Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут екології, зеленої енергетики та сталого розвитку

Кафедра _екології та менеджменту довкілля

До захисту допущено
Кафедрою екології та менеджменту довкілля протокол №____ від _____

в.о. завідувача кафедри _____ Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

«___»_____ 2025 р.

Кваліфікаційна робота

здобувача __другого (магістерського) рівня вищої освіти_____
(першого (бакалаврського) / **другого (магістерського)**)

Економічна ефективність встановлення сонячних панелей у приватному домогосподарстві
(назва роботи)

Спеціальність (спеціалізація) _____101 Екологія_____
(код та найменування спеціальності; спеціалізації спеціальності - за наявності)

Освітня програма ____ Екологічний контроль та аудит
(назва освітньої програми)

Виконавець _____ _Іван КИСІЛЬ
(підпис) (ім'я, прізвище)

Науковий керівник _____ _*Михайло КУЛИК*
(підпис) (ім'я, прізвище)

Харків – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології, зеленої енергетики та сталого розвитку
Кафедра екології та менеджменту довкілля
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ / проф. Андрій АЧАСОВ
підпис ім'я та прізвище

"_5_" травня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Івану КИСІЛЮ
(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Економічна ефективність встановлення сонячних панелей у приватному домогосподарстві

керівник роботи Михайло КУЛИК, к.техн. н., доцент
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "___"_____20__року №__

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2025 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:
- провести системний аналіз сучасних джерел з проблематики економічної ефективності приватних сонячних електростанцій;
- опрацювати методики оцінки інвестицій у відновлювану енергетик (розрахунок вартості, потужності, окупності та рентабельності);
- узагальнити результати розрахунків кошторису встановлення СЕС для типового приватного домогосподарства;

- визначити динаміку економічних показників проєкту, зокрема річного економічного ефекту та терміну окупності, з урахуванням альтернативн джерел автономної енергії (генератор тощо).

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Загальні аспекти розвитку та економічного обґрунтування приватних сонячних електростанцій
2	Концептуальні підходи до оцінки інвестиційної привабливості СЕС для домогосподарств
3	Економічний розрахунок встановлення та експлуатації СЕС у типовому приватному домогосподарстві
4	Порівняння СЕС з альтернативними автономними джерелами енергії (генератором)
5	Рекомендації щодо оптимізації фінансування та впровадження СЕС у приватному секторі

5. Дата видачі завдання 17.05.2025 р.

Студент _____ Іван КИСІЛЬ
підпис ім’я і прізвище

Керівник роботи _____ доц. Михайло КУЛИК
підпис посада, ім’я і прізвище

АНОТАЦІЯ

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ У ПРИВАТНОМУ ДОМОГОСПОДАРСТВІ

Іван КИСІЛЬ

Кваліфікаційна робота «Економічна ефективність встановлення сонячних панелей у приватному домогосподарстві» містить 45 сторінок, 4 розділи, 14 таблиць, 1 формулу та 30 використаних джерел.

Мета роботи: оцінити економічну доцільність встановлення сонячної електростанції (СЕС) з використанням сучасних фотоелектричних технологій для зниження витрат на електроенергію у приватному домогосподарстві.

Актуальність дослідження Зростання тарифів на електроенергію, збільшення кількості аварійних відключень, а також потреба у переході до екологічно безпечних джерел енергії обумовлюють необхідність впровадження децентралізованих систем електропостачання.

Завдання передбачали аналіз ринку обладнання, розрахунок кошторису інвестицій, визначення ключових економічних показників (рентабельність, термін окупності, річний економічний ефект), порівняння СЕС з альтернативними автономними джерелами енергії та оцінку довгострокової доцільності проєкту.

Методи. Розрахунок інвестиційних витрат та економічного ефекту проведено на основі аналізу комерційних пропозицій, методів фінансової оцінки проєктів та прогнозу річної генерації електроенергії для фотомодулярних систем потужністю 19,25 кВт з двобічними монокристалічними панелями.

Результати. За результатами розрахунків, річний економічний ефект від роботи СЕС становить 88 767 грн, а термін окупності - від 8,4 до 11,8 років. Порівняльний аналіз показав, що СЕС є економічно вигіднішою альтернативою дизельним та бензиновим генераторам, з мінімальними експлуатаційними витратами, відсутністю викидів та низьким рівнем шуму.

СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОКУПНІСТЬ, ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА, ПРИВАТНЕ ДОМОГОСПОДАРСТВО.

ABSTRACT

ECONOMIC EFFICIENCY OF INSTALLING SOLAR PANELS IN A PRIVATE HOUSEHOLD

Ivan Kysil

The qualification work "Economic Efficiency of Installing Solar Panels in a Private Household" contains 45 pages, 4 chapters, 14 tables, 1 formula, and 30 references.

Purpose of the study: to assess the economic feasibility of installing a solar power plant (SPP) using modern photovoltaic technologies to reduce electricity costs in a private household.

Relevance of the research: Rising electricity tariffs, increasing frequency of emergency outages, and the need to transition to environmentally safe energy sources determine the necessity of implementing decentralized power supply systems.

