціонування та розвитку паливно-енергетичного комплексу, зокрема послідовного й активного здійснення політики енергозбереження та диверсифікації джерел енергозабезпечення. Також приділяється увага необхідності підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів в Україні [25].

Для реалізації державної політики у сфері енергетики, ядерної безпеки, надрокористування створена система спеціально уповноважених органів виконавчої влади, законодавчо визначені їх повноваження, порядок діяльності. При цьому особлива роль в системі державного регулювання відводиться Національній комісії з регулювання електроенергетики України, яка регулює діяльність суб'єктів природних монополій у сфері електроенергетики та господарюючих суб'єктів, що діють на суміжних ринках, а також виконує інші функції у відповідності із законодавством.

Важливе місце в системі енергетичного законодавства займають акти уряду. Зокрема, Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 року № 605-р затверджена Енергетична стратегія України на період до 2035 року. Розвиток енергетичного законодавства України є одним з

пріоритетних завдань і напрямів реалізації цієї стратегії, якою, зокрема, передбачено, що внутрішня та зовнішня політика, регулювання відносин в галузі виробництва, використання, передачі енергії, будь-які економічні, інституційні та інші перетворення в енергетиці мають ґрунтуватися виключно на положеннях законів [26].

В розробленні документа за підтримки європейських структур та експертів взяли участь провідні українські неурядові організації і держустанови. На одному з етапів розробки Стратегії було проведено публічні обговорення за участю представників провідних науково-дослідних інститутів, галузевих компаній, міжнародних та національних громадських організацій, вітчизняних та іноземних експертів. Це свідчення того, що наші міністерства все-таки роблять спроби відійти від стандартних підходів до вирішення стратегічних питань.

У своїх ідеях ЕСУ відштовхується від очевидних фактів економічного становища країни, стану енергетики, у т. ч. в Євросоюзі загалом [26].

При цьому слід звернути увагу як на позитивні, так і негативні моменти стратегії.

Отже, про позитивні моменти.

По-перше, Стратегія фіксує на нормативному рівні тенденцію зростання ролі в енергетичному балансі країни ядерної енергетики, гідроенергетики, вітрової та інших відновлюваних джерел енергії (далі - ВДЕ) з найменшим рівнем викидів парникових газів.

По-друге, в Стратегії зазначається, що позбавленню країни вуглеводневої залежності сприятиме раціональний та обґрунтований розвиток ядерної енергетики. Автори Стратегії визнають її одним із найбільш економічно вигідних джерел енергії, а підвищення частки «атома» в загальному обсязі генерації - трендом розвитку галузі.

По-третє, автори Стратегії визнають, що перед українською енергетикою стоять нові економічні та технологічні виклики, що вимагають пошуку та впровадження розробок в галузі видобутку, перероблення

викопних видів палива, виробництва, трансформації, постачання та споживання енергії [26].

В-четвертих, в Стратегії робиться правомірний висновок про необхідність формування нової енергетичної політики держави.

В-п'ятих, досягненням Стратегії введення в офіційний обіг такого поняття, як «свідоме енергоефективне суспільство», що дозволяє найбільш повно охарактеризувати кінцеву мету всіх заходів, передбачених Стратегією [26].

До числа процесуальних характеристик «свідомого енергоефективного суспільства» Стратегія відносить: зниження енергоємності ВВП; впровадження та постійне вдосконалення системи енергетичного менеджменту; формування та регулярний моніторинг енергетичного балансу України, його оцінка за критеріями ефективності; стимулювання енергозбереження на рівні споживачів, формування енергоефективної свідомості у громадян; стимулювання підвищення енергоефективності шляхом адресної монетизації субсидій кінцевому споживачеві, мінімізація обсягів субсидування в перспективі; підвищення енергоефективності на етапі генерації електро- і теплоенергії, зниження втрат енергії надалі під час її передачі та розподілу; забезпечення повноти і прозорості обліку всіх форм енергії та енергетичних ресурсів [26].

Спірні моменти Стратегії виражаються в наступному.

Так, за наявності зазначених та ряду інших позитивних моментів і новаторських положень Стратегія все-таки має суттєві недоліки.

По-перше, хотілося б бачити все-таки не просто Стратегію, а Національну енергетичну доктрину, в якій би було відбито вихідні теоретичні передумови розвитку галузі, докладний аналіз її стану і причин, які сформували його.

По-друге, Стратегію побудовано в традиційних тонах «істини в останній інстанції». У ній, на жаль, нічого не говориться про можливі

35
сценарії розвитку, альтернативні проекти бачення розвитку галузі, про їх

оцінку та її критерії [26].

По-третє, при ознайомленні зі Стратегією залишається незрозумілим, чим обґрунтовано ті чи інші конкретні показники, закладені в ній, і строки, що визначаються для їх досягнення. Вказівки на те, що під час розроблення ЕСУ використовували методи економіко-математичного моделювання і прогнозування, явно недостатньо.

По-четверте, текст Стратегії містить дуже дивне, положення про те, що «на відміну від попередніх енергетичних стратегій, метод прогнозування майбутнього стану енергетичної системи замінюється на складання алгоритмів для досягнення бажаних результатів».

По-п'яте, в Стратегії зазначено, що «реалізація ЕСУ також потребуватиме розроблення нових і зміни нинішніх законодавчих та підзаконних актів, ряду галузевих норм, що регламентують діяльність в енергетичній галузі». Однак далі за текстом це абсолютно правильне положення ніде і ніяк не розвивається. Багато ж експертів галузі та підприємці неодноразово відзначали, що недосконалість українського енергетичного законодавства виступає істотним, якщо не основним, «гальмом» реформ, які проводять у галузі [26].

Слід зазначити, що ухвалення Нової енергетичної стратегії України є важливою історичною подією для всієї галузі, яка матиме численні наслідки, сподіваюся, що в більшості - позитивного характеру. І дуже шкодую, що непродумані та невиражені в Стратегії перспективні ідеї розвитку енергетики не тільки не знайшли відображення в ній, але й можуть викликати негативні наслідки [26].

Слід констатувати, що в сучасних умовах правове регулювання в енергетичній сфері має значною мірою розрізнений характер, що пов'язано перш за все з відсутністю законодавчо закріплених загальних принципів та підходів для забезпечення комплексного регулювання відносин в електроенергетичному, ядерно-промисловому, вугільно-промисловому і

нафтогазовому комплексі. Доводиться зауважити, що кожна з галузей паливно-енергетичного комплексу регулюється здебільшого окремим законом та прийнятими на його виконання підзаконними актами [27].

На нинішньому етапі актуальним є вдосконалення функціонування Оптового ринку електроенергії, визначення принципів функціонування ринку природного газу, законодавче закріплення за відповідним регулюючим органом зі спеціальним статусом функцій у сфері встановлення правил функціонування ринків, не визначених законом [26].

Передбачається створення також дієвих фінансових і податкових стимулів для модернізації енергетичних об'єктів і застосування енергозберігаючих технологій, вдосконалення регулювання конкурентних ринків стисненого та зрідженого газу, нафтопродуктів, відповідне уточнення повноважень державного органу регулювання в цій сфері, недопущення при цьому необґрунтованого адміністративного втручання у визначення цін на конкурентних ринках. Не менш важливим є й вдосконалення умов та правил надання підприємствам паливно-енергетичного комплексу державної підтримки, зокрема шляхом субсидування [26].

У зв'язку з підвищенням інтересу до розвитку атомної енергетики в Україні й надалі особлива увага приділятиметься вдосконаленню правового регулювання забезпечення безпеки відповідних об'єктів, вирішення питань їх розміщення, відвертості та прозорості ухвалення рішень органами влади, доступу широкої громадськості до обговорення відповідних проектів.

Враховуючи все більше утвердження ринкових методів господарювання, входження України до СОТ, передбачається розробка принципово нового законодавства про надра. При цьому необхідно врахувати вимоги Конституції України, яка передбачає, що надра й інші природні ресурси є об'єктами виняткової власності українського народу і кожен громадянин має право на користування цими ресурсами відповідно до закону.

Особливо важливим є посилення вимог до виконання суб'єктами енергетичної галузі зобов'язань стосовно зменшення забруднення

навколишнього середовища і забезпечення реалізації вимог у сфері техногенної безпеки і підвищення відповідальності підприємств галузі за порушення цих вимог [26].

Другий блок завдань - розвиток законодавчої основи регулювання в енергетичній сфері на користь забезпечення виконання міжнародних зобов'язань, передбачених ратифікованими міжнародними енергетичними угодами.

Україна, підписавши Європейську енергетичну хартію і Договір до неї, низку інших міжнародних договорів, як і всі основні угоди про охорону навколишнього природного середовища, докладає немало зусиль для відповідного входження в європейський та світовий правовий простір. У зв'язку з цим важливо забезпечити адаптацію енергетичного законодавства України до правової системи Європейського Союзу, що має забезпечувати зміцнення міжнародної енергетичної безпеки, виконання вимог європейського енергетичного законодавства у відповідності з Угодою про партнерство та співробітництво між Україною та ЄС, Програмою інтеграції України до Європейському Союзу, схваленою Указом Президента України від 14 вересня 2000 року № 1072, та Загальнодержавною програмою адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу, затвердженою Законом України від 18 березня 2004 року [1].

І ще один блок завдань: законодавче регулювання енергетичних відносин має розвиватися на основі активізації міжнародної співпраці та укладення відповідних дво- і багатосторонніх міжнародних угод, які варто спрямувати на реалізацію цілей енергетичної стратегії, забезпечення національних інтересів України, всього міжнародного співтовариства.

Важливим завданням удосконалення теоретичних основ вирішення вказаних завдань, підвищення ефективності законодавства є створення сприятливих умов для ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, забезпечення енергозбереження, уникаючи при цьому безпосереднього неправомірного втручання у господарську діяльність

суб'єктів господарювання. Для виконання цього завдання особливо актуальним є створення дієвої і прозорої системи енергетичного законодавства, особливо у сфері енергозбереження. Така система повинна містити правові норми, які б передбачали адекватне поєднання інструментів державного регулювання і заохочення суб'єктів господарювання та населення з метою ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів [1].

Існує необхідність оптимізації розмірів адміністративних штрафів за порушення законодавства про енергозбереження, а також запровадження юридичної відповідальності суб'єктів ведення господарської діяльності за недотримання вимог законодавства з енергозбереження.

Подальший розвиток повинні отримати стандартизація, системи контролю за дотриманням стандартів в енергетичній сфері. Зокрема, передбачається вдосконалення правового врегулювання маркування продукції. Для об'єктивного моніторингу ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві необхідне вдосконалення правового забезпечення обов'язкової статистичної звітності суб'єктів господарювання стосовно обсягів використаних ними ресурсів [1].

При цьому правове регулювання державної економічної підтримки ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів має відповідати принципам ринкової економіки, бюджетному законодавству, бути прозорим і дієвим.

Важливим завданням є також розробка пропозицій і внесення відповідних змін в Закон «Про систему оподаткування», що передбачають надання податкових пільг підприємствам у разі здійснення ними енергозберігаючих заходів, а також включення до переліку податків збору за перевитрачання паливно-енергетичних ресурсів. Як механізм стимулювання ефективного їх використання планується проведення сертифікації підприємств на предмет відповідності вимогам енергозбереження.

Підприємства, які пройшли таку сертифікацію, можуть звільнитися від перевірок ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на певний період. Або ж для таких підприємств слід встановлювати норми їх питомих витрат на триваліший термін [1].

Нинішній стан справ у сфері обліку паливно-енергетичних ресурсів істотно гальмує розвиток ринкових відносин в економіці країни, сприяє зростанню втрат, неефективному використанню наявного потенціалу. Подолати критичний стан справ у цій сфері можливо за умови запровадження жорсткішої системи обов'язкового обліку ресурсів. Тому особливу увагу в процесі удосконалення законодавства з енергозбереження планується приділити формуванню більш довершеної єдиної системи обліку енергоресурсів, правовому забезпеченню функціонування такої системи.

Україна докладася немало зусиль для належного входження в європейське та світове правове співтовариство. У зв'язку з цим проводиться значна робота, пов'язана з питаннями адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу, виконання міжнародних зобов'язань. Подальшу роботу в цій сфері передбачається проводити з урахуванням необхідності більш повного аналізу змісту, особливостей національного законодавства та вимог директив Європейського Союзу. Постійно удосконалюється правова основа регулювання відносин в енергетичній сфері із сусідніми країнами. У цьому контексті поступове впровадження Україною права ЄС в галузі енергетики є важливим кроком на її шляху до економічної інтеграції, а також поглиблення політичної співпраці з ЄС [28].

