

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально - науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

«На правах рукопису»

УДК 621.311

«До захисту допущено»

В. о. Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Д.Г. Дерев'янку

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Магістерська дисертація**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

на тему: «Принципи формування енергетичних спільнот в умовах реформування енергетики»

Виконав:

студент VI курсу, групи ОН-21мп

Сисюк Тарас Сергійович \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Веремійчук Ю.А \_\_\_\_\_

Консультант з нормоконтролю:

к.т.н., доц. Шовкалюк М.М. \_\_\_\_\_

Рецензент:

к.т.н., доц. каф. АЕМК Кулаковський Л.Я. \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ Сисюк Т.С.

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

**Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма: «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

В. о. Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Д.Г. Дерев'янку

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Сисюку Тарасу Сергійовичу**

1. Тема дисертації «Принципи формування енергетичних спільнот в умовах реформування енергетики»,

науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Веремійчук Ю.А

затверджені наказом по університету від 08.11.2023р. № 5198-с

2. Строк подання студентом дисертації

3. Об'єкт дослідження: Процес формування енергетичних спільнот в енергетичному секторі

4. Предмет дослідження: Методи та підходи ефективного функціонування енергетичних спільнот

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1) Провести аналіз особливостей функціонування електричної мережі в умовах сучасного розвитку енергетичної галузі. 2) Проведення аналізу нормативно-правового забезпечення щодо розвитку ВДЕ-спільнот; 3) Аналіз методів та підходів формування та функціонування ВДЕ-спільнот; 4) Розрахунок економічних характеристик та ефективності їх діяльності учасників співтовариства.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні матеріали за результатами дослідження.
7. Орієнтовний перелік публікацій: Сисюк Т.С., Аналіз підходів та принципів формування ВДЕ-спільнот. XV науково-технічна конференція «Енергетика. Екологія. Людина», м. Київ; Дата проведення 16-18 травня 2023р; С. 38-40.
8. Консультанти розділів дисертації:  
Нормоконтроль: к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.
9. Дата видачі завдання 1 вересня 2022 року

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Отримання завдання	01.08.2023	Вик.
2	Аналіз літературних джерел	23.08.2023	Вик.
3	Робота над розділом: Сучасний стан спільнот відновлювальних джерел енергії	1.09.2023 – 21.09.2023	Вик.
4	Робота над розділом: Аналіз методів та підходів щодо формування та функціонування ВДЕ-спільнот	29.09.2023 – 14.10.2023	Вик.
5	Робота над розділом: Моделювання режимів генерації учасників ВДЕ-спільнот	23.10.2023 – 30.11.2023	Вик.
6	Робота над розділом: Розроблення стартап-проекту	10.12.2023 – 21.12.2023	Вик.
7	Оформлення дисертації та презентації	04.01.2024	Вик.
8	Захист МД	15.01.2024	Вик.

Студент

Сисюк Т.С.

Науковий керівник дисертації

Веремійчук Ю.А.

## РЕФЕРАТ

**Структура і обсяг дисертаційної роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних літературних джерел. Повний обсяг дисертації складає 100 сторінок, 15 рисунків, 24 таблиць, список використаних джерел, що містить 40 бібліографічних найменувань.

**Актуальність теми.** Відповідно до впровадження 4 енергетичного пакету Європейські держави поставили собі такі цілі як: продемонструвати світове лідерство у сфері відновлюваних джерел енергії, ЄС встановив амбітну, зобов'язуючу ціль у 32% для відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі ЄС до 2030 року, Поставлення енергоефективності на перше місце є ключовою метою пакету, оскільки енергозбереження є найпростішим способом скорочення викидів парникових газів, а також заощаджує гроші споживачів. Тому ЄС встановив обов'язкові цілі щодо підвищення енергоефективності порівняно з нинішніми рівнями щонайменше на 32,5% до 2030 року.

В країнах ЄС є дві директиви: RED (Renewable Energy Directive) яка надає визначення енергетичним спільнотам: які, відповідно до чинного національного законодавства, засновані на відкритій та добровільній участі, є автономною та фактично контролюється акціонерами або членами, які розташовані поблизу проектів відновлюваної енергетики, якими володіє та розробляє ця юридична особа. А IEMD (Internal Electricity Market Directive) говорить: Членство в громадських енергетичних спільнотах повинно бути відкритим для всіх категорій організацій. Однак повноваження щодо прийняття рішень у межах енергетичного співтовариства громадян повинні бути обмежені тими членами або акціонерами, які не займаються великомасштабною комерційною діяльністю та для яких енергетичний сектор не є основною сферою економічної діяльності. Громадські енергетичні спільноти становлять новий тип організацій завдяки своїй структурі членства, вимогам до управління та меті. Їм слід дозволити працювати на ринку в рівних умовах без спотворення конкуренції, а права та обов'язки, що застосовуються до інших електроенергетичних компаній на ринку,

повинні застосовуватися до енергетичних спільнот громадян у недискримінаційний та пропорційний спосіб. Ці права та обов'язки мають застосовуватися відповідно до ролей, які вони виконують, наприклад, ролі кінцевих споживачів, виробників, постачальників або операторів системи розподілу.

**Метою дослідження** є оцінка ефективності режимів генерації та споживання електричної енергії ВДЕ-спільнот та процесів щодо їх формування .

Для досягнення цієї мети вирішувалися наступні **завдання**:

- Провести аналіз особливостей функціонування електричної мережі в умовах сучасного розвитку енергетичної галузі.
- Проведення аналізу нормативно-правового забезпечення щодо розвитку ВДЕ-спільнот;
- Аналіз методів та підходів формування та функціонування ВДЕ-спільнот;
- Розрахунок економічних характеристик та ефективності їх діяльності учасників енергетичного співтовариства.

**Об'єкт дослідження:** Процес формування енергетичних спільнот в енергетичному секторі

**Предметом дослідження** є методи та підходи ефективного функціонування енергетичних спільнот

**Наукова новизна** набули подальшого розвитку техніко-економічний інструментарій дослідження функціонування ВДЕ-спільнот, що дає можливість оцінити ефективність їх участі в енергетичній галузі

**Практичне значення** отриманих результатів дозволяють сформувати техніко-економічну доцільність функціонування ВДЕ-спільнот та оцінити переваги та недоліки їх учасникам.

**Апробація** результати роботи представлені на XV науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина». м. Київ; Дата 16-18 травня 2023р.

**Публікації.** Сисюк Т.С. Аналіз підходів та принципів формування ВДЕ-спільнот. XV науково-технічна конференція «Енергетика. Екологія. Людина», м. Київ; Дата проведення 16-18 травня 2023р; Ст. 38-40

**Інформаційні технології.** Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: PVGIS, MS Excel.

**Ключові слова:** ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ВДЕ-СПІЛЬНОТА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СПОЖИВАЧ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ.

## ABSTRACT

**Structure and scope of work:** The thesis consists of an introduction, four chapters of the main part, conclusions, and a list of references. The full volume of the dissertation is 100 pages, 15 figures, 24 tables, a list of references containing 40 bibliographic items.

**Relevance of the topic.** In line with the implementation of the 4th Energy Package, European states have set themselves the following goals: to demonstrate global leadership in renewable energy, the EU has set an ambitious, binding target of 32% for renewable energy sources in the EU's energy mix by 2030, Putting energy efficiency first is a key goal of the package, as energy efficiency is the easiest way to reduce greenhouse gas emissions and also saves consumers money. Therefore, the EU has set binding targets to increase energy efficiency by at least 32.5% from current levels by 2030.

There are two directives in the EU: RED (Renewable Energy Directive), which defines energy communities: which, in accordance with applicable national law, are based on open and voluntary participation, are autonomous and are effectively controlled by shareholders or members located in the vicinity of renewable energy projects owned and developed by that legal entity. And the IEMD (Internal Electricity Market Directive) states: Membership of community energy communities should be open to all categories of organisations. However, decision-making powers within the citizen energy community should be limited to those members or shareholders who are not engaged in large-scale commercial activities and for whom the energy sector is not the main area of economic activity. Public energy communities represent a new type of organisation due to their membership structure, governance requirements and purpose. They should be allowed to operate on the market on a level playing field without distorting competition, and the rights and obligations that apply to other electricity companies on the market should be applied to community energy communities in a non-discriminatory and proportionate manner. These rights and obligations should be applied in accordance with the roles they play, e.g. as end-users, producers, suppliers or distribution system operators.

**The purpose of the study** is to evaluate the efficiency of the modes of generation and consumption of electricity by RES communities and the processes of their formation

To achieve this goal, the following tasks were **solved**:

- To analyse the peculiarities of the power grid functioning in the context of the current development of the energy sector.
- To analyse the regulatory framework for the development of RES communities;
- Analysis of methods and approaches to the formation and functioning of RES communities;
- Calculate the economic characteristics and efficiency of the energy community participants.

**Object of study:** The process of forming energy communities in the energy sector

**The subject of the study** is methods and approaches to the effective functioning of energy communities

**Scientific novelty** the technical and economic tools for studying the functioning of RES communities have been further developed, which makes it possible to assess the effectiveness of their participation in the energy sector

**The practical significance** of the results obtained makes it possible to formulate the technical and economic feasibility of the functioning of RES communities and assess the advantages and disadvantages of their participants.

**The results of the work were presented** at the XV Scientific and Technical Conference "Energy. Ecology. Man". m. Kyiv; Date 16-18 May 2023.

**Publications.** Sysiuk T.S. Analysis of approaches and principles of formation of RES communities. XV scientific and technical conference "Energy. Ecology. Man", Kyiv; Date of holding: 16-18 May 2023; pp. 38-40.

**Information technology.** The following software was used to perform the calculations in Chapter 3 of the master's thesis: PVGIS, MS Excel.

**Keywords:** RENEWABLE ENERGY SOURCES, ELECTRICITY, RENEWABLE ENERGY COMMUNITY, ENERGY EFFICIENCY, CONSUMER, SOLAR POWER PLANT.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 ОСНОВНІ СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СПІЛЬНОТ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ.....	15
1.1 Загальне поняття про ВДЕ-спільноти.....	15
1.2 Аналіз нормативно-правового забезпечення підтримки ВДЕ спільнот ....	17
1.3 Аналіз основних положень формування кластерів відновлювальної енергетики .....	23
1.4 Визначення енергетичних співтовариств та енергетичних кластерів відповідно до європейського законодавства.....	29
Висновки до розділу 1.....	36
2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПІДХОДІВ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ВДЕ-СПІЛЬНОТ .....	37
2.1 Основні вимоги та моделі ВДЕ-спільнот .....	37
2.2.1 Значення спільнот ВДЕ для суспільства .....	40
2.2.2 Експлуатаційні аспекти ВДЕ-спільнот.....	41
2.2.3 Методи і підходи функціонування ВДЕ-спільнот .....	42
2.2.4 Переваги та недоліки ВДЕ-спільнот.....	46
2.2 Стан та розвиток малої генерації в Україні .....	46
2.3 Методи та підходи щодо формування ВДЕ-спільноти на базі сонячних установок. ....	62
Висновки до розділу 2.....	69
3 МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ГЕНЕРАЦІЇ УЧАСНИКІВ ВДЕ-СПІЛЬНОТ .	70
3.1 Онлайн-інструмент PVGIS для моделювання сонячних електростанцій .	70
3.2 Моделювання генерації електричної енергії СЕС, як об'єкта ВДЕ-спільноти.....	75
3.3 Економічний аналіз формування ВДЕ-спільноти .....	79
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	88
4.1 Опис ідеї проекту .....	88
4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	90
4.3 Розроблення плану маркетингу проекту .....	92
Висновки до розділу 4.....	94
ВИСНОВКИ .....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	96

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

RED – Renewable Energy Directive (Директива про відновлювальні джерела енергії)

IEMD – Internal Electricity Market Directive (Директива про внутрішній ринок електроенергії)

IEMR – Internal Electricity Market Regulation (Регулювання внутрішнього ринку електроенергії)

PVGIS- Photovoltaic Geographical Information System

NPV-Net present value (чиста приведена вартість)

IRR – Internal rate of return (внутрішня норм прибутку)

PP – Термін окупності

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

НКРЕКП — Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (<https://www.nerc.gov.ua/>).

РЕР – Розподіленні енергетичні ресурси.

ВЕС — вітрова електростанція.

мГЕС — малі та мікрогідроелектростанції.

СЕС — сонячна електростанція.

ОСР – Оператор системи розподілу.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Відповідно до впровадження 4 енергетичного пакету Європейські держави поставили собі такі цілі як: продемонструвати світове лідерство у сфері відновлюваних джерел енергії, ЄС встановив амбітну, зобов'язуючу ціль у 32% для відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі ЄС до 2030 року, Поставлення енергоефективності на перше місце є ключовою метою пакету, оскільки енергозбереження є найпростішим способом скорочення викидів парникових газів, а також заощаджує гроші споживачів. Тому ЄС встановив обов'язкові цілі щодо підвищення енергоефективності порівняно з нинішніми рівнями щонайменше на 32,5% до 2030 року.

В країнах ЄС є дві директиви: RED (Renewable Energy Directive) яка надає визначення енергетичним спільнотам: які, відповідно до чинного національного законодавства, засновані на відкритій та добровільній участі, є автономною та фактично контролюється акціонерами або членами, які розташовані поблизу проектів відновлюваної енергетики, якими володіє та розробляє ця юридична особа. А IEMD (Internal Electricity Market Directive) говорить: Членство в громадських енергетичних спільнотах повинно бути відкритим для всіх категорій організацій. Однак повноваження щодо прийняття рішень у межах енергетичного співтовариства громадян повинні бути обмежені тими членами або акціонерами, які не займаються великомасштабною комерційною діяльністю та для яких енергетичний сектор не є основною сферою економічної діяльності. Громадські енергетичні спільноти становлять новий тип організацій завдяки своїй структурі членства, вимогам до управління та меті. Їм слід дозволити працювати на ринку в рівних умовах без спотворення конкуренції, а права та обов'язки, що застосовуються до інших електроенергетичних компаній на ринку, повинні застосовуватися до енергетичних спільнот громадян у недискримінаційний та пропорційний спосіб. Ці права та обов'язки мають застосовуватися відповідно до ролей, які вони виконують, наприклад, ролі

кінцевих споживачів, виробників, постачальників або операторів системи розподілу.

**Метою дослідження** є оцінка ефективності режимів генерації та споживання електричної енергії ВДЕ-спільнот та процесів щодо їх формування .

Для досягнення цієї мети вирішувалися наступні **завдання**:

- Провести аналіз особливостей функціонування електричної мережі в умовах сучасного розвитку енергетичної галузі.
- Проведення аналізу нормативно-правового забезпечення щодо розвитку ВДЕ-спільнот;
- Аналіз методів та підходів формування та функціонування ВДЕ-спільнот;
- Розрахунок економічних характеристик та ефективності їх діяльності учасників енергетичного співтовариства.

**Об'єкт дослідження:** Процес формування енергетичних спільнот в енергетичному секторі

**Предметом дослідження** є методи та підходи ефективного функціонування енергетичних спільнот

**Наукова новизна** набули подальшого розвитку техніко-економічний інструментарій дослідження функціонування ВДЕ-спільнот, що дає можливість оцінити ефективність їх участі в енергетичній галузі

**Практичне значення** отриманих результатів дозволяють сформувати техніко-економічну доцільність функціонування ВДЕ-спільнот та оцінити переваги та недоліки їх учасникам.

**Апробація** результати роботи представлені на XV науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина». м. Київ; Дата 16-18 травня 2023р.

**Публікації.** Сисюк Т.С. Аналіз підходів та принципів формування ВДЕ-спільнот. XV науково-технічна конференція «Енергетика. Екологія. Людина», м. Київ; Дата проведення 16-18 травня 2023р; Ст. 38-40

**Інформаційні технології.** Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: PVGIS, MS Excel.

**Ключові слова:** ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ,  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ВДЕ-СПІЛЬНОТА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ,  
СПОЖИВАЧ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ.

# 1 ОСНОВНІ СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СПІЛЬНОТ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ

## 1.1 Загальне поняття про ВДЕ-спільноти

Спільнота відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) - це спільнота або група людей, які зацікавлені або беруть активну участь у просуванні та захисті відновлюваних джерел енергії. Це може включати окремих осіб, організації чи спільноти, які працюють над зменшенням свого вуглецевого сліду та переходом до чистіших і стійкіших джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, гідро- та геотермальна енергія.

За останні кілька років у зв'язку з поступовою зміною клімату, декарбонізація сектору електроенергетики стала одним із ключових цілей в усьому світі. Це сприяло швидкому розгортанню енергетичних співтовариств, де користувачі стають “просьюмерами”, вони генерують електроенергію для власного споживання, або продати її в мережу чи іншим користувачам у спільноті. Таким чином ВДЕ-спільнота дозволяє знизити інвестиційні витрати і збільшити само споживання та самозабезпечення, а також отримати дохід від продажу електричної енергії.

Учасником ВДЕ-спільноти може бути фізична особа, школа або університет, неурядова організація, комунальне підприємство, бізнес, основна сфера економічної діяльності якого не пов'язана з енергетикою, місцеві органи влади. Однак ролі, які беруть на себе ці суб'єкти, залежать від місцевих умов та цілей енергетичного співтовариства.

Розглянемо деякі види учасників ВДЕ-спільнот:

- Споживач: Споживач є бенефіціаром енергетичного товару або послуги, що надається іншим суб'єктом. Таким чином, незважаючи на те, що споживач не інвестував і не володіє установками для виробництва та зберігання енергії він може отримати вигоду від будь-якої або всіх трьох загальних форм (екологічних, економічних, соціальних), приєднавшись до енергетичного співтовариства.

- Постачальник енергетичних послуг: Роль постачальника енергетичних послуг може виконувати будь-який учасник спільноти який займається наданням пов'язаних з енергією послуг, таке як виробництво, розподіл, зберігання та постачання енергії або енергетичні товари та інші енергетичні послуги, як ремонт будівель, встановлення та обслуговування обладнання. Постачальники енергетичних послуг можуть володіти і використовувати (індивідуально чи спільно) інфраструктуру, пов'язану з виробництвом, розподілом, зберіганням електроенергії.

- Ініціатор: Ініціатори - це учасники, які запускають процес організації або координації проекту спільноти. Вони відіграють вирішальну роль в енергетичній спільноті, оскільки відсутність ініціаторів може перешкодити реалізації проекту. Як учасники громади, вони можуть бути а можуть і не бути бенефіціарами енергосервісу в спільноті.

Учасник може відігравати одну або декілька ролей в енергетичному співтоваристві, як споживач, постачальник енергетичних послуг або ініціатор

Представлення ролей учасників ВДЕ-спільноти див. рисунок 1.1

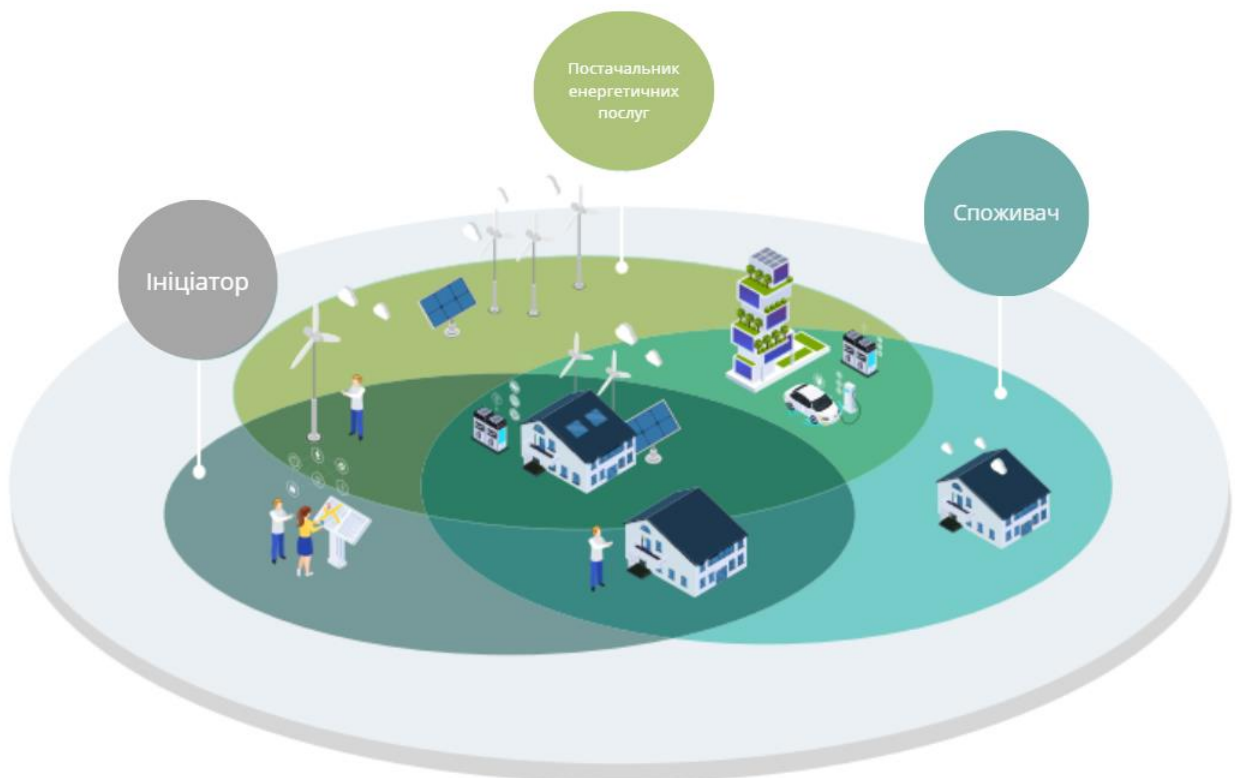


Рисунок 1.1 – Ролі учасників енергетичного співтовариства [<https://ec.europa.eu>]

Енергетичні співтовариства не є чимось новим. У віддалених місцях і на островах, де доступ до палива є обмеженим і дорогим, вони існували задовго до енергетичного переходу, коли тенденція до децентралізованого виробництва ВДЕ стала основною. Але з розвитком децентралізованого повторного виробництва та різними формами власності споживачів у відновлюваних джерелах енергії енергетичні спільноти мають потенціал стати стандартною моделлю на енергетичних ринках [1].

## **1.2 Аналіз нормативно-правового забезпечення підтримки ВДЕ спільнот**

Енергія спільноти - це широкий спектр колективних енергетичних дій, які передбачають участь громадян в енергетичній системі. Проекти громадської енергетики характеризуються різним ступенем залучення громади до прийняття рішень та розподілу. Вони можуть описувати громаду, обмежену географічним розташуванням, або спільноту за інтересами. Пакет з чистої енергії визнає певні категорії громадських енергетичних ініціатив як "енергетичні спільноти" в європейському законодавстві. Енергетичні спільноти можна розуміти як спосіб "організації" колективних дій у сфері енергетики на основі відкритої, демократичної участі та управління, а також надання переваг членам або місцевій громаді. Існує два формальних визначення енергетичних спільнот: "громадяни енергетичних спільнот", яке включено до переглянутої Директиви про внутрішній ринок електроенергії (ЄС) 2019/944 (Європейський парламент та Рада Європейського Союзу, 2019) [2], та "спільноти відновлюваної енергетики", який включено до переглянутої Директиви про відновлювану енергетику (ЄС) 2018/2001 (Європейський Парламент та Рада Європейського Союзу, 2018) [3].

Пакет Європейської Комісії з чистої енергії відкриває нові можливості для споживачів, оскільки визнаючи, вперше в рамках законодавства ЄС, права громадян і громад брати безпосередню участь в енергетичному секторі. Він

офіційно визнає і встановлює правові норми для певних категорій енергетичних спільнот, таких як "енергетичні спільноти".

Директиви описують енергетичні спільноти як можливий тип організації колективних громадян в енергетичній системі. Відповідно до Директиви про ринок електроенергії, "положення про громадські енергетичні спільноти не виключають існування інших громадянських ініціатив, таких як ті, що впливають з приватно-правових угодами приватного права". Обидві директиви допускають різні організаційні форми енергетичних спільнот (асоціації, кооперативи та інші) через юридичну особу.