Objectives included analysis of the equipment market, calculation of investment costs, determination of key economic indicators (profitability, payback period, annual economic effect), comparison of SPPs with alternative autonomous energy sources, and evaluation of the long-term feasibility of the project.

Methods. The calculation of investment costs and economic effect was based on an analysis of commercial offers, financial project evaluation methods, and forecasting of annual electricity generation for photovoltaic systems with a capacity of 19.25 kW using bifacial monocrystalline panels.

Results. According to the calculations, the annual economic effect of the SPP operation amounts to 88,767 UAH, with a payback period ranging from 8.4 to 11.8 years. Comparative analysis showed that SPPs are a more economically advantageous alternative to diesel and gasoline generators, with minimal operating costs, no emissions, and a low noise level.

SOLAR POWER PLANT, ECONOMIC EFFICIENCY, PAYBACK PERIOD, RENEWABLE ENERGY, PRIVATE HOUSEHOLD.

ЗМІСТ

ВСТУП……..7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У ПРИВАТНОМУ СЕКТОРІ …….9
1.1. Визначення та класифікаційні підходи до відновлюваних джерел енергії 9
1.2. Аналіз регіональних чинників та умов використання відновлюваних енергоресурсів ……...12
РОЗДІЛ 2. ВИДИ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЛЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ……..18
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙ У СОНЯЧНУ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЮ ……..…….23
3.1. Інвестиційний кошторис та оптимальна конфігурація СЕС ……..23
3.2. Порівняльний аналіз інвестицій (сонячна електростанція та дизельний/бензиновий генератор) ……..31
РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО СТИМУЛЮВАННЯ ВСТАНОВЕННЯ СЕС ДОМОГОСПОДАРСТВАМИ.....36
ВИСНОВКИ……..…….....41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ …….....43

ВСТУП

Сучасний світ стоїть перед низкою глобальних викликів, серед яких зміна клімату, виснаження природних ресурсів, забруднення довкілля та зростання потреби у надійних джерелах енергії. Традиційні способи виробництва електроенергії, що базуються на викопному паливі, не лише виснажують природні ресурси, а й призводять до значного забруднення атмосфери та водних систем, сприяють накопиченню парникових газів і прискорюють глобальне потепління. В умовах цих викликів розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) стає стратегічною необхідністю для забезпечення сталого розвитку суспільства, енергетичної безпеки та збереження навколишнього середовища.

Сонячна енергетика є однією з найперспективніших галузей ВДЕ завдяки своїй доступності, екологічності та технологічній досконалості. Сонячні електростанції (СЕС) дозволяють перетворювати сонячне випромінювання на електроенергію без викидів шкідливих речовин, не потребують великих обсягів води для охолодження та мінімізують негативний вплив на ґрунти і водні ресурси. Крім того, сучасні технології, зокрема двобічні монокристалічні панелі (Bifacial), забезпечують високий коефіцієнт корисної дії та максимальну віддачу навіть на обмеженій площі дахів приватних домогосподарств.

Важливим аспектом впровадження СЕС є поєднання економічної вигоди та екологічної відповідальності. Встановлення сонячних панелей дозволяє значно знизити витрати на електроенергію, скоротити залежність від централізованих джерел енергії та забезпечити автономне живлення за допомогою акумуляторних систем. Це сприяє підвищенню енергетичної безпеки, розвитку локальної економіки та стимулює інноваційний розвиток енергетичного сектору.

Крім того, поширення СЕС та інших відновлюваних джерел енергії має важливе соціальне значення. Воно формує екологічну свідомість населення, підвищує рівень технологічної грамотності, створює нові робочі місця у сфері енергетики та технологій, а також сприяє сталому розвитку територій. В умовах

глобальної енергетичної трансформації впровадження сонячної енергетики стає не лише технічним, а й соціально-економічним та екологічним пріоритетом.

Метою цієї роботи є оцінка технічної, економічної та екологічної доцільності встановлення високоефективних двобічних сонячних панелей на приватних дахах, визначення потенційного економічного ефекту та екологічної користі, а також формулювання рекомендацій щодо оптимальної конфігурації системи для максимального використання наявної площі та ресурсів.

Реалізація проектів такого типу сприяє не лише підвищенню економічної ефективності домогосподарств, але й забезпечує значний внесок у збереження довкілля, скорочення викидів парникових газів та підтримку глобальної тенденції до сталого розвитку. Сонячні електростанції стають важливим інструментом переходу до чистої енергетики та формування екологічно відповідального суспільства, яке здатне ефективно використовувати наявні ресурси без шкоди для майбутніх поколінь.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У ПРИВАТНОМУ СЕКТОРІ

1.1. Визначення та класифікаційні підходи до відновлюваних джерел енергії

Альтернативні або відновлювані джерела енергії (ВДЕ) — це природні енергетичні ресурси, які постійно відновлюються у навколишньому середовищі та, на відміну від традиційних енергоносіїв, не призводять до їхнього поступового вичерпання [3]. Вони розглядаються як перспективна заміна викопних видів палива (вугілля, нафти, природного газу), котрі мають обмежені запаси та супроводжуються суттєвим негативним впливом на стан довкілля, включаючи викиди парникових газів, утворення токсичних продуктів згорання та деградацію природних екосистем [7]. Використання відновлюваних енергоресурсів дає змогу не лише забезпечити енергетичні потреби домогосподарств та підприємств, але й підвищити екологічну безпеку, скоротити залежність від імпортного палива та сприяти реалізації стратегій сталого розвитку [12].