Згідно [28] сучасний стан адаптації законодавства України до законодавства ЄС у сфері енергетики, то чинне законодавство України не повною мірою відповідає європейському, зокрема Закон України «Про нафту і газ» частково не відповідає Директиві 73/283/ЄЕС, Закон України «Про трубопровідний транспорт» частково не відповідає Директиві 94/63/ЄС. Як достатньо високий оцінюється зараз рівень адаптації законодавства у сфері відновлювальних джерел енергії (Закон України «Про внесення змін до

деяких законів України щодо стимулювання розвитку вітроенергетики України» відповідає Директиві 2001/77/ЄС, Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку надання пільгових кредитів для реалізації інвестиційних проектів впровадження енергозберігаючих технологій і технологій з виробництва альтернативних джерел палива» в цілому відповідає Директиві 2003/30/ЄС, частково відповідають Директиві 2003/30/ЄС і Директиві 2001/77/ЄС закони України «Про альтернативні джерела енергії» та «Про альтернативні види рідкого та газового палива». Також Закон України «Про електроенергетику» частково відповідає Директиві 2003/54/ЄС, Постанови Кабінету Міністрів України «Про посилення контролю за режимами споживання теплової енергії» та «Про затвердження Порядку здійснення державного нагляду в електроенергетиці» в цілому відповідають Директиві 2003/54/ЄС та Директиві 2005/89/ЄС [28].

Варто взяти до уваги, що рівень розробки багатьох теоретичних питань, ефективність чинного законодавства ще далеко не повною мірою відповідають сучасними вимогам національної і міжнародної безпеки, інтересам країн регіону. Це вимагає розвитку фундаментальних досліджень, міжнародного співробітництва, більшої уваги до зазначених завдань з боку наукової спільноти, фахівців, органів державної влади [29].

При цьому головними напрямками енергетичної політики, що потребують ретельного правового аналізу, активізації розвитку глибоких досліджень, співпраці фахівців різних країн, необхідно виділити такі, як підвищення надійності й ефективності енергопостачання, забезпечення ефективного та стійкого розвитку паливно-енергетичного комплексу, зменшення рівня енергетичної залежності країн шляхом диверсифікації зовнішніх і внутрішніх джерел енергопостачання, максимального залучення можливостей енергозбереження, підвищення рівня безпеки, стійкості та живучості енергетичних об'єктів, безпеки населення, запобігання екологічним катастрофам, іншим надзвичайним ситуаціям техногенного характеру, зменшення рівня техногенного впливу енергетичних об'єктів на

навколишнє середовище, забезпечення входження України в енергетичні ринки Європи і світу, вдосконалення і розвиток сфери загального забезпечення і підтримки розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу (узгодження нормативно-правової бази, розвиток науково-технічної та інформаційної співпраці та ін.).

Вирішення цих завдань є найважливішим чинником формування ефективної правової системи надійного забезпечення потреб усіх народів в енергії [29].

2.2 Економічне стимулювання сонячної енергетики

В Україні існують такі механізми стимулювання виробництва відновлюваної електроенергії: 1) «зелений» тариф; 2) пільги в оподаткуванні; 3) пільговий режим приєднання до електричної мережі. Незважаючи на згадку в Законі України «Про електроенергетику» документа, що підтверджує походження електроенергії з відновлюваних джерел (так званого «зеленого» сертифіката), схема застосування та обігу таких сертифікатів не знайшла свого розвитку у підзаконних нормативно-правових актах і не використовується державними регуляторами.

Стимулювання виробництва за допомогою «зеленого» тарифу поширюється майже на всі відновлювані джерела енергії (за винятком електроенергії, виробленої великими гідроелектростанціями). При цьому вся відновлювана енергетика розподілена на дві групи: 1) електроенергія, щодо якої законом установлений гарантований мінімальний «зелений» тариф (енергія вітру, сонця, біомаси та малих ГЕС); 2) електроенергія, на яку гарантований мінімальний «зелений» тариф не поширюється. В останньому випадку «зелений» тариф встановлюється Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики (НКРЕ), виходячи з аналізу витрат на будівництво й утримання електростанцій та обґрунтованої норми прибутку виробника електроенергії [30].

«Зелений» тариф - спеціальний тариф, по якому держава закуповує електроенергію у фізичних осіб, згенеровану сонячними та вітровими електростанціями. Максимальна потужність приватної електростанції не повинна перевищувати 30 кВт. Можливість генерувати сонячну енергію в мережу виникла у 2014 році, коли було внесено зміни до Закону України «Про електроенергетику» та «Про ринок електричної енергії» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії [30].

«Зелений» тариф встановлюється національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, на електричну енергію, вироблену на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах) з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії - вироблену лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями) [30].

«Зелений» тариф встановлюється для кожного суб'єкта господарювання, який виробляє електричну енергію з альтернативних джерел енергії, за кожним видом альтернативної енергії та для кожного об'єкта електроенергетики (або для кожної черги будівництва електростанції (пускового комплексу).

«Зелений» тариф на електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств, встановлюється єдиним для кожного виду альтернативного джерела енергії.

«Зелений» тариф для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з енергії вітру, встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електроенергії, виробленої з енергії вітру [30].

«Зелений» тариф для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з біомаси, встановлюється на рівні роздрібного тарифу

для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електроенергії, виробленої з біомаси. Для цілей цього Закону біомасою вважається невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу.

«Зелений» тариф для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з біогазу, встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електроенергії, виробленої з біогазу. У цьому Законі біогазом є газ з біомаси [30].

«Зелений» тариф для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з енергії сонячного випромінювання, встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електроенергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання.

«Зелений» тариф для приватних домогосподарств, які виробляють електричну енергію з енергії сонячного випромінювання, встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електроенергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання для приватних домогосподарств [30].

«Зелений» тариф для приватних домогосподарств, які виробляють електричну енергію з енергії вітру, встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електроенергії, виробленої з енергії вітру для приватних домогосподарств.

«Зелений» тариф для суб'єктів господарювання, які експлуатують мікро-, міні- або малі гідроелектростанції, встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електроенергії, виробленої відповідно мікро-, міні- або малими гідроелектростанціями.

«Зелений» тариф для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з геотермальної енергії, встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року, помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електроенергії, виробленої з геотермальної енергії [30].

Підтвердженням факту та дати введення в експлуатацію об'єкта електроенергетики, у тому числі черги будівництва електричної станції (пускового комплексу), що виробляє електричну енергію з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії - лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями), є виданий уповноваженим органом сертифікат, що засвідчує відповідність закінченого будівництвом об'єкта проектній документації та підтверджує його готовність до експлуатації, або зареєстрована відповідно до законодавства декларація про готовність об'єкта до експлуатації.

У разі якщо на об'єкті електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), що використовують альтернативні джерела енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії - вироблену лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями), відповідно до цієї статті мають застосовуватися різні коефіцієнти «зеленого» тарифу, на такому об'єкті має бути встановлений окремий комерційний облік за кожною чергою (пусковим комплексом) та/або установкою, для яких застосовується окремий коефіцієнт «зеленого» тарифу [30].

Для суб'єктів господарювання та приватних домогосподарств, які виробляють електричну енергію з використанням альтернативних джерел

енергії, «зелений» тариф встановлюється до 1 січня 2030 року.

Фіксований мінімальний розмір «зеленого» тарифу для суб'єктів господарювання та приватних домогосподарств встановлюється шляхом перерахування у євро «зеленого» тарифу, розрахованого за правилами цього Закону, станом на 1 січня 2009 року за офіційним валютним курсом Національного банку України на зазначену дату.

«Зелений» тариф для об'єктів електроенергетики, введених в експлуатацію до 31 грудня 2024 року, та приватних домогосподарств, договір про купівлю-продаж електричної енергії з якими укладено до 31 грудня 2024 року, не може бути менший за фіксований мінімальний розмір «зеленого» тарифу, який на дату останнього у кожному кварталі засідання національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, перераховується у національну валюту за середнім офіційним валютним курсом Національного банку України за останніх 30 календарних днів, що передують даті такого засідання [30].

До «зеленого» тарифу на електричну енергію, вироблену з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії - лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями) на об'єктах електроенергетики, у тому числі на чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), введених в експлуатацію з 1 липня 2015 року по 31 грудня 2024 року, національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, встановлюється надбавка за дотримання на відповідних об'єктах визначеного рівня використання обладнання українського виробництва. Надбавка до «зеленого» тарифу за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва встановлюється та підлягає застосуванню на весь строк його дії. Надбавка за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва не встановлюється до

«зеленого» тарифу на електричну енергію, вироблену об'єктами електроенергетики (генеруючими установками) приватних домогосподарств [30].

Держава гарантує, що для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії на введених в експлуатацію об'єктах електроенергетики, буде застосовуватися порядок стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії, встановлений відповідно до положень цієї статті на дату введення в експлуатацію об'єктів електроенергетики, у тому числі введених в експлуатацію черг будівництва електричних станцій (пускових комплексів), які виробляють електроенергію з альтернативних джерел енергії. У разі внесення змін до законодавства, що регулює порядок стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії, суб'єкти господарювання можуть обрати новий порядок стимулювання.

Держава гарантує закріплення на законодавчому рівні на весь строк застосування «зеленого» тарифу вимог щодо закупівлі у кожному розрахунковому періоді електроенергії, виробленої на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), що використовують альтернативні джерела енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії - вироблену лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями), і не проданої за договорами безпосередньо споживачам або енергопостачальним компаніям, за встановленим «зеленим» тарифом з урахуванням надбавки до нього, встановленої відповідно до статті 17³ цього Закону, в обсягах та порядку, визначених статтею 15 цього Закону, а також щодо розрахунків за таку електроенергію у повному обсязі, у встановлені строки та грошовими коштами [30].

3 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

3.1 Сонячно-енергетичний потенціал України

Сонячна енергетика - одне із найперспективніших і динамічних відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Щороку приріст потужностей, які вводяться в експлуатацію, становить приблизно 40-50%. Усього за останні п'ятнадцять років частка сонячної електрики в світовій енергетиці перевищила позначку в 5%. Удосконалення технології виготовлення фотоелектричних модулів призвело до істотного зниження собівартості електроенергії. В понад 30 країнах світу (зокрема, Німеччині, Чилі, Австралії, Мексиці) сонячна енергія стала дешевше, ніж одержувана з традиційних джерел (нафта, газ, вугілля). За останні 10 років інвестиції в сонячну енергетику склали близько 300 мільярдів доларів США. Найбільш показовий приклад успішності застосування сонячних технологій - острів Тау (Американське Самоа). Раніше острів'яни повністю залежали від поставок дизельного палива, однак після встановлення сучасної сонячної електростанції (СЕС) стали повністю незалежними [15].

Україна робить важливі кроки для розширення використання ВДЕ та альтернативних видів палива в межах своєї більш широкої стратегії щодо зниження залежності від традиційних викопних видів палива. Підраховано, що наша країна має потенціал, щоб до 2030 року удесятеро збільшити використання відновлюваної енергії та на 15% скоротити споживання природного газу.

Варто зазначити, що клімат та географічне положення України сприятливі для розвитку сонячної енергетики і будівництва СЕС. Навіть північні області країни мають значний потенціал для розвитку даної галузі, який не поступається більшості європейських регіонів [31].

Наразі розвиток сонячної енергетики в Україні знаходиться на стадії,

яку Європа пройшла 7-10 років тому. У той же час ми маємо одну з найпривабливіших інвестиційних структур в Європі для розвитку галузі. Дійсно, тут були створені сприятливі умови: наявність ресурсів і земельних ділянок, пільговий тариф, державна підтримка і цільова енергетична стратегія, мета якої - досягти 25% виробництва чистої енергії до 2035 року. В результаті інтерес до відновлюваної енергетики в Україні продовжує зростати, і, за оцінками уряду, до 2020 року загальний обсяг інвестицій в альтернативну енергетику досягне 18 мільярдів доларів США [29].

І хоча сектор ВДЕ все ще малий порівняно з іншими типами генерації в Україні, в той же час демонструє постійне зростання, роблячи нашу країну лідером даної галузі. З 2014-го і до кінця 2017 року обсяг ВДЕ збільшився з 967 до 1375 МВт, і до кінця 1-го кварталу 2018 року - до 1534 МВт. Як саме розподіляються відновлювані джерела енергії за регіонами та який вид ВДЕ переважає в тій чи іншій області можна побачити на рис. 3.1.

Оскільки в Україні сонячна енергія - доволі популярне ВДЕ, можна спостерігати, що регіональний розподіл встановлених об'єктів ВДЕ корелює з рівнем інсоляції. Основна увага приділяється регіонам із найвищою сонячною активністю, як показано на карті нижче (рис. 3.2):

Питання про продуктивність сонячних батарей є одним із перших, яким задаються люди, що планують інвестувати в сонячну електростанцію. Кількість електроенергії, що буде вироблено за допомогою сонячного модуля, залежить від багатьох чинників, і в тому числі від географічного розташування сонячної електростанції. Адже за інших рівних умов кількість виробленої електроенергії буде пропорційна кількості енергії сонячного випромінювання, що досягає поверхні землі в точці розміщення електростанції (табл. 3.1).

Сонячна енергія є одним з екологічно сталих ресурсів для виробництва електроенергії з використанням фотоелектричних (PV) систем — сонячних

електростанцій. Основним вихідним даними, що використовуються в процесі планування є сонячне випромінювання.