Таким чином, директиви формують енергетичні спільноти навколо конкретних критеріїв і заходів щоб забезпечити їм рівність під час роботи на ринку без дискримінації. Але вони повинні робити це без спотворення конкуренції і без попередніх прав і зобов'язань, застосованих до інших учасників ринку.

Типи організацій характеризуються наступними спільними концептуальними елементами:

- Управління: Участь має бути "відкритою та добровільною". У переглянутій директиві з відновлюваної енергетики, участь у проектах з відновлюваної енергетики має бути відкритою для всіх потенційних місцевих учасників на основі недискримінаційних критеріїв. Переглянута Директива про ринок електроенергії стверджує, що членство в ньому має бути відкритим для всіх категорій суб'єктів господарювання. У ній також зазначено, що "побутовим споживачам має бути дозволено брати добровільну участь у громадських енергетичних ініціативах, а також виходити з них, не втрачаючи при цьому доступу до мережі, що експлуатується енергетичною ініціативою громади".

- Власність і контроль: Обидва визначення підкреслюють участь та ефективний контроль з боку громадян, місцевої влади та малих підприємств, чия основна економічна діяльність не пов'язана з енергетичним сектором.

- Мета: Основною метою є отримання соціальних та екологічних переваг не зосереджених на фінансових прибутках. Директиви створюють енергетичні

спільноти як суб'єкти некомерційного типу, які використовують доходи від господарської діяльності для забезпечення послуги або вигоди для членів та місцевої громади.

Переглянута Директива з відновлюваної енергетики вимагає від держав-членів забезпечити сприятливі умови для розвитку спільнот з відновлюваної енергетики як способу розширення відновлюваної енергетики. Держави-члени також зобов'язані брати до уваги спільноти відновлюваної енергетики при розробці своїх схем підтримки відновлюваної енергетики. У переглянутій Директиві про ринок електроенергії нормативно-правова база більше спрямована на створення рівних умов для громадських енергетичних спільнот як нових учасників ринку.

Крім того, як громадські енергетичні спільноти, так і спільноти відновлюваної енергетики можуть здійснювати подібну діяльність, включаючи виробництво, розподіл, постачання, споживання, обмін, зберігання енергії та надання послуг, пов'язаних з енергетикою. Залежно від виконуваної діяльності, вони повинні дотримуватися зобов'язань та обмежень, що застосовуються до інших учасників ринку.

Громадські енергетичні спільноти та спільноти відновлюваної енергетики відрізняються за такими ознаками:

- Географічне охоплення: Переглянута директива з відновлюваної енергетики зберігає прив'язку до того, щоб місцеві громади були організовані "поблизу" проектів з відновлюваної енергетики, які належать цій громаді і розробляються нею. Директива про ринок електроенергії не прив'язує громадські енергетичні спільноти до безпосередньої близькості або однакового географічного розташування між виробництвом і споживанням.

- Діяльність: Громадські енергетичні спільноти діють в електроенергетичному секторі і можуть працювати як на відновлюваних джерелах енергії, так і на викопних видах палива (тобто технологічно нейтральні). Спільноти відновлюваної енергетики охоплюють широкий спектр

діяльності, що стосується всіх форм відновлюваної енергії в секторах електроенергетики та теплопостачання.

- Учасники: Будь-який учасник може брати участь у громадській енергетичній спільноті за умови, що члени або акціонери, які займаються великою комерційною діяльністю та для яких енергетичний сектор є основною сферою економічної діяльності, не здійснюватимуть будь-які повноваження щодо прийняття рішень. Серед учасників, які мають право приєднатися, є фізичні особи, місцеві органи влади та малі, середні та великі підприємства. Спільноти з відновлюваної енергетики мають більш обмежене членство, лише фізичні особи, органи місцевого самоврядування, малі та середні підприємства чия участь не є основною економічною діяльністю. Окреме положення вимагає від держав-членів забезпечити участь у спільноті відновлюваної енергії доступні для споживачів із низькими доходами.

- Автономність: Відповідно до директиви з відновлюваної енергетики, спільнота з відновлюваної енергетики "повинна бути здатною залишатися автономною від окремих членів та інших традиційних учасників ринку, які беруть участь у спільноті як члени або акціонери". Визначення громадських енергетичних спільнот не включає автономію, але повноваження щодо прийняття рішень повинні бути обмежені тими членами або акціонерами, які не беруть участі і які не займаються великомасштабною комерційною діяльністю для яких енергетичний сектор не є основною сферою або видом економічної діяльності

- Ефективний контроль: Спільноти, що займаються відновлюваною енергетикою, можуть ефективно контролюватися малими та середніми підприємствами, які «розташовані в безпосередній близькості» від проекту відновлюваної енергетики, тоді як громадські енергетичні спільноти виключають середніх і великих підприємств від можливості здійснювати ефективний контроль.

В Україні, як і в інших європейських країнах, діє система стимулювання розвитку відновлюваної енергетики. Зокрема в Україні для відновлювальної енергетики діють закони:

- Про альтернативні джерела енергії– Цей закон визначає правові та економічні основи розвитку відновлювальної енергетики в Україні, встановлює порядок надання пільг і підтримки для проектів з використання альтернативних джерел енергії [4].

- Про ринок електричної енергії– Цей закон формує ефективний, конкурентоспроможний та стійкий ринок електричної енергії, забезпечує надійне функціонування електроенергетичної системи. Визначає механізми стимулювання виробництва електроенергії з відновлювальних джерел [5].

У 2023 році відбулися зміни в законодавстві до деяких законів України щодо відновлення та "зеленої" трансформації енергетичної системи України [6]. Зокрема щодо ВДЕ-спільнот закон стимулює встановлення генеруючих установок, що виробляють електричну енергію з відновлюваних джерел енергії, та/або установок зберігання енергії за механізмом самовиробництва приватними домогосподарствами додатково здійснюється Кабінетом Міністрів України шляхом затвердження державної цільової економічної програми стимулювання розвитку малої розподіленої генерації з відновлюваних джерел енергії. Державна цільова програма може також включати механізми стимулювання встановлення генеруючих установок, що виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії, та/або установок зберігання енергії на об'єктах критичної інфраструктури.

Державна цільова економічна програма стимулювання розвитку малої розподіленої генерації з відновлюваних джерел енергії має передбачати стимулювання встановлення приватними домогосподарствами генеруючих установок, що виробляють електричну енергію з енергії сонячного випромінювання, встановленою потужністю до 10 кВт разом з установками зберігання енергії у співвідношенні 1 кВт встановленої потужності генеруючої

установки до щонайменше 0,5 кВт\*год ємності установки зберігання енергії. У разі поширення стимулювання на інші категорії споживачів відповідною державною цільовою програмою можуть бути визначені співвідношення встановленої потужності генеруючої установки до ємності установки зберігання енергії та інші вимоги до таких генеруючих установок, установок зберігання енергії та додаткового обладнання, що має бути встановлено разом з такими генеруючими установками.

Походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії суб'єктом господарювання, який виробляє електричну енергію з відновлюваних джерел енергії, споживачем, який встановив генеруючу установку, призначену для виробництва електричної енергії з відновлюваних джерел енергії, з метою забезпечення власного споживання, або активним споживачем підтверджується гарантіями походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, які видаються безоплатно відповідно до порядку видачі, обігу та погашення гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, який затверджується Кабінетом Міністрів України. Пропозиції щодо порядку видачі, обігу та погашення гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, готуються Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг.

Гарантія походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, є приналежністю електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії. Право власності на гарантію походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, може бути передано окремо від електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії. Обіг гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, може здійснюватися окремо від обсягів електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії.

### **1.3 Аналіз основних положень формування кластерів відновлювальної енергетики**

Кластери відновлюваної енергетики, також відомі як енергетичні хаби або зони відновлюваної енергетики, - це географічні території, де розробляються, інтегруються та координуються різні ресурси та технології відновлюваної енергетики з метою максимізації ефективності виробництва та розподілу енергії. Ці кластери покликані вирішувати проблеми, пов'язані з переходом від викопного палива до екологічно чистих і сталих джерел енергії. Аспекти кластерів відновлюваної енергетики:

1. Різноманітні відновлювані ресурси: Кластери відновлюваної енергетики часто включають різноманітні джерела відновлюваної енергії, такі як вітер, сонце, гідроенергія, геотермальна енергія та біомаса. Поєднуючи ці ресурси, вони можуть забезпечити більш стабільне та надійне енергопостачання.

2. Інтеграція та координація: Ці кластери призначені для інтеграції різних відновлюваних технологій та джерел енергії з метою оптимізації виробництва, зберігання та розподілу енергії. Така інтеграція допомагає збалансувати непостійний характер деяких відновлюваних джерел енергії (наприклад, вітрової та сонячної) і забезпечує стабільне енергопостачання.

3. Розвиток інфраструктури: Кластери відновлюваної енергетики потребують розвитку інфраструктури, включаючи лінії електропередачі, технології "розумних мереж", для ефективного транспортування та управління енергією, виробленою в межах кластера.

4. Економічні вигоди: Кластери відновлюваної енергетики можуть стимулювати місцеву економіку шляхом створення робочих місць у секторі відновлюваної енергетики та залучення інвестицій. Вони також можуть сприяти відродженню регіонів з багатими ресурсами відновлюваної енергії.

5. Децентралізація: У багатьох випадках кластери відновлюваної енергетики сприяють більш децентралізованій енергетичній системі, зменшуючи залежність від централізованих електростанцій на викопному паливі та підвищуючи енергетичну стійкість.

6. Екологічні переваги: Використання відновлюваної енергії в кластерах зменшує викиди парникових газів, забруднення повітря та залежність від невідновлюваних джерел енергії, сприяючи екологічній стійкості та пом'якшенню наслідків зміни клімату.

7. Експорт енергії: Деякі кластери відновлюваної енергетики призначені для експорту надлишкової енергії в сусідні регіони або країни, що може бути економічно вигідним і сприяти зростанню галузей чистої енергетики.

8. Політична та регуляторна підтримка: Уряди та регуляторні органи часто відіграють вирішальну роль у розвитку кластерів відновлюваної енергетики, впроваджуючи політику та стимули для заохочення інвестицій та співпраці між різними зацікавленими сторонами.

9. Дослідження та інновації: Кластери відновлюваної енергетики можуть слугувати центрами досліджень і розробок, сприяючи інноваціям у сфері технологій відновлюваної енергетики та управління мережами.

10. Стійкість: Диверсифікуючи джерела енергії та впроваджуючи передові стратегії управління мережею, кластери відновлюваної енергетики можуть підвищити стійкість енергетичної інфраструктури, роблячи її більш надійною перед обличчям екстремальних погодних явищ або інших збоїв.

Конкретний дизайн і масштаб кластерів відновлюваної енергетики можуть відрізнятися в різних регіонах залежно від наявних ресурсів, технологічних можливостей і місцевих потреб. Ці кластери є ключовим компонентом глобальних зусиль, спрямованих на перехід до більш сталої та чистої енергетики в майбутньому. Такі кластери можуть стати основою для формування ВДЕ-спільнот, вони можуть стати основоположною базою, або як шаблон при формуванні енергетичного співтовариства.

Поточні прогнози показують, що для досягнення цілей, встановлених Паризькою угодою, електроенергія з відновлюваних джерел повинна становити щонайменше 40%. Деякі стверджують, що 100% ВДЕ є бажаною та досяжною ціллю і відповідає більш демократично організованій енергетичній системі [7].

Щоб досягти більшої частки електроенергії з відновлюваних джерел, потрібні нові конструкції електромереж, які забезпечують більше варіантів балансування та гнучкості. В останні роки, оскільки інформація, пов'язана з електромережами, нові технології та матеріали управління електромережами збільшили кількість так званих інтелектуальних мереж, які дозволяють краще координувати елементи виробництва, попиту та розподілу. На тлі цього розвитку, узгодження пропозиції з попитом призводить до трьох основних змін в енергетичній інфраструктурі, а саме «можливість супермереж, які можуть транспортувати великі обсяги електроенергії на великі відстані до центрів попиту; збільшення гнучкості мережі, щоб відповідати періодичному виробленню відновлюваної електроенергії попиту, який змінюється з часом; збільшення розподілених інфраструктур». У контексті урбанізації, поєднаної з децентралізацією енергетичної діяльності, все більшою необхідністю стають індивідуальні підходи, які відповідають ландшафту та щільності навантаження [8].

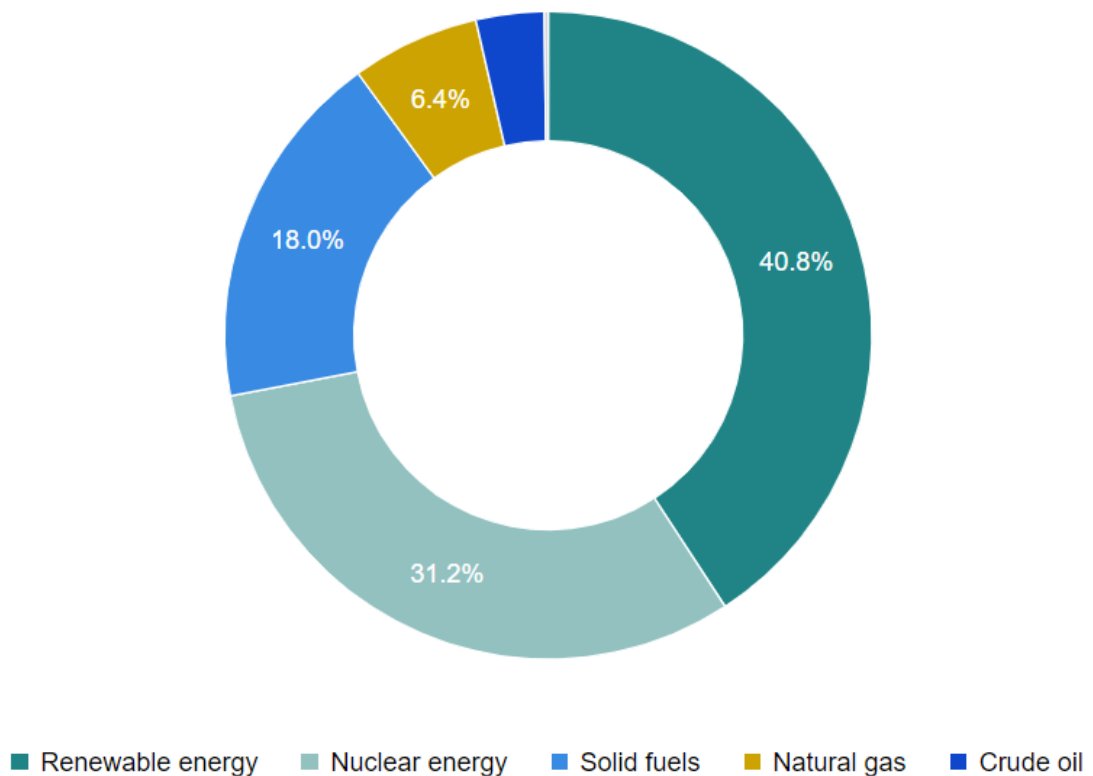


Рисунок 1.2 – Виробництво електроенергії в Європі [<https://ec.europa.eu>]

Окреслення концептуалізації кластерів відновлювальної енергетики, які розглядаються шляхом об'єднання чотирьох взаємопов'язаних елементів, які формують принципи дизайну для адаптації до специфіки контексту. Це: гнучкість, взаємозв'язок, двонаправленість і взаємодоповнюваність.

Варіанти гнучкості дозволяють збільшити баланс відновлюваних джерел енергії в мережі. Вони часто покладаються на інтелектуальні лічильники та включають просюмерство, агрегацію, віртуальні електростанції, мікромережі, однорангову торгівлю, сховище та підвищення чутливості навантажень у часі через адаптивне реагування на навантаження та попит. У той же час ці варіанти покладаються на наявність взаємозв'язку, що дозволяє включати різні суб'єкти, малі чи великі, професійні, чи між ринками та двонаправленість потоків енергії.

Енергетичні кластери також можуть включати інші форми енергії, крім електроенергії, які також спираються на принципи гнучкості, взаємозв'язку та двонаправленості. Сюди входить розподілена енергія, яка може забезпечити резервне виробництво викопного палива або біомаси для повторної електроенергії, централізованої енергетики (наприклад, опалення та охолодження). Розподілена енергія визначається як виробництво тепла або електроенергії поблизу кінця розподільчої мережі та інші методи, які можуть збалансувати навантаження в подібному локальному масштабі. Центральна енергетика, або теплові мережі, складаються з опалення та охолодження кількох будівель, у яких тепло або холод розподіляється шляхом циркуляції або гарячої води, або пари низького тиску через підземні трубопроводи. Районні мережі включають підземну систему трубопроводів від одного або кількох центральних джерел до промислових, комерційних і житлових користувачів. Тепло, що подається в будівлі, також можна використовувати для кондиціонування повітря шляхом додавання теплового насоса. Таким чином, централізоване енергопостачання передбачає взаємозв'язок і гнучкість розподілу опалення та охолодження в системі; він часто залежить від цілого ряду учасників, оскільки він може отримувати відпрацьоване промислове тепло (наприклад, стічні води, промислові процеси), сонячна енергія, біомаса, геотермальна енергія, енергія з

відходів, комбіноване тепло та електроенергія або охолоджуюча вода глибокого озера. ТЕЦ одночасно виробляє як тепло, так і електроенергію, оскільки вона вловлює відпрацьоване тепло від виробництва електроенергії, і може використовуватися на основі викопного палива або біомаси, біопалива, а опалювальне навантаження може поєднуватися з сонячним нагріванням гарячої води або відпрацьованим теплом і розподілятися через централізовану енергетику системи [9].

Основними джерелами ВДЕ є сонячна фотоелектрична енергія, вітер, біомаса, біогаз і гідроелектростанції. У той час як головна мета енергозабезпечення полягає в підтримці надійності для споживачів енергії та мінімізації їхніх економічних втрат, багато відновлюваних форм виробництва енергії змінюються як на короткому, так і на довгому масштабі часу (години, дня, місяця). На часовій основі комплементарність (асинхронність виробництва змінної енергії, яка згладжує загальне або комбіноване виробництво енергії з часом) ВДЕ, сонячної енергії, вітрової або гідро- має численні переваги, які зменшують перешкоди для включення більшої частки змінних джерел ВДЕ в електричну мережу. Наприклад, багато досліджень продемонстрували економічну доцільність і надійність автономних гібридних сонячних фотоелектричних і вітрових установок [10].

Проте література демонструє інші переваги взаємодоповнюваності ВДЕ, головним чином здатність інтегрувати більшу частку відновлюваних джерел енергії в мережу або покращити економічну ефективність систем ВДЕ. У випадку країн, що розвиваються, Zhang та інші [11]. виявили, що початковий канал передачі гідроенергії може забезпечувати відносно стійке та стабільне електропостачання для мережі з комбінованим використанням каскадної гідроелектростанції (14 700 до 15 300 МВт) і фотоелектричної системи (4950–13050 МВт). Показано також, що взаємодоповнюваність покращується з додаванням опцій гнучкості та покращує економіку самих опцій гнучкості. Рамірес Камарго [12], виявив у випадку сонячних фотоелектричних та батарейних систем для постачання електроенергії для окремих самодостатніх

домогосподарств у проміжній щільності та малонаселених районах, включення невеликих вітряних турбін до кластера з 10 домогосподарств зменшило загальні витрати на систему та необхідні ємності для зберігання. Сан і Гаррісон демонструють [13], що коли сонячні фотоелектричні та вітрові ресурси поєднуються, а не розглядаються як окремі ресурси, ця взаємодоповнюваність призводить до більш ефективного використання потужності мережі відновлюваними джерелами енергії, збільшує кількість генеруючих потужностей ВДЕ, які може прийняти мережа, і загальний експорт енергії, ці покращені результати ще більше посилюються завдяки гнучким можливостям технології активного управління мережею, і ще більше збільшуються завдяки управлінню, а саме - ретельно розробленим правилам скорочення.

Перехід до більшої частки ВДЕ також вимагає просторової реорганізації енергетичних систем, міських ландшафтів [14]. Децентралізація систем ВДЕ не буде розподілена рівномірно, існуватимуть різні технології та комбінації для різних контекстів, і цей нерівномірний розподіл буде по-різному співпадати з різними групами населення, з різним соціально-економічним статусом, культурою, місцевою політикою та моделями місцевого економічного розвитку [15].

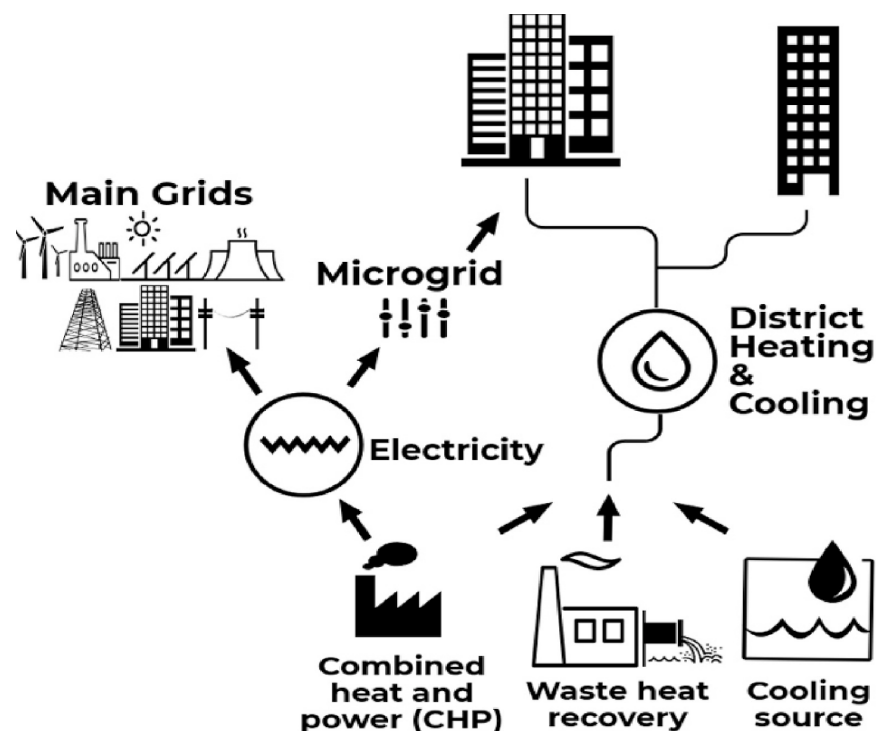


Рисунок 1.3 – Елементи кластерів відновлювальної енергетики

Одним з ключових факторів, що сприяє такому нерівномірному розподілу, є розбіжність у щільності енергії на одиницю площі ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) між пропозицією енергії та попитом на енергію. Поряд з часовими коливаннями відновлюваної енергії, відновлювані джерела часто можуть мати на кілька порядків меншу щільність енергії на одиницю площі ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ), ніж традиційна тепла генерація. Ця нижча щільність енергії означає, що відновлювана і розподілена генерація створює нові вимоги до використання простору і вимагає поєднання просторового та енергетичного планування. У той же час, іншою ключовою тенденцією при розгляді енергетичного переходу є урбанізація, ключовий фактор зростання, який впливатиме на центри попиту на енергію, так само як і електрифікація транспорту. Попит на енергію залежить від планування землекористування та відносного розташування, форми і щільності забудови промислових, комерційних і житлових центрів. Просторова щільність попиту на енергію в міських центрах може бути на кілька порядків вищою за просторову щільність виробництва ВДЕ [16]. Зростання попиту на електроенергію в щільному центрі міста випереджає розмір ліній електропередач, це може спричинити тиск на постачання, оскільки доставка достатньої кількості електроенергії або енергії до міського центру може призвести до перевантажень та обмежень в електромережі.