Класифікація альтернативних джерел енергії може здійснюватися за різними критеріями: за походженням енергії, за фізичними процесами її утворення, за технологічними особливостями перетворення та за масштабами застосування [5]. Одним із найпоширеніших способів класифікації є поділ за природним механізмом утворення енергії. До таких джерел належить сонячна енергія, яка ґрунтується на перетворенні сонячного випромінювання у теплову або електричну енергію за допомогою фотоелектричних панелей чи геліосистем [1].

Вітрова енергія базується на використанні кінетичної енергії повітряних потоків, що перетворюється у електроенергію за допомогою вітрогенераторів [9]. Гідроенергія отримується за рахунок використання енергетичного потенціалу води, зокрема течії річок, водоспадів та припливів, і застосовується

на гідроелектростанціях різних типів [15]. Геотермальна енергія використовує природне тепло земних надр, яке може застосовуватись як для опалення, так і для виробництва електроенергії [18].

Біоенергія, або енергія з біомаси, пов’язана з використанням органічної сировини, такої як деревина, відходи сільськогосподарського виробництва чи біогаз, для виробництва теплової та електричної енергії [22]. Окрему групу становить енергія океану, що включає використання хвиль, припливно-відпливних процесів, морських течій і різниці температур води для генерації електроенергії [25].

Варто зазначити, що наведений перелік не є вичерпним. У сучасних умовах активно досліджуються й інші перспективні напрями, такі як воднева енергетика, термоелектричні системи, перетворення біовідходів, технології накопичення енергії та комбіновані енергетичні рішення на основі «зелених» технологій [30].

Переваги використання альтернативних джерел енергії полягають насамперед у їхній екологічній чистоті. Вони не виробляють шкідливих викидів парникових газів та інших забруднювачів, що сприяє покращенню якості повітря та збереженню навколишнього середовища [2].

Використання альтернативних джерел енергії (ВДЕ) у приватних домогосподарствах активно зростає у всьому світі. Основними чинниками, що сприяють цьому, є підвищення цін на традиційні джерела енергії, державні стимули та пільги, розвиток технологій ВДЕ та зростаюча екологічна свідомість населення [6].Крім того, досвід різних країн показує, що впровадження ВДЕ в приватному секторі дозволяє знизити витрати на електроенергію та підвищити енергетичну незалежність домогосподарств.

Таблиця 1

Фактори поширення ВДЕ

Зростання цін на традиційні джерела енергії	Викопне паливо дорожчає, тому ВДЕ стають економічно вигіднішими.
Урядові стимули	Державні субсидії та пільги для власників будинків, що встановлюють ВДЕ.
Технологічний прогрес	ВДЕ постійно вдосконалюються, стаючи ефективнішими та доступнішими.
Зростаюча екологічна свідомість	Люди прагнуть зменшити вплив на довкілля та обирають екологічні джерела енергії.

Нижче наведена таблиця з прикладами світового досвіду використання ВДЕ у приватних будинках (табл. 2).

Таблиця 2

Світовий досвід використання альтернативних джерел енергії у приватних домогосподарствах

Німеччина	Лідер у розвитку ВДЕ; багато приватних будинків обладнані сонячними панелями та тепловими насосами.
Австралія	Високий рівень використання ВДЕ завдяки дорогій електроенергії та державним програмам.
США	Активне впровадження ВДЕ, особливо в сонячних штатах; багато приватних будинків оснащені сонячними панелями.
Китай	Великий виробник обладнання для ВДЕ; зростає кількість приватних будинків, що використовують відновлювану енергію.
Україна	Використання ВДЕ у приватних домогосподарствах зростає; уряд прийняв закони для стимулювання розвитку сонячних і вітрових систем.

Як видно з наведених прикладів, ВДЕ у приватних домогосподарствах забезпечують як економічні, так і екологічні переваги. Вони дозволяють зменшити витрати на електроенергію, підвищити енергетичну незалежність та знизити негативний вплив на довкілля. Досвід провідних країн світу показує, що поєднання державних стимулів, технологічного прогресу та зростаючої

екологічної свідомості населення сприяє активному впровадженню ВДЕ у приватний сектор. В Україні ця тенденція також набирає обертів, що робить ВДЕ перспективним напрямом для розвитку енергетики на рівні домогосподарств.