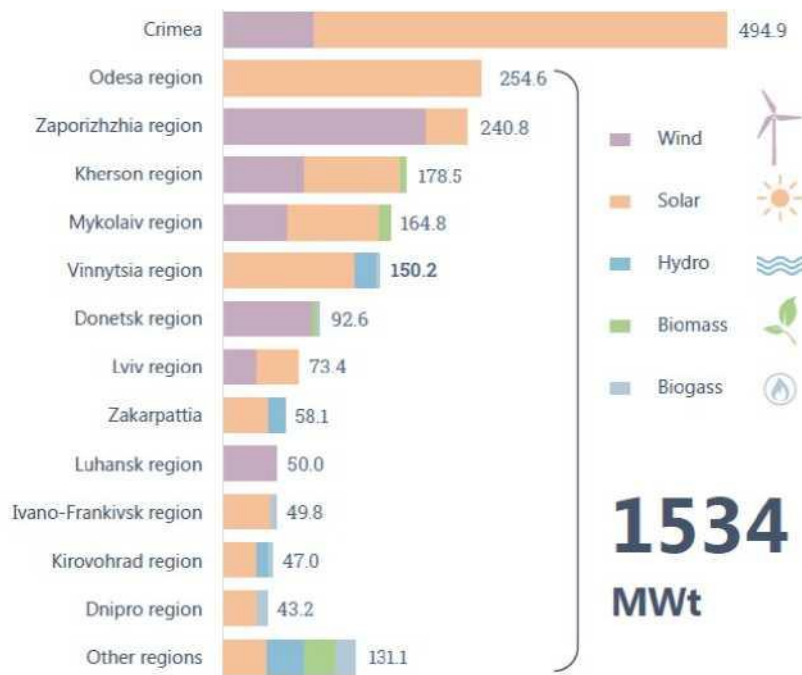


Рис. 3.1- Виробництво ВДЕ по регіонах станом на I квартал 2018 року [31].

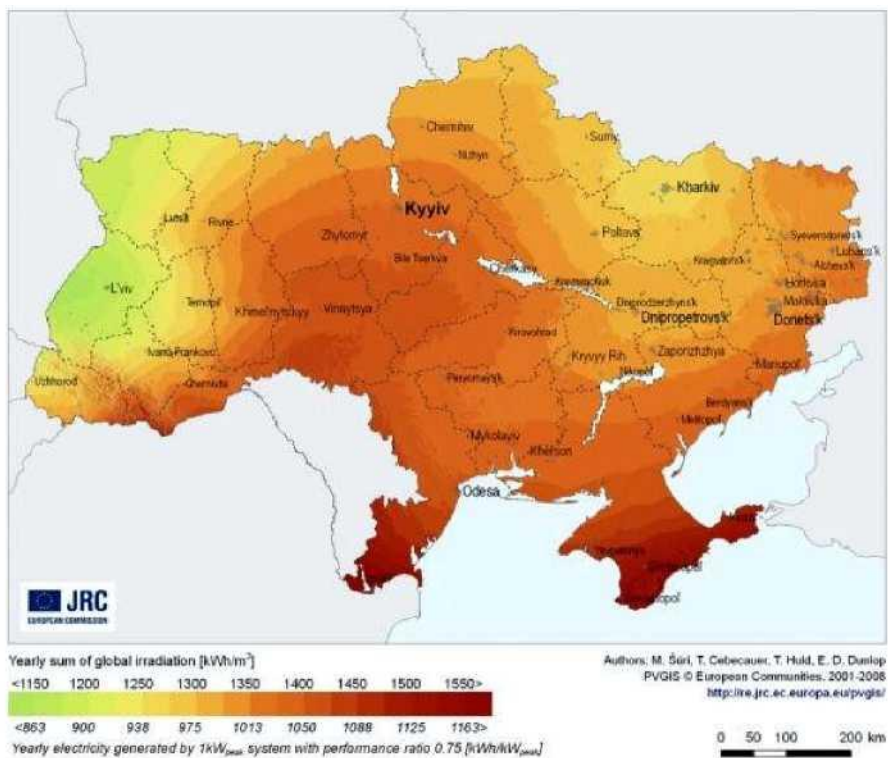


Рис. 3.2 - Рівень сонячного випромінювання на 1м² в день [32]

Таблиця 3.1 - Середній місячний рівень сонячної радіації в містах України (кВгод/м²/день) [32]

| Регіони/Місяці | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Сер. |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Сімферополь | 1,27 | 2,06 | 3,05 | 4,30 | 5,44 | 5,84 | 6,20 | 5,34 | 4,07 | 2,67 | 1,55 | 1,07 | 3,58 |
| Вінниця | 1,07 | 1,89 | 2,94 | 3,92 | 5,19 | 5,3 | 5,16 | 4,68 | 3,21 | 1,97 | 1,10 | 0,9 | 3,11 |
| Луцьк | 1,02 | 1,77 | 2,83 | 3,91 | 5,05 | 5,08 | 4,94 | 4,55 | 3,01 | 1,83 | 1,05 | 0,79 | 2,99 |
| Дніпро | 1,21 | 1,99 | 2,98 | 4,05 | 5,55 | 5,57 | 5,70 | 5,08 | 3,66 | 2,27 | 1,20 | 0,96 | 3,36 |
| Донецьк | 1,21 | 1,99 | 2,94 | 4,04 | 5,48 | 5,55 | 5,66 | 5,09 | 3,67 | 2,24 | 1,23 | 0,96 | 3,34 |
| Житомир | 1,01 | 1,82 | 2,87 | 3,88 | 5,16 | 5,19 | 5,04 | 4,66 | 3,06 | 1,87 | 1,04 | 0,83 | 3,04 |
| Ужгород | 1,13 | 1,91 | 3,01 | 4,03 | 5,01 | 5,31 | 5,25 | 4,82 | 3,33 | 2,02 | 1,19 | 0,88 | 3,16 |
| Запоріжжя | 1,21 | 2,00 | 2,91 | 4,20 | 5,62 | 5,72 | 5,88 | 5,18 | 3,87 | 2,44 | 1,25 | 0,95 | 3,44 |
| Івано-Франківськ | 1,19 | 1,93 | 2,84 | 3,68 | 4,54 | 4,75 | 4,76 | 4,40 | 3,06 | 2,00 | 1,20 | 0,94 | 2,94 |
| Київ | 1,07 | 1,87 | 2,95 | 3,96 | 5,25 | 5,22 | 5,25 | 4,67 | 3,12 | 1,94 | 1,02 | 0,86 | 3,10 |
| Кропивницький | 1,20 | 1,95 | 2,96 | 4,07 | 5,47 | 5,49 | 5,57 | 4,92 | 3,57 | 2,24 | 1,14 | 0,96 | 3,30 |
| Луганськ | 1,23 | 2,06 | 3,05 | 4,05 | 5,46 | 5,57 | 5,65 | 4,99 | 3,62 | 2,23 | 1,26 | 0,93 | 3,34 |
| Львів | 1,08 | 1,83 | 2,82 | 3,78 | 4,67 | 4,83 | 4,83 | 4,45 | 3,00 | 1,85 | 1,06 | 0,83 | 2,92 |
| Миколаїв | 1,25 | 2,10 | 3,07 | 4,38 | 5,65 | 5,85 | 6,03 | 5,34 | 3,93 | 2,52 | 1,36 | 1,04 | 3,55 |
| Одеса | 1,25 | 2,11 | 3,08 | 4,38 | 5,65 | 5,85 | 6,04 | 5,33 | 3,93 | 2,52 | 1,36 | 1,04 | 3,55 |
| Полтава | 1,18 | 1,96 | 3,05 | 4,00 | 5,40 | 5,44 | 5,51 | 4,87 | 3,42 | 2,11 | 1,15 | 0,91 | 3,25 |
| Рівне | 1,01 | 1,81 | 2,83 | 3,87 | 5,08 | 5,17 | 4,98 | 4,58 | 3,02 | 1,87 | 1,04 | 0,81 | 3,01 |
| Суми | 1,13 | 1,93 | 3,05 | 3,98 | 5,27 | 5,32 | 5,38 | 4,67 | 3,19 | 1,98 | 1,10 | 0,86 | 3,16 |
| Тернопіль | 1,09 | 1,86 | 2,85 | 3,85 | 4,84 | 5,00 | 4,93 | 4,51 | 3,08 | 1,91 | 1,09 | 0,85 | 2,99 |
| Харків | 1,19 | 2,02 | 3,05 | 3,92 | 5,38 | 5,46 | 5,56 | 4,88 | 3,49 | 2,10 | 1,19 | 0,9 | 3,26 |
| Херсон | 1,30 | 2,13 | 3,08 | 4,36 | 5,68 | 5,76 | 6,00 | 5,29 | 4,00 | 2,57 | 1,36 | 1,04 | 3,55 |
| Хмельницький | 1,09 | 1,86 | 2,87 | 3,85 | 5,08 | 5,21 | 5,04 | 4,58 | 3,14 | 1,98 | 1,10 | 0,87 | 3,06 |
| Черкаси | 1,15 | 1,91 | 2,94 | 3,99 | 5,44 | 5,46 | 5,54 | 4,87 | 3,40 | 2,13 | 1,09 | 0,91 | 3,24 |
| Чернігів | 0,99 | 1,80 | 2,92 | 3,96 | 5,17 | 5,19 | 5,12 | 4,54 | 3,00 | 1,86 | 0,98 | 0,75 | 3,03 |
| Чернівці | 1,19 | 1,93 | 2,84 | 3,68 | 4,54 | 4,75 | 4,76 | 4,40 | 3,06 | 2,00 | 1,20 | 0,94 | 2,94 |

Фотоелектрична географічна інформаційна система (PVGIS) Інституту енергетики і транспорту (ІЕТ) Об'єднаного дослідницького інституту (JRS) при Європейській комісії (ЕС) розробила базу даних про сонячної радіації. Модель оцінює променеві, дифузні і відбиті складові випромінювання за умов ясної погоди і для реальних умов глобальної освітленості на горизонтальних або нахилених поверхнях [32].

Узагальненим підсумком проведеного моделювання є періодично публіковані карти сонячного електричного потенціалу, доступні для використання всіма бажаючими. Інформація, яку публікує PVGIS, досить детальна (рис. 3.1). На рисунку показаний розподіл глобального сонячного опромінення та сонячний електричний потенціал на території України для

випадку орієнтації сонячних модулів на південь при оптимальному куті нахилу по відношенню до поверхні землі (максимально перпендикулярний кут падіння сонячних променів на поверхню сонячної батареї) [14].

Згідно з прогнозами, до 2020 року потужність встановлених об'єктів сонячної енергії в Україні збільшиться до 3 ГВт. Станом на 1 квітня 2019 року, в країні встановлено понад 2,2 ГВт об'єктів сонячної енергетики, а це 71% усіх існуючих ВДЕ. Такий швидкий та активний розвиток галузі дозволив Україні піднятися з 34-го на 23-є місце в світовому рейтингу сонячної енергетики [32].

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

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

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

Сонячна енергетика та енергозбереження - загальносвітовий тренд. 2017 рік став знаковим для сонячної фотоелектричної енергетики - у світі ввели в експлуатацію найбільше сонячних потужностей порівняно з іншими типами технологій виробництва електроенергії. На п'ять найбільших національних ринків - Китай, США, Індію, Японію і Туреччину - припадає майже 84% знову встановлених потужностей. Далі йдуть Німеччина, Австралія, Республіка Корея, Великобританія та Бразилія. За сукупною потужністю лідирують Китай, США, Японія, Німеччина, Італія та Індія [14].

Дуже показовий приклад розвитку сонячних технологій - Китай, який всього за п'ять років із аутсайдерів ринку став світовим лідером за потужністю сонячних електростанцій. Протягом 2016-2020 років Китай інвестує в будівництво СЕС близько 145 млрд доларів - це дасть можливість

ввести в експлуатацію близько 1000 потужних СЕС. Піднебесна вже давно стала лідером галузі з виробництва сонячних панелей і металовиробів. Китай контролює 70% світової торгівлі сонячними батареями і лідирує по використанню сонячної енергії [32].

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

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

Енергія сонячного випромінювання - фактично невичерпна, до того ж це цілком безкоштовний ресурс [32].

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

Аналітики прогнозують, що в період між 2017 і 2022 роками ціни на сонячну енергію в світі знизяться в середньому на 27%. Сонячні установки комунального масштабу будуть коштувати дешевше, ніж вугільні електростанції в усіх розвинених країнах. Дійсно, у багатьох місцях світу (включаючи деякі місця в США) сонячна енергія вже досягла паритету енергосистеми, тобто вартість сонячної енергії дорівнює або нижче вартості закупівлі енергії з енергомережі [32].

Причини зростання популярності сонячних електростанцій в Україні.