#### **1.4 Визначення енергетичних співтовариств та енергетичних кластерів відповідно до європейського законодавства**

RED (Renewable Energy Directive) [17], надає споживачам право пропонувати, будь то фізичні особи, організації та підприємства індивідуально або колективно організовані в Спільноти відновлюваної енергії. ВДЕ-спільноти мають власну територію діяльності, яка не підпадає під дію IEMD (Internal Electricity Market Directive) [18], що стосується інших видів енергії, тобто не електроенергії. У цьому відношенні можливість отримати вигоду від маломасштабної резервної традиційної генерації є важливим

елементом для рішень мікромережі, незалежно від того, чи є вона в мережі або поза нею. «Право на пропозицію» передбачає право генерувати ВДЕ, у тому числі для власного споживання, а також зберігати або продавати надлишкову вироблену електроенергію, у тому числі через угоду купівлі-продажу електроенергії, постачальників і однорангову торгівлю, отримуючи ринкову винагороду та гарантії. Доступ до всіх відповідних енергетичних ринків безпосередньо або через агрегацію. Найважливіше те, що в контексті кластера це також включає право для спільнот ВДЕ ділитися, виробленою енергією на їхній ділянці у цій спільноті. Для просування ВДЕ, RED містить «сприятливу структуру» для цих споживачів, які традиційно отримували енергію однонаправлено з основної мережі, щоб стати споживачами, припускаючи двонаправлені та взаємопов'язані відносини виробництва та споживання енергії між споживачами. Декларація 71 RED передбачає: «Спільноти, що працюють з відновлюваними джерелами енергії, повинні мати можливість ділитися між собою енергією, яку виробляють їхні установки, що належать їхнім громадам. Забезпечуючи «сприятливу структуру», яка включає можливість спільного використання енергії між споживачами, виробниками та споживачами на місцевому рівні, спільноти ВДЕ сприяють двонаправленому та взаємопов'язаному виробництву та споживанню енергії, що є незамінними елементами кластерів ВДЕ.

Спільне використання електроенергії визначено в пункті 46 ІЕМД і дозволяє членам ВДЕ-спільнот “забезпечуватися електроенергією від генеруючих установок у межах громади, не перебуваючи в безпосередній фізичній близькості або за єдиною точкою обліку.” Сюди входить право на віртуальне мережеве вимірювання, яке є результатом попереднього уривку того ж пункту, який описує конкретний зв'язок з інформаційно-комунікаційними технологіями: “Громадські енергетичні спільноти не повинні стикатися з нормативними обмеженнями, якщо вони застосовують існуючі або майбутні інформаційно-комунікаційні технології, ділити електроенергію з генеруючих активів у межах громади між її членами або акціонерами на основі ринкових

принципів, наприклад, шляхом компенсації енергетичної складової членів, використовуючи генерацію, доступну в межах громади, навіть через громадську мережу, за умови, що обидві точки обліку належать громаді”. ст. 22 абзац 4 RED передбачає, “спільноти з відновлюваної енергетики не підлягають дискримінаційному ставленню щодо їхньої діяльності, прав та обов’язків як кінцеві споживачі, виробники, постачальники, оператори системи розподілу або як інші учасники ринку, підкреслюючи своє право володіти та керувати системами розподілу” [19].

Нові можливості для гнучкості, які приносить енергетичний перехід, а також супутні виклики відображаються як у RED, так і в IEMD. Нові правила заохочують спільне використання енергії та елементи гнучкості, взаємозв’язку та двонаправленості, насамперед через правила щодо інтелектуальних лічильників та мікромереж. Сторінки 19-22 IEMD: “Перезапустити впровадження "розумних" лічильників з відповідними положеннями, що застосовуються до майбутніх установок і до установок, що замінюють старі "розумні" лічильники”, ст. 19 параграфу 2 IEMD передбачає, що держави-члени повинні забезпечити впровадження інтелектуальних систем вимірювання на своїх територіях, які сприятимуть активній участі споживачів на ринку електроенергії. Однак це може підлягати оцінці витрат і вигоди. Тим не менш, відповідно до ст. 21 IEMD, навіть якщо інтелектуальний лічильник негативно оцінюється в результаті цієї оцінки витрат і вигоди, споживачі як кінцеві споживачі, несучи відповідні витрати, мають право на встановлення або модернізацію інтелектуального лічильника. Основним обґрунтуванням є сприяння енергоефективності та розширення можливостей кінцевих споживачів з метою оптимізації використання електроенергії. Нове законодавство досягає цього, серед іншого, шляхом запровадження сумісних інтелектуальних систем вимірювання, зокрема, із системами управління енергією споживачів та інтелектуальними мережами, надаючи послуги з управління енергією та розробляючи інноваційні формули ціноутворення.

Крім того, ст. 16 параграфу IEMD передбачає для держав-членів можливість надавати енергетичним спільнотам право володіти, створювати, купувати чи орендувати розподільчі мережі та автономно керувати ними. У цьому випадку, коли спільноти діють як оператор мережі, вони стає адресатом нормативної бази та, умов, викладених у ст. 16 IEMD. Однак, як зазначено в пункті 47, IEMD дозволяє державам-членам надавати таким мережам ті самі привілеї, що й закритим розподільчим мережам у значенні ст. 38 IEMD, зокрема, звільнення від вимог щодо закупівель та затвердження. Це особливий виняток для енергетичних співтовариств, оскільки ст. 38 IEMD, як правило, виключає кваліфікацію як закриті розподільчі мережі, якщо живляться побутові споживачі. RED визначає «однорангову торгівлю» як « продаж відновлюваної енергії між учасниками ринку за допомогою контракту із заздалегідь визначеними умовами, що регулюють автоматизоване виконання та розрахунок угоди, або безпосередньо між учасниками ринку або опосередковано через сертифікованого стороннього учасника ринку, такого як агрегатор. Основні технології розподіленої книги, наприклад блокчейн, покладаються на концепцію відстеження окремих транзакцій одночасно в спільній книзі, якій сторони транзакції довіряють бути точною та постійною. Інтернет, будучи децентралізованою за своєю фізичною структурою, є природною інформаційною сіткою для технологій розподіленої книги. Більшість пілотних і дослідницьких проектів зосереджені на прямому обміні енергією між клієнтами, тобто «рівному» маркетингу енергії та пропозиції електроенергії на основі криптовалют. Однак сфери застосування включають управління торгівлею та зарядкою електромобілів або оптимізацію внутрішніх і бізнес-процесів у спільнотах.

Нові правила також пропонують потенціал для взаємодоповнюваності ВДЕ в спільних трьома способами:

1. Дозволяючи використовувати різні ресурси
2. Завдяки гнучкому варіанту торгівлі між споживачами та виробниками, що підтримує ряд ресурсів, які можуть бути взаємодоповнюючими

### 3. Право володіти та управляти розподільчими мережами або делегувати їх управління.

Іншими факторами, що сприяють взаємодоповнюваності, є преференційні правила для спільнот щодо обмеження, пріоритетної диспетчеризації, торгівлі на ринку "на добу наперед" та внутрішньодобовому ринку, а також щодо доступу до балансуєчих ринків. IEMR (Internal Electricity Market Regulation) [20], визначає принцип пріоритетної диспетчеризації для ВДЕ-станцій зі встановленою потужністю менше 400 кВт та для демонстраційних проектів інноваційних технологій. Однак, пріоритетна диспетчеризація має бути поступово скасована з порогом менше 200 кВт для ВДЕ-станцій, введених в експлуатацію після 1 січня 2026 року. Що стосується неринкового перерозподілу. IEMR робить виняток для самостійно виробленої електроенергії з ВДЕ, яка не подається в мережу, дозволяючи низхідний перерозподіл і можливе обмеження, тільки якщо немає іншого рішення для вирішення питань безпеки мережі

Окрім загальних прав та обов'язків, існують також правила балансування з специфікаціями та винятками для енергетичних співтовариств. Відповідно до ст. 5 IEMR, учасники ринку несуть відповідальність за баланс, тобто вони несуть відповідальність за будь-який дисбаланс, який вони викликають в системі електроенергії, або самі є « сторонами, відповідальними за баланс », або можуть передати свою відповідальність за договором. Проте держави-члени можуть дозволити винятки для установок з ВДЕ зі встановленою електричною потужністю менше 400 кВт (і для установок з ВДЕ, введених в експлуатацію після 1 січня 2026 року, менше 200 кВт) за умови, що фінансову відповідальність за дисбаланс виконує інша сторона. Недискримінаційний доступ відновлюваної електроенергії також до балансуєчих ринків гарантується ст. 6 IEMR, включаючи електроенергію, вироблену зі змінних ВДЕ, реагування на попит та накопичення енергії, незалежно від того, чи є воно індивідуальним або через агрегування.

RED та IEMD пропонують нову загальноєвропейську модель управління для енергетичних співтовариств (див. Таблицю 1.1 ). Обидва типи енергетичних співтовариств зосереджуються на екологічних, економічних або соціальних перевагах спільноти, а не на прибутках, і обмежують ефективний контроль енергетичної спільноти їхніми місцевими членами або акціонерами як основними бенефіціарами. Спільноти роблять це, прив'язуючи контроль до критеріїв місцевості та географічної близькості своїх членів або акціонерів. З іншого боку, обмежують контроль розміром акціонерів та їх комерційною діяльністю та виключають ті, для яких енергетика є основною сферою діяльності.

Що стосується стимулів, RED ставить спільноти у кращу позицію щодо державних органів та інших електроенергетичних компаній, надаючи каталог чітких прав, наданих конкретно їм, і визначаючи принципи недискримінаційного та пропорційного ставлення. Цей додатковий обсяг RED має особливе значення для держав-членів, де спільнот ще не існує, наприклад, у Східній Європі. Це зобов'язання держав-членів. RED включає забезпечення того, щоб невинуваті регуляторні та адміністративні бар'єри були усунуті, інструменти для полегшення доступу до фінансів та інформації були доступними, регуляторна підтримка та підтримка з розбудови спроможності надавалася державним органам у створенні спільнот, а також допомагаючи органам влади брати безпосередню участь, що вони враховують особливості співтовариств з відновлюваної енергетики при розробці схем підтримки, щоб дозволити їм конкурувати за підтримку на рівних з іншими учасниками ринку. Щоб уникнути можливості створення комунальними підприємствами або фінансовими інвесторами, отримати вигоду від цієї орієнтованої на споживача «сприятливої структури», RED обмежує корпоративний контроль вищезазначеними кваліфікованими категоріями суб'єктів господарювання та виключає підприємства, чия участь у спільнотах становить їх основну комерційну чи професійну діяльність.

Таблиця 1.1 – Модель управління енергетичними спільнотами в рамках RED та IEMD

Критерії	Спільноти з відновлюваних джерел енергії відповідно до RED	Спільноти з відновлюваних джерел енергії відповідно до IEMD
Прийнятність	Фізичні особи Малі та середні підприємства місцеві органи влади	відкритий для всіх типів організацій
Основне призначення	Екологічні, економічні чи соціальні вигоди для , членів спільноти або для місцевих територій.	
Членство	Добровільна участь, відкрита для всіх потенційних місцевих членів на основі недискримінаційних критеріїв.	Добровільна участь, відкрита для всіх потенційних членів на основі недискримінаційних критеріїв.
Власність і контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ефективно контролюється акціонерами або членами, які розташовані поблизу проекту ВДЕ;</li> <li>• Є автономним (жоден окремий акціонер не може володіти більше ніж 33% акцій)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ефективно контролюється акціонерами або учасниками проекту;</li> <li>• Обмеження для компаній, що входять до складу акціонерного контролюючого суб'єкта;</li> <li>• Акціонери, які займаються великою комерційною діяльністю і для яких енергетика є основною сферою діяльності, виключені з-під контролю.</li> </ul>

## **Висновки до розділу 1**

В даному розділі проведено аналіз нормативно-правового забезпечення, щодо впровадження спільнот відновлювальних джерел енергії та аналіз сучасного стану розвитку ВДЕ-спільнот в Європі.

Розглянуті основні положення європейських директив, а саме: RED та IEMD при цьому механізми щодо формування кластерів відновлювальної енергії, їхні особливості та переваги для формування ВДЕ-спільнот.

В результаті проведено дослідження сформовано завдання для подальшої роботи та визначена необхідність провести аналіз методів та підходів формування та функціонування ВДЕ-спільнот та розрахунок економічних характеристик ефективності діяльності учасників енергетичного співтовариства

## 2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПІДХОДІВ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ВДЕ-СПІЛЬНОТ

### 2.1 Основні вимоги та моделі ВДЕ-спільнот

За останні кілька років у зв'язку з поступовою зміною клімату, декарбонізація сектору електроенергетики стала одним із ключових цілей в усьому світі ( в Європі чиста енергія. Пакет для всіх європейців). Це сприяло швидкому розгортанню енергетичних співтовариств, де користувачі стають “просьюмерами”, вони генерують електроенергію для власного споживання, або продати її в мережу чи іншим користувачам у спільноті. Таким чином ВДЕ-спільнота дозволяє знизити інвестиційні витрати і збільшити самоспоживання та самозабезпечення, а також отримати дохід від продажу електричної енергії [32].

Враховуючи основні положення європейських директив які входять до 4-го енергетичного пакету ЄС, для суб'єктів ВДЕ малої потужності відкрита велика можливість розвитку. При імплементації положень європейських актив дані суб'єкти можуть бути звільнені від участі у тендерних або аукціонних процедурах та здійснювати свою діяльність на ринку енергетичних послуг . Для участі у ВДЕ спільноті існують декілька вимог :

Забезпечення доступності. Суб'єкти ВДЕ повинні бути доступними для всіх учасників спільноти. Це може вимагати інвестицій у встановлення ВДЕ та інфраструктуру, що підтримує їх роботу.

Підтримка технологічних інновацій. Спільноти повинні підтримувати технологічні інновації, такі як енергоефективність, зберігання енергії та інтеграція ВДЕ в існуючі енергетичні системи.

Забезпечення економічної ефективності. Спільноти повинні забезпечувати економічну ефективність використання ВДЕ шляхом зменшення витрат на власні потреби.

Зменшення негативного впливу на довкілля: Спільноти повинні додержуватись екологічної безпеки за рахунок зменшення негативного впливу на стан довкілля при створенні та експлуатації об'єктів альтернативної

енергетики, а також при передачі, транспортуванні, постачанні, зберіганні та споживанні енергії, виробленої з альтернативних джерел.

Цінності та місія. Спільнота може мати встановлену свою місію та цінності, які пов'язані з розвитком ВДЕ, тому перед вступом необхідно ознайомитись з ними та переконатись, що вони відповідають вашим цінностям та місії.

Навички та досвід. Вступ до спільноти ВДЕ може вимагати наявності певних навичок та досвіду у сфері ВДЕ. Наприклад, необхідно членам спільноти володіти знаннями про сонячні, вітряні та гідроенергетичні технології, уміння розраховувати витрати енергії та інші.

Здібності та інтереси. Вступ до спільноти може вимагати від учасників здібностей та інтересів у сфері ВДЕ. Наприклад, може вимагатись вміння працювати зі збереженням енергії.

ВДЕ спільнота формується з 2 і більше учасників, кожен з яких приносить свою користь, для роботи спільноти необхідне обладнання, таке як системи накопичення енергії, можливості підключення до мережі, сонячні панелі або вітрові генератори, спільнота працює на власну користь, із сумарної генерованої енергії кожен член спільноти отримує свою частку, яка визначається внеском кожного члена, у свою чергу свою частку кожен член може використовувати як для себе, так і для продажу у мережу.

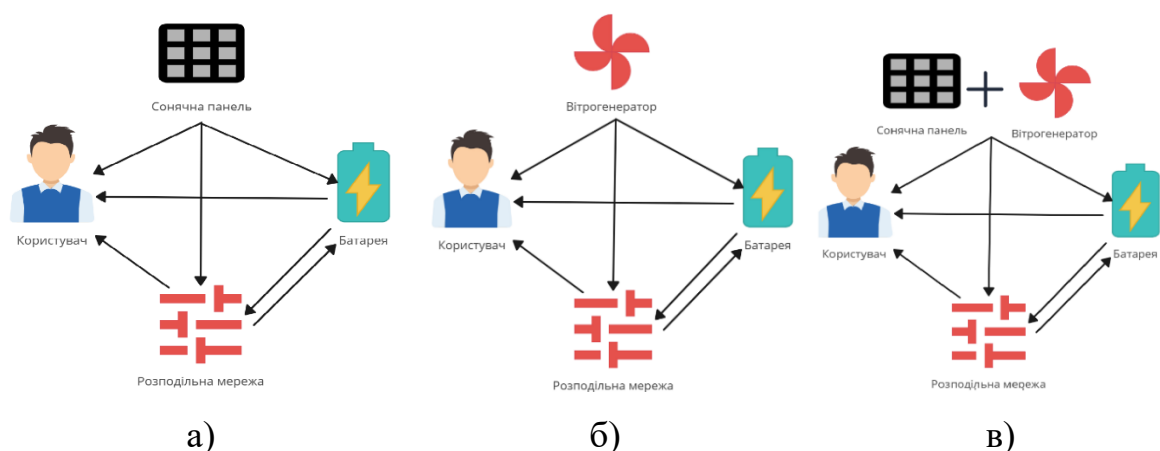


Рисунок 2.1 – Схема формування ВДЕ спільноти з використанням різних технологій  
(а – сонячні панелі, б-вітрогенератори, в- сонячні панелі та вітрогенератори)

В залежності від складу учасників і технологій використання енергії пропонуємо розглянути підхід до оцінювання економічності приєднання різних учасників до ВДЕ-спільноти[33].

Фактор спільної вартості для кожного учасника в спільноті обчислюється на основі впливу його на спільноту. Цей вплив обчислюється шляхом порівняння вартості спільноти,  $n$  учасника, з вартістю спільноти без цього учасника  $u$ ,  $n-1$  користувачів. Розв'язуються  $n+1$  задача, одна за ціле спільнота ( $n$  учасників), і  $n$  проблем з  $n-1$  кожен один ( по одному для кожного користувача, видаленого зі спільноти). Математичний вираз для цих коефіцієнтів спільного використання представлено у формулах (2.2)-(2.4), а загальна вартість спільноти представлена формулою (2.1).

$$TC = \frac{z^n - z_u^{n-1}}{\sum_{k \in U} (z^n - z_k^{n-1})} \cdot z^n \quad (2.1)$$

$$WSTC = \frac{pu^n - pu_u^{n-1}}{\sum_{k \in U} (pu^n - pu_k^{n-1})} \cdot pu^n \cdot CAPV \quad (2.2)$$

$$BTC = \frac{b^n - b_u^{n-1}}{\sum_{k \in U} (b^n - b_k^{n-1})} \cdot b^n \cdot CAB \quad (2.3)$$

$$GTC = \frac{cc^n - cc_u^{n-1}}{\sum_{k \in U} (cc^n - cc_k^{n-1})} \cdot cc^n \cdot CTP \quad (2.4)$$

де,  $pu^n, b^n, z^n$  - оптимальні значення сонячних панелей, вітрогенераторів, батареї, загальної вартості  $z$  (цільова функція- інвестиційна вартість+ вартість операції для всієї спільноти);

$pu_k^{n-1}, b_k^{n-1}, z_k^{n-1}$  - оптимальні значення сонячних панелей, вітрогенераторів, батареї, загальної вартості  $z$  для спільноти без користувача  $k, (n-1)$ ;

$CAPV$  - вартість амортизації фотоелектричної установки, вітрогенератора;

$CAB$  - вартість амортизації акумулятора;

$CTP$  - вартість підключення до мережі;

$TC$  - загальна вартість;

*WSTC* - загальна амортизаційна вартість фотоелектричної установки, вітрогенератора;

*BTC* - загальна амортизаційна вартість акумулятора;

*GTC* - загальна вартість підключення до мережі;

В залежності від структури спільноти, вартості використаних технологій, експлуатаційних характеристик обладнання та процесу взаємодії спільноти з учасниками ринку електроенергії залежить ефективність повернення інвестицій і прибутку для кожного учасника.

### **2.2.1 Значення спільнот ВДЕ для суспільства**

#### Вплив зміни клімату

Неможливо переоцінити важливість спільнот ВДЕ у боротьбі зі зміною клімату. Традиційні джерела енергії, такі як викопне паливо, значною мірою сприяють викидам парникових газів, які є основною рушійною силою глобального потепління. Спільноти ВДЕ пропонують більш стійкий підхід до виробництва енергії, покладаючись на такі джерела, як сонячна, вітрова, гідро- та геотермальна енергія, які не виробляють прямих викидів або майже не виробляють їх. Сприяючи використанню відновлюваних джерел енергії, такі спільноти відіграють важливу роль у пом'якшенні зміни клімату та зменшенні впливу на навколишнє середовище

#### Децентралізація та енергетична незалежність

Громади ВДЕ сприяють енергетичній децентралізації та незалежності, надаючи можливість місцевому населенню генерувати, зберігати та управляти своєю енергією. Це зменшує залежність від централізованих енергетичних мереж та іноземного імпорту енергії, підвищуючи енергетичну безпеку та стійкість. В умовах стихійних лих або інших збоїв місцеві спільноти ВДЕ можуть продовжувати функціонувати, забезпечуючи стабільне енергопостачання.

Формування громад ВДЕ може стимулювати економічне зростання на місцевому та регіональному рівнях. Інвестиції в інфраструктуру відновлюваної енергетики створюють робочі місця, залучають бізнес і збільшують вартість власності. Крім того, виробляючи власну енергію, члени громади можуть потенційно зменшити витрати на енергію та перенаправити свої заощадження в інші сфери місцевої економіки, таким чином підвищуючи економічну стабільність громади.

### **2.2.2 Експлуатаційні аспекти ВДЕ-спільнот**

Виробництво відновлюваної енергії є основою громад ВДЕ. Вибір джерел енергії залежить від місцевих умов і ресурсів. Сонячні панелі особливо популярні в регіонах з великою кількістю сонячного світла, тоді як вітряні турбіни ідеально підходять для вітряних областей. Гідроенергетичні та геотермальні джерела вибираються в районах із відповідними географічними особливостями. Збалансування енергетичної суміші має важливе значення для забезпечення надійності та стійкості.

Зберігання енергії у спільнотах ВДЕ використовується для власних потреб або для продажу у мережу. Акумуляторні системи зберігання часто використовуються для зберігання надлишку енергії під час пікового виробництва та вивільнення його під час періодів низького виробництва. Ефективні рішення для зберігання енергії необхідні для забезпечення стабільного енергопостачання та зменшення залежності від основної мережі.

Інтеграція відновлюваних джерел енергії в існуючу енергетичну мережу є серйозною проблемою для спільнот ВДЕ. Технології розумних електромереж і системи мікро мереж використовуються для ефективного управління розподілом енергії та інтеграцією в мережу. Ці технології допомагають збалансувати попит і пропозицію, зменшити втрати при передачі та підвищити стійкість мережі.

Деякі громади навіть прагнуть повністю відключитися від основної мережі, працюючи як мікро мережа.

### **2.2.3 Методи і підходи функціонування ВДЕ-спільнот**

Визначення місцевих підприємств та зацікавлених сторін які зацікавленні у відновлювальних джерелах енергії, це можуть бути місцеві жителі, школи, органи самоврядування чи некомерційні організації.

Формування основної групи: створення основної групи людей які найбільш за мотивовані і які можуть очолити ініціативу. Така група може взяти на себе такі обов'язки як розробка проекту, збір коштів та юридичні питання.

Визначення цілей та завдання спільноти ВДЕ. Зосередження на сонячній енергії, енергії вітру, біомасі чи комбінації відновлюваних джерел. Перевірка, чи цілі відповідають потребам і ресурсам спільноти.

Визначення юридичної структури енергетичного проекту спільноти. Загальні структури включають кооперативи, некомерційні організації або комерційні організації. Структура має відповідати цілям спільноти та забезпечувати чітку структуру управління

Фінансове планування, пошук потенційних джерел фінансування, включаючи гранти, позики та внески членів. Розробка фінансового плану із зазначенням витрат, очікуваного доходу та періодів окупності.

Вибір місця та оцінка ресурсів для проектів з відновлюваної енергетики, наприклад, дахи для сонячних панелей, вітряних турбін або зон для виробництва біомаси. Виконання оцінки ресурсів потрібно, щоб зрозуміти енергетичний потенціал місцевості.

Забезпечення дотримання місцевих, регіональних і національних норм. Отримання необхідних дозволів та схвалення для проектів у сфері відновлюваної енергетики.

Вибір відповідної технології відновлюваної енергії, виходячи з наявних ресурсів, бюджету та потреб спільноти. Закуп необхідного обладнання та матеріалів.