1.2. Аналіз регіональних чинників та умов використання відновлюваних енергоресурсів

Україна має значний потенціал у сфері альтернативної енергетики, що включає сонячну, вітрову, геотермальну енергію, а також біомасу та біогаз. Використання цих джерел енергії зумовлене як потребами національної енергетичної безпеки, так і необхідністю скорочення викидів парникових газів та переходу до сталої енергетики. Державна підтримка розвитку нетрадиційних джерел енергії реалізується через низку програм, зокрема “Програму державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики”.

На сучасному етапі в Україні визначено декілька ключових напрямків розвитку альтернативної енергетики:

1. Мала гідроенергетика (міні-ГЕС), яка дозволяє ефективно використовувати гідропотенціал малих річок. Її розвиток перш за все спрямований на забезпечення електроенергією віддалених сільських територій Західної України та окремих районів Закарпатської та Чернігівської областей.

2. Вітрова енергетика (ВЕС) розвивається переважно у південних та південно-західних регіонах країни, де спостерігається високий вітровий потенціал.

3. Сонячна енергетика, особливо на півдні та у Криму, характеризується значними ресурсами сонячної радіації, що дозволяє отримувати до 17 млрд кВт·г теплоти на рік навіть при існуючому ККД сонячних панелей.

4. Геотермальна енергетика, потенціал якої оцінюється у 50 млн т умовного палива, поки що використовується обмежено. Впровадження геотермальних систем дозволило б забезпечити стабільне теплопостачання у багатьох регіонах.

5. Біомаса та біогаз забезпечують значний додатковий ресурс для виробництва теплової та електричної енергії, особливо в аграрних регіонах.

Нижче наведена таблиця, яка систематизує основні види альтернативної енергетики, їх потенціал, регіональні особливості та стан розвитку в Україні (табл. 3).

Таблиця 3

Регіональні особливості використання альтернативних джерел енергії в Україні

Вид альтернативної енергії	Потенціал в Україні	Основні регіони використання	Стан розвитку та перспективи
Мала гідроенергетика (міні-ГЕС)	30–40 млрд кВт·г/рік	Західна Україна, Закарпатська, Чернігівська області	Розвиток поступовий, потенціал перевищує каскад ГЕС на Дніпрі у 3–4 рази
Вітрова енергія (ВЕС)	Високий, точні оцінки залежать від вітрового потенціалу окремих областей	Причорноморський та південно-західний регіони	Активне будівництво ВЕС, включно з приватними та комунальними проектами
Сонячна енергія	1070–1400 кВт·г/м² на рік; потенціал близько 17 млрд кВт·г теплоти	Південь України, Крим, Закарпаття	Використання початкове, встановлено експериментальні об’єкти
Геотермальна енергія	Оцінюється до 50 млн т у.п.	Крим, Закарпатська, Чернігівська, Сумська, Полтавська, Харківська, Львівська, Херсонська, Івано-Франківська області	Розробка майже не ведеться; є невеликі експериментальні теплопостачальні об’єкти
Біомаса та біогаз	Залежить від сільськогосподарського та промислового потенціалу	По всій території, особливо сільські райони	Використання активне, в тому числі на фермах та підприємствах
Вугільний метан та вторинне тепло промисловості	Потенціал визначається наявними підприємствами та шахтами	Промислові регіони Донбасу та центральної України	Впровадження обмежене, але перспективне
Твердопаливні відходи	Обмежено	Міські та промислові центри	Використовується частково, переважно на локальних ТЕЦ

Аналіз таблиці дозволяє зробити кілька ключових висновків щодо розвитку альтернативної енергетики в Україні. По-перше, мала гідроенергетика та сонячна енергетика мають найбільший потенціал для регіонів Західної та Південної України, відповідно, і потребують активної державної підтримки для масштабного впровадження. По-друге, вітрова енергетика концентрується переважно на узбережжях та у південних областях, де рівень вітрового ресурсу найбільш високий.

Третім важливим напрямком є геотермальна енергетика, яка поки що розвинена обмежено, але має значний ресурсний потенціал, особливо для теплопостачання. Використання геотермальної енергії може значно зменшити залежність від традиційних джерел енергії та скоротити викиди вуглекислого газу.

Також перспективними є біомаса та біогаз, які дозволяють перетворювати відходи сільського та промислового виробництва на енергетичні ресурси, а також використання вторинного тепла промисловості та вугільного метану, що може забезпечувати локальні потреби промислових регіонів. Таким чином, впровадження альтернативних джерел енергії в Україні має регіональну специфіку: кожен регіон має свої пріоритетні напрямки, а ефективна реалізація державних програм дозволить забезпечити стійкий розвиток енергетики країни та підвищити її енергетичну незалежність.

Правове та нормативно-технічне регулювання використання альтернативних джерел енергії (ВДЕ) в Україні є ключовим фактором розвитку цієї сфери. Воно визначає правила взаємодії держави, виробників та споживачів електроенергії, гарантує інвестиційну безпеку та створює умови для сталого розвитку альтернативної енергетики. Законодавча база України у сфері ВДЕ включає низку ключових нормативних актів. Зокрема, Закон України «Про альтернативні види палива» (1996 р.) заклав основні поняття та напрямки державної політики у сфері альтернативних видів палива. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» (2005 р.) визначає правові засади розвитку та використання ВДЕ, а Закон України «Про ринок електричної енергії» (2019 р.)