- Сприятливий клімат - рівень інсоляції (тобто кількість сонячного випромінювання на квадратний метр поверхні Землі) в більшості областей України перевищує аналогічні показники Німеччини, яка є одним зі світових лідерів в області сонячної енергетики.
- Сприятливе правове поле, яке реально стимулює інвестування в альтернативну енергетику, зелений тариф, за яким держава викупує всю електрику, вироблену СЕС - один із найвищих в Європі. В квітні 2019 року

ухвалений закон про зелені аукціони. Згідно з ним, участь в аукціонах буде обов'язковою з 2020 року для проектів сонячної енергетики потужністю понад 1 МВт і вітряних електростанцій з потужність більше 5 МВт. За умовами аукціону, той, хто пропонує найнижчу ціну, зможе продавати «чисту» електроенергію державі. Аукціон призначений для запобігання монополії на українському ринку ВДЕ. Це повинен бути прозорий конкурс, що проводиться через електронну торгову систему ProZorro двічі на рік, восени і навесні.

- Можливості інвестувати в альтернативний енергетичний сектор України надзвичайно сприятливі, оскільки країна володіє різноманітними запасами сировини і добре освіченою робочою силою, яка має технічні ноу-хау, необхідні для розробки та впровадження останніх комерційних досягнень в цьому секторі.
- Постійне зростання вартості електроенергії робить виправданим інвестиції в генерацію власної електрики. Говорячи про собівартість, вже зараз можна говорити про паритет цін між альтернативною й традиційною електроенергетикою [32].

Переваги сонячних електростанцій для вашого бізнесу:

- Зниження витрат - собівартість сонячної електроенергії вже зараз нижча за тарифи на електрику в мережі.
- Енергонезалежність виробництва (бізнесу) і формування позитивного іміджу інноваційної, соціально відповідальної компанії в очах суспільства і потенційних клієнтів.
- Термін окупності інвестицій, залежно від типу і потужності СЕС, становить 5-7 років, для приватних (домашніх) сонячних електростанцій - до 10 років.
- Низькі експлуатаційні витрати - мінімальна кількість обслуговуючого персоналу за рахунок високої автоматизації та незначних витрат на техобслуговування.

- Скорочення експлуатаційних витрат/економія енергії - сонячна енергетична система може зменшити або взагалі усунути рахунок за електрику для вашого бізнесу.
- Розвиток технологій - технології в сонячній енергетиці постійно розвиваються, і в майбутньому удосконалення будуть прискорюватися. Інновації в квантовій фізиці і нанотехнології можуть потенційно підвищити ефективність сонячних панелей і подвоїти або навіть потроїти електричну потужність сонячних енергетичних систем [32].

Географічне розташування України є сприятливим для реалізації проектів генерації сонячної енергії. Для клімату України характерна велика кількість сонячних днів: за ступенем інсоляції Україна значно перевершує визнаного європейського лідера в сонячній енергетиці — Німеччину. Держава також декларує всебічну підтримку проектам генерації енергії на основі ВДЕ. Однак на практиці реалізація таких проектів вимагає врахування низки нюансів, без чого ініціатор проекту може зіткнутися з серйозними обмеженнями і ризиком не досягти цільових показників [32].

Для широкого впровадження використання енергії Сонця в енергетиці України необхідно аргументовано оцінити її потенціал. Оцінка потенціалу сонячної енергії базується на загальних принципах для всіх альтернативних джерел енергії. Це є комплекс закономірних стохастичних процесів, проявлення яких характеризується певною мінливістю. Оцінюючи потенціал сонячної енергії, необхідно враховувати закономірності коливання отримуваної радіації на поверхню місцевості, що зумовлюється постійним обертанням Землі навколо Сонця, та стохастичні зміни кліматичних умов — хмарності, вологості повітря, прозорості атмосфери. Крім того, потрібно враховувати особливість ймовірності кліматичних умов базуючись на даних спостережень [32].

Оцінювання ресурсів сонячних електростанцій проводиться на базі багаторічних спостережень основних характеристик сонячної радіації. Як результат, формується комплекс кількісних характеристик, як

характеризують мінливий характер надходження такого виду енергії та особливості цих змін. Кліматичне обґрунтування розміщення та експлуатації сонячних електростанцій повинне враховувати особливості розподілу енергії Сонця на конкретній місцевості. Базовими показниками радіаційного режиму, що мають широке використання в сонячній енергетиці, є тривалість сонячного сьйва та хмарність. Негативним фактором у роботі СЕС є непостійність у отриманні сонячної радіації, що стає причиною втрати значної частини потенційної електроенергії. Хмарність, як показник радіаційного режиму, відображає мінливість фізичної перешкоди потрапляння достатньої кількості енергії на фотоелектричні пластини, що спричиняє нерівномірність роботи сонячної електростанції протягом дня [32].

За даними Національної академії наук України та Державного комітету України з енергозбереження, середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що поступає на 1 м^2 поверхні, на території України знаходиться в межах: від 1070 кВтгод/м^2 в північній частині України до 1400 кВтгод/м^2 в південних регіонах. Оцінювальний потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання практично в усіх областях. Період ефективної експлуатації сонячних електростанцій в південних регіонах складає сім місяців — з квітня по жовтень. В північних регіонах на два місяці менше — з травня по вересень. Таким чином, сонячні системи в Україні працюють протягом всього календарного року, однак зі змінною ефективністю [32].

В атласі енергетичного потенціалу відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії України вказані показники сумарного річного потенціалу сонячної енергії на території України за областями. Так, загалом територія України має річний потенціал у $718,440 \text{ МВтгод/рік}$. Абсолютним лідером є Одеська область - $45,440 \text{ МВтгод/рік}$ сонячної енергії потрапляє на цю територію. Наступні в рейтингу йдуть Херсонська та Дніпропетровська області з відповідними показниками на 15% та 17% меншими за одеський регіон. Показник загального потенціалу сонячної енергії головним чином

залежить від географічного розташування регіону, кліматичних особливостей місцевості та площі регіону [14].

Таким чином, найменші показники у Закарпатській області - 15,540⁹ МВттод/рік та Чернівецької області - 9,640⁹ МВттод/рік. Крім північного розташування, ці області є значно менші за лідерів списку [31].

Наступна пара показників, які слід розглянути - це технічний та доцільноекономічний потенціали регіону. Ці показники залежать від особливостей географічного ландшафту місцевості, електро-мережевої інфраструктури та характеру споживання електроенергії. Географічні особливості місцевості напряду впливають на можливість розміщення сонячної електростанції, для якої потрібні значні площі для інсталяції панелей. Велику роль відіграє інфраструктура - наявність ліній електропередачі, трансформаторні підстанції, колектори та їх номінальні характеристики. З особливостей інфраструктури напряду залежить фактичне споживання енергії, оскільки навіть при потенційному стрімкому розвитку споживчої бази та генерації, без встановлених трансформаторів та підведених ліній електропередачі споживання не має місця бути. Найбільший технічний потенціал має знов Одеська область. За оцінками авторів атласу, цей південний регіон може виробляти порядку 21,840⁷ МВттод/рік. Аналогічно до показника загального потенціалу сонячної енергії, слідом за Одещиною йдуть Херсонська область - 18,440⁷ МВттод/рік та Дніпропетровська область - 1840⁷ МВттод/рік. Оцінка доцільно- економічного потенціалу регіонів України з генерації сонячної енергії закріплює позиції Одеської області (3,440⁵ МВттод/рік), Херсонської області (2,940⁷ МВттод/рік) та Дніпропетровської області (2,840⁷ МВттод/рік) як лідерів серед інших регіонів країни [31].

Розглядаючи дані атласу енергетичного потенціалу з точки зору долі кожного регіону в сумарних показниках по країні, треба зазначити, що медіанне значення по масиву регіонів складає 4,4% на область. Найбільшу вагу має Одещина та інші південні регіони, де присутнє додатне відхилення від медіани з максимальним показником 6,3% в Одеській області. Загалом, на південні регіони - Одеська, Миколаївська, Херсонська, Кіровоградська,

Запорізька та Дніпропетровська області припадає 30,3% від всього доцільно-економічного потенціалу сонячної енергії в Україні [14].

Незважаючи на те, що освітленості території України достатньо для потужного розвитку сонячної енергетики, в загальному обсязі виробництва енергії на альтернативні джерела доводиться мала частка — згідно з даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, показник не перевищує 2% за результатами 2017 року. При цьому потенціал зростання ринку значний: приєднавшись до Європейської енергетичної співдружності, Україна взяла на себе зобов'язання довести частку ВДЕ в енергобалансі країни до значення 11% в 2020 році. Однак, Україна ще в 2014 році зіткнулася з різким скороченням інвестицій у проекти з ВДЕ, коли в країні розпочалася соціально-економічна та політична криза [31].

У 2014 році Національна комісія, що здійснює державне регулювання в сферах енергетики і комунальних послуг (НКРЕКП) не компенсувала представникам альтернативної енергетики втрати від курсових різниць, також були знижені «зелені» тарифи на законодавчому рівні. Така політика помітно знижує привабливість держави для міжнародних інвесторів та впливає на інтенсивність введення в експлуатацію нових СЕС. З 2016 року спостерігаємо відновлення позитивної динаміки [31].

У 2015 році був прийнятий Закон №514 VIII «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії». Таким чином в Україні з'явилася законодавча база, спрямована на залучення інвестицій, оскільки Закон №514 VIII прив'язав «зелений» тариф до євро [29].

В цілому ринок СЕС оцінюється, як досить перспективний. Потенціал для зростання та впровадження в експлуатацію потужностей визначається

перспективами дії «зеленого» тарифу. На даний момент очікувані терміни дії «зеленого» тарифу дозволяють успішно реалізовувати проекти введення в експлуатацію нових об'єктів, встигаючи при цьому домогтися терміну їх окупності.

Дуже наочно ступінь розвитку сонячної енергетики в Україні відображає той факт, що у середньому в країнах Євросоюзу на одного жителя приходиться 33,7 м² поверхні колекторів, а в Україні - 0,001 м².

Як і в більшості країн, державна політика в Україні в цілому задає позитивний вектор розвитку генерації електроенергії з використанням відновлюваних джерел, а ключовим стимулом є так званий «зелений» тариф — особлива тарифна сітка, згідно з якою держава купує у комерційних організацій і приватних осіб електричну енергію, що була згенерована із застосуванням відновлювальних джерел [29].

Згідно Закону України №514-VIII від 04.06.2015, ставка зеленого тарифу для промислового сектору (потужність більш ніж 30 кВт) має зменшитись від 17 євроцентів за 1 кВт у 2015 році до 12 євроцентів у 2025-2030 роках [29].

Побудувавши і запусивши в експлуатацію промислову СЕС в 2018 році, отриману електроенергію можна продати по 0,15 євро за 1 кВт. Загальна потужність виробників електроенергії з відновлювальних джерел, які працюють за «зеленим» тарифом, в Україні за 6 місяців 2018 року збільшилася на 19,6%, або на 268,7 МВт, - до рівня 1643,4 МВт в порівнянні із загальною потужністю на 1 січня 2018 року.

Модель енергетичних ринків розвинених країн передбачає, що функції держави полягають лише у нормативному регулюванні і зборі податків. Саме держава створює економічні стимули розвитку галузі. Прозорі умови на ринку і послідовність політики можуть забезпечити залучення інвестицій, що веде до створення робочих місць, збільшенню податкових надходжень до бюджету і зниження залежності від імпорту енергоресурсів. В Україні так склалось, що державні структури є прямими гравцями на ринку. Так, ДП

«Енергоринок» є єдиним оптовим покупцем і продавцем всієї продукції електрогенеруючих компаній. Як свідчить офіційний сайт підприємства, ДП «Енергоринок» виступає в якості розпорядника системи розрахунків оптового ринку електроенергії (ОРЕ), розпорядника коштів ОРЕ, оптового

постачальника електроенергії, секретаріатом ради ОПЕ [29].

3.2 Перспективи розвитку сонячної енергетики

Зростання частки ВДЕ в енергетичному балансі країни передбачене «Енергетичною стратегією України до 2035 року».

Наразі в загальному енергобалансі країни генерація з ВДЕ становить 3,7%, в грошовому еквіваленті — понад 8%.

Потужність об'єктів відновлювальної енергетики в Україні за 2017 рік зросла на 30% до 290 МВт, за 2018 рік — на 66% до 849 МВт, а за три квартали 2019 року — утричі до 2,6 ГВт. Цьому сприяє один з найвищих серед країн Євросоюзу «зелений» тариф для вітрових (ВЕС) та сонячних (СЕС) електростанцій [32].

Держава зобов'язалася купувати всю електроенергію, яку виробляють СЕС та ВЕС. Тариф за кіловат-годину, вироблену ними, утричі вищий, ніж тариф за кіловат-годину, вироблену традиційними станціями. «Зелений» тариф, який становить 10-15 євроцентів за кВт-год, сприяє приходу в галузь інвесторів.

У той же час у 2019 році системний оператор об'єднаної енергосистеми країни НЕК «Укренерго» заявив про брак резервів енергосистеми для підтримки її сталості. Одна з причин — великі об'єми виробництва сонячної та вітрової генерації і відсутність достатньої кількості високоманеврових потужностей [32].

Це породило дискусію щодо зміни регуляторного режиму в «зеленій» енергетиці, введення квотування на державну підтримку за видами генерації.