Монтаж системи відновлюваної енергетики. Це може передбачати наймання підрядників або волонтерів громади.

Експлуатація та технічне обслуговування: Створення плану поточної експлуатації та технічного обслуговування, щоб забезпечити надійність і довговічність проектів ВДЕ.

Підтримання прозорості і взаємодія з членами спільноти, щоб тримати їх в курсі події та залучати нових членів до спільноти.

Визначення, які доходи, отримані від продажу енергії будуть розподілятися між членами та реінвестуватися в спільноту.

Інформаційна робота спільноти така як реклама чи конференції може сприяти зростанню членства та підтримки проекту.

Моніторинг та звітність: Постійне вистежування ефективності проектів ВДЕ та звіт про результати членам спільноти.

Розширення спільноти: Можливості розширення спільноти ВДЕ шляхом додавання нових проектів або збільшення потужності існуючих.

Нормативні акти, які заохочують ініціативи щодо відновлюваних джерел енергії та громадської енергії на місцевому, регіональному та національному рівнях.

Пошук співпраці з іншими громадськими організаціями, місцевими підприємствами та державними установами, щоб використовувати ресурси та досвід.

Формування ВДЕ-спільноти вимагає відданості, співпраці та довгострокової прихильності до сталого розвитку проекту відновлюваної енергетики.

Математичні вирази для розрахунку: Загальної вартості, суми амортизації плюс вартість експлуатації (2.5), формули (2.6)-(2.15) позначають обмеження: (2.6) баланс попиту; (2.7) баланс сонячної генерації; (2.8) та (2.9) відповідають енергетичному балансу акумулятора для  $t > 1$  та  $t = 1$  відповідно; (2.10) уникає використання безкоштовної енергії від акумулятора; (2.11) пов'язує розмір батареї з верхньою межею яку він може вмістити; (2.12) і (2.13) верхня межа для зарядження та розрядження батареї; (2.14) та (2.15) є верхньою межею для пропускної здатності мережі потужності підключення для споживання та закачування відповідно.

$$\min \left\{ z = CAPV \cdot pv + CAB \cdot b + CTP \cdot cc + \sum_{t \in T} \sum_{w \in \Omega} \Pr^w \cdot \left[ PEC_t^w \cdot (rd_t^w + rb_t^w) - PEV_t^w \cdot (br_t^w + ur_t^w) \right] \right\} \quad (2.5)$$

$$rd_t^w + bd_t^w + ud_t^w = D_t^w; \forall t \in T; \forall w \in \Omega \quad (2.6)$$

$$ud_t^w + ur_t^w + ub_t^w + us_t^w = pw \cdot PVA_t^w; \forall t \in T; \forall w \in \Omega \quad (2.7)$$

$$soc_t^w = soc_{t-1}^w + \eta_c \cdot \Delta_t \cdot (ub_t^w + rb_t^w) - \frac{\Delta_t}{\eta_D} \cdot (br_t^w + bd_t^w); \forall t > 1 \in T; \forall w \in \Omega \quad (2.8)$$

$$soc_t^w = soc_{ini}^w + \eta_c \cdot \Delta_t \cdot (ub_t^w + rb_t^w) - \frac{\Delta_t}{\eta_D} \cdot (br_t^w + bd_t^w); t = 1; \forall w \in \Omega \quad (2.9)$$

$$soc_{ini}_u^w = soc_{|T|}^w; \forall_w \in \Omega \quad (2.10)$$

$$soc_t^w \leq b; \forall t \in T; \forall w \in \Omega \quad (2.11)$$

$$rb_t^w + ub_t^w \leq \alpha_c \cdot b; \forall t \in T; \forall w \in \Omega \quad (2.12)$$

$$bd_t^w + br_t^w \leq \alpha_D \cdot b; \forall t \in T; \forall w \in \Omega \quad (2.13)$$

$$rd_t^w + rb_t^w \leq cc; \forall t \in T; \forall w \in \Omega \quad (2.14)$$

$$br_t^w + ur_t^w \leq \alpha_I cc; \forall t \in T; \forall w \in \Omega \quad (2.15)$$

Де,  $t, T$  - періоди часу  $t \in T$ ;

$w, \Omega$ -сценарії для фотоелектричної системи та попиту;

$\alpha_C, \alpha_D$  - швидкість заряду та розряду акумулятора (кВт/кВт·год);

$\alpha_I$  - підключення до мережі;

$\Delta_t$  - тривалість періоду часу  $t$ , (години);

$\eta_C, \eta_D$  - ефективність заряджання та розряджання акумулятора;

$CA_{PV}$  - вартість амортизації фотоелектричної установки, вітрогенератора;

$CA_B$  - вартість амортизації акумулятора;

$CTP$  - вартість підключення до мережі;

$D_t^w$  - попит споживача;

$PEC_t^w, PEV_t^w$  - Ціна енергії купленої з мережі та проданої у мережу;

$b, pv, cc$  - ємність акумулятора (кВт·год), фотоелектричної батареї (кВт·год), підключення до мережі (кВт)

$bd_t^w, br_t^w$  - потужність від акумулятора до споживача, мережі в період  $t$  сценарію  $w$ , (кВт);

$rb_t^w, rd_t^w$  - потужність мережі до акумулятора, попит у період  $t$  сценарію  $w$ , (кВт);

$soc_t^w, socini_u^w$  - енергія в акумуляторі в кінці періоду  $t$ , перед початком роботи ( $t=0$ ), (кВт·год);

$ub_t^w, ud_t^w, ur_t^w, us_t^w$  - потужність від фотоелектричної станції до акумулятора, попиту, основної мережі, не використовується в період  $t$  за сценарієм  $w$ , (кВт).

### **2.2.4 Переваги та недоліки ВДЕ-спільнот**

Переваги:

- ВДЕ-спільноти значно зменшують викиди парникових газів і погіршення стану навколишнього середовища, сприяючи чистоті навколишнього довкілля.

- Економія витрат на енергію: члени громади часто відчують зниження витрат на енергію в результаті місцевого виробництва енергії, що призводить до фінансової економії.

- Економічне зростання: інвестиції в інфраструктуру відновлюваної енергетики створюють робочі місця, стимулюють місцеву економіку та збільшують вартість власності.

- Енергетична незалежність: спільноти ВДЕ менш вразливі до збоїв у постачанні енергії, що підвищує енергетичну безпеку.

Недоліки:

- Початкові інвестиції: розробка проектів у сфері відновлюваної енергетики вимагає значних початкових інвестицій, що може стати перешкодою для деяких громад.

- Впровадження та підтримка систем відновлюваної енергетики може бути технічно складним, вимагаючи досвіду та ресурсів.

- Нормативно-правова база може становити перешкоди для формування та функціонування спільнот ВДЕ.

## **2.2 Стан та розвиток малої генерації в Україні**

Для проведення аналізу використовувались офіційні дані, що, відповідно до українського законодавства, оприлюднені на сайтах НКРЕКП.

Мета даного дослідження започаткувати систематичне вивчення найменших гравців українського ринку виробників електроенергії з відновлюваних джерел енергії. Сегмент виробників електроенергії з потужністю установок до 1 МВт є важливим для України, однак розвивається повільними

темпами. На відміну від Німеччини, де енергетичний перехід починався за найактивнішої участі малих учасників ринку, в Україні він відбувається повільно. Це спричинено тим, що сам дизайн «зеленотарифного» ринку розроблявся під великих гравців, які були першими його учасниками [21].

З технічної точки зору ВДЕ-електростанції мають два показники, які характеризують їхню потужність: це встановлена потужність (максимальна потужність генеруючого обладнання, наприклад генераторів або фотоелектричних модулів) та потужність приєднання до мережі, відповідно до технічних умов (ТУ), виданих оператором системи передачі або оператором системи розподілу. Потужністю ВДЕ-електростанцій вважається встановлена потужність. Саме за встановленою потужністю НКРЕКП обліковує ВДЕ-електростанції.

НКРЕКП у своїх матеріалах подає інформацію про надання «зеленого» тарифу окремим об'єктам електроенергетики. При цьому, такі об'єкти можуть бути, де-факто, частинами однієї електростанції. ВДЕ-електростанції доволі часто проєктуються для поетапної побудови. Такі етапи побудови можуть складатись, наприклад, із окремих пускових комплексів або окремих черг будівництва.

Трендом розвитку енергосистем розвинутих країн є не лише декарбонізація, але й децентралізація. Зокрема, Bloomberg New Energy Outlook [22], зазначає, що до 2050 року третина встановлених сонячних потужностей буде належати споживачам і знаходитиметься «за лічильником». При цьому ЄС на рівні 4го Енергопакету [3], частина штатів США та Австралія підтримують розвиток розподілених джерел енергії та розподілених енергетичних ресурсів (PER) [23]. Слід виділити кілька причин, чому мала розподілена генерація є важливою і чому її підтримують в розвинутих країнах світу:

- Більш справедливий енергетичний перехід та диверсифікація власності. Локальна мала генерація дає можливість більшою мірою диверсифікувати власність на енергетичні активи. Саме мала відновлювана генерація призвела до того, що в Німеччині з'явилися тисячі нових співвласників

енергетичних активів. При цьому аналітичний центр Agora Energiewende [24], називає розподілені енергетичні ресурси «ключовими для успішного енергетичного переходу»

- Наближення виробництва енергії до споживача. Малі розподілені потужності дають можливості наблизити виробництво електроенергії до споживачів та зменшити потребу транспортувати її з віддалених електростанцій, що працюють на викопному паливі.

- Можливість створення горизонтальних (P2P) ринків. Як доводить досвід ініціативи Brooklyn Microgrid та багатьох подібних, поєднання розподілених джерел енергії з сучасними комунікаційними технологіям дозволяє створити ситуацію, за якої значну кількість енергії споживачу поставляє його сусід, створюючи умови, коли ринок є менш монопольним і більш горизонтальним [25].

- Менший вплив на енергосистему. Розподілена ВДЕ-генерація меншою мірою впливає на енергосистему, оскільки зміни в погоді не призводять до різкого зменшення в генерації, характерного для великої генерації.

- Можливість збільшення надійності енергопостачання. Австралійський регулятор АЕМС у своїх офіційних матеріалах вказує на те, що розподілені енергетичні ресурси (включно із генерацією) дозволяють споживачам збільшити надійність власного енергопостачання та зменшувати власні витрати на електроенергію. В комбінації з засобами накопичення та мікромережами розподілена генерація може суттєво збільшити надійність енергосистем через появу в них напівавтономних одиниць, здатних до часткового самозабезпечення енергією [26].

- Нові можливості для громад та спільнот. Розподілена мала генерація дозволяє громадам частково або повністю забезпечувати свої потреби в енергії, створюючи не-монопольну енергетику. Саме тому 4-й Європейський Енергетичний Пакет приділяє значну увагу розподіленій генерації, що є частиною «енергетичних ініціатив громад»

Звісно, разом із великими можливостями, які приносить розподілена мала генерація, з'являються свої виклики — фінансові, технічні, регуляторні. Застарілі мережі та успадковані від монопольної ери негнучкі системи регулювання (призначені виключно для монопольної моделі та величезних гравців) ускладнюють розвиток малої генерації, однак у світі розробляється все більше підходів, що дозволяють із максимальною користю інтегрувати малих гравців у енергетичні ринки та максимально використати цей потенціал [27].

Станом на 17 червня 2020 року «зелений» тариф в Україні отримали 1 208 ВДЕ-електростанцій (1 357 об'єктів електроенергетики) загальною встановленою потужністю 7,448 ГВт. Власниками цих електростанцій є 894 юридичні особи (включно із ФОП), що виступають ліцензіатами НКРЕКП. Середня потужність ВДЕ-електростанції в Україні становить 6,199 МВт, медіанна — 1,665 МВт. Поточна статистика фокусується на місці малих гравців на ринку ВДЕ-генерації. При цьому для цілей, малими гравцями вважаються комерційні електростанції потужністю до 1 МВт. На сьогодні такі станції займають найменшу частку серед виробників електроенергії з ВДЕ — 184,7 МВт. При цьому ця група виробників є найчисельнішою як за кількістю компаній, так і за кількістю електростанцій: 335 компаній володіють 492 електростанціями потужністю до 1 МВт.

Найбільшу частку на українському ВДЕ-ринку займають станції із встановленою потужністю 10-50 МВт — на них припадає 3,135 МВт встановленої потужності. На другому місці — станції потужністю 5-10 МВт (1,192 МВт)

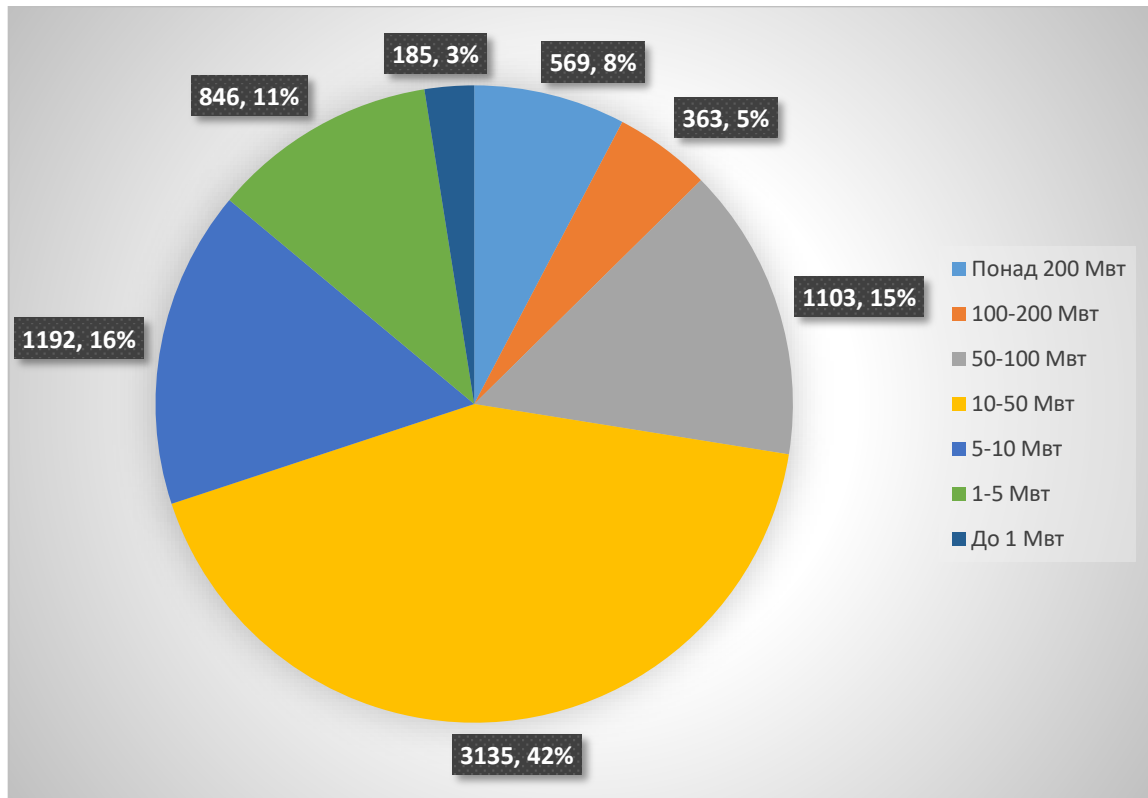


Рисунок 2.2 – Частки ринку груп ВДЕ-електростанцій різної потужності

Таблиця 2.1 – Структура ВДЕ-ринку за потужностями електростанцій

Потужність, МВт	< 1	1–5	5–10	10–50	50–100	100–200	> 200
Кількість станцій, шт.	492	337	168	188	15	2	2
Загальна встановлена потужність, МВт	184,827	846,398	1 191,735	3 134,697	1 102,824	362,875	569,444

З точки зору ВДЕ-технологій, на українському ринку за кількістю та за встановленою потужністю беззаперечно домінують фотовольтаїчні (сонячні) електростанції. На них припадає 5 969 МВт встановленої потужності, ще 1 216 — на вітрові електростанції. Малі та мікроГЕС мають загальну встановлену потужність 116 МВт, електростанції на біомасі — 90 МВт, на біогазі — 97 МВт

Таблиця 2.2 – Структура ВДЕ-ринку за технологіями

Технологія	Загальна встановлена потужність, МВт
Біогаз	90,12
Біомаса	97,33
ВЕС	116,12
мГЕС	1 216,24
СЕС	5 968,73
Всього	7 488,535

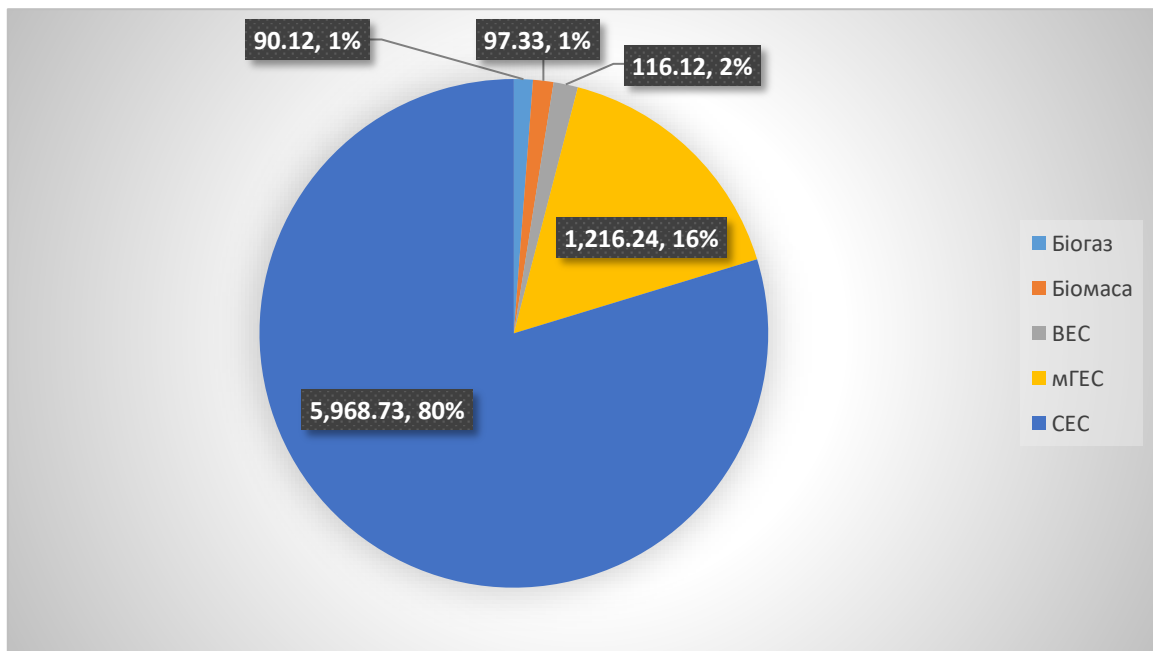


Рисунок 2.3 – Частки різних технологій отримання електроенергії з ВДЕ на українському ринку

Навіть в сегменті електростанцій до 1 МВт існує кілька підкатегорій станцій за потужністю, такі станції були умовно розділені на кілька груп:

- Потужністю до 100 кВт;
- Потужністю від 100 до 300 кВт;
- Потужністю від 300 до 500 кВт;
- Потужністю від 500 кВт до 1 000 кВт (1 МВт).

За загальною агрегованою потужністю найбільшою виявилась група електростанцій потужністю від 500 кВт до 1 МВт, на другому місці — станції потужністю від 300 до 500 кВт. За кількістю станцій найбільш популярною є дві категорії — від 100 до 300 кВт та від 500 кВт до 1 МВт

Таблиця 2.3 – Розподіл малих гравців ринку ВДЕ за потужностями

Потужність, кВт	< 100	100–300	300–500	500–1000
Кількість станцій, шт.	85	159	96	152
Загальна встановлена потужність, МВт	5,46	30,23	38,06	111,08

Ще однією важливою категорією станцій до 1 МВт є категорія станцій до 150 кВт. Зміни в законодавстві в 2019 році дозволили ставити сонячні електростанції потужністю до 150 кВт та підключати їх за «зеленим» тарифом без отримання ліцензії. Для компаній, що володіють такими об'єктами, це — важливий момент, оскільки ліцензійні умови в Україні є однаковими для всіх виробників електроенергії з ВДЕ, безвідносно до потужності об'єкта. В Україні було введено в експлуатацію 134 ВДЕ-електростанції потужністю менше 150 кВт. Їхня загальна потужність складає 11,773 МВт. Серед них — 89 сонячних електростанцій загальною потужністю 7,02 МВт. Згідно з положенням українського законодавства, вони могли б отримати «зелений» тариф без отримання ліцензії [28].

Таблиця 2.4 – Структура генерації потужністю до 150 кВт за кількістю електростанцій та встановленою потужністю

Технологія	Кількість станцій, шт.	Встановлена потужність, МВт
Біогаз	1	0,13
Біомаса	2	0,15
ВЕС	0	0
мГЕС	42	4,48
СЕС	89	7,02
Всього	134	11,77

Однак, тут потрібно взяти до уваги офіційну позицію НКРЕКП. Згідно з нею, без ліцензії на виробництво електроенергії можуть працювати винятково юридичні особи, сукупна потужність усіх сонячних електростанцій яких становить не більше 150 кВт. Тобто компанії з двома електростанціями загальною потужністю 250 кВт вже потрібно отримувати ліцензію. Таким чином претендувати на роботу без ліцензії можуть 65 компаній із загальною встановленою потужністю об'єктів 5,614 МВт. Така ситуація є не логічною і шкодить розвитку розподілених джерел енергії через створення надлишкових бар'єрів для власників малої генерації. В західних країнах із ефективними системами підтримки ВДЕ все більш поширеним підходом для розвитку сектору малих виробників стає підвищення гранулярності ринків. Цей підхід передбачає встановлення вимог до малих учасників енергетичних ринків відповідно та пропорційно до масштабів їхньої діяльності, потужності їхніх активів та впливу на енергетичні системи або ринки. Українська держава зробила перший крок в бік підвищення рівня гранулярності енергетичних ринків, дозволивши власникам різних за технологією електростанцій встановленою потужністю до 150 кВт не ліцензуватись для отримання «зеленого» тарифу.

З точки зору ВДЕ-технологій, що застосовуються малими виробниками електроенергії, картина суттєво відрізняється від загальноринкової. Подібно до

структури всього ринку електроенергії, на першому місці серед малих ВДЕ-електростанцій — сонячні (загальна встановлена потужність — 121,991 МВт). На відміну від «великого» ринку, де друге місце за встановленою потужністю займають ВЕС, серед малих виробників електроенергії ВЕС займають передостаннє місце (загальна встановлена потужність 1,7 МВт). Натомість друге місце серед малих ВДЕ-електростанцій займають міні та мікроГЕС (загальною встановленою потужністю 47 МВт). За ними йдуть малі біогазові електростанції загальною потужністю (13,66 МВт). Останнє місце займають електростанції на біомасі.