регламентує функціонування ринку електроенергії, включно з виробництвом та реалізацією електроенергії з ВДЕ. Нормативно-технічні акти деталізують технічні та організаційні аспекти використання ВДЕ. Вони визначають правила підключення до електричних мереж, методику розрахунку оптової ринкової ціни електроенергії, виробленої з ВДЕ, а також норми проектування та будівництва об'єктів електроенергетики, включаючи альтернативні джерела енергії. Основні принципи правового регулювання ВДЕ в Україні передбачають стимулювання розвитку цієї сфери, створення конкурентного ринку, захист прав інвесторів та забезпечення екологічної безпеки. Крім того, законодавство постійно оновлюється, адаптуючись до нових технологій та практичних викликів, що дозволяє ефективно впроваджувати інноваційні рішення.

Нижче наведена таблиця (табл. 4), яка систематизує основні законодавчі та нормативно-технічні акти, їхній зміст та ключові аспекти впливу на розвиток ВДЕ в Україні.

Аналіз таблиці показує, що правове та нормативно-технічне регулювання ВДЕ в Україні спрямоване на створення стійкої, безпечної та інвестиційно привабливої системи розвитку альтернативної енергетики. Законодавчі акти визначають загальні принципи та стратегії, а нормативно-технічні документи деталізують технічні стандарти та порядок реалізації цих принципів на практиці.

Серед ключових принципів виділяють:

1. Стимулювання розвитку ВДЕ, включно з податковими пільгами та фінансовою підтримкою;

2. Створення конкурентного ринку, де виробники ВДЕ можуть реалізовувати електроенергію на прозорих умовах;

3. Захист прав інвесторів, що забезпечує довіру до сектору та залучення капіталу;

4. Дотримання екологічних стандартів, що є важливим для збереження природних ресурсів та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Таблиця 4

Правове та нормативно-технічне регулювання використання альтернативних джерел енергії в Україні

Категорія	Назва акту	Рік прийняття	Основний зміст	Значення для розвитку ВДЕ
Законодавчі акти	Закон України «Про альтернативні види палива»	1996	Визначає основні поняття, принципи та напрямки державної політики у сфері альтернативних видів палива	Заклав базу для формування політики у сфері альтернативної енергетики
	Закон України «Про альтернативні джерела енергії»	2005	Встановлює правові засади розвитку та використання альтернативних джерел енергії	Створює правову основу для розвитку ВДЕ та залучення інвестицій
	Закон України «Про ринок електричної енергії»	2019	Регламентує функціонування ринку електроенергії, включаючи виробництво та продаж електроенергії з ВДЕ	Забезпечує прозорий та конкурентний ринок електроенергії
Нормативно-технічні акти	Правила підключення до електричних мереж об’єктів електроенергетики на ВДЕ	2013	Визначають процедури та технічні вимоги для підключення електростанцій до мереж	Спрощують інтеграцію ВДЕ у енергетичну систему
	Методика визначення оптової ринкової ціни на електроенергію з ВДЕ	2016	Визначає порядок розрахунку ціни на електроенергію, вироблену з альтернативних джерел	Забезпечує економічну мотивацію для виробників ВДЕ
	ДБН «Об’єкти електроенергетики»	2012	Встановлює норми проектування та будівництва об’єктів електроенергетики, включно з ВДЕ	Гарантує безпечне та стандартизоване будівництво об’єктів
Останні зміни	Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо спрощення підключення до мереж ВДЕ»	2020	Спростив процедури підключення до електричних мереж для об’єктів ВДЕ	Прискорює впровадження нових об’єктів альтернативної енергетики

Останні зміни у законодавстві України, зокрема прийняття норм, що спрощують процедури підключення об’єктів альтернативних джерел енергії (ВДЕ) до електричних мереж, свідчать про динамічний та системний розвиток правової бази у сфері енергетики. Такі зміни демонструють, що держава не лише реагує на сучасні технологічні виклики, а й активно створює умови для швидкої інтеграції інноваційних енергетичних рішень у національну енергосистему. Спрощення процедур підключення зменшує адміністративні бар’єри для нових виробників електроенергії, скорочує часові та фінансові витрати на реалізацію проектів та стимулює залучення приватних інвестицій.

Це, у свою чергу, сприяє формуванню конкурентного середовища на ринку ВДЕ, де виробники мають можливість вільно реалізовувати електроенергію та ефективно планувати виробничі процеси, а споживачі отримують доступ до більш різноманітних і дешевших джерел енергії. Впровадження таких змін також підвищує інвестиційну привабливість сектору ВДЕ, оскільки гарантує захист прав інвесторів та прозорість ринкових процедур, що є критично важливим для залучення капіталу та реалізації масштабних проектів.