Через суттєві зміни правил роботи ВДЕ з 2020 року, які підсилюються кулуарними рішеннями чиновників та маніпулятивними заявами політиків стосовно майбутнього «зеленої» генерації, на ринку панує нервова атмосфера.

Гравці ринку вже встигли зробити заяви про неприпустимість порушення міжнародних зобов'язань Україною перед інвесторами. У крайньому випадку будуть подані позови в міжнародний інвестиційний арбітраж [32].

Тимчасом у Державну архітектурно-будівельну інспекцію України (ДАБІ) подано сотні заявок, які задовольняються із запізненням. Гравці ринку, які здійснюють будівельно-монтажні роботи, почали демпінгувати цінами на свої послуги [32].

Упродовж 2020 року сонячна генерація в Україні розвиватиметься за чотирма напрямками. Кожен з них має свої особливості й проблематику.

В останні роки ми стали свідками бурхливого розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні.

Зростання частки ВДЕ в енергетичному балансі країни передбачене «Енергетичною стратегією України до 2035 року».

Наразі в загальному енергобалансі країни генерація з ВДЕ становить 3,7%, в грошовому еквіваленті — понад 8%.

Потужність об'єктів відновлювальної енергетики в Україні за 2017 рік зросла на 30% до 290 МВт, за 2018 рік — на 66% до 849 МВт, а за три квартали 2019 року — утричі до 2,6 ГВт. Цьому сприяє один з найвищих серед країн Євросоюзу «зелений» тариф для вітрових (ВЕС) та сонячних (СЕС) електростанцій [32].

Держава зобов'язалася купувати всю електроенергію, яку виробляють СЕС та ВЕС. Тариф за кіловат-годину, вироблену ними, утричі вищий, ніж тариф за кіловат-годину, вироблену традиційними станціями. «Зелений» тариф, який становить 10-15 євроцентів за кВт-год, сприяє приходу в галузь інвесторів [32].

За оцінками експертів, упродовж 2020 року сонячна генерація в Україні розвиватиметься за чотирма напрямками. Кожен з них має свої особливості й проблематику [32].

До першого сегменту ринку сонячної генерації входитимуть проекти великої потужності, які впроваджуватимуться за новою схемою державної підтримки.

Для них тарифи формуватимуться шляхом проведення аукціонів з розподілу квот підтримки. Нові умови формування тарифів встановив закон «Про внесення змін до

деяких законів щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» №2712- VIII від 25 квітня 2019 року.

10 жовтня 2019 року Міненерго опублікувало проект постанови, у якій визначений порядок процедури підготовки та проведення аукціонів з розподілу квот підтримки виробників ВДЕ. Проблемним питанням цього сегменту є те, що пілотні аукціони не відбулися, тому потенційні інвестори не до кінця розуміють цей механізм.

Дискусійним питанням цього сегменту залишається й розмір річних квот державної підтримки. На початковому етапі обговорень мова йшла про потужність 100 МВт. Недавно Держенергоефективності презентувало нові розміри квот для ВДЕ [32].

Другий сегмент ринку сонячної генерації — проекти будь-якої потужності, інвестори яких отримали попередній договір на купівлю-продаж електроенергії у 2019 році. За законом, такі проекти протягом двох років можуть обирати між старою системою «зелених» тарифів і новою — аукціонами.

Скоріш за все, такі проекти будуть працювати за «зеленим» тарифом. Цей сегмент ринку протягом 2020-2021 років буде активно розвиватися. Враховуючи ці фактори, учасники ринку поспішають отримати попередні договори [32].

Третій сегмент - проекти потужністю до 1 МВт. За законом, їх інвестори можуть працювати за «зеленим» тарифом, однак з 1 січня 2020 року розмір тарифу буде зменшено на 25%, а в наступні три роки — ще на 2,5% щороку.

Тривалість існування цього сегменту ринку залежатиме від вартості обладнання. Якщо ціни зменшуватимуться, то цей сегмент буде активно зростати ще кілька років. Зараз такі проекти коштують до 800 тис євро. Це перспективний сегмент ринку, це і є розподілена генерація, яка дуже важлива для країни [32].

Такі сонячні станції повинні будуватися по всій території країни, адже ця генерація зменшує навантаження та втрати в енергомережі. Інвесторами таких проектів будуть українські компанії з українським капіталом, тому цей сегмент повинен активно розвиватися й отримати більше уваги та підтримки з боку держави.

Четвертий сегмент - приватні прибудинкові електростанції до 50 кВт, які мають спрощену процедуру підключення до мережі. Попри труднощі із законодавчим регулюванням тарифів для домашніх станцій, у першому півріччі 2019 року в Україні побудували 4 438 прибудинкових СЕС загальною потужністю 119 МВт.

Цей сегмент ринку буде тільки зростати. Він теж не є концентрованою

промисловою генерацією. Це розподільча генерація, яка дуже корисна для країни.

Чиста генерація є беззаперечним вектором для розвитку енергетичної галузі в усьому світі і в нашій державі. Україні зараз бракує чіткої стратегії розвитку ВДЕ до 2050 року, яка зможе зробити ринок більш сталим та передбачуваним [32].

ВИСНОВКИ

Сучасна енергетика, яка є найважливішим фактором розвитку суспільства, одночасно виступає одним із основних забруднювачів навколишнього середовища. Це в першу чергу теплова енергетика, що справляє глобальний негативний вплив на екологію, на зміну клімату. Швидке зростання потреби в електричній енергії й кризовий стан навколишнього середовища обумовлюють необхідність широкого використання відновлювальних традиційних й нетрадиційних джерел енергії.

Забезпечення надійного енергопостачання є одним з основних стратегічних пріоритетів в XXI столітті, найважливішою умовою нормального функціонування всіх сфер економіки країн світу.

Прогнози, ґрунтовані на розрахунках і моделюванні розвитку суспільства в XXI ст., соціально-економічна ситуація в різних країнах світу, що склалась, і тенденції її розвитку говорять про неухильний ріст енергоспоживання в майбутньому. Так, споживання електроенергії у порівнянні з 2000 р. повинно зрости до 2030 р. у 2 рази, а до 2050 р. - в 4 рази. Теплова і атомна енергетика залишаться основою електроенергетики при максимальному використанні гідроенергетичних ресурсів та інших відновлюваних джерел енергії.

Україна робить важливі кроки для розширення використання ВДЕ та альтернативних видів палива в межах своєї більш широкої стратегії щодо зниження залежності від традиційних викопних видів палива. Підраховано, що наша країна має потенціал, щоб до 2030 року удесятеро збільшити використання відновлюваної енергії та на 15% скоротити споживання природного газу.

Клімат та географічне положення України сприятливі для розвитку сонячної енергетики і будівництва сонячних електростанцій. Навіть північні області країни мають значний потенціал для розвитку даної галузі, який не поступається більшості європейських регіонів

Оцінювальний потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для

широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання практично в усіх областях. Період ефективної експлуатації сонячних електростанцій в південних регіонах складає сім місяців — з квітня по жовтень. В північних регіонах на два місяці менше — з травня по вересень. Таким чином, сонячні системи в Україні працюють протягом всього календарного року, однак зі змінною ефективністю.

Незважаючи на те, що освітленості території України достатньо для потужного розвитку сонячної енергетики, в загальному обсязі виробництва енергії на альтернативні джерела доводиться мала частка — згідно з даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, показник не перевищує 2% за результатами 2017 року. При цьому потенціал зростання ринку значний: приєднавшись до Європейської енергетичної співдружності, Україна взяла на себе зобов'язання довести частку ВДЕ в енергобалансі країни до значення 11% в 2025 році.

4. Розрахунок дахової сонячної електростанції

4.1 Приклад розрахунку дахової сонячної електростанції

Забезпечення будівлі електричною енергією проходитиме від мережі, проте для відшкодування втрат на електричне споживання, поставлено мережеву сонячну електричну станцію.

Мережева сонячна електрична станція – це один із класів сонячних електричних станцій, що увімкнений до загальної електричної мережі через лічильник. Особливість такого типу сонячної електричної станції складається у тому, що до наповнення мережевої СЕС не відносять акумуляторні батареї, бо вони занадто багато коштують. Енергія зроблена сонячними панелями, через мережевий сонячний інвертор поступає до споживача. При достатній інтенсивності випромінювання від Сонця, коли створення енергії більше за споживання, електрична енергія із зовнішньої мережі взагалі не застосовується, а надлишки створеної електричної енергії поступають в мережу по «зеленому» тарифу.

В захмарені дні, коли створеної енергії із панелей мало, із загальної мережі беруть тільки ту частку енергії, що не покривається даховою сонячною електричною станцією. Схема мережевої СЕС [24] показано на рис. 5.2.



Рисунок 4.1 – Загальна схема мережевої сонячної електричної станції

Для обчислення значень сонячної електричної станції, виокремимо перелік поставленої апаратури у будівлі, що застосовується протягом доби. Обчислення проведемо для максимального споживання зимою. Перелік

поставленого електричного обладнання показано у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Перелік поставленого електричного обладнання

| Прилад | Кількість, шт | Потужність, кВт | Середній час роботи, $\frac{\text{год}}{\text{добу}}$ | Період роботи | Спожита енергія, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{добу}}$ |
|--------------------------------|---------------|-----------------|---|---------------------------|--|
| Холодильник | 1 | 0,031 | 24 | Рівномірно протягом доби | 0,75 |
| Ноутбук | 1 | 0,09 | 4 | 18:00-22:00 | 0,36 |
| Маршрутизатор | 1 | 0,015 | 24 | Рівномірно протягом доби | 0,36 |
| Пральна машина (режим нагріву) | 1 | 1,5 | 0,5 | 16:00-16:30 | 0,75 |
| Пральна машина (режим прання) | 1 | 0,21 | 2 | 16:00-18:00 | 0,42 |
| Телевізор | 1 | 0,15 | 6 | 6:00-8:00; 18:00-22:00 | 0,9 |
| Праска | 1 | 1,0 | 0,25 | 7:30-7:45 | 0,25 |
| Освітлення | 10 | 0,01 | 6 | 6:00-8:00; 18:00-22:00 | 0,6 |
| Інші споживачі | 4 | 0,2 | 1 | 15:00-16:00 | 0,8 |
| Разом | | | | | 7,4 |

На рис. 5.3 показано графік споживання потужності протягом дня.



На рис. 5.3 показано графік споживання потужності протягом дня.

Завдяки відмінній тривалості світлового дня на протязі року та різної температури навколишнього середовища, час роботи окремих електричних установок носить змінний характер (освітлення, бойлер, кондиціонер), а тому і використана за день електроенергія теж зазнає змін на протязі року. Річна навантажувальна діаграма показана на рис. 5.4.

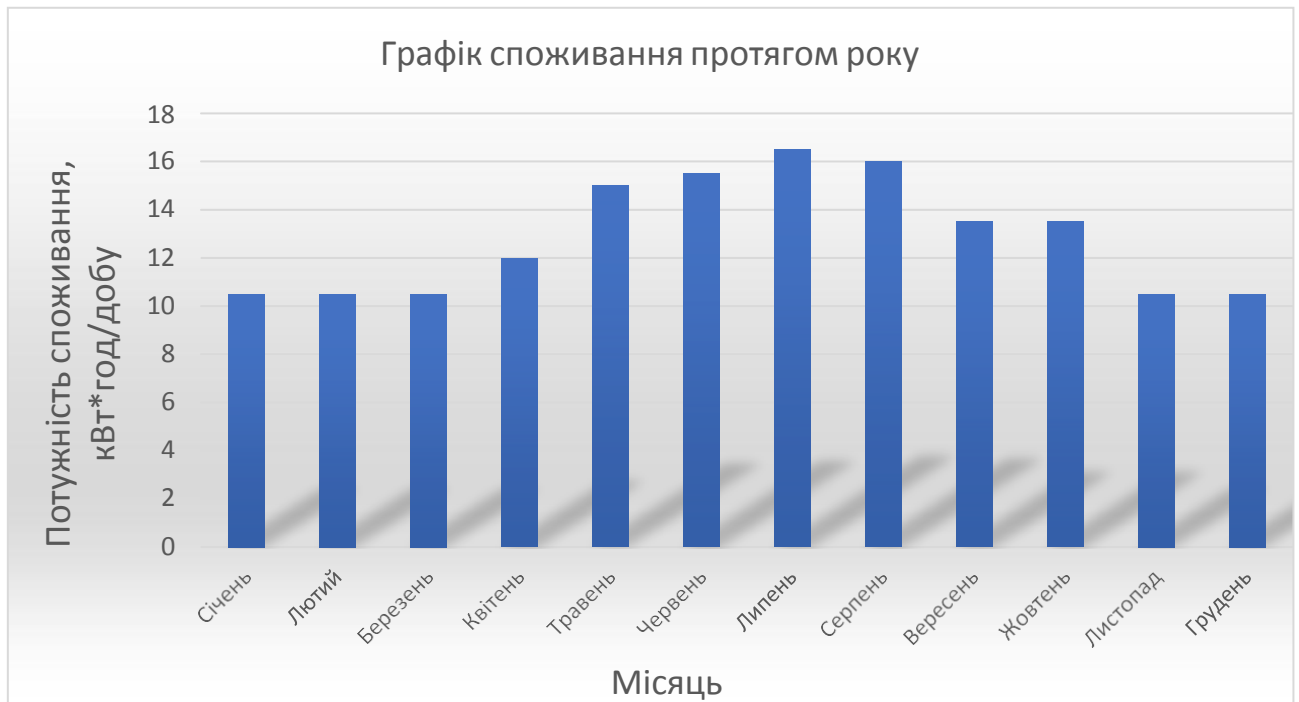


Рисунок 4.3 – Річна навантажувальна діаграма

Для обчислення параметрів СЕС використаємо програмний комплекс MATLAB. Основні параметри для обчислень генерації електричної енергії - обчислення сонячних кутів, потік прямої, розсіяної та сумарної сонячної радіації на поверхні фотомодулів.