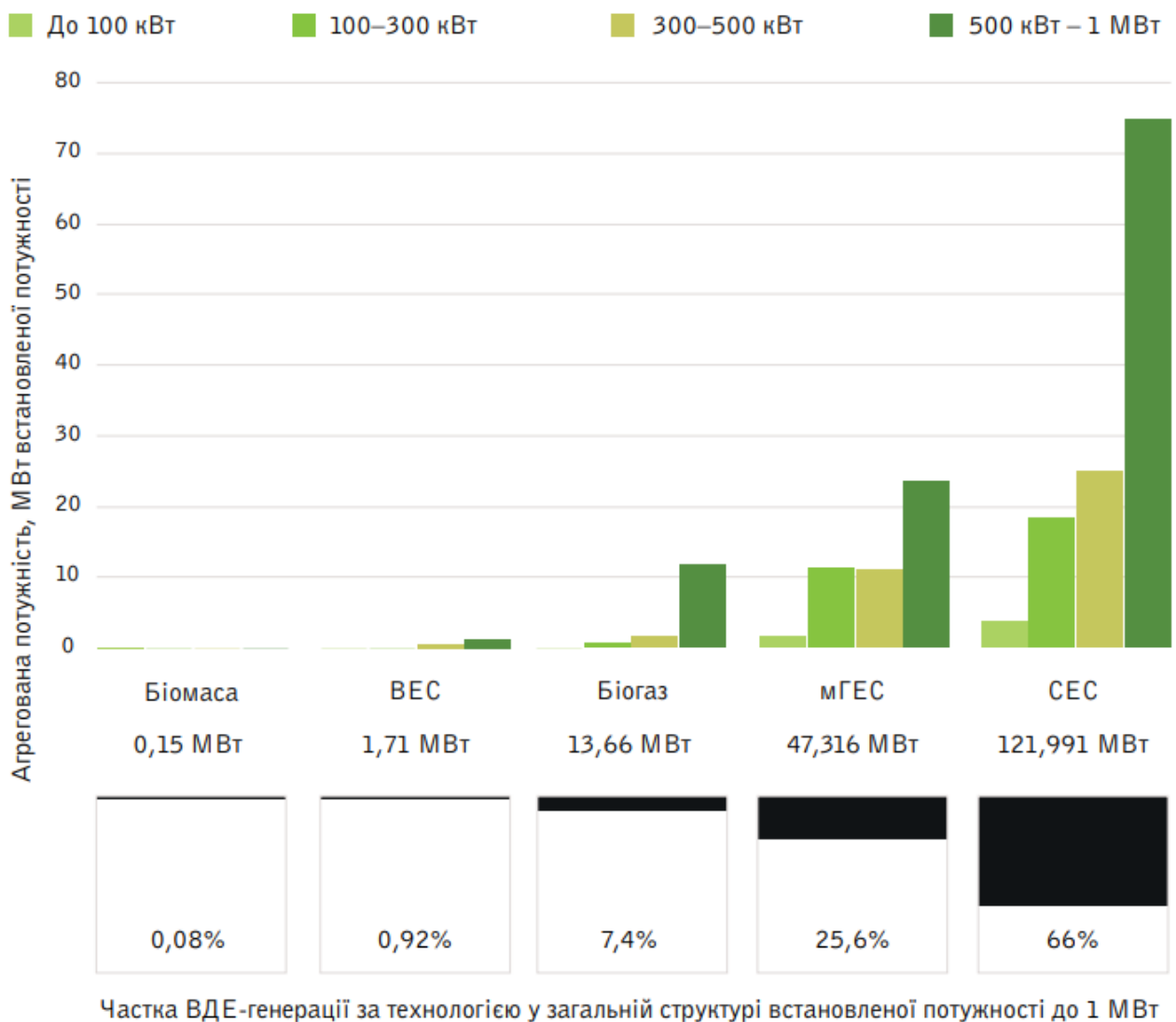


Рисунок 2.4 - Структура ВДЕ-генерації з встановленою потужністю до 1 МВт за потужністю та технологією

Якщо розглянути технологічну структуру ринку малих ВДЕ-електростанцій і при цьому розбити їх на категорії за потужностями, то проявляються такі закономірності:

- Фотовольтаїчні електростанції (СЕС) переважають у всіх категоріях потужності;
- В усіх категоріях потужності друге місце займають малі та мікроГЕС;
- Вітрові електростанції не присутні в категоріях до 300 кВт (з техніко-економічної причини — відносної дороговизни таких турбін та значних зусиль, потрібних на їхню поточну підтримку);
- Біогазові електростанції найбільшою мірою представлені у категорії 500 кВт – 1 МВт.

Такі патерни є цілком закономірними, якщо взяти до уваги такі фактори:

- Фотовольтаїчна технологія є водночас високо стандартизованою і має низькі вимоги до місця розташування. СЕС можуть розташовуватись як на землі, так і на дахах або навіть фасадах будівель;
- Малі та мікроГЕС набули значного поширення в результаті відновлення збудованих у радянські часи ГЕС на малих річках;
- Технології генерації з вітру є дуже капіталоемними і в малих масштабах такий вид генерації не вигідно використовувати.

З наведених нижче даних, видно, що за загальною потужністю ВДЕ-електростанцій із встановленою потужністю менше 1 МВт лідерами є Вінницька, Хмельницька, Івано-Франківська, Київська та Закарпатська області. Водночас, останні місця за потужністю малих електростанцій займають Сумська, Луганська, Донецька, Чернігівська та Хмельницька області.

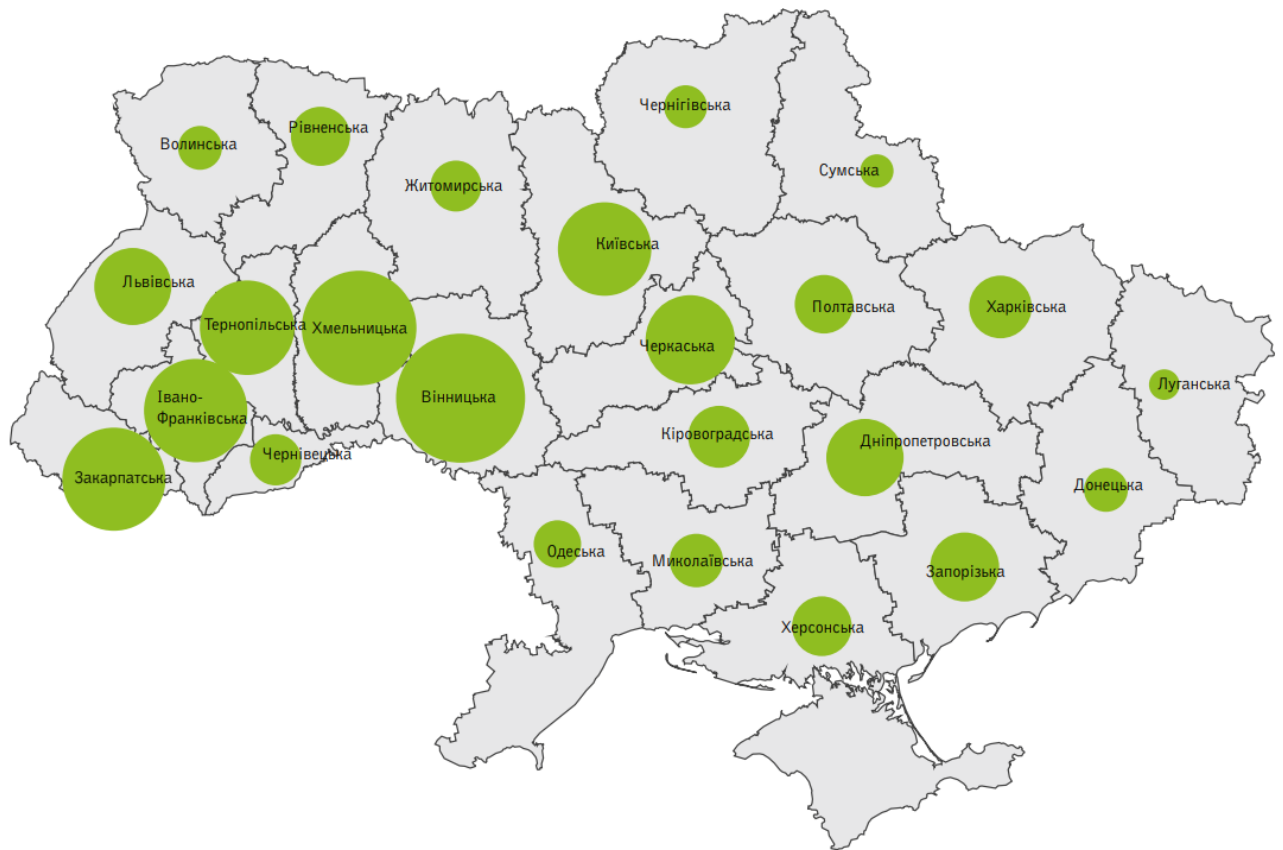


Рисунок 2.5 – Розподіл потужностей малих виробників електроенергії з ВДЕ за регіонам

Таблиця 2.5 – Структура встановлених малих ВДЕ-електростанцій у регіонах за технологією

Область	Встановлена потужність в регіоні,					
	МВт					
	БіоТЕС	Електростанції на біомасі	ВЕС	мГЕС	СЕС	Всього
Вінницька	1,63	0	0	4,83	17,33	23,79
Волинська	0,33	0	0	0	2,12	2,45
Дніпропетровська	0	0	0	0,13	11,34	11,47
Донецька	1,12	0	0	0,94	0	2,06
Житомирська	0	0	0	4,7	0,05	4,75
Закарпатська	0,6	0	0	6,71	6,01	13,32
Запорізька	0	0	0	0,48	6,82	7,3

Продовження таблиці 2.5

Івано-Франківська	0,66	0,15	0,6	2,44	12,19	16,04
Київська	2,06	0	0,45	2,02	9,37	13,9
Кіровоградська	0,64	0	0	1,37	3,17	5,17
Луганська	0	0	0	0	1,83	1,83
Львівська	0	0	0	0,62	8,59	9,21
Миколаївська	0,53	0	0	1,85	1,34	3,72
Одеська	0	0	0	0,9	1,59	2,49
Полтавська	0,85	0	0	3,4	0,71	4,96
Рівненська	1,18	0	0	1,36	2,48	5,02
Сумська	0	0	0	1,51	0,07	1,58
Тернопільська	0	0	0,66	2,64	8,9	12,19
Харківська	0,85	0	0	0	4,27	5,11
Херсонська	0,63	0	0	0,15	4,18	4,95
Хмельницька	1,51	0	0	7,55	8,29	17,36
Черкаська	0,6	0	0	3,15	6,55	10,3
Чернівецька	0	0	0	0,4	3,15	3,55
Чернігівська	0,49	0	0	0,18	1,65	2,32
Всього	13,66	0,15	1,71	47,32	121,99	184,83

Розподіл малих ВДЕ-електростанцій потужністю за регіонами та технологіями теж вказує на нижченаведене:

- Сонячні електростанції домінують у всіх регіонах крім Сумської, Миколаївської, Житомирської та Донецької областей;
- Найбільше малих біогазових електростанцій у Вінницькій, Київській, Рівненській та Хмельницькій областях;

- Найбільше малих та мікроГЕС — у Вінницькій, Хмельницькій, Закарпатській, Житомирській та Сумській областях;
- Малі та мікроГЕС займають перші місця за потужністю в Житомирській, Полтавській, Сумській, Донецькій та Миколаївській областях;
- Розрив між малими та мікроГЕС та СЕС зовсім незначний у Хмельницькій та Закарпатській областях.

Важливим питанням стосовно малих гравців ВДЕ-ринку є рівень концентрації капіталу у цьому сегменті ринку. Назагал, власність на ВДЕ-електростанції в Україні є найбільш диверсифікованою серед усіх сегментів генерації. У цій галузі працюють 894 юридичні особи, із яких 335 компаній володіють 492 електростанціями із потужністю менше 1 МВт. З цих 335 компаній, 77 володіють більш ніж одним об'єктом ВДЕ-генерації потужністю до 1 МВт. Сукупна потужність малих ВДЕ-електростанцій, що належать цим компаніям становить 82,969 МВт. При цьому у 29 із компаній, в яких у власності є декілька малих електростанцій, їхня сукупна встановлена потужність перевищує 1 МВт. Загальна потужність генерації, що належить цим компаніям дорівнює 55,899 МВт

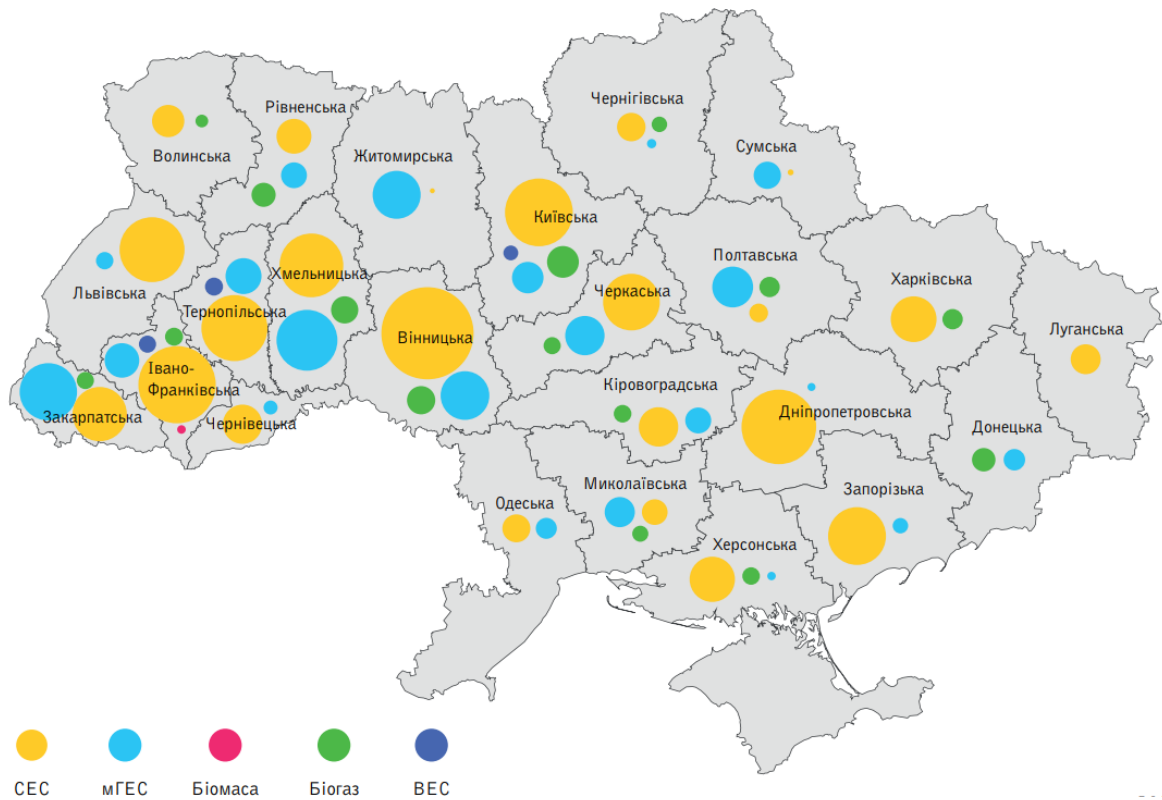


Рисунок 2.6 – Розподіл ВДЕ-електростанцій із встановленою потужністю до 1 МВт за регіонами та технологіями

Також ВДЕ технології з кожним роком стають більш доступними для приватних господарств, зокрема сонячні електростанції.

Сонячні електростанції для приватних домогосподарств стали дедалі популярнішим вибором в багатьох країнах. Вони дозволяють виробляти електроенергію з використанням сонячної енергії, що є відновлювальним джерелом енергії і сприяє зменшенню залежності від традиційних джерел енергії, таких як вугілля чи газ.

Переваги встановлення сонячних електростанцій у приватних домогосподарствах:

- **Енергонезалежність:** Встановлення сонячних панелей дозволяє господарству генерувати свою власну електроенергію, що зменшує залежність від зовнішніх постачальників та коливань цін на електроенергію.

- **Зменшення витрат:** Після встановлення сонячної електростанції власники домогосподарств можуть спостерігати зниження витрат на комунальні послуги, оскільки вони будуть сплачувати менше за використану електроенергію з електромережі.

- **Екологічна дружба:\*\*** Сонячна енергія є чистою та екологічно безпечною. Використання сонячних панелей допомагає зменшити викиди парникових газів і впливати на збереження природних ресурсів.

- **Фінансова вигода:** У багатьох країнах існують програми та стимули, які надають фінансову підтримку або податкові пільги для тих, хто встановлює сонячні електростанції.

- **Зменшення впливу на мережу:** Створення власної електроенергії допомагає зменшити навантаження на централізовані електромережі, особливо в періоди пікового навантаження.

Однак, перед встановленням сонячної електростанції важливо враховувати різні фактори, такі як кліматичні умови регіону, доступність сонячної енергії, фінансові можливості та регуляторні аспекти.

У багатьох випадках, вартість встановлення сонячних електростанцій з часом знижується, що робить їх більш доступними для приватних осіб.

СЕС у домогосподарствах - це можливості:

- Самостійно забезпечувати свої потреби в енергії;
- Зменшувати залежність від імпорту традиційних енергоресурсів;
- Заощаджувати на рахунках за електроенергію;
- Бути автономними (за умови установки акумуляторного обладнання або комбінування різних технологій використання відновлюваних джерел енергії);
- Стимулювати місцеву економіку. МВт

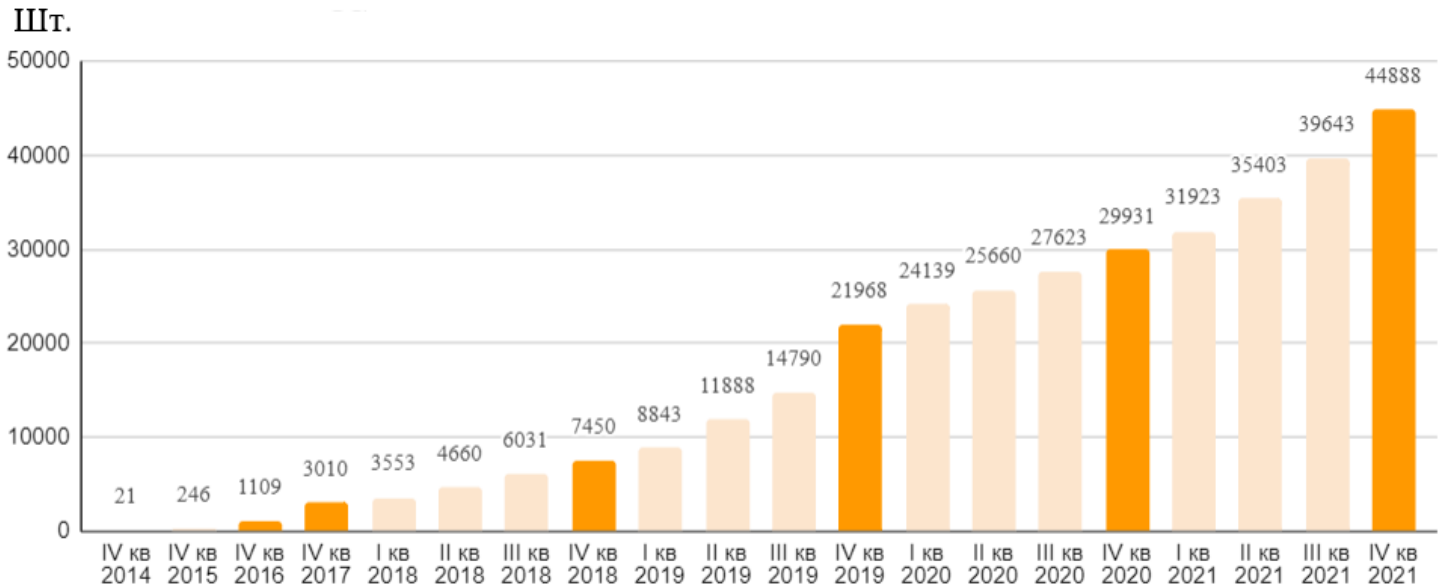


Рисунок 2.7 – Загальна кількість встановлених СЕС домогосподарств

У 2021 році майже 15 тис. українських родин встановили сонячні установки. Це удвічі більше, ніж у 2020 році.

У цілому на кінець 2021 року в Україні нараховується близько 45 тисяч домогосподарств, які використовують сонячні панелі та заощаджують на рахунках за електроенергію. Загальна потужність таких СЕС перевищила 1,2 ГВт.

Про такий стабільний попит населення на СЕС свідчать результати щоквартального моніторингу, що проводить Держенергоефективності на основі даних постачальників універсальних послуг та операторів системи розподілу [29].

У трійку регіонів-лідерів за кількістю встановлених родинами СЕС увійшли такі області:

- Дніпропетровська – 6466 СЕС загальною потужністю 183 МВт;
- Закарпатська – 3744 СЕС загальною потужністю 109 МВт;
- Тернопільська – 3447 СЕС загальною потужністю 98 МВт.

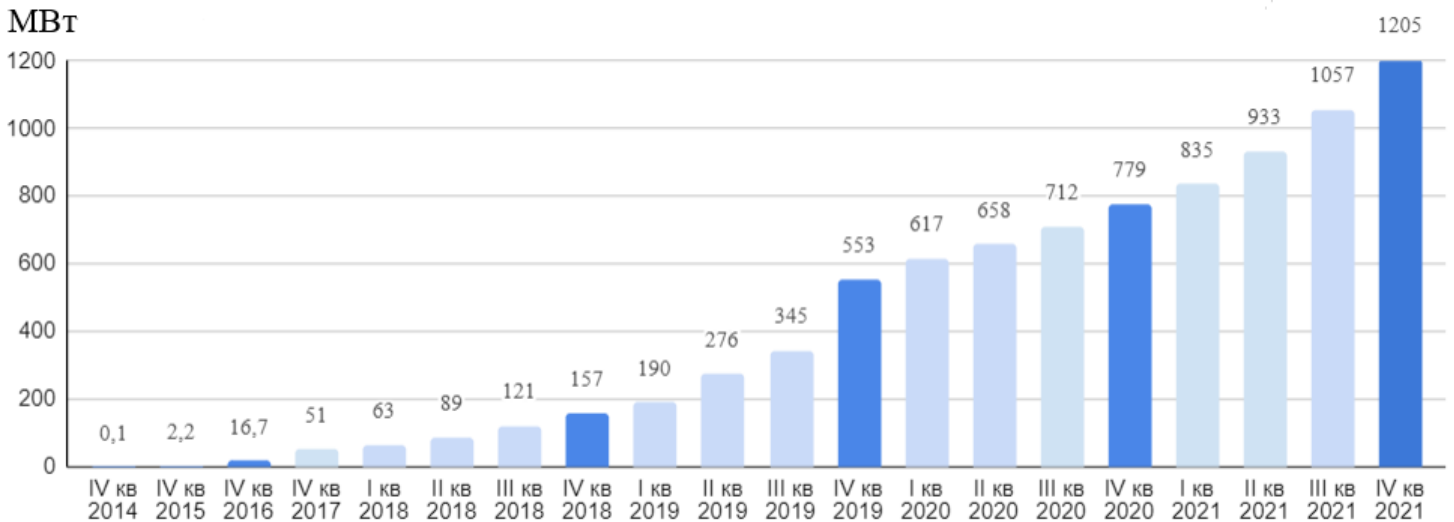


Рисунок 2.8 – Загальна встановлена потужність СЕС домогосподарствами

За розрахунками Агентства, домогосподарства із встановленими сонячними станціями загальною потужністю 1205 МВт в середньому за рік можуть виробляти близько 1400 млн кВт/год. електричної енергії. Для порівняння цього достатньо, щоб забезпечити близько 460 тис. домогосподарств «чистою» електроенергією.

Фактично домогосподарства із СЕС сприяють розвитку малої енергогенерації та розвитку такого напрямку, як «прос'юмери». Це відповідає вимогам 4-му енергетичному пакету ЄС.

Безсумнівно, використання сонячних панелей дає змогу домогосподарствам забезпечувати свої потреби в електроенергії і ставати більш енергоефективними, а також заощаджувати витрати на електричну енергію.

### **2.3 Методи та підходи щодо формування ВДЕ-спільноти на базі сонячних установок.**

Домогосподарства які знаходяться на близькій один від одного території можуть вирішити об'єднатись у енергетично спільноту і спільно побудувати сонячні панелі чи вітрогенератори. Вони можуть встановити індивідуальний лічильник для кожного або вирішити встановити лише один і використовувати

його для всієї спільноти. Таким чином, існує одне джерело витрат (витрати на встановлення відновлюваного джерела) і два джерела прибутку: виграш від агрегації у вигляді зменшення мережі та прибуток від енергії, оскільки відновлювана енергія може споживатися за нульових граничних витрат або повторно вводити в мережу та отримувати «зелений» тариф[30].

Домогосподарства (тобто споживачі)  $I = \{1, 2, \dots, n\}, n > 1$ , які розглядають можливість приєднання до енергетичного співтовариства, щоб розділити витрати на встановлення фотоелектричної панелі для виробництва зеленої енергії. Всі домогосподарства живуть близько одне від одного. Якщо вони об'єднуються в спільноту, то згодом також будуть ділити вигоди від виробництва сонячної енергії. Час дискретизовано на  $T$  періодів, що представляють характерне споживання в рік:  $t \in \{1, 2, \dots, T\}$ , де кожний часовий крок дорівнює одній хвилині. Споживання домогосподарства  $i$  з плином часу позначається  $f_i(t)$  і виражається в кіловат-годинах (кВт-год). Ми припускаємо що тариф на електроенергію складається з двох компонентів: один пов'язаний з енергією, а інший - з потужністю.