Крім того, адаптація законодавства до нових технологій дозволяє державі активно впроваджувати сучасні інноваційні рішення, такі як сонячні та вітрові електростанції, системи біогазу та геотермальні установки, а також інтегрувати їх у єдину енергосистему країни. Це забезпечує стабільність енергопостачання, підвищує надійність електромереж та сприяє розвитку “розумних” енергетичних систем, що здатні автоматично балансувати виробництво та споживання електроенергії.

В цілому, такі законодавчі зміни створюють сприятливі умови для масштабного впровадження альтернативних джерел енергії на національному рівні, дозволяючи зменшити залежність країни від традиційних викопних джерел, підвищити енергетичну незалежність та безпеку, а також значно скоротити негативний вплив на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 2. ВИДИ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЛЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

Сонячні панелі є ключовим компонентом будь-якої сонячної електростанції (СЕС), оскільки саме вони забезпечують перетворення сонячного випромінювання на електричну енергію за допомогою фотоелектричного ефекту. На сучасному енергетичному ринку використовуються різні типи панелей, що відрізняються технологією виробництва, коефіцієнтом корисної дії (ККД), терміном служби та вартістю. Вибір конкретного типу панелей визначається технічними вимогами проекту, кліматичними умовами регіону, економічними обмеженнями та інвестиційною доцільністю [25].

Основні категорії сонячних панелей включають:

1. Монокристалічні панелі – виготовляються з високочистого монокристалічного кремнію. Відзначаються високим ККД (18–22%) та стабільною продуктивністю навіть при низькій інсоляції. Термін служби становить 25–30 років, однак їхня вартість є відносно високою.

2. Полікристалічні панелі – виготовляються з багатокристалічного кремнію. ККД нижчий, у межах 15–18%, проте ці панелі дешевші у виробництві. Вони добре підходять для масштабних комерційних СЕС завдяки оптимальному співвідношенню ціна/потужність.

3. Тонкоплівкові панелі (Thin-Film) – до цієї категорії належать аморфні кремнієві (a-Si), CIGS (мідь-індій-галлій-селен) та CdTe (кадмій-телур) панелі. Їх ККД зазвичай нижчий (10–18%), але вони легкі та гнучкі, що дозволяє монтувати їх на дахах з обмеженою несучою здатністю. Перевага тонкоплівкових панелей – нижча ціна та висока ефективність у спекотних умовах.

4. Новітні технології – до них належать біфасні панелі, які здатні генерувати електроенергію з обох сторін, а також перовскітні панелі, що мають потенційно високий ККД при відносно низькій вартості виробництва. Також існують гнучкі та гібридні панелі, інтегровані у будівельні конструкції (BIPV – Building Integrated Photovoltaics).

Нижче наведено порівняльну таблицю (табл. 5) основних типів сонячних панелей за ключовими технічними та економічними показниками.

Таблиця 5

Основні типи сонячних панелей та їх характеристики

Тип панелі	ККД (%)	Термін служби (роки)	Вартість	Переваги	Недоліки	Рекомендований регіон застосування
Монокристалічні	18–22	25–30	Висока	Висока продуктивність, компактність, стабільна робота при слабкому освітленні	Висока ціна, складність виробництва	Центральні та північні регіони України
Полікристалічні	15–18	25	Середня	Оптимальне співвідношення ціна/потужність, простота виробництва	Нижчий ККД порівняно з монокристалічними	Великі комерційні СЕС, промислові проекти
Тонкоплівкові (a-Si, CIGS, CdTe)	10–18	20–25	Низька	Легкі, гнучкі, добре працюють при високих температурах	Низький ККД, потребують великої площі	Південні та сонячні регіони
Біфасні	18–25	25	Висока	Використання відбитої енергії, підвищений ККД	Вища ціна, потребують спеціальної конструкції	Сонячні райони, великі СЕС
Перовскітні	20–25	15–20	Середня	Потенційно високий ККД, низька вартість виробництва	Ще в стадії комерційної реалізації	Пілотні та інноваційні проекти

Порівняльний аналіз показує, що вибір типу сонячних панелей має базуватися на комплексній оцінці технічних, економічних та регіональних факторів [3]. Монокристалічні панелі доцільно використовувати в регіонах з меншою інсоляцією, оскільки вони забезпечують стабільну продуктивність навіть при слабкому освітленні [7]. Полікристалічні панелі залишаються універсальним рішенням для комерційних проектів завдяки вигідному

співвідношенню ціни та потужності [12]. Тонкоплівкові панелі підходять для сонячних південних районів, де їх висока теплостійкість дозволяє підтримувати ефективність при високих температурах [9]. Новітні технології, такі як біфасні та перовскітні панелі, дозволяють підвищити загальну продуктивність СЕС, скоротити площу установки на одиницю потужності та інтегрувати сонячну генерацію у будівельні конструкції [15]. Вибір оптимального типу панелей впливає на економічну ефективність проекту, термін окупності інвестицій, внутрішню норму рентабельності та стабільність виробництва електроенергії протягом усього терміну експлуатації [21].