Кут нахилу фотомодулів, співпадає із кутом нахилу даху, та складає 35 градусів. Азимутальний кут розміщення фотомодулів дорівнює нулю. Оскільки, сторона даху, де розташовані панелі, направлена на південь. Обчислюємо кількість сонячної радіації, яка потрапляє на похилу поверхню з кутом нахилу 35 градусів до горизонту завдяки коду в програмі MATLAB. Повна радіація, яка потрапляє на похилу поверхню знаходиться на основі горизонтальних прямої та дифузної радіації в погодинних показниках.

Таблиця 5.2 – Потік прямої сонячної радіації у місто Бориспіль протягом року

| Години/ Місяці | 6:00 | 7:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 |
|-------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 3 | 4 | 6 | 8 | 8 | 7 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 8 | 10 | 14 | 17 | 17 | 15 | 12 | 8 | 3 | 0 |
| 4 | 1 | 3 | 13 | 17 | 20 | 21 | 22 | 18 | 16 | 12 | 7 | 3 |
| 5 | 2 | 7 | 23 | 27 | 30 | 29 | 29 | 24 | 22 | 16 | 10 | 6 |
| 6 | 4 | 11 | 25 | 29 | 31 | 31 | 32 | 28 | 25 | 20 | 14 | 9 |
| 7 | 3 | 9 | 25 | 31 | 33 | 33 | 32 | 31 | 25 | 21 | 14 | 8 |
| 8 | 1 | 6 | 19 | 25 | 29 | 30 | 29 | 27 | 22 | 16 | 11 | 5 |
| 9 | 0 | 2 | 14 | 20 | 23 | 24 | 23 | 20 | 16 | 12 | 10 | 3 |
| 10 | 0 | 0 | 4 | 8 | 11 | 14 | 14 | 13 | 9 | 5 | 1 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 1 | 2 | 4 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Таблиця 5.3 – Потік дифузної сонячної радіації у місто Бориспіль протягом року

| Години/ Місяці | 6:00 | 7:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 |
|-------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 2 | 6 | 9 | 11 | 11 | 9 | 6 | 3 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 5 | 10 | 14 | 15 | 15 | 13 | 10 | 6 | 2 | 0 |
| 3 | 0 | 2 | 9 | 13 | 17 | 18 | 18 | 16 | 13 | 10 | 6 | 2 |
| 4 | 1 | 5 | 14 | 18 | 20 | 21 | 21 | 20 | 17 | 14 | 10 | 5 |
| 5 | 5 | 9 | 16 | 20 | 23 | 24 | 24 | 23 | 21 | 18 | 14 | 10 |
| 6 | 6 | 10 | 18 | 22 | 24 | 25 | 25 | 24 | 21 | 19 | 15 | 11 |
| 7 | 6 | 10 | 17 | 20 | 23 | 24 | 25 | 23 | 21 | 18 | 15 | 10 |
| 8 | 3 | 7 | 15 | 18 | 21 | 22 | 23 | 20 | 19 | 16 | 11 | 7 |
| 9 | 0 | 4 | 11 | 14 | 17 | 19 | 18 | 17 | 15 | 12 | 4 | 2 |
| 10 | 0 | 0 | 7 | 10 | 13 | 13 | 13 | 11 | 10 | 7 | 3 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 2 | 5 | 7 | 8 | 8 | 6 | 5 | 2 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 4 | 7 | 8 | 8 | 6 | 4 | 2 | 0 | 0 |

Після обчислень, маємо показники погодинної інтенсивності сонячної радіації на похилу поверхню та загальну сонячну радіації. Результат роботи програми показано на рис. 5.4 – 5.5 відповідно.

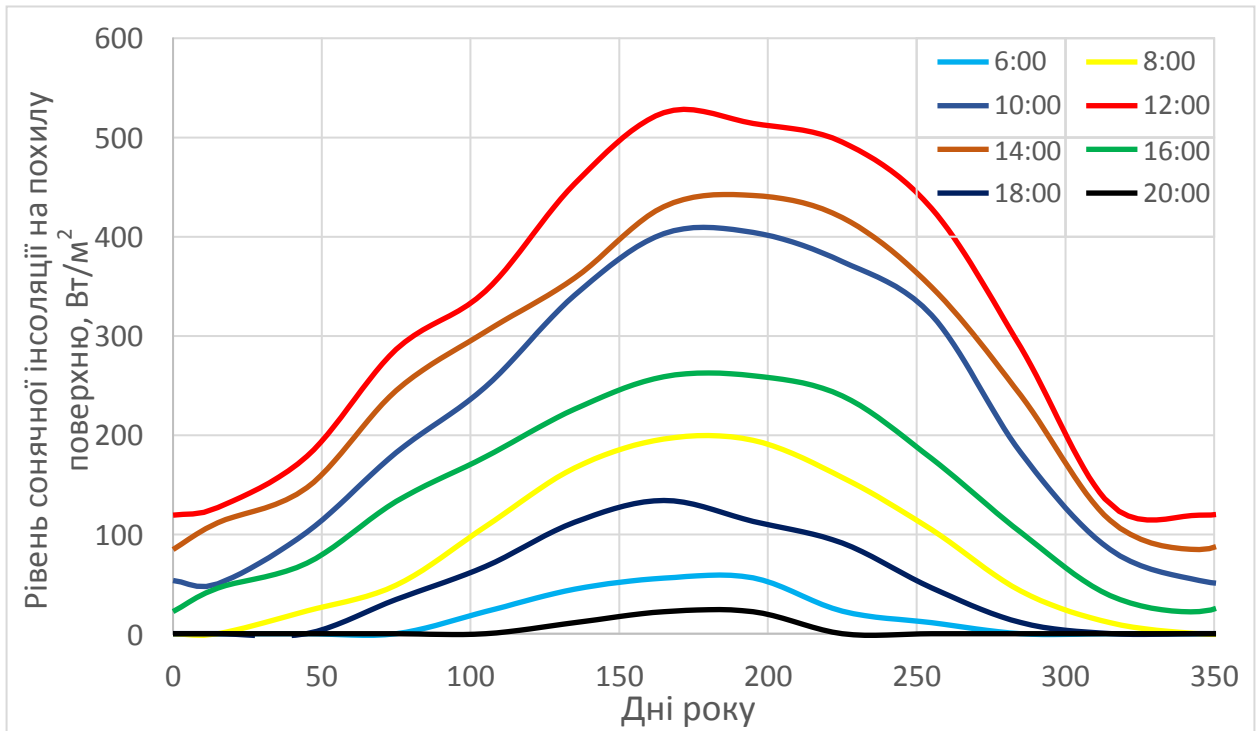


Рисунок 4.4 - Погодинна інтенсивність сонячної радіації на поверхню фотомодулів на протязі року

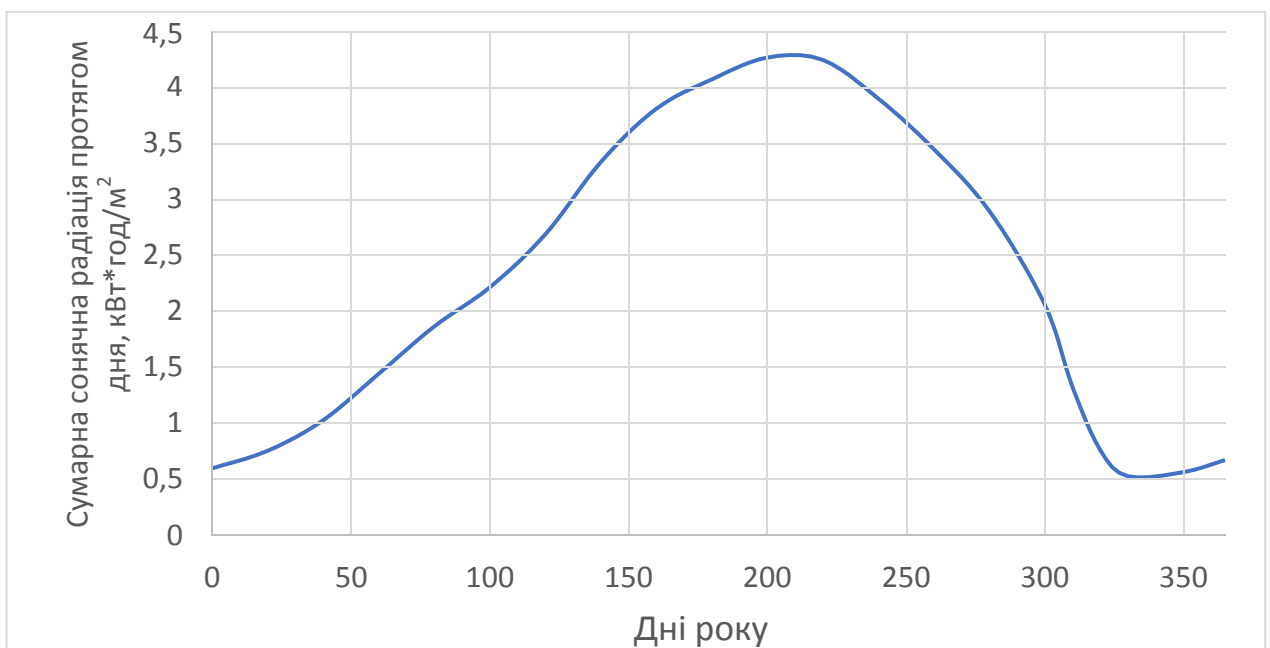


Рисунок 4.5 - Загальна енергія сонячної радіації на одиницю поверхні фотомодулів за кожен день року

• Вибір обладнання

Для дахової сонячної електричної станції було вибрано сонячні фотомодулі фірми AMERISOLAR AS-6P30, потужністю 270 Вт. Полікристалічні фотомодулі фірми AMERISOLAR володіють одними із найкращих значень в ефективності. Допущення по потужності складає лише від -3% до +3%. Постачальник надає гарантію, що сонячна панель зменшить свою потужність через 12 років – на 8,8%, а через 30 років – на 19,4%. Детальні електрохарактеристики фотомодуля показані у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Електрохарактеристики фотомодуля

| AS-6P30 | | |
|--|------------------------|----------|
| Параметр | Одиниця виміру | Значення |
| Число, тип і з'єднання фотоелектрич. комірок | 60 (6*10); Полікристал | |
| Розмір фотоелектричних комірок | 160*160 | |
| Число обвідних діодів | шт. | 3 |
| Температурний коефіцієнт потужності P _m | % / °C | -0,43 |
| Температурний коефіцієнт струму I _{sc} | % / °C | 0,056 |
| Температурний коефіцієнт напруги U _{oc} | % / °C | -0,33 |
| Пікова потужність (P _m) | Вт | 270 |
| СКО*) від максимальної потужності | % | 0,01 |
| Напруга MPP | В | 31,1 |
| Струм MPP | А | 8,69 |
| Напруга холостого ходу (U _{oc}) | В | 38,4 |
| Струм короткого замикання (I _{sc}) | А | 9,06 |
| СКО для електричних параметрів | % | 16,6 |
| Максимальна напруга системи | В | 1000 |

Полікристалічна фотопанель наповнена із шістдесяти полікристалічних комірок, розмірами 160 на 160 міліметрів. Алюмінієва рама, де розташовано панель, здатна витримати сильні снігові (5400 Па) та вітрові навантаження (2400 Па). Габаритні розміри однієї панелі складають 1640 на 992 міліметрів. Вага однієї панелі 18,5 кілограм.

Вид панелі показано на рис. 5.6. Детальні механічні характеристики панелі показано в табл. 5.5.