Як правило, домогосподарство з профілем  $f(t)$  сплачує  $\alpha \text{Max}_t f(t) + \delta$  за свою потужність ( $\alpha$  виражається в євро за кіловат €/кВт, а  $\delta$  - в €) та  $\beta \sum_{t=1}^T f(t)$  за свою енергію ( $\beta$  виражається в €/кВт-год). Компонента  $\alpha \text{Max}_t f(t)$  - це змінна частина тарифу мережі, а  $\delta$  - це фіксована частина, яка може відповідати вартості встановлення лічильника. Ця конкретна лінійна форма тарифу на електроенергію не є надто обмежувальною, оскільки модель може бути легко узагальнена до інших більш складних тарифних формул. Припускається, що вартість встановлення фотоелектричної панелі є функцією її потужності  $K$ . Після встановлення панель буде виробляти в середньому за рік  $K_g(t)$  (кВт-год) з піком виробництва близько полудня (за умов ясного неба). Інвестиційна вартість (виражена в євро) фотоелектричної панелі потужністю  $K$  позначається  $c(K)$ . Кожне окреме домогосподарство має доступ до площі в приміщенні для

встановлення фотоелектричних панелей, яка пропорційна її житловій площі. Споживання енергії також пропорційне до її житлової площі. Отже, якщо група домогосподарств  $S \subset I$  переходять на зелений тариф, вони можуть встановити фотоелектричну станцію, пропорційну до їхнього загального споживання. Іншими словами, група домогосподарств  $S \subset I$ , які встановлюють фотоелектричні панелі, інвестують в потужність, яка дозволить їм покрити відсоток  $\mu(S) \in [0,1]$  їхнього споживання  $\sum_{i \in S} \sum_{t=1}^T f_i(t)$ . Тоді потужність фотоелектричної станції, яку потрібно встановити, становить

$$\mu(S) \frac{\sum_{i \in S} \sum_{t=1}^T f_i(t)}{\sum_{t=1}^T g(t)} \equiv \sum_{i \in S} k_i(\mu(S)) \quad (2.16)$$

де  $k_i(\mu(S)) = \mu(S) \frac{\sum_{t=1}^T f_i(t)}{\sum_{t=1}^T g(t)}$  - це внесок кожного домогосподарства в потужність.

Це відповідає вартості фотоелектричної установки  $c(\sum_{i \in S} k_i(\mu(S)))$ . Параметр  $\mu(S)$  - розраховується таким чином, щоб вигоди (з точки зору місцевого споживання та закачування в мережу) для множини домогосподарств оптимізується (а отже,  $\mu(S)$  представляє інвестиції у сонячну енергетику для вирішення спільноти  $S$ ). Зв'язується параметр  $\mu(S)$  верхньою межею  $\mu$ , яка відображає факт, що спільнота  $S$  має доступ до обмеженої площі на даху, і ми задаємо однакову верхню межу  $\mu$  для всіх членів спільноти, щоб змоделювати той факт, що будь-яка член спільноти може мати доступ на даху до поверхні, яка пропорційна її енергоспоживанню. Сонячна енергія, вироблена енергетичною спільнотою, може бути передана в розподільчу мережу або спожита локально. При місцевому споживанні фотоелектрична енергія знижує витрати громади на електроенергію на граничну величину, що дорівнює роздрібному тарифу на електроенергію  $\beta$  (вираженому в кВт-год). При передачі в мережу фотоелектрична енергія винагороджується оператором системи розподілу (ОСР)

за граничною ціною  $\gamma$  (вираженою в €/кВт-год), яка може представляти собою "зелений" тариф або ринкову ціну з надбавкою [31].

Домогосподарства можуть отримати вигоду від економії на масштабах при будівництві фотоелектричних панелей, якщо об'єднання в енергетичне співтовариство та спільного використання переваг виробництва зеленої енергії. Питання справедливого розподілу вигоди між різними учасниками має вирішальне значення, оскільки це є необхідною умовою життєздатності проекту. Розподіл повинен стимулювати всіх гравців достатньо, щоб вони не були зацікавлені в тому, щоб залишити проект і інвестувати в нього на самостійній основі. Теорія кооперативних ігор є гарною основою для розгляду цього питання, оскільки вона визначає поняття стабільності в розподілі і пропонує (коли це можливо) відповідні правила розподілу, які роблять енергетичне співтовариство життєздатним. Некономічні мотивації енергетичного співтовариства, такі як бажання стати екологічно чистими або стати енергетично незалежними, не беруться до уваги, навіть якщо вони можуть становити важливу частину переваг.

Позначення:  $I$  - сукупність домогосподарств громади. Індексується  $i$  ;

$T$  - час. Індексується  $t$  ;

$P(I)$  - множина всіх членів з  $I$  , яку позначаємо як  $S \subset I$  ;

$f_i(t)$  - профіль споживання домогосподарства  $i$  (кВт-год);

$g(t)$  - Виробництво фотоелектричної установки (кВт-год на кВт);

$\mu(S)$  - коефіцієнт пропорційності, що пов'язує інвестовану потужність фотоелектричної установки із спожитою енергією.

$\mu$  - верхня межа всіх  $\mu(S)$  ;

$k_i(\mu(S))$  - внесок домогосподарства  $i$  у потужність фотоелектричної

установки (кВт):  $k_i(\mu(S)) = \mu(S) \frac{\sum_{t=1}^T f_i(t)}{\sum_{t=1}^T g(t)}$  ;

$C$  - інвестиційні витрати на фотоелектричну установку як функція потужності (€);

$\alpha$  - змінна частина мережевого тарифу (€/кВт);

$\delta$  - фіксована частина мережевого тарифу (€);

$\beta$  - роздрібна ціна на електроенергію (€/кВт-год);

$\gamma$  - оптова ціна на електроенергію або "зелений" тариф (€/кВт-год).

Взаємодія між різними домогосподарствами буде моделюватися за допомогою характеристики функції, які інвестують в сонячні панелі. Коаліції домогосподарств, які спільно інвестують у фотоелектричні панелі. Маємо коаліцію гравців  $S \subset I$ , її цінність буде різницею між витратами, які вона несе, споживаючи електроенергію з фотоелектричною установкою та без неї і єдиним лічильником.

Без фотоелектричної панелі: Кожне окреме домогосподарство  $S$  має індивідуальний профіль  $f_i(t)$ . Тоді загальна відповідна вартість дорівнює:

$$\text{cost}_t(S) = \alpha \sum_{i \in S} \text{Max}_t(f_i(t)) + \delta s + \beta \sum_{i \in S} \sum_{t=1}^T f_i(t) \quad (2.17)$$

З фотоелектричними панелями: домогосподарства об'єднуються у спільноту та об'єднують свої профілі в  $\sum_{i \in S} f_i(t)$ . З огляду на інвестиційне рішення  $\mu(S)$ , пік споживання може бути зменшений на кількість фотоелектричної енергії, яка споживається локально. Таким чином, пік споживання коаліції становитиме

$$\text{Max}_t \left( \sum_{i \in S} f_i(t) - \sum_{i \in S} k_i(\mu(S))g(t) \right)^+ \quad (2.18)$$

де  $(.)^+$  позначає додатну частину дійсного числа. Домогосподарства громади інвестують у панель, щоб отримати фотоелектричний профіль, що дорівнює  $\sum_{i \in S} k_i(\mu(S))g(t)$  який або споживається на місці, або закачується в мережу.

Пріоритет надається місцевому споживанню: отже, в моменти часу  $t$ , коли фотоелектричне виробництво не перевищує споживання електроенергії, вартість споживання електроенергії для громади становить  $\beta(\sum_{i \in S} f_i(t) - \sum_{i \in S} k_i(\mu(S))g(t))$ .

Навпаки, в моменти часу  $t$ , коли виробництво фотоелектричної енергії  $\sum_{i \in S} k_i(\mu(S))g(t)$  перевищує споживання електроенергії  $\sum_{i \in S} f_i(t)$ ,

виробництво фотоелектричної енергії, за вирахуванням місцевого споживання - буде введено в мережу. Це забезпечує додаткову доплату громаді. Якщо інвестиційне рішення є  $\mu(S)$  і ми враховуємо інвестиційні витрати на фотоелектричні панелі, то загальні витрати для коаліції виражаються наступним шляхом:

$$\begin{aligned} \text{cost}_2(S) = & \alpha \text{Max}_t \left( \sum_{i \in S} (f_i(t) - k_i(\mu(S))g(t)) \right) + \delta + \beta \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i \in S} (f_i(t) - k_i(\mu(S))g(t)) \right) \\ & - \gamma \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i \in S} (k_i(\mu(S))g(t) - f_i(t)) \right) - c \left( \sum_{i \in S} k_i(\mu(S)) \right) \end{aligned} \quad (2.19)$$

де перший рядок представляє витрати на мережу, енергію та доходи від неї, другий рядок - витрати на встановлення фотоелектричної станції.

Вартість коаліції є максимально можливою вигодою, отриманою при оптимальному прийнятті рішення про фотоелектричні інвестиції. Фотоелектрична вигода оцінюється як різниця між вартістю  $\text{cost}_1(S)$  та вартістю  $\text{cost}_2(S)$ :

$$u(S) = \text{Max}(\text{cost}_1(S) - \text{cost}_2(S)) \quad (2.20)$$

Загальна вартість енергетичного співтовариства:

$$\begin{aligned} u(I) = & \alpha \left( \sum_{i \in I} \text{Max}_t (f_i(t)) - \text{Max}_t \left( \sum_{i \in I} (f_i(t) - k_i(\mu(S))g(t)) \right) \right) + \delta(n-1) \\ & + \beta \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i \in I} f_i(t) - \left( \sum_{i \in I} (f_i(t) - k_i(\mu(S))g(t)) \right) \right) \\ & + \gamma \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i \in I} (k_i(\mu(S))g(t) - f_i(t)) \right) \\ & - c \left( \sum_{i \in I} k_i(\mu(S)) \right) \end{aligned} \quad (2.21)$$

Приймаючи інвестиційні рішення, вигоду від коаліції можна розділити на кілька частин  $\alpha \left( \sum_{i \in I} \text{Max}_t (f_i(t)) - \text{Max}_t \left( \sum_{i \in I} (f_i(t) - k_i(\mu(S))g(t)) \right) \right) + \delta(n-1)$  це сукупна вигода. Громади мають піки споживання поза межами діапазону сонячного виробництва. Враховується що домогосподарства об'єдналися в енергетичне співтовариство і відповідно агрегували своє споживання. В результаті піковий попит спільноти є незначно меншим, ніж сума

індивідуальних піків. Оператор розподільчих мереж стягуватиме з спільноти значну меншу плату. Тариф на електроенергію встановлює ОСР для відшкодування своїх витрат на мережу. Тому вигода від об'єднання створює певні втрати, які оператор може компенсувати лише шляхом підвищення тарифу для решти споживачів, що передбачає існування можливих негативних зовнішніх ефектів між членами та не членами об'єднання.

$+ \beta \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i \in I} f_i(t) - \left( \sum_{i \in I} (f_i(t) - k_i(\mu(S))g(t)) \right) \right)$  - це потенційна вигода для місцевого споживання електроенергії.

$+ \gamma \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i \in I} (k_i(\mu(S))g(t) - f_i(t)) \right)$  - це вартість виробленої енергії, яка подається в розподільчу мережу.

$- c \left( \sum_{i \in I} k_i(\mu(S)) \right)$  - вартість встановленої потужності.

## Висновки до розділу 2

Формування та функціонування спільнот ВДЕ є шляхом до сталого та стійкого енергетичного майбутнього. Методи та підходи, включно з громадськими проектами, демонструють різноманітність стратегій, доступних громадам, які прагнуть перейти на відновлювані джерела енергії. У міру розвитку технологій і зростання обізнаності громадськості про переваги відновлюваної енергії ми можемо очікувати, що зростання спільнот ВДЕ прискориться.

Провівши аналіз малої генерації в енергетиці України слід зазначити що домогосподарства з кожним роком переходять на відновлювальні джерела енергії, зокрема на сонячну генерацію. Тому в майбутньому до складу ВДЕ-спільнот можуть формуватися на базі сонячних електростанцій.

Проведено аналіз підходів щодо формування ВДЕ-спільноти на базі сонячних установок, що дозволяє визначити економічні та технічні показники спільноти, внесок кожного учасника. Також визначено процедуру проведення економічного обґрунтування приєднання нового члена спільноти враховуючи його початкові інвестиції та внесок щодо генерації електроенергії.

### 3 МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ГЕНЕРАЦІЇ УЧАСНИКІВ ВДЕ-СПІЛЬНОТ

#### 3.1 Онлайн-інструмент PVGIS для моделювання сонячних електростанцій

Визначення оптимальних конструктивних та експлуатаційних параметрів СЕС може здійснюватися за допомогою різноманітних інструментів. Інженери прагнуть оптимізувати систему, щоб отримати на виході максимальну потужність. Інвестори можуть розрахувати, через який час отримають дивіденди. Теоретичні розрахунки будуть потрібні в якості вихідної точки при введенні станції в експлуатацію - вони допоможуть порівняти реальну продуктивність з розрахованою, а при необхідності - внести відповідні корективи.

Для виконання передпроектних робіт щодо функціонування сонячних електростанцій використовуються різні програмні середовища, але на базовому рівні всі розрахунки зводяться до двох питань – як багато сонячного випромінювання отримає станція і яка буде її потужність

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) [34], це онлайн-інструмент для прогнозування виробництва сонячної енергії та визначення потенціалу фотоелектричних систем на певній території. Цей інструмент надає користувачам доступ до широкого спектру географічних, метеорологічних та технічних даних для визначення ефективності сонячних електростанцій.

PVGIS входить у склад програми Європейської Комісії для підтримки впровадження сонячних технологій та використання відновлюваної енергії. Цей інструмент став важливим інструментом для фахівців з сонячної енергетики, дослідників, проектувальників та різних галузей, пов'язаних з використанням сонячних ресурсів.

Важливо зазначити, що PVGIS не обмежується тільки Європейськими регіонами, але також надає можливість визначення потенціалу сонячної енергії по всьому світу. Це робить інструмент універсальним і дозволяє використовувати його на різних континентах та в різних кліматичних умовах.

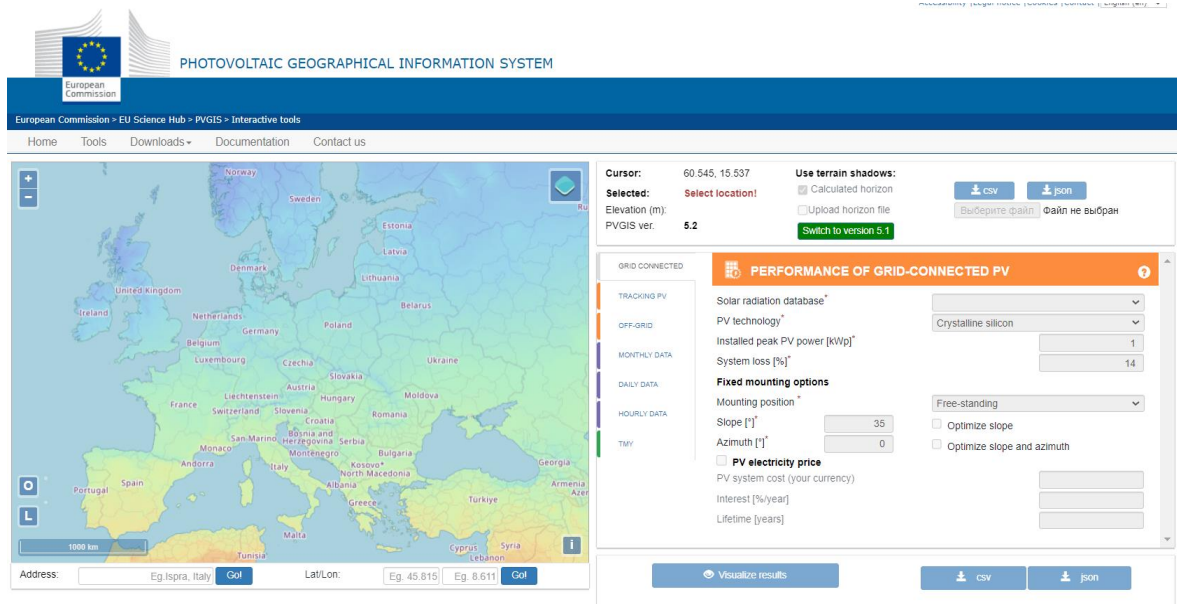


Рисунок 3.1 – Вигляд PVGIS

Основні характеристики PVGIS:

#### 1. Географічні дані:

PVGIS надає доступ до широкого спектру географічних даних, таких як координати, висота над рівнем моря, нахил та орієнтація площин сонячних панелей. Ці дані дозволяють користувачам точно визначити параметри для конкретної локації.

#### 2. Метеорологічні дані:

Інструмент використовує метеорологічні дані для розрахунку сонячного потенціалу. Це включає в себе інформацію про сонячне випромінювання, температуру повітря, швидкість вітру та інші параметри, що впливають на ефективність сонячних панелей.

#### 3. Технічні параметри:

Користувачі можуть враховувати технічні параметри фотоелектричних систем, такі як тип та ефективність панелей, інверторів та інших компонентів. Це дозволяє точно визначити потенціал виробництва електроенергії.

#### 4. Сезонні варіації та денний графік:

PVGIS дозволяє аналізувати сезонні варіації та денний графік виробництва сонячної енергії для кращого розуміння коливань та максимальних значень в різні періоди року та часу.

#### 5. Розрахунки потенціалу виробництва:

Основною функцією PVGIS є розрахунок потенціалу виробництва сонячної енергії для конкретної системи в заданій локації. Інструмент надає детальні дані про очікуване виробництво електроенергії в залежності від різних параметрів.

#### Застосування PVGIS:

##### 1. Проектування сонячних електростанцій:

PVGIS є важливим інструментом для інженерів та проектувальників, які займаються проектуванням та розгортанням сонячних електростанцій. Він допомагає оптимізувати параметри системи для максимального виробництва енергії.

##### 2. Оцінка ефективності існуючих систем:

Власники сонячних електростанцій можуть використовувати PVGIS для оцінки ефективності своїх систем, а також для визначення можливостей їх покращення.

##### 3. Планування розгортання сонячних технологій:

Уряди та організації можуть використовувати PVGIS для розробки стратегій розгортання сонячних технологій на різних територіях, зокрема для визначення найбільш вигідних місць для встановлення сонячних панелей.

##### 4. Навчання та дослідження:

PVGIS також може використовуватися для навчання та досліджень в галузі відновлюваної енергії. Студенти та вчені можуть вивчати різні аспекти сонячної енергії та експериментувати з параметрами систем.

#### Основні функції PVGIS:

##### 1. Продуктивність підключених до мережі фотоелектричних систем

Дає змогу оцінити середньомісячне та річне виробництво електроенергії фотоелектричною системою, підключеною до електромережі, без

акумулятора. Розрахунок враховує сонячну радіацію, температуру, швидкість вітру та тип фотоелектричного модуля. Користувач може вибрати спосіб кріплення модулів: на окрему стійку або вбудовану в поверхню будівлі. PVGIS також може розрахувати оптимальний нахил і орієнтацію, які максимізують річне виробництво енергії. Для кріплень із відстеженням сонця див. окремий інструмент під цим

## 2. Продуктивність відстеження фотоелектричних систем

Фотоелектричні модулі можна розміщувати на кріпленнях, які переміщують фотоелектричні модулі, щоб дозволити їм стежити (відстежувати) рух сонця на небі. Таким чином ми можемо збільшити кількість сонячного світла, що надходить до фотоелектричних модулів. Цей рух можна здійснити різними способами:

- **Вертикальна вісь:** модулі встановлені на рухомій конструкції з вертикальною обертовою віссю під кутом. Структура обертається навколо осі протягом дня таким чином, щоб кут до сонця завжди був якомога меншим (це означає, що вона не буде обертатися з постійною швидкістю протягом дня). Можна вказати кут нахилу модулів відносно землі, а можна попросити розрахувати оптимальний кут для вашого місця розташування.

- **Похила вісь:** модулі встановлені на конструкції, що обертається навколо осі, яка утворює кут із землею та спрямована в напрямку північ-південь. Площина модулів приймається паралельною осі обертання. Припускається, що вісь обертається протягом дня так, що кут до сонця завжди є якомога меншим (це означає, що вона не буде обертатися з постійною швидкістю протягом дня). Можна вказати кут нахилу осі відносно землі, а можна попросити розрахувати оптимальний кут для вашого місця розташування.

- **Двоосьовий трекер:** модулі встановлені на системі, яка може переміщувати модулі в напрямку схід-захід, а також нахилити їх під кутом від землі, щоб модулі завжди були спрямовані на сонце. Зауважте, що розрахунок усе ще припускає, що модулі не концентрують світло безпосередньо від сонця,

але можуть використовувати все світло, що падає на модулі, як те, що надходить безпосередньо від сонця, так і те, що надходить від решти неба.

### 3. Продуктивність автономних фотоелектричних систем

Розраховується продуктивність фотоелектричних систем, які не підключені до електромережі, але натомість покладаються на акумуляторні батареї для постачання енергії, коли сонце не світить. Розрахунок використовує інформацію про добову зміну споживання електроенергії для системи, щоб імітувати потік енергії до користувачів, а також в акумулятор і з нього.

### 4. Дані про сонячну радіацію за місяць

Розраховуються середньомісячні значення сонячної радіації для вибраного місця, показуючи на графіках або таблицях, як змінюється середня сонячна радіація протягом багаторічного періоду. Результати наведено для випромінювання на горизонтальних та/або похилих площинах, а також прямого нормального опромінення.

### 5. Профіль даних про добову сонячну радіацію

PVGIS показує середнє сонячне опромінення за кожну годину протягом дня для вибраного місяця, враховуючи середнє значення для всіх днів цього місяця протягом багаторічного періоду часу, для якого ми маємо дані. На додаток до розрахунку середнього сонячного випромінювання програма щоденного випромінювання також розраховує добову варіацію випромінювання ясного неба як для фіксованих, так і для поверхонь, що відстежують сонце по 2 осях.

### 6. Часовий ряд погодинних значень сонячної радіації та фотоелектричної потужності

Дані про сонячне випромінювання, які використовує PVGIS, складаються зі значень за кожну годину протягом кількох років на основі даних із супутників і повторного аналізу. Ця частина PVGIS дає змогу завантажувати повний набір погодинних даних про сонячне випромінювання або вихідну потужність фотоелектричної станції для вибраного місця. На відміну від інших частин PVGIS, дані не відобразатимуться у вигляді графіків, а будуть доступні лише для завантаження.

## 7. Генератор типового метеорологічного року

Типовий метеорологічний рік — це набір метеорологічних даних зі значеннями даних на кожен годину року для певного географічного місця. Дані вибираються з погодинних даних за довший період часу (зазвичай 10 років або більше). Інструмент можна використовувати для інтерактивної візуалізації всіх даних або для завантаження даних у вигляді текстового файлу.

PVGIS є потужним інструментом для прогнозування та аналізу потенціалу сонячної енергії на різних територіях. Його широкий функціонал та доступ до різноманітних даних роблять його невід'ємною частиною для фахівців у галузі відновлюваної енергії та всіх, хто цікавиться використанням сонячних технологій.

### **3.2 Моделювання генерації електричної енергії СЕС, як об'єкта ВДЕ-спільноти**

Припустимо, що є 5 домогосподарств (спільнот), які знаходять близько одна від одної і які вирішили утворити ВДЕ-спільноту для побудови СЕС потужністю 30кВт на окремій ділянці, для власного споживання та для продажу у мережу за зеленим тарифом. Загальне річне споживання електричної енергії ВДЕ-спільноти рівне 18353 кВт·год. Для покриття попиту ВДЕ-спільноти на електроенергію буде спроектовано СЕС, яка реалізована за у 3 сценаріями, які відрізнятимуться технологією кріплення, перший сценарій передбачає звичайне закріплення фотоелектричних модулів, другий з обертанням осі північ-південь, а третій 2-осьовий. За допомогою онлайн-інструменту PVGIS змоделюємо вихідні данні генерації електричної енергії для кожного сценарію.