Таким чином, для кожного проекту необхідно проводити індивідуальний аналіз вартості, ККД, регіональних умов та очікуваних доходів, щоб забезпечити максимальну ефективність інвестицій у сонячну енергетику [5]. При плануванні інвестицій у сонячні електростанції одним із ключових аспектів є оцінка економічної ефективності використання різних типів сонячних панелей [11]. Це дозволяє визначити доцільність інвестицій та передбачити, який тип панелей забезпечить максимальну віддачу при мінімальних витратах [19].

Основними показниками, що використовуються для оцінки економічної ефективності проектів СЕС, є CAPEX, OPEX, термін окупності (Payback period), чиста приведена вартість (NPV) та внутрішня норма рентабельності (IRR) [8]. CAPEX, або капітальні витрати, відображає загальну суму фінансових вкладень у проект, включаючи вартість закупівлі сонячних панелей, монтажних робіт, підключення до електричних мереж та створення необхідної інфраструктури [16]. OPEX, або операційні витрати, характеризує витрати на технічне обслуговування станції, очищення панелей та контроль працездатності обладнання протягом експлуатаційного періоду [13].

Термін окупності (Payback period) є періодом часу, за який доходи від продажу електроенергії повністю покривають початкові інвестиційні витрати [4]. Показник чистої приведеної вартості (NPV) відображає суму очікуваного чистого доходу, приведеного до теперішньої вартості з урахуванням дисконтної ставки [22]. Внутрішня норма рентабельності (IRR) показує рівень доходності

проекту, враховуючи дисконтування майбутніх доходів, та дозволяє порівнювати його з альтернативними інвестиційними можливостями [18].

Для проведення економічних розрахунків зазвичай приймають певні стандартні припущення [6]. Так, річна вироблення електроенергії з одного кіловата встановленої потужності залежить від регіональних умов: у північних регіонах вона коливається від 950 до 1100 кВт·год/кВт, у центральних – від 1100 до 1250 кВт·год/кВт, а у південних регіонах – від 1250 до 1400 кВт·год/кВт [2]. Для оцінки доходів зазвичай використовується тариф на «зелену» електроенергію, який у середньому складає 0,15 євро за кВт·год [14]. Дисконтна ставка, що застосовується для розрахунку NPV, приймається на рівні 8%, що відображає середній рівень ризику та вартість капіталу для інвестицій у сонячну енергетику [25].

Термін служби сонячних панелей враховується різний: для монокристалічних та полікристалічних панелей він зазвичай становить 25 років, тоді як для тонкоплівкових панелей – близько 20 років [17]. Такі припущення дозволяють сформувати реалістичну економічну модель, яка відображає потенційну ефективність інвестицій у конкретному регіоні та для конкретного типу панелей [20].

Аналіз показує, що найшвидшу окупність мають пілотні проекти з перовскітними панелями та великі СЕС із біфасними панелями, завдяки високому ККД та підвищеній генерації електроенергії [1]. Монокристалічні панелі забезпечують стабільну продуктивність у регіонах із низькою інсоляцією, що робить їх економічно доцільними у центральних та північних областях [9]. Полікристалічні панелі залишаються оптимальним рішенням для масштабних комерційних проектів через баланс між вартістю та продуктивністю [30].

Тонкоплівкові панелі вигідні у південних регіонах, де висока інсоляція компенсує їх нижчий ККД, а низька вартість виробництва скорочує CAPEX [27].

Таблиця 6

Економічна ефективність інвестицій у СЕС з різними типами панелей

Тип панелі	CAPEX (тис. €/МВт)	OPEX (тис. €/рік)	Payback period (роки)	NPV (тис. €)	IRR (%)	Рекомендований регіон
Монокристалічні	800	15	7–8	350–400	14–16	Центральні та північні регіони
Полікристалічні	650	15	6–7	300–350	13–15	Великі комерційні СЕС
Тонкоплівкові (a-Si, CIGS, CdTe)	500	12	8–10	200–250	10–12	Південні регіони, сонячні райони
Біфасні	900	18	6–7	400–450	15–17	Великі комерційні проекти у сонячних районах
Перовскітні	600	12	5–6 (пілотні проекти)	250–300	12–14	Інноваційні та демонстраційні проекти

Загалом, економічна ефективність проекту СЕС прямо залежить від типу панелей, регіональних кліматичних умов та тарифів на електроенергію, що підкреслює необхідність індивідуального підходу до вибору обладнання для кожного інвестиційного проекту. Використання сучасних панелей із високим ККД дозволяє скоротити термін окупності, підвищити IRR та NPV проекту, що робить інвестиції у сонячну енергетику в Україні привабливими та перспективними.