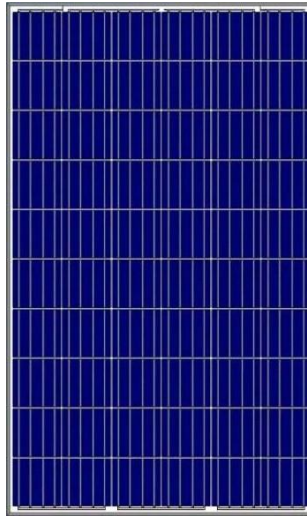


Рисунок 4.6 – Вид панелі сонячного модуля AMERISOLAR AS-6P30

Таблиця 5.5 – Механічні та інші характеристики фотомодуля

| AS-6P30 | | |
|---|-------------|--|
| Параметр | Од. вим. | Значення |
| Розміри(довжина x ширина x товщина) | мм | 1640×992×40 |
| Вага | кг | 18,5 |
| Діапазон робочих температур | °C | -40...+85 |
| Тип захисного скла | | 3.2 мм загартоване скло, низький вміст заліза |
| Стійкість до навантаження під снігом і льодом | | 5400 Па |
| Стійкість до штормового вітру | | 2400 Па |

В якості інвертора був вибраний трьохфазний інвертор Kostal PICO 7.0 (рис. 5.7). Цікавою стороною інвертора Kostal Pico 7.0 являється наявність в його наповненні двох незалежних швидкісних MPPT трекерів, що надають максимальну ефективність (97%) відібрання вхідного постійного струму (до 1000В) від двох блоків послідовно увімкнених сонячних батарей.

Це робить можливим розміщення кожного із блоків у площинах різної експозиції, найкращим чином застосовуючи умови розміщення об'єкту.



Рисунок 4.7 – Вид інвертора Kostal PIKO 7.0

Цікаві сторони інвертора Kostal PIKO 7.0:

- Апарат наділений багатьма комплексами контролю та Wi-Fi моніторингу для віддаленого стеження та спостереження за результатами роботи установки;
- Наявність 2 MPPT трекерів робить можливим розміщення масивів сонячних панелей у 2 різних площинах зі збереженням їх максимально ефективної роботи;
- Зроблені захисні системи, датчик власного споживання електричної енергії, внутрішній накопичувач даних та веб-сервер для моніторингової системи
- Можливість установки як усередині, так й назовні будівлі (Клас захисту IP 65), температура зовнішнього середовища може бути від -20 до +60 градусів ;
- Високий коефіцієнт корисної дії установки.

Основні технічні характеристики інвертора показано в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Технічні характеристики Kostal PIKO 7.0

| Вхідні характеристики постійного струму | |
|---|-------------------------|
| Максимальний вхідний струм, (А) | 22 |
| Максимальний струм короткого замикання, (А) | 26 |
| Мінімальна вхідна напруга, (В) | 300 |
| Мінімальна напруга для включення інвертору, (В) | 330 |
| Номінальна напруга, (В) | 600 |
| Максимальна напруга, (В) | 1000 |
| Діапазон напруги відстеження точки максимальної потужності, (В) | 330 - 800 |
| Кількість МРРТ трекерів | 2 |
| Вихідні характеристики змінного струму | |
| Номінальна вихідна потужність, (Вт) | 7000 |
| Максимальна вихідна потужність, (ВА) | 7000 |
| Максимальний змінний струм на виході, (А) | 11 |
| Напруга змінного струму на виході, (В) | 380/220 (+20 % / -30 %) |
| Частота змінного струму на виході, (Гц) | 50 / 60 ±5 |
| cos φ | 0,85 - 1 |
| Інші характеристики | |
| Розміри ШxВxГ, (мм) | 385x500x236 |
| Вага, (кг) | 48,5 |
| Діапазон робочих температур, (°С) | -20 ... +60 |
| Клас захисту ІР | ІР65 |

• Розрахунок генерації електроенергії

Загальна площа двосхилого даху складає 83 м², проте фотомодулі для їх коректної роботи можна розташувати виключно із півдня. Через це корисна площа для розташування СЕС складає лише 41,5 м². Площа одного фотомодуля – 1,63 м². Потужність фотомодуля 270 Вт. На основі перелічених вхідних даних, завдяки програмному комплексу MATLAB обчислено енергію фотогенерації на протязі року.

Обчислена генерація електроенергії ФЕС за кожен місяць року показано у Таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Обчислена генерація електроенергії СЕС

| Місяць | Загальна енергія на виході з інвертора протягом місяця МВт*год | Середнє значення енергії фотогенерації за місяць кВт*год |
|----------|--|--|
| Січень | 0,149 | 4,72 |
| Лютий | 0,241 | 7,91 |
| Березень | 0,343 | 12,56 |
| Квітень | 0,523 | 16,85 |
| Травень | 0,724 | 23,69 |
| Червень | 0,812 | 27,22 |
| Липень | 0,868 | 28,57 |
| Серпень | 0,755 | 25,04 |
| Вересень | 0,548 | 19,32 |
| Жовтень | 0,317 | 11,23 |
| Листопад | 0,133 | 4,65 |
| Грудень | 0,120 | 3,63 |

На основі параметрів фотоелектричних модулів, генерації електро енергії СЕС та параметрами даху, обчислено основні особливості схеми увімкнення панелей.

Результат роботи програми:

- Полікристалічні фотомодулі типу **AMERISOLAR AS-6P30**
- Коефіцієнт корисної дії фотомодуля: 0.169
- Номінальна потужність ФМ: 0.270кВт
- Напруга холостого ходу ФМ: 38.4В
- Загальна кількість ФМ: 24
- Кількість послідовних з'єднань ФМ: 12
- Кількість паралельних з'єднань ФМ: 2
- Задана потужність станції: 6.6кВт
- Площа фотостанції: 39.0451м²

Панелі будуть розташовуватися у чотири горизонтальні ряди по шість панелей в кожному. Так, як спільне число панелей 24, два горизонтальних ряди по 6 панелей будуть поєднані одна за одною та підключені до однієї стрінги інвертора. Інші 12 панелей будуть підключені до другої стрінги. Електрична схема СЕС показана на рис. 5.8.

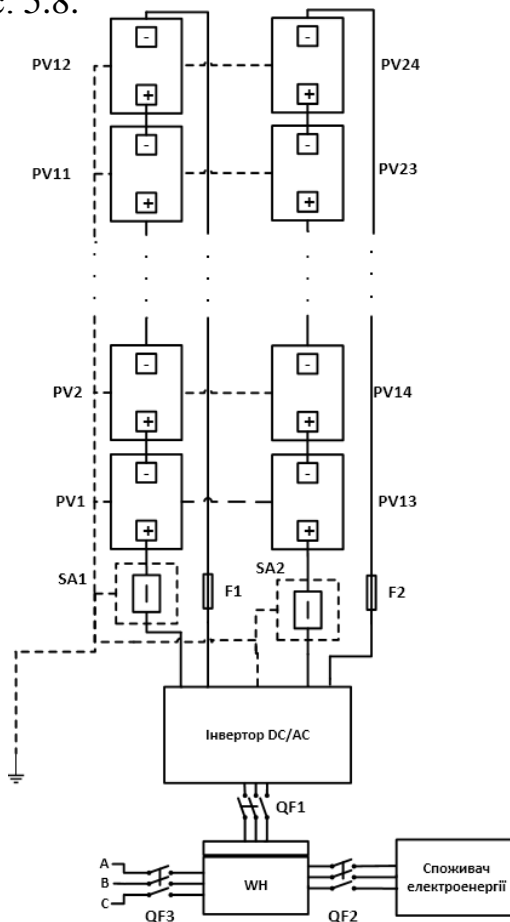


Рисунок 5.8 – Електрична схема СЕС

Порівняльний графік створення електричної енергії із врахуванням операційних витрат інвертору з графіком навантаження протягом року

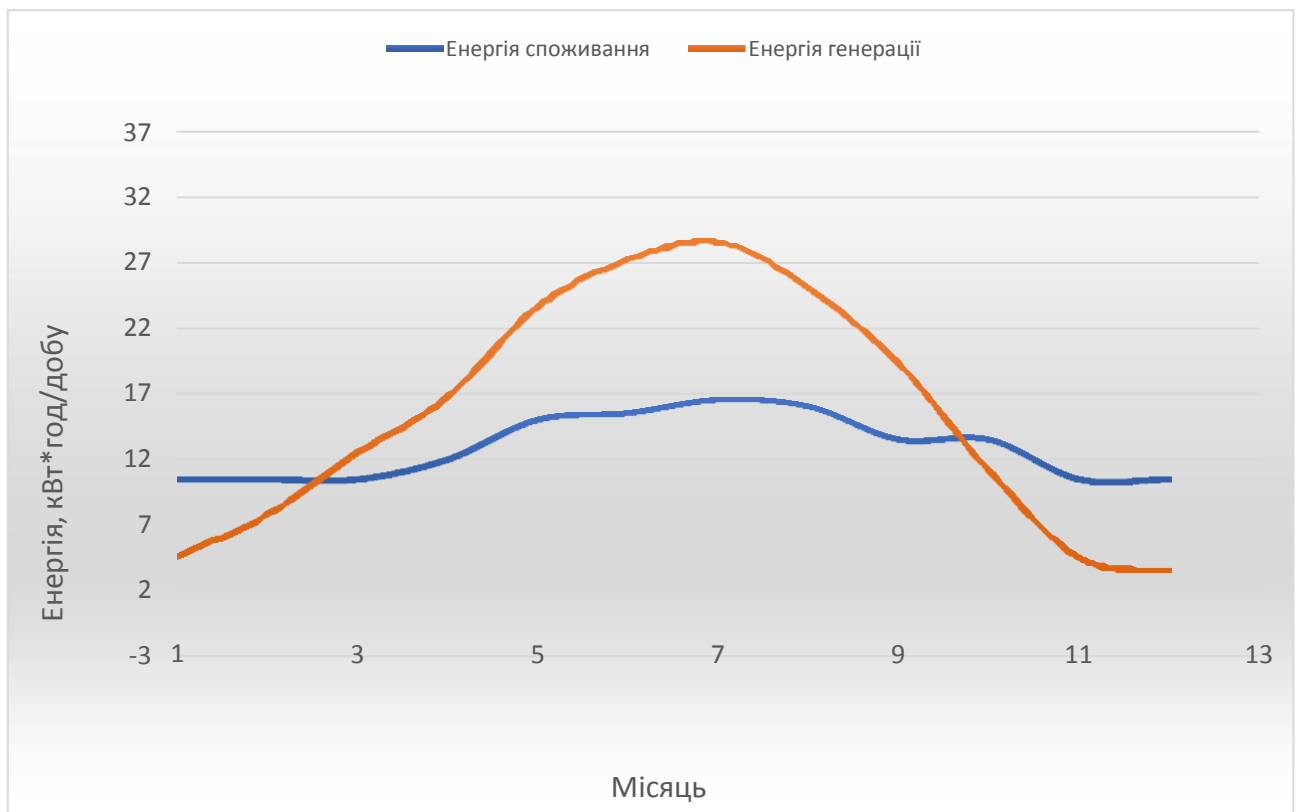


Рисунок 4.9 – Об'єднаний графік профілю енергії створення і навантаження

З наведеного графіку можна зробити висновок, що із жовтня до лютого, дахова сонячна електрична станція частково покриває потреби споживачів електрики, проте повністю його відшкодовує влітку. Кількість енергії генерації влітку (27 кВт*год/доб) більше за середнє значення електроенергії споживання у цей період (16 кВт*год/доб).

Через це ціна електричної енергії проданої згідно Зеленого тарифу можна відшкодувати втрати на пальне для піролізного котла.

Висновок до розділу 4

В цьому розділі було обчислено мережеву сонячну електричну станцію для відшкодування втрат на електричну енергію.

Споживання електричної енергії взимку у 2 рази перевищує енергію генерації, проте влітку електрична станція поставлена на даху повністю покриває споживання електричної енергії.

Застосування такої системи є доцільним. Загальна сонячна генерація протягом року більша за енергію споживання, залишкову електричну енергію можна продавати в мережу по «зеленому» тарифу.

5. Необхідність розробки проекту

Стартап – це новий проєкт, що перебуває на етапі розвитку власного нового бізнесу на базі інноваційних ідей, чи на базі технологій, що нещодавно з'явилися.

Слово «стартап» має походження від англійського терміну start up – «запускати» та означає нову утворену компанію чи ту, яка перебуває у процесі утворення [7].

Мається на увазі, що у такої компанії існує певна бізнес-ідея, що вимагає розвинення та просування, проте її автори на даний момент займаються дослідженнями ринку та пошуком засобів для її реалізації.

Стартап являється досить ризиковим способом розвинення власного бізнесу, проте за останній період набув широкого розповсюдження у світі, в Україні така тенденція теж підтримується, бо стартап це такий спосіб утворення справи у якому відкриті усі двері та обмежене число перепон. У епоху розвитку інтернету набагато легше віднайти джерела розповсюдження продукту чи послуги, стало легше проводити пошук засобів, а ще віднайти інвесторів. Даний спосіб являється базовим компонентом інноваційної економіки у сучасному світі, бо завдяки швидкості, гнучкості і великого числа стартап-проєктів сумарна маса інноваційних ідей збільшується.

Розробка і проведення стартапу на ринок передбачає обробку декількох етапів, де потрібно визначити ринкові можливості проєкту, принципи організації виробництва, зробити фінансовий аналіз та аналіз можливих ризиків і надати варіанти заходів із просування пропозиції для інвесторів.

5.1 Обґрунтування актуальності ідеї стартап-проєкту

Відповідно до Енергетичної Стратегії України основний курс прокладений до декарбонізації виробництва електричної енергії, за допомогою частки застосування відновлювальних джерел енергії, прийнято, що до 2035 року частина відновлювальних джерел енергії в енергосистемі України повинна складати 25% і більше (сонячна, вітрова та гідрогенерація) та місцеві альтернативні відновлювані ресурси повинні складати – 20% (біопаливо).