Технічні та економічні характеристики кожного сценарію наведено в таблиці 3.1 – 3.3

Сценарій 1 – СЕС 30 кВт, звичайне кріплення.

Таблиця 3.1 – Технічні та економічні характеристики СЕС, сценарій 1

Товар	Модель	Кількість	Сума, грн.
Сонячна панель	Longi Solar LR5-72HPH-540M	56 шт.	334316,24
Мережевий інвертор	Huawei SUN2000-30KTL-M3	1 шт.	87457,62
Кріплення	Алюмінієва рейка, з'єднувач, шпилька, болт Т-подібний із гайкою, прижим міжпанельний і Z-подібний	56 шт.	59623,28
Конектор	Набір конекторів MC4	20 шт.	1521,00
Кабель сонячний	TOP Cable, 6mm	250 м.	11407,51
Система захисту	ОПН GBL, автомат, Щит ЕТІ	1 комплект	8365,51
Електрофурнітура	Наконечники, гофра, інші витрат матеріали	1 комплект	3422,25
Монтажні та пуско-налагоджувальні роботи			65000
Всього			571113,41

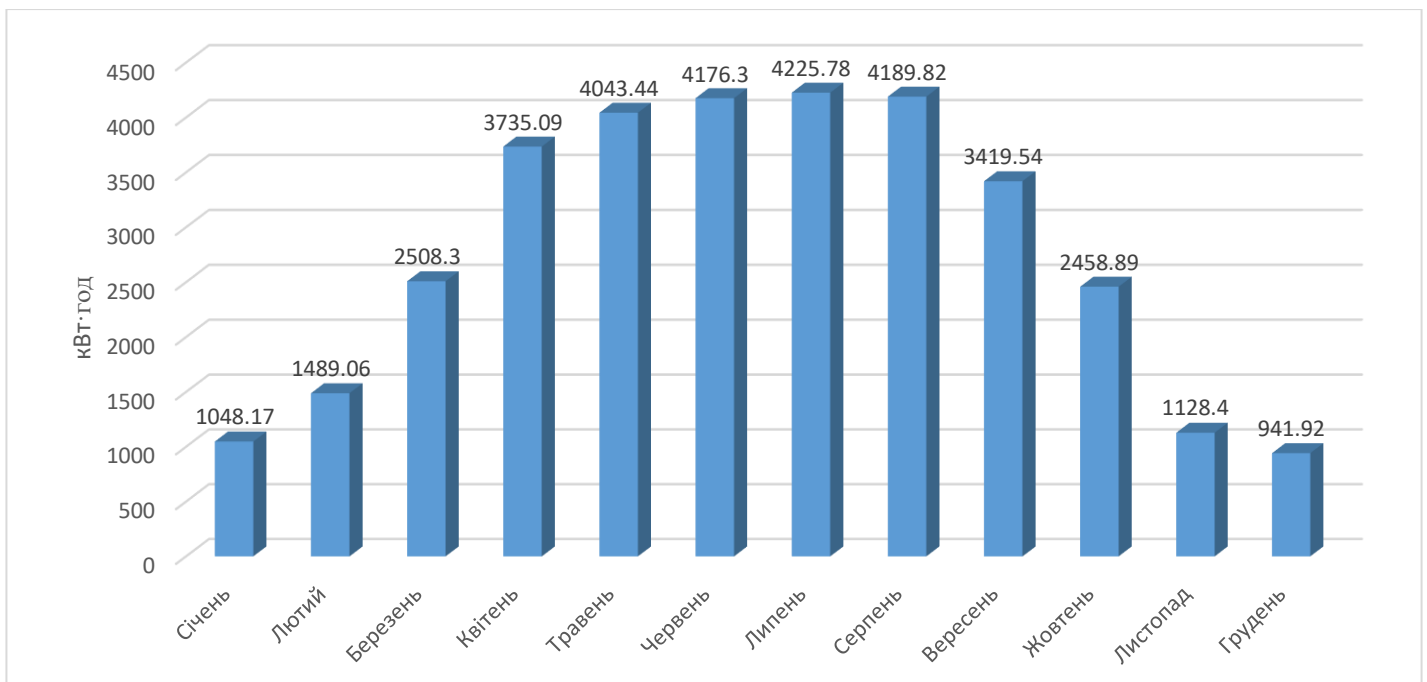


Рисунок 3.2 - Помісячна генерація, сценарій 1

Річна генерація електричної енергії становить 33361,71 кВт·год.

Сценарій 2 – СЕС 30 кВт, кріплення осі північ-південь

Таблиця 3.2 – Технічні та економічні характеристики СЕС, сценарій 2

Товар	Модель	Кількість	Сума, грн.
Сонячна панель	Longi Solar LR5-72HPH-540M	56 шт.	334316,24
Мережевий інвертор	Huawei SUN2000-30KTL-M3	1 шт.	87457,62
Кріплення	Сонячний трекер одновісний ST10 (20 панелей)	3 шт.	355080
Конектор	Набір конекторів MC4	20 шт.	1521,00
Кабель соларний	TOP Cable, 6mm	250 м.	11407,51
Система захисту	ОПН GBL, автомат, Щит ETI	1 комплект	8365,51
Електрофурнітура	Наконечники, гофра, інші витрат матеріали	1 комплект	3422,25
Монтажні та пуско-налагоджувальні роботи			68000
Всього			869570,13

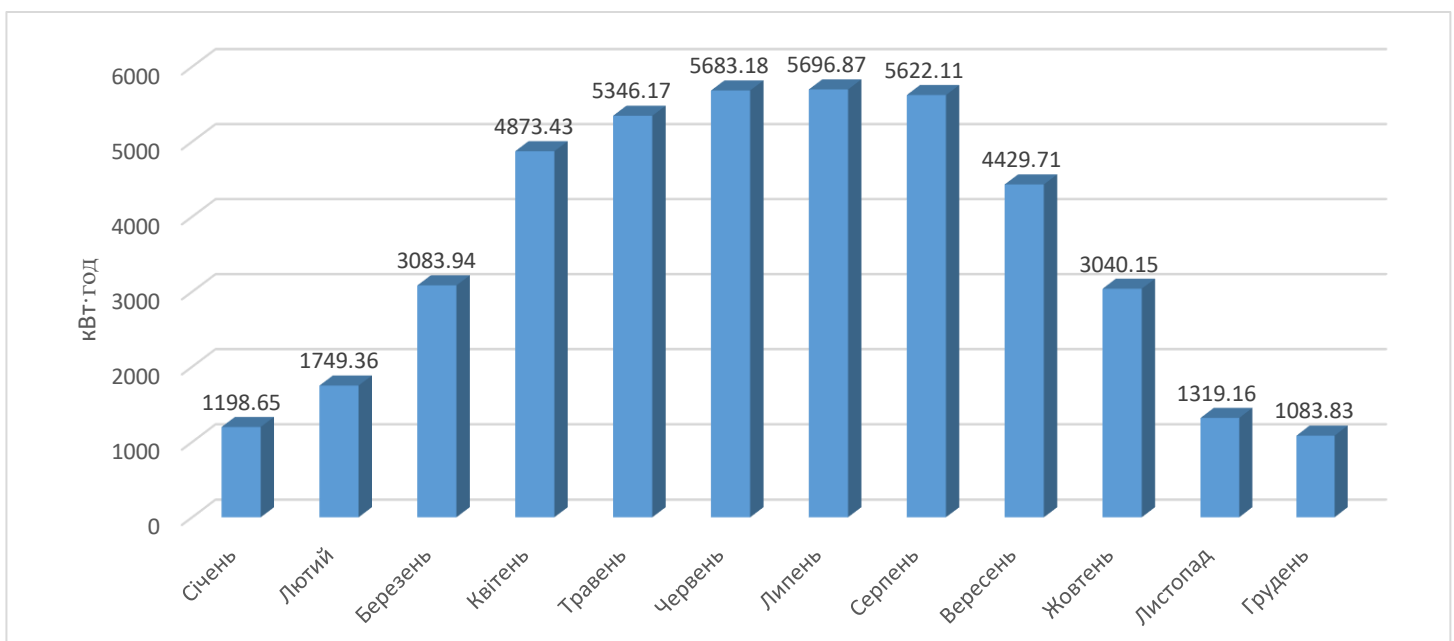


Рисунок 3.3 – Помісячна генерація, сценарій 2

Річна генерація електричної енергії становить 43126,56 кВт·год.

Сценарій 3 – СЕС 30 кВт, двохосьове кріплення.

Таблиця 3.3 – Технічні та економічні характеристики СЕС, сценарій 3

Товар	Модель	Кількість	Сума, грн.
Сонячна панель	Longi Solar LR5-72HPH-540M	56 шт.	334316,24
Мережевий інвертор	Huawei SUN2000-30KTL-M3	1 шт.	87457,62
Кріплення	Сонячний трекер двовісний ST20 (20 панелей)	3 шт.	406830
Конектор	Набір конекторів MC4	20 шт.	1521,00
Кабель соларний	TOP Cable, 6mm	250 м.	11407,51
Система захисту	ОПН GBL, автомат, Щит ЕТІ	1 комплект	8365,51
Електрофурнітура	Наконечники, гофра, інші витрат матеріали	1 комплект	3422,25
Монтажні та пуско-налагоджувальні роботи			70000
Всього			923320,1

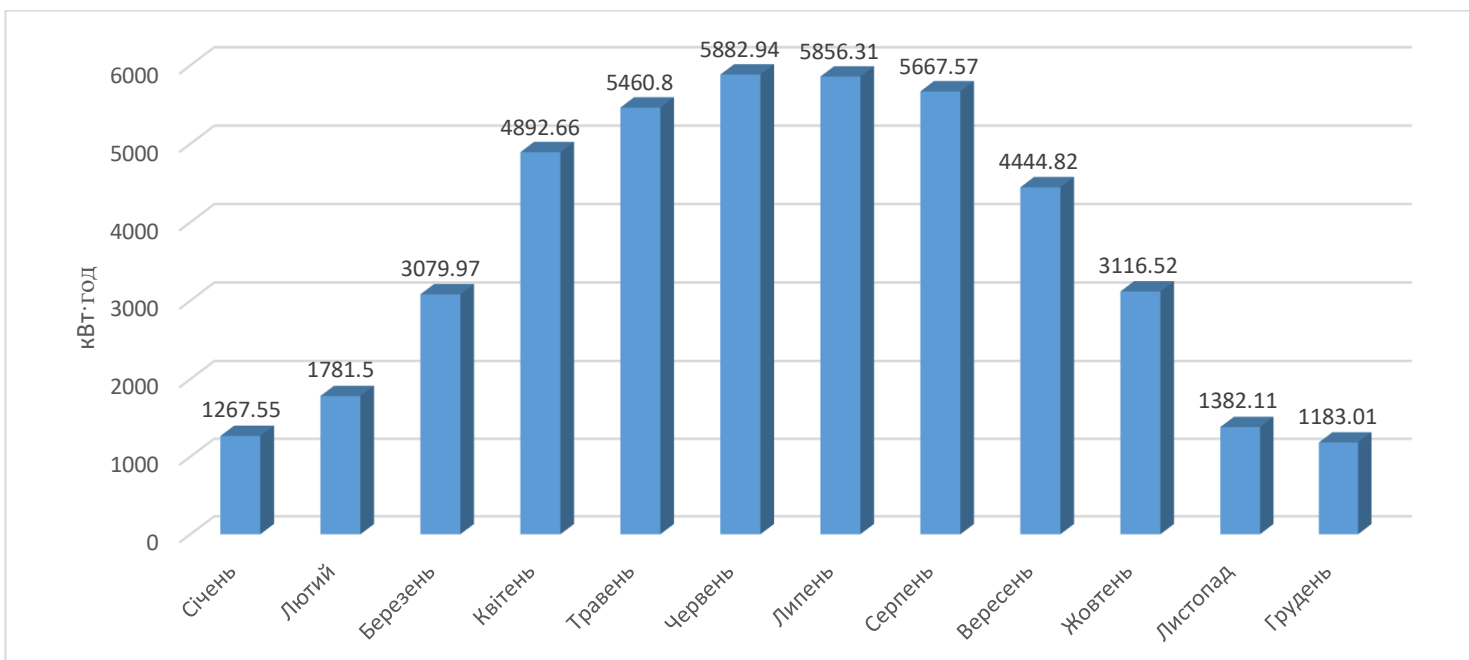


Рисунок 3.4 – Помісячна генерація, сценарій 3

Річна генерація електричної енергії становить 44015,76 кВт·год.

### 3.3 Економічний аналіз формування ВДЕ-спільноти

Розраховуємо кількість згенерованої енергії з врахуванням власного споживання для кожного сценарію за формулою:

$$I = S - B \quad (3.1)$$

Де:  $I$  - залишок згенерованої енергії після власного споживання, кВт·год;

$S$  - Згенерована енергія за рік, кВт·год;

$B$  - Спожита енергія за рік, кВт·год

За формулою 3.1 розраховуємо надлишок електроенергії за рік для кожного сценарію:

Сценарій 1:

$$33361,71 - 18353 = 15008,71 \text{ кВт·год.}$$

Сценарій 2:

$$43126,56 - 18353 = 24773,89 \text{ кВт·год.}$$

Сценарій 3:

$$44015,76 - 18353 = 25662,76 \text{ кВт·год.}$$

Тариф електроенергії для домогосподарств становить 5,64 грн/кВт, в такому випадку для кожного сценарію економія щодо власного споживання становитиме:

$$18353 \cdot 5,64 = 103510,92 \text{ грн на рік}$$

Ціна зеленого тарифу в Україні в період 2022 року по 2024 рік становить 4,6 грн за 1 кВт·год. Розрахуємо дохід домогосподарств за кожним сценарієм:

Сценарій 1:

$$15008,71 \cdot 4,6 = 69040,066 \text{ грн на рік}$$

Сценарій 2:

$$24773,89 \cdot 4,6 = 113959,894 \text{ грн на рік}$$

Сценарій 3:

$$25662,76 \cdot 4,6 = 118048,696 \text{ грн на рік}$$

Розрахуємо термін окупності для кожного сценарію за формулою:

$$PP = \frac{CF}{D + E} \quad (3.2)$$

Де:  $PP$  - Термін окупності;

$CF$  - Початкові інвестиції;

$D$  - Прибуток від продажі у мережу;

$E$  - Економія власного споживання.

Сценарій 1:

$$\frac{571113,41}{69040,066 + 103510,92} = 3,3 \text{ років}$$

Сценарій 2:

$$\frac{869570,13}{113959,894 + 103510,92} = 4 \text{ років}$$

Сценарій 3:

$$\frac{923320,13}{118048,696 + 103510,92} = 4,1 \text{ років}$$

Розрахувавши економічно доцільність домогосподарств усі три сценарії мають майже однаковий термін окупності, найбільші показники генерації у сценаріїв 2 та 3, найбільший дохід буде прогнозований за сценарієм 3, а термін окупності за сценарієм 1.

Розрахуємо фінансові показники з урахуванням експлуатаційних витрат та ставкою дисконту. Експлуатаційні витрати на рік становитимуть 65000 грн. для кожного сценарію, в ці витрати входить: встановлення та налаштування віддаленого моніторингу, профілактика чи заміна елементів захисної автоматики, налаштування інвертора, діагностика роботи, зняття чи заміна інвертора, панелі, ремонт чи заміна пошкоджених кабелів. За ставку дисконтування приймемо рівень інфляції прогнозований на 2023 рік, що за даними Національного Банку України становить 18.7% [35].

Таблиця 3.4 – Розрахунок фінансових показників СЕС, сценарій 1

Рік	Капітал. витрати, грн.	Щорічні експлуат. витрати, грн.	Щорічна прибуток, грн	Грошовий потік, грн.	Кумул. Грошовий потік, грн.	Коеф. Дисконту	Дисконт грош. Потік, грн	Кумул. Дисконт грош. Потік, грн.	Ставка дисконтування, %
0	571113,41	0	0	-571113,4	-571113,41	1	-571113,41	-571113,41	18,7
1	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	-463 562,42	0,84	90342,8282	-480770,582	
2	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	-356 011,44	0,71	76361,2001	-404409,382	
3	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	-248 460,45	0,6	64530,5916	-339878,79	
4	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	-140 909,47	0,5	53775,493	-286103,297	
5	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	-33 358,48	0,42	45171,4141	-240931,883	
6	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	74 192,51	0,36	38718,355	-202213,528	
7	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	181 743,49	0,3	32265,2958	-169948,232	
8	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	289 294,48	0,25	26887,7465	-143060,486	
9	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	396 845,46	0,21	22585,7071	-120474,779	
10	0	65 000,00	172 550,99	107 550,99	504 396,45	0,18	19359,1775	-101115,601	
PP		5		роки	0,31	місяці			
IRR		-4%							
NPV		-101115,6012							

Таблиця 3.5 – Розрахунок фінансових показників СЕС, сценарій 2

Рік	Капітал. витрати, грн.	Щорічні експлуат. витрати, грн.	Щорічна прибуток, грн	Грошовий потік, грн.	Кумул. Грошовий потік, грн.	Коеф. Дисконту	Дисконт грош. Потік, грн	Кумул. Дисконт грош. Потік, грн.	Ставка дисконтування, %
0	869570,1	0	0	-869570,13	-869570,13	1	-869570,1	-869570,1	18,7
1	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	-717 099,32	0,84	128075,48	-741494,6	
2	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	-564 628,50	0,71	108254,28	-633240,4	
3	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	-412 157,69	0,6	91482,488	-541757,9	
4	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	-259 686,87	0,5	76235,407	-465522,5	
5	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	-107 216,06	0,42	64037,742	-401484,7	
6	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	45 254,75	0,36	54889,493	-346595,2	
7	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	197 725,57	0,3	45741,244	-300854	
8	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	350 196,38	0,25	38117,704	-262736,3	
9	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	502 667,20	0,21	32018,871	-230717,4	
10	0	65 000,00	217 470,81	152 470,81	655 138,01	0,18	27444,747	-203272,7	
PP		5		роки	0,7	місяці			
IRR		-6%							
NPV		-203272,6728							

Таблиця 3.6 – Розрахунок фінансових показників СЕС, сценарій 3

Рік	Капітал. витрати, грн.	Щорічні експлуат. витрати, грн.	Щорічна прибуток, грн	Грошовий потік, грн.	Кумул. Грошовий потік, грн.	Коеф. Дисконту	Дисконт грош. Потік, грн	Кумул. Дисконт грош. Потік, грн.	Ставка дисконтування, %
0	923320,13	0	0	-923320,1	-923320,13	1	-923320,13	-923320,13	18,7
1	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	-766 760,51	0,84	131510,077	-791810,053	
2	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	-610 200,90	0,71	111157,327	-680652,725	
3	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	-453 641,28	0,6	93935,7696	-586716,956	
4	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	-297 081,67	0,5	78279,808	-508437,148	
5	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	-140 522,05	0,42	65755,0387	-442682,109	
6	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	16 037,57	0,36	56361,4618	-386320,647	
7	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	172 597,18	0,3	46967,8848	-339352,762	
8	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	329 156,80	0,25	39139,904	-300212,858	
9	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	485 716,41	0,21	32877,5194	-267335,339	
10	0	65 000,00	221 559,62	156 559,62	642 276,03	0,18	28180,7309	-239154,608	
PP		5		роки	0,9		місяці		
IRR		-7%							
NPV		-239154,6081							

Відповідно до значень поточної вартості електроенергії та прогнозованого рівня інфляції проекти не окупаються за 10 років. Маємо простий термін окупності (PP) для кожного сценарію 5 років, внутрішня норма рентабельності (IRR) складає: 1 сценарій: -4%, 2 сценарій: -6%, 3 сценарій: -7%, а чиста приведена вартість (NPV) за даних умов складає: 1 сценарій: -101115,6012 грн, 2 сценарій: -203272,6728 грн, 3 сценарій: -239154,6081 грн.

Зважаючи на стійку тенденцію підвищення цін на електроенергію, розглянемо випадок збільшення її вартості на 80%.

Таблиця 3.7 – Розрахунок фінансових показників СЕС з урахуванням підвищення ціни на електроенергію, сценарій 1.

Рік	Капітал. витрати, грн.	Щорічні експлуат. витрати, грн.	Щорічна прибуток, грн	Грошовий потік, грн.	Кумул. Грошовий потік, грн.	Коеф. Дисконту	Дисконт грош. Потік, грн	Кумул. Дисконт грош. Потік, грн.	Ставка дисконтування, %
0	571113,4	0	0	-571113,41	-571113,41	1	-571113	-571113	18,7
1	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	-426 856,42	0,84	121175,9	-449938	
2	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	-282 599,44	0,71	102422,5	-347515	
3	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	-138 342,45	0,6	86554,19	-260961	
4	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	5 914,53	0,5	72128,49	-188832	
5	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	150 171,52	0,42	60587,93	-128244	
6	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	294 428,51	0,36	51932,51	-76311,9	
7	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	438 685,49	0,3	43277,1	-33034,9	
8	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	582 942,48	0,25	36064,25	3029,394	
9	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	727 199,46	0,21	30293,97	33323,36	
10	0	65 000,00	209 256,99	144 256,99	871 456,45	0,18	25966,26	59289,62	
PP		3		роки	0,96		місяці		
IRR		2%							
NPV		59289,61882							

Таблиця 3.8 – Розрахунок фінансових показників СЕС з урахуванням підвищення ціни на електроенергію, сценарій 2.

Рік	Капітал. витрати, грн.	Щорічні експлуат. витрати, грн.	Щорічна прибуток, грн	Грошовий потік, грн.	Кумул. Грошовий потік, грн.	Коеф. Дисконту	Дисконт грош. Потік, грн	Кумул. Дисконт грош. Потік, грн.	Ставка дисконтування, %
0	869570,1	0	0	-869570,13	-869570,13	1	-869570	-869570	18,7
1	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	-680 393,32	0,84	158908,5	-710662	
2	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	-491 216,50	0,71	134315,5	-576346	
3	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	-302 039,69	0,6	113506,1	-462840	
4	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	-112 862,87	0,5	94588,41	-368252	
5	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	76 313,94	0,42	79454,26	-288797	
6	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	265 490,75	0,36	68103,65	-220694	
7	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	454 667,57	0,3	56753,04	-163941	
8	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	643 844,38	0,25	47294,2	-116646	
9	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	833 021,20	0,21	39727,13	-76919,3	
10	0	65 000,00	254 176,81	189 176,81	1 022 198,01	0,18	34051,83	-42867,5	
PP		4		роки	0,60		місяці		
IRR		-1%							
NPV		-42867,45282							

Таблиця 3.9 – Розрахунок фінансових показників СЕС з урахуванням підвищення ціни на електроенергію, сценарій 3.

Рік	Капітал. витрати, грн.	Щорічні експлуат. витрати, грн.	Щорічна прибуток, грн	Грошовий потік, грн.	Кумул. Грошовий потік, грн.	Коеф. Дисконту	Дисконт грош. Потік, грн	Кумул. Дисконт грош. Потік, грн.	Ставка дисконтування, %
0	923320,1	0	0	-923320,13	-923320,13	1	-923320	-923320	18,7
1	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	-730 054,51	0,84	162343,1	-760977	
2	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	-536 788,90	0,71	137218,6	-623758	
3	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	-343 523,28	0,6	115959,4	-507799	
4	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	-150 257,67	0,5	96632,81	-411166	
5	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	43 007,95	0,42	81171,56	-329995	
6	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	236 273,57	0,36	69575,62	-260419	
7	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	429 539,18	0,3	57979,68	-202439	
8	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	622 804,80	0,25	48316,4	-154123	
9	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	816 070,41	0,21	40585,78	-113537	
10	0	65 000,00	258 265,62	193 265,62	1 009 336,03	0,18	34787,81	-78749,4	
PP		4		роки	0,78		місяці		
IRR		-2%							
NPV		-78749,38808							

Провівши розрахунок за умови збільшення тарифу на 80%, можна сказати що лише перший сценарій виходить на додатну чисту приведену вартість, яка становить 59289,61882 грн, а внутрішня норма рентабельності дорівнює: 2%, що робить його потенційно привабливим для інвесторів. Сценарії два та три все ще не виходять на дисконтований термін окупності за 10 років тривалості життя проекту, але вже значно з меншими негативними результатами.