Проблема енергетичної ефективності в Україні на даний момент важливіше, ніж будь-коли. Економіка України має дуже високу степінь енергетичного споживання, у порівнянні із світовим. Споживання первинної енергії, по відношенню до ВВП України, більше за середній світовий показник у 2,5 рази. В умовах постійного підвищення цін на енергетичні носії, у споживачів поступово збільшився попит на енергетично ефективне житло. Існує лише одне рішення – економія електричної енергії.

У зв'язку із цим завданням цього стартап-проєкту є налаштування житлових будівель із використанням енергетичних ефективних технологій та альтернативних джерел енергії, для зменшення електроспоживання та покращення ефективності роботи комунального господарства.

Таблиця 6.1 Опис основної ідеї стартап-проєкту

| Зміст ідеї стартап-проєкту | Напрямки застосування | Переваги для користувача |
|--|--|--|
| Основна ідея проєкту полягає у поєднанні системи твердопаливного котла для теплозабезпечення з активними сонячними системами | Застосування для покращення ефективності подачі електроенергії комунального господарства | Можливість заощадження на виробітку теплової енергії для забезпечення потреб домогосподарства та отримання прибутку за рахунок продажу електроенергії. |

5.2 Техніко-економічний розрахунок

Виберемо для порівняння котел, який використовується у цьому проєкті ATTACK DP 25 PROFІ та аналогічний котел такої ж потужності. Обчислимо втрати пального, і отримаємо для порівняння ціни пального, яке буде потрібно для надання безперервного постачання тепла умовного об'єкту за увесь період опалення. Вартість на паливо показано згідно з поточними середніми цінами Інтернет-магазину (дрова) та ТОВ ГК "Нафтогаз України" (природний газ).

Початкові дані для техніко-економічного розрахунку:

1. Тривалість періоду опалення $n_0 = 176$ діб

2. Піролізний котел ATTACK DP 25 PROFІ – 1 штука (КПД

$\eta_{\text{п}}=85,3\%$) Газовий аналогічний котел – 1 штука. (ККД $\eta_{\text{г}}=91\%$)

3. Продуктивність тепла котлів – $Q_{\text{п}} = Q_{\text{г}} = 10$ кВт

4. Питома теплота спалювання пального:

а) Дрова твердої породи – $q_{\text{п}} = 4,2 \frac{\text{кВт}}{\text{кг}}$

б) Природний газ – $q_{\text{г}} = 9,3 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3}$

5. Вартість пального:

а) Дрова твердої породи – $Ц_{\text{п}} = 2,32$ грн/кг

б) Природний газ – $Ц_{\text{г}} = 7,96$ грн/м³

6.3.1 Дійсна теплотворна здатність пального із урахуванням коефіцієнту корисної дії котлового агрегату

$$q_{\text{п реал}} = q_{\text{п}} * \eta_{\text{п}} = 4,2 * 0,853 = 3,583 \frac{\text{кВт}}{\text{кг}}$$

$$q_{\text{г реал}} = q_{\text{г}} * \eta_{\text{г}} = 9,3 * 0,91 = 8,46 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3}$$

6.3.2 Втрата пального для отримання 1 кВт теплової енергії

$$q_{\text{п реал}} = \frac{1}{q_{\text{п реал}}} = \frac{1}{3,583} = 0,279 \text{ кг}$$

$$q_{\text{г реал}} = \frac{1}{q_{\text{г реал}}} = \frac{1}{8,46} = 0,12 \text{ м}^3$$

6.3.3 Втрата пального котловим агрегатом за опалювальний сезон

$$G_{\text{п}} = Q_{\text{п}} * g_{\text{п}} * 24 * n_0 = 10 * 0,279 * 24 * 176 = 11784,96 \text{ кг}$$

$$G_{\text{г}} = Q_{\text{г}} * g_{\text{г}} * 24 * n_0 = 10 * 0,12 * 24 * 176 = 5086,8 \text{ м}^3$$

6.3.4 Вартість пального за опалювальний період

$$C_{\text{п}} = G_{\text{п}} * C_{\text{п}} = 11784,96 * 2,32 = 27,34 \text{ тис. грн}$$

$$C_{\text{г}} = G_{\text{г}} * C_{\text{г}} = 5086,8 * 7,96 = 40,49 \text{ тис. грн}$$

6.3.5 Економія грошей за опалювальний період.

$$\Delta = C_{\text{г}} - C_{\text{п}} = 40,49 - 27,34 = 13,15 \text{ тис. грн}$$

Примітка: ці обчислення проведені без урахування втрат на котлові агрегати, монтаж котлових агрегатів та допоміжного обладнання, втрат на логістику, заробітної плати обслуговуючого персоналу та був обчислений за тарифами поточного 2024 року у Київській області.

Згідно інформації від НКРЕКП, «зелений» тариф на електроенергію, зроблену із енергії випромінювання від Сонця генеруючими станціями приватних домових господарств, установлена потужність яких не більше 30 кВт та що уведені до експлуатації:

у 2020 - 2024 роках – €0,163 / кВт·год;

у 2025 - 2029 роках – €0,146 / кВт·год.

Таким чином, для даного домового господарства зелений тариф складає 5,26 грн / кВт·год

Тариф на електричну енергію обираємо відповідно до середніх цін " YASNO" - Це 1,44 грн / кВт·год

Техніко-економічні обчислення мережевої сонячної електричної станції показано в Таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Техніко-економічні обчислення мережевої СЕС

| Товар | Модель | Кількість | Ціна за 1 шт, грн | Сума, грн |
|---|---|------------|-------------------|-----------|
| Мережевий інвертор | Kostal PIKO 7.0 | 1 шт. | 62580 | 62580 |
| Сонячна панель | AMERISOLAR AS-6P30 | 24 шт. | 2560 | 61440 |
| Кріплення | Система кріплень профілю для монтажу сонячних панелей на дах (оцинкований профіль) | 24 шт. | 350 | 8400 |
| Конектор | Набір конекторів MC4 | 13 шт. | 45 | 585 |
| Кабель соларний | TOP Cable, 4mm | 75 м | 22,7 | 1703 |
| Електрична фурнітура | ОПН GBL, автомат, Щит ЕТІ, кабель силовий СІП 4*25.5 категорія, інші витрати на матеріали | 1 комплект | 3800 | 3800 |
| Монтажні, пускові та налагоджувальні роботи | Робота по установленню та запуску сонячної електричної станції "під ключ" | 1 шт. | 9970 | 9970 |
| Всього | | | | 148478 |

Обчислення окупності СЕС показані у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Обчислення окупності мережевої СЕС 7кВт.

| Економічний показник | Вартість, грн |
|--|---------------|
| Річний виробіток електричної енергії, МВт*год | 5,53 |
| Власне річне споживання електричної енергії, МВт*год | 4,63 |
| Надлишок електричної енергії за рік, МВт*год | 0,9 |

Продовження Таблиці 6.3

| | |
|--|--------|
| Вартість «зеленого тарифу», грн/кВт·год | 5,26 |
| Прибуток від продажу електричної енергії за рік, грн | 4734 |
| Економія щодо власного споживання на рік (тариф 4 грн/кВт·год) | 6667,2 |
| Вартість електричної станції | 148478 |
| Термін окупності, років | 13 |

Під час проведення техніко-економічних обчислень, було встановлено, що застосування твердопаливного котла надає змогу заощадити 13,15 тис.грн за один сезон опалення, в порівнянні із природним газом. А застосування сонячної електричної станції робить можливим повне відшкодування втрати споживача на електроенергію та підвищує ефективність роботи комунального підприємства.

ВИСНОВОК

Застосування сонячних установок для виробництва холоду і кондиціонування повітря викликає великий інтерес в умовах жаркого клімату, так як при цьому пікове навантаження охолодження збігається в часі з максимумом надходження сонячної радіації.

Тепловий комфорт людини залежить від швидкості відведення теплоти, яка визначається температурою і відносною вологістю повітря, швидкістю його руху, фізичною активністю людини. Відведення теплоти відбувається в результаті конвекції, випромінювання та випаровування вологи з поверхні тіла людини.

Вибір способу охолодження будівлі залежить від кліматичних умов: те, що підходить для сухого жаркого клімату пустинь, не годиться

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Алексеев Б.А. Возобновляемые источники энергии за рубежом. Энергетика за рубежом. Приложение к журналу «Энергетик». - 2005. - Вып. 2. - С. 33-42.
2. Дослідження тенденцій розвитку вітроенергетики в Європі і в Україні / С. Кудря, Б. Тучинський, В. Дресвянніков, З. Рамазанова / Вітроенергетика України. - 2004. - № 1-2. - С.4-7.
3. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. - Кн. 3. - Харьков: ХАИ., 2006. -642 с.
4. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. - К.: Наук. думка, 1999. - 314 с.
5. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії /О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен та ін. За заг. ред. О.І. Солов'я. - Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007.
6. Кудря С., Тучинський Б. «Бізнесопридатність» вітроенергетики України /Докл. II Междунар. конф. «Нетрадиционная энергетика в XXI веке». - Ялта, 2001. - С.89-91.
7. Энергоефективність та відновлювані джерела енергії Під заг. ред. А.К. Шидловського. - К.: «Українські енциклопедичні знання», 2007. - 559 с.
8. Г.К. Вороновський. Энергетика світу та України. Цифри та факти. / Г.К. Вороновський, С.П. Денисюк, О.В. Кириленко та ін. // - К.: Українські енциклопедичні знання, 2005. - 404 с.
9. Ландау Ю.А. и др. Гидроэнергетика и окружающая среда. - Киев: Либра, 2004. 312 с.
10. Даковські М., Вянцковські С.-К. Про енергетику для споживачів та скептиків. - Львів: ЕКОінформ, 2007. - 212 с.
11. Вербинский В.В. Европейские уроки реформирования электроэнергетики /Энергетическая политика Украины. - 2004. - № 10.
12. Клавдиенко В.П., Тарасов А.П. Нетрадиционная энергетика в странах

- ЕС: ^кономическое стимулирование развития. - М.: Наука, 2006. - С. 42-46.
13. Стогній Б.С., Жовтянський В.А. Енергозбереження та енергетична безпека України /Проблеми загальної енергетики. - 2005. - № 12. - С. 7-14.
14. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. - К., 2008. - 54 с.
15. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник О.І.Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбака; За заг. ред. О.І. Солов'я. - Черкаси: ЧДТУ, 2007.
16. Про енергозбереження: Закон України від 1.07.1994р. № 74/94-ВР // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/74/94-%D0%B2%D1%80>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).
17. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20.02.2003р. № 555-IV // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/555-15>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).
18. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Закон України від 08.02.1995р. № 39/95-ВР // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/39/95-%D0%B2%D1%80>. (дога звернення: 17.11.2019 р.).
19. Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії: Закон України від 11.01.2001р. № 1370-XIV // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/1370-14>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).
20. Про стратегію розвитку ядерної енергетики в Україні Б. Є. Патон, О.С. Бакай, В.Г. Бар'яхтар, І.М. Неклюдов. - Харків: НТЦ ХФТІ, 2008. - 61 с.
21. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/1264-12>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).
22. Кодекс України про надра: Постанова Верховної Ради України від

- 27.07.1994 р. № 132/94-вр. // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).
23. Гірничий закон України: Закон України від 06.10.1999 р № 1127-XIV. // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/1127-14>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).
24. Про угоди про розподіл продукції: Закон України від 14.09.1999 р. № 1039-XIV. // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/1039-14>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).
25. Енергетичні ресурси та потоки За заг. ред. А.К. Шидловського. - К.: Українські енциклопедичні знання, 2003. - 472 с.
26. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017р. №605-р // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>. (дата звернення: 17.11.2019 р.)
27. Шуміло О.М. Екологічне право України. Особлива частина. Навчальний посібник. Київ. Центр учбю літератури. 2017. 432 с.
28. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. [Кн. 5]. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі / [авт. кол.: Т. О. Бурячок, З. Ю. Буцьо та ін.; наук. ред.: Клименко В. Н., Ландау Ю. О., Сігал І. Я.]. - Київ: [б. в.], 2013. - 391 с.
29. Савицький О. Україна та Енергетичне Співтовариство Критерії відповідності енергетичної політики України вимогам Договору про заснування Енергетичного Співтовариства. Національний екологічний центр України. Київ. 2014 р. 32 с.
30. Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою «зеленого» тарифу. Посібник для інвесторів. Міжнародна фінансова корпорація (IFC). Київ. 2017 р. 80 с.

31. Сонячна енергетика в Україні. URL: <https://avenston.com/articles/solar/>.
(дата звернення: 26.11.2019 р.)
32. Средний месячный уровень солнечной радиации в городах Украины
URL: [atmosfera.msk.ru/ stati-geliosistemy/solar-insulation-ukraine/](http://atmosfera.msk.ru/stati-geliosistemy/solar-insulation-ukraine/). (дата
звернення: 26.11.2019 р.)