Другий сценарій при збільшенні ціни на електроенергії на 80%, має такі показники: чиста приведена вартість дорівнює: -42867,45282 грн, внутрішня норма рентабельності дорівнює: -1%.

Третій сценарій при збільшенні ціни на електроенергії на 80%, має такі показники: чиста приведена вартість дорівнює: -78749,38 грн, внутрішня норма рентабельності дорівнює: -2%.

Збільшимо тариф на електроенергію ще на 80%, результати розрахунку наведені в таблицях 3.10-3.12.

Таблиця 3.10 – Розрахунок фінансових показників СЕС з урахуванням підвищення ціни на електроенергію, сценарій 1.

Рік	Капітал. витрати, грн.	Щорічні експлуат. витрати, грн.	Щорічна прибуток, грн	Грошовий потік, грн.	Кумул. Грошовий потік, грн.	Коеф. Диск онту	Дисконт грош. Потік, грн	Кумул. Дисконт грош. Потік, грн.	Ставка дисконтування, %
0	571113,4	0	0	-571113,41	-571113,41	1	-571113	-571113	18,7
1	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	-390 150,42	0,84	152008,9	-419105	
2	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	-209 187,44	0,71	128483,7	-290621	
3	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	-28 224,45	0,6	108577,8	-182043	
4	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	152 738,53	0,5	90481,49	-91561,5	
5	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	333 701,52	0,42	76004,45	-15557	
6	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	514 664,51	0,36	65146,67	49589,63	
7	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	695 627,49	0,3	54288,9	103878,5	
8	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	876 590,48	0,25	45240,75	149119,3	
9	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	1 057 553,46	0,21	38002,23	187121,5	
10	0	65 000,00	245 962,99	180 962,99	1 238 516,45	0,18	32573,34	219694,8	
PP		3		роки	0,16		місяці		
IRR		9%							
NPV		219694,8388							
DPP		5		роки	0,24		місяці		

Таблиця 3.11 – Розрахунок фінансових показників СЕС з урахуванням підвищення ціни на електроенергію, сценарій 2.

Рік	Капітал. витрати, грн.	Щорічні експлуат. витрати, грн.	Щорічна прибуток, грн	Грошовий потік, грн.	Кумул. Грошовий потік, грн.	Коеф. Диск онту	Дисконт грош. Потік, грн	Кумул. Дисконт грош. Потік, грн.	Ставка дисконтування, %
0	869570,1	0	0	-869570,13	-869570,13	1	-869570	-869570	18,7
1	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	-643 687,32	0,84	189741,6	-679829	
2	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	-417 804,50	0,71	160376,8	-519452	
3	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	-191 921,69	0,6	135529,7	-383922	
4	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	33 961,13	0,5	112941,4	-270981	
5	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	259 843,94	0,42	94870,78	-176110	
6	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	485 726,75	0,36	81317,81	-94792,1	
7	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	711 609,57	0,3	67764,84	-27027,2	
8	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	937 492,38	0,25	56470,7	29443,47	
9	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	1 163 375,20	0,21	47435,39	76878,86	
10	0	65 000,00	290 882,81	225 882,81	1 389 258,01	0,18	40658,91	117537,8	
PP		3		роки	0,85		місяці		
IRR		3%							
NPV		117537,7672							
DPP		7		роки	0,48		місяці		

Таблиця 3.12 – Розрахунок фінансових показників СЕС з урахуванням підвищення ціни на електроенергію, сценарій 3.

Рік	Капітал. витрати, грн.	Щорічні експлуат. витрати, грн.	Щорічна прибуток, грн	Грошовий потік, грн.	Кумул. Грошовий потік, грн.	Коеф. Диск онту	Дисконт грош. Потік, грн	Кумул. Дисконт грош. Потік, грн.	Ставка дисконтування, %
0	923320,1	0	0	-923320,13	-923320,13	1	-923320	-923320	18,7
1	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	-693 348,51	0,84	193176,2	-730144	
2	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	-463 376,90	0,71	163279,8	-566864	
3	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	-233 405,28	0,6	137983	-428881	
4	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	-3 433,67	0,5	114985,8	-313895	
5	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	226 537,95	0,42	96588,08	-217307	
6	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	456 509,57	0,36	82789,78	-134517	
7	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	686 481,18	0,3	68991,48	-65526	
8	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	916 452,80	0,25	57492,9	-8033,1	
9	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	1 146 424,41	0,21	48294,04	40260,94	
10	0	65 000,00	294 971,62	229 971,62	1 376 396,03	0,18	41394,89	81655,83	
PP		4		роки	0,01		місяці		
IRR		2%							
NPV		81655,83192							
DPP		8		роки	0,17		місяці		

Збільшивши тариф ще на 80% усі 3 сценарій мають позитивну чисту приведену вартість, та внутрішню норму рентабельності, у такому випадку дисконтований термін окупності буде меншим за 10 років і його можна розразувати.

За першим сценарієм чиста приведена вартість дорівнює: 219694,8388 грн, внутрішня норма рентабельності дорівнює 9%, дисконтований термін окупності становить 5 років і 2 місяці.

За другим сценарієм чиста приведена вартість дорівнює: 117537,7672 грн, внутрішня норма рентабельності дорівнює 3%, дисконтований термін окупності становить 7 років і 7 місяців.

За третім сценарієм чиста приведена вартість дорівнює: 81655,83192 грн, внутрішня норма рентабельності дорівнює 2%, дисконтований термін окупності становить 8 років і 2 місяці.

### **Висновки до розділу 3**

В даному розділі розглянуто онлайн-інструменту PVGIS, яке дозволяє зробити розрахунок компонентів системи для розрахунку вхідної і вихідної потужності для встановлення фотоелектричних елементів та спрогнозувати обсяги генерування СЕС електроенергії для конкретних умов місцевості.

Проведено моделювання забезпечення електроенергією ВДЕ-спільноти за рахунок генерації СЕС за трьома сценаріями, де проведено розрахунок компонентів системи для вхідної і вихідної потужності, орієнтація встановлення фотоелектричних панелей та здійснено прогноз обсягів генерування електричної енергії для конкретних умов місцевості.

Виконано економічний аналіз щодо встановлення СЕС за трьома сценаріями при формуванні ВДЕ-спільноти, де визначено, що найкращий термін окупності буде за першим сценарієм, найкращий щорічний прибуток за третім сценарієм. При цьому проведено аналіз чутливості даних інвестиційних проєктів, результати розрахунків свідчать про доцільність їх реалізації.

## 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

### 4.1 Опис ідеї проекту

Ідея проекту полягає у створенні smart-вітрогенераторів, які будуть направлені на використання генерації електроенергії для побутових чи комерційних споживачів які споживають мало електроенергії і хочуть перейти на відновлювальні джерела енергії.

Проблематика, яку вирішує стартап-проект: Smart-вітрогенератори призначені для вирішення проблеми енергетичної залежності та забезпечення енергетичної безпеки. Вони працюють на основі відновлювального джерела енергії - вітру, що дозволяє зменшити залежність від імпорту енергоресурсів та скоротити викиди вуглецю в атмосферу.

Застосування smart-вітрогенераторів дозволяє також зменшити витрати на енергопостачання, зокрема у віддалених регіонах, де проведення електромереж може бути дорогим та непрактичним. Також, вони можуть бути корисними для забезпечення електроживлення в умовах негоди та надзвичайних ситуацій, коли звичайні джерела енергії можуть бути пошкоджені або відключені.

Головні цілі та завдання проекту: Головна мета smart-вітрогенераторів - це забезпечення стабільного та екологічно чистого джерела енергії з використанням відновлювального джерела - вітру. Завдання, які вони вирішують, включають:

1. Зменшення енергетичної залежності: smart-вітрогенератори забезпечують енергією різні господарські об'єкти та міста, що дозволяє зменшити залежність від імпорту енергоресурсів.
2. Зменшення викидів вуглецю: використання вітроенергетики дозволяє зменшити викиди вуглецю в атмосферу, що сприяє боротьбі з глобальним потеплінням.
3. Забезпечення економічної ефективності: smart-вітрогенератори дозволяють зменшити витрати на енергопостачання, зокрема у віддалених регіонах, де проведення електромереж може бути дорогим та не практичним.

4. Забезпечення стійкості електропостачання: smart-вітрогенератори можуть бути корисними для забезпечення електроживлення в умовах негоди та надзвичайних ситуацій, коли звичайні джерела енергії можуть бути пошкоджені або відключені

Опис ідеї стартап-проекту, що розкриє цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів, вказаний у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап проекту

<p>Назва та коротка характеристика мінімального життєздатного продукту стартапу(MVP)</p>	<p>Вітродвигун: це головна частина вітрогенератора, яка забезпечує його рух і генерацію електроенергії. Для MVP може використовуватись невеликий вітродвигун з низькими показниками продуктивності, щоб продемонструвати можливість концепції.</p> <p>Електроніка та сенсори: для забезпечення "розумного" функціонування вітрогенератора можуть бути встановлені датчики та електронні компоненти, що забезпечують моніторинг параметрів вітру, швидкості вітру, обертів вітродвигуна та інших важливих показників.</p> <p>Система збору даних та управління: це може бути програмне забезпечення для збору даних про продуктивність вітрогенератора та контролю за його роботою. Система може також містити віддалене управління вітрогенератором через мобільний додаток або веб-інтерфейс.</p> <p>Батареї: для збереження електроенергії, згенерованої вітрогенератором, можуть використовуватись невеликі батареї, які забезпечують надійність і стійкість роботи системи.</p>
<p>Сфера застосування та функціональне призначення продукту</p>	<p>Smart-вітрогенератори можуть виробляти електроенергію для побутових, комерційних та промислових потреб. Вони можуть бути використані для автономного життя в офф-грід-системах або як додаткове джерело електроенергії для підприємств та інших структур.</p>
<p>Опис унікальних властивостей продукту стартапу</p>	<p>Система керування: Smart-вітрогенератори оснащені системою керування, яка дозволяє автоматично визначати оптимальний кут нахилу лопатей вітрогенератора для максимального збору енергії з вітру.</p> <p>Моніторинг та діагностика: Smart-вітрогенератори мають системи моніторингу та діагностики.</p>

## Продовження таблиці 4.1

<p>Опис унікальних властивостей продукту стартапу</p>	<p>Система керування: Smart-вітрогенератори оснащені системою керування, яка дозволяє автоматично визначати оптимальний кут нахилу лопатей вітрогенератора для максимального збору енергії з вітру.</p> <p>Моніторинг та діагностика: Smart-вітрогенератори мають системи моніторингу та діагностики, які дозволяють виявляти та вирішувати проблеми в реальному часі, зменшуючи час зупинки та витрати на обслуговування.</p> <p>Підвищена ефективність: Smart-вітрогенератори мають більш високу ефективність порівняно зі звичайними вітрогенераторами, завдяки використанню різноманітних технологій, таких як аеродинамічні дизайни лопатей, генератори з високою ефективністю, та інші.</p>
---	---

#### 4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз ринкового середовища: складання таблиці факторів що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають, ці фактори перераховані у таблицях 4.2 і 4.3 відповідно.

Таблиця 4.2 – Фактори загроз

Фактор	Спроможність нівелювання
Зміна переваг, цінностей і стилю життя споживачів, що активізує відмову від продукту стартапу	Стартап дає можливість власної генерації енергії, при відмові він буде як і раніше користуватися послугами енергопостачальних компаній
Підвищення ймовірності відмови від товарів не першої необхідності	Вітрогенератор не є ресурсом першої необхідності, але якщо вони зацікавленні у ВДЕ технології то вони будуть ним користуватись
Втрата конкурентних переваг (патентної переваги) за відкритого доступу до технологій	При відкритості технології конкуренти зможуть створити власну технологію на основі ідеї стартапу

Таблиця 4.3 – Фактори можливостей

Фактор	Потенціал застосування
Нові споживачі на існуючих ринках: охоплення нових цільових груп	Споживачами являються власниками приватних будинків, офісних приміщень, невеликих компаній, які прагнуть стати незалежними у питаннях електроенергії
Можливості із збільшення частоти використання продукту споживачами	Чим більше буде встановлених вітрогенераторів, тим більш буде розширюватися база клієнтів, при успіху буду формуватися певні відносини між стартапом і клієнтами
Розвиток технологій	Технології розвитку стартапу враховують відгуки користувачів, що дасть змогу удосконалення продукту

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу - матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), SWOT-аналіз продемонстрований у таблиці 4.4. Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 4.4 – SWOT-аналіз стартап-проекту

<b>Сильні сторони:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Надійність продукту шляхом перевірок</li> <li>- Висока ефективність</li> <li>- Сервісна підтримка продукту</li> </ul>	<b>Слабкі сторони:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Досить низька популярність продукту</li> </ul>
<b>Можливості:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Власна генерація електроенергії</li> <li>- Енергонезалежність від мережі постачання</li> </ul>	<b>Загрози:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Конкуренти</li> <li>- Складне економічне становище в країні</li> </ul>

### 4.3 Розроблення плану маркетингу проекту

Розроблення плану маркетингу першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

План маркетингу проекту наведено в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 – План маркетингу проекту

№ з/п	Назва розділу	Опис розділу
1.	Цілі і завдання на найближчий рік	Вхід на ринок, пошук перших клієнтів за рахунок реклами, презентації, моніторинг конкурентів
2.	Місія та цінності стартапу	Стартап займається просуванням ВДЕ технології, доносить споживачам їхню перевагу, належить до енергетичного ринку, надає клієнтам високу якість надійність
3.	Цільова аудиторія	Люди віком від 18 років, із середньою зарплатнею по країні
4.	Аналіз ситуації	Переваги продукту являють собою його власні модернізації, які відсутні у конкурентів, канали поширення це реклама та презентації, моніторинг конкурентів та їхній товар на ринку електроенергії

Продовження таблиці 4.5

5.	Ціни і стратегія позиціонування	Стартап позиціонує себе як продукт для генерації електроенергії, в розпорядженні має технології старих моделей
6.	План просування	Реклама, виставки, форуми, презентації
7.	Маркетингові активи	Реклами на популяризації власного продукту за рахунок відгуків клієнтів
8.	Конверсійна стратегія	Представлення переваг ВДЕ технологій, зокрема продукту- вітрогенератора

Концепція, згідно з якою компанія ретельно обмірковує і координує роботу своїх численних каналів комунікації називається концепція маркетингової комунікації, вона продемонстрована у таблиці 4.6. Це робиться з метою вироблення чіткого, послідовного і переконливого уявлення у споживачів про продукт. Спрямована на інформування, переконання, нагадування споживачам та ринку в цілому про продукт і діяльність.

Таблиця 4.6 – Концепція маркетингової комунікації

Цільові групи	Канали комунікації, Якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Інвестори	Інтернет, презентації під час зустрічей	Надійність, переваги ВДЕ-технологій	Зацікавити клієнтів	Зручність, надійність, ефективність
Побутові споживачі, домогосподарства	Інтернет, презентації під час зустрічей	Надійність, переваги ВДЕ-технологій	Зацікавити клієнтів	Зручність, надійність, ефективність

#### **Висновки до розділу 4**

Створено стартап-проект smart-вітрогенератора, який надасть клієнтам незалежності в питанні електроенергії, та надасть переваги ВДЕ-технологій.

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту показав, що даний продукт вразливий до таких загроз як слабка популярність продукту та конкуренція, проте цим загрозам можна протистояти якщо знизити ціну на продукцію.

Дослідження ринкових можливостей дозволило визначити, що найбільший попит серед всіх цільових груп матимуть інвестори та побутові споживачі і домогосподарства.

Аналіз підтвердив що підтримка реклами для збільшення популярності продукту дає можливість бути комерційно привабливим цьому проекту для інвесторів і домогосподарств.

## ВИСНОВКИ

Виконано аналіз нормативно-правового забезпечення щодо розвитку, функціонування та впровадження в енергетичну галузь нового суб'єкта ринку - ВДЕ-спільноту.

Проаналізовано підходи щодо формування спільноти з використанням різних відновлюваних джерел енергії і досліджено механізми формування економічних та технічних показників які характеризують внесок кожного учасника.

Визначено процедуру проведення економічного обґрунтування приєднання нового члена спільноти враховуючи його початкові інвестиції та внесок щодо генерації електроенергії.

Проведено моделювання забезпечення електроенергією ВДЕ-спільноти за рахунок генерації СЕС за трьома сценаріями, які характеризуються рядом критеріїв: встановленою потужністю СЕС, електричним навантаженням спільноти, орієнтацією фотоелектричних модулів, графіком генерації електричної енергії з прив'язкою до місцевості.

Виконано економічний аналіз запропонованих рішень при формуванні ВДЕ-спільноти, де визначено: простий термін окупності, дисконтований термін окупності, NPV, IRR. При цьому проведено аналіз чутливості даних інвестиційних проєктів, результати розрахунків свідчать про доцільність їх реалізації.

Створено стартап-проект smart-вітрогенератора, який надасть клієнтам незалежності в питання електроенергії, та надасть переваги ВДЕ-технологій, аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту показав, що даний продукт вразливий до таких загроз як слабка популярність продукту та конкуренція, проте цим загрозам можна протистояти якщо знизити ціну на продукцію.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. J. Lowitzsch. Energy Transition-Financing consumer co-ownership in renewables (Енергетичний перехід - фінансування спільної власності споживачів у відновлюваних джерелах енергії)
2. Директива про внутрішній ринок електроенергії (ЄС) 2019/944 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019L0944>
3. Директива про відновлювану енергетику (ЄС) 2018/2001 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L2001>
4. Закон України про альтернативні джерела енергії [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-15>
5. Закон України про ринок електричної енергії [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>
6. Закон України про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та "зеленої" трансформації енергетичної системи України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3220-20#Text>
7. Diesendorf M, Elliston B. The feasibility of 100% renewable electricity systems: a response to critics. *Renew Sustain Energy Rev* 2018;93:318–30 (Техніко-економічна доцільність систем 100% відновлюваної електроенергії) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118303897?via%3Dihub>
8. Мартіно Е. Інтеграція відновлюваної енергії в мережу: гнучкість, інновації та досвід [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-environ-110615-085725>
9. Резаї Б., Розен М.А. Централізоване теплопостачання та охолодження: огляд технологій та потенційні вдосконалення. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626191100242X?via%3Dihub>

10. Spatial and temporal assessments of complementarity for renewable energy resources in China (Просторові та часові оцінки взаємодоповнюваності відновлюваних джерел енергії в Китаї) [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544219306425?via%3Dihub>

11. Zhang X, Ma G, Huang W, Chen S, Zhang S. Короткострокова оптимальна робота, додаткова установка вітрової фотоелектричної енергії гідроелектростанції [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.mdpi.com/1996-1073/11/4/868>

12. Рамірес Камарго Л., Грубер К., Нітч Ф., Дорнер В. Гібридні відновлювані джерела енергії системи для забезпечення електроенергією автономних житлових будинків у Центральній Європі. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219301067?via%3Dihub>

13. Sun W, Harrison GP. Вітро-сонячна взаємодоповнюваність та ефективне використання розподільчої потужності мережі [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261919306701?via%3Dihub>

14. Spatiotemporal modelling for integrated spatial and energy planning (Просторово-часове моделювання для інтегрованого просторового та енергетичного планування) [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-018-0174-z>

15. Паскуалетті М.Дж. Читання мінливого енергетичного ландшафту. 2012. стор. 11–44.

- 16.V. Smil. Power Density: a key to understanding energy sources and uses (Щільність енергії: ключ до розуміння джерел та використання енергії)
- 17.Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources (Recast) (Директива (ЄС) 2018/2001 Європейського Парламенту та Ради від 11 грудня 2018 року про заохочення використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел (нова редакція)) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en)
- 18.Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on Common Rules for the Internal Market for Electricity and Amending Directive 2012/27/EU (Recast) (Директива (ЄС) 2019/944 Європейського Парламенту та Ради від 5 червня 2019 року про спільні правила внутрішнього ринку електроенергії та внесення змін до Директиви 2012/27/ЄС (нова редакція)) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019L0944>
19. J. Lowitzsch. Investing in a renewable future – renewable energy communities, consumer ( Co - ) ownership and energy sharing in the clean energy package (Інвестування у відновлюване майбутнє - спільноти відновлюваної енергетики, споживча (спільна) власність та обмін енергією в пакеті чистої енергії)
- 20.Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the internal market for electricity (recast) (Регламент (ЄС) 2019/943 Європейського Парламенту та Ради від 5 червня 2019 року про внутрішній ринок електроенергії (нова редакція)) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0943>
- 21.Андрій Зінченко, Анна Кунбутгаєва. Малі учасники ВДЕ-ринку в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.boell.org/uk/2020/08/26/mali-uchasniki-vde-rinku-v-ukraini>

22. Bloomberg New Energy Outlook 2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [New Energy Outlook 2022 | BloombergNEF | Bloomberg Finance LP \(bnef.com\)](#)
23. Distributed energy resources [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Distributed energy resources | АЕМС](#)
24. Distributed Energy Resources as the key to a successful Energy Transition. State of the art, trends and challenges [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/bdFVrTV>
25. Brooklyn Microgrid [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Brooklyn Microgrid | Community Powered Energy](#)
26. Distributed Energy Resources [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Distributed energy resources | АЕМС](#)
27. Market integration of distributed energy resources: innovation landscape brief [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Market integration of distributed energy resources – Innovation Landscape Brief \(irena.org\)](#)
28. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Про внесення змін до деяки... | від 25.04.2019 № 2712-VIII \(rada.gov.ua\)](#)
29. Сонячні електростанції у приватних домогосподарствах (СЕСд): динаміка розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://saee.gov.ua/uk/content/sesd>
30. Ibrahim Abada, Andreas Ehrenmann & Xavier Lambin. On the viability of energy communities [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.jstor.org/stable/pdf/resrep30354.pdf?acceptTC=true&coverpage=false&addFooter=false>
31. European Commission (2016) Clean Energy for All Europeans - unlocking Europe's growth potential
32. Сисюк Т.С., Аналіз підходів та принципів формування ВДЕ-спільнот. XV науково-технічна конференція «Енергетика. Екологія. Людина», м. Київ;

- Дата проведення 16-18 травня 2023р; Ст. 38-40 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://en.iee.kpi.ua/files/2023/dopovidi2023.pdf>
33. Sharing-Cost Factors for a Community of PV Prosumers with Battery Storage [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10194607>
34. Photovoltaic Geographical Information System [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://re.jrc.ec.europa.eu/>
35. Національний Банк України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bank.gov.ua/>
36. Veremiichuk, Y., Prytyskach, I., Yarmoliuk, O., Opryshko, V. Energy Hub Function Optimization Models During Ukrainian Energy Resources Market Liberalization. *Power and Electrical Engineering*. Vol.34, 2017, pp.49-52. ISSN 2256-0238. e-ISSN 2256-0246. Available from: doi:10.7250/pee.2017.009
37. Y Veremiichuk, O Yarmoliuk, A Pustovyi, A Mahnitko, I. Zicmane, T. Lomane. Features of Electricity Distribution Using Energy Storage in Solar Photovoltaic Structure. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 2020 Volume 57: Issue 5. P. 18-29
38. Ю. А. Веремійчук, В.А. Степаненко. Інтегрована система енергозабезпечення із застосуванням вентиляційних систем. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2020. № 4 С. 70-77. ISSN 1813-5420 (Print)
39. V. A. Stepanenko, A I Zamulko, Y A Veremiichuk. Fuzzy logic in the decision-making tasks of connecting renewable energy sources into the electricity supply system *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1254 (2023) 012043 DOI 10.1088/1755-1315/1254/1/012043
40. Ю. А. Веремійчук, В.П. Опришко, І.В. Притискач, О.С. Ярмолук, Оптимізація процесів розподілу електроенергії в системі електропостачання енергетичної спільноти. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*, № 66 (2023) DOI: 10.15407/publishing2023.66.077