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙ У СОНЯЧНУ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЮ

3.1. Інвестиційний кошторис та оптимальна конфігурація СЕС

При плануванні інвестицій у сонячну електростанцію одним із ключових етапів є визначення оптимальної кількості панелей та розрахунок повного кошторису «під ключ», який включає як закупівлю обладнання, так і монтаж та експлуатаційні витрати. На основі загальної площі даху 145 м² було проведено розрахунок оптимальної конфігурації панелей. Було встановлено, що для ефективного використання доступної площі необхідно розмістити 35 панелей Bifacial, що забезпечує встановлену потужність 19,25 кВт. Такий підхід дозволяє максимально ефективно перетворювати сонячну енергію на електроенергію, враховуючи доступну площу та технічні характеристики панелей. Для оцінки інвестиційної привабливості проекту було проведено аналіз цін офіційних дистриб'юторів та постачальників обладнання.

1. Сонячні панелі Bifacial – основний генератор електроенергії, що забезпечує високу ефективність навіть за розсіяного світла;

2. Мережевий інвертор (20 кВт) – перетворює постійний струм панелей на змінний струм, придатний для підключення до електромережі;

3. Акумуляторний пристрій 10 кВт·год (LiFePO4) – забезпечує зберігання надлишкової електроенергії для використання у нічний час або при низькій сонячній активності;

4. Система кріплень – необхідна для надійного та безпечного встановлення всіх панелей на даху;

5. Кабелі, конектори та захисна автоматика – забезпечують надійне підключення та безпеку електросистеми;

6. Монтажні та електромонтажні роботи – витрати на встановлення обладнання, розраховані як відсоток від вартості панелей та інвертора;

7. Документація та оформлення «зеленого» тарифу – адміністративні витрати на легалізацію виробництва електроенергії та підключення до державних програм підтримки;

8. Річні витрати на обслуговування – включають миття панелей, перевірку працездатності та дрібний ремонт, що становлять від 0,5% до 1,0% від вартості обладнання.

9. Нижче представлена детальна таблиця, яка узагальнює орієнтовні витрати на кожен елемент проекту та дозволяє наочно оцінити загальні інвестиції.

Таблиця 7

Розрахунок кошторису для установки СЕС в приватному домогосподарстві

Елемент кошторису	Одиниця виміру	Кількість	Орієнтовна ціна за одиницю (USD)	Загальна вартість (USD)
Панель Bifacial	шт.	35	220 – 300	8 050 – 9 800
Мережевий інвертор (20 кВт)	шт.	1	2 000 – 3 000	2 000 – 3 000
Акумуляторний пристрій 10 кВт·год (LiFePO4)	компл.	1	4 000 – 6 000	4 000 – 6 000
Система кріплень	комплект	1	700 – 1 100	700 – 1 100
Кабелі, конектори, захисна автоматика	комплект	1	450 – 750	450 – 750
Монтажні та електромонтажні роботи	% від обладнання	—	15–20%	1 680 – 2 640
Документація, оформлення «зеленого» тарифу	комплект	1	500 – 1 000	500 – 1 000
Річні витрати на обслуговування	% від вартості	0,5–1,0%	60 – 180	Миття, перевірка, дрібний ремонт
Загальна орієнтовна вартість «під ключ»				17 380 – 24 290 USD

Проведений кошторисний розрахунок демонструє загальну орієнтовну вартість встановлення сонячної електростанції (СЕС) потужністю 19,25 кВт «під ключ», яка коливається в межах 17 380 – 24 290 USD. Включення акумуляторного пристрою значно підвищує загальну вартість проєкту, але

забезпечує високу автономність домогосподарства в умовах нестабільності енергосистеми.

Інші суттєві витрати включають монтажні та електромонтажні роботи (1 680 – 2 640 USD, що становить 15–20% від вартості обладнання), а також оформлення необхідної документації та «зеленого» тарифу (500 – 1 000 USD). Річні витрати на обслуговування СЕС є вкрай низькими, складаючи лише 0,5–1,0% від повної вартості (60 – 180 USD на рік) за миття, перевірку та дрібний ремонт. Це підтверджує, що СЕС є активом із низькими операційними витратами після введення в експлуатацію.

Для наочності та зручності розрахунків наведена таблиця ключових технічних параметрів та прогнозованої річної генерації сонячної електростанції потужністю 19,25 кВт. Вона містить дані про встановлену потужність, середньорічну інсоляцію, очікувану річну генерацію та кліматичні особливості регіону, що дозволяє оцінити ефективність СЕС та її енергетичний потенціал.

Наведена таблиця (табл. 8) містить ключові технічні параметри та розрахунок очікуваної річної генерації для сонячної електростанції встановленою потужністю 19,25 кВт. В розрахунках враховано, що система обладнана 35 двобічними (Bifacial) панелями по 550 Вт, що дозволяє отримати додаткову генерацію за рахунок відбитого світла.

Таблиця 8

Орієнтовна генерація енергії СЕС (19.25 кВт)

Параметр	Одиниця виміру	Значення	Примітки
Встановлена потужність (p)	кВт	1,925	Розраховано на основі 35 шт. По 550 Вт
Коефіцієнт інсоляції (e)	кВт-год/ кВт-рік	1050 - 1200	Середньорічна продуктивність на 1 кВт потужності в більшості регіонів україни (залежить від кута нахилу та орієнтації)
Прогнозована річна генерація (g)	кВт-год/ рік	20 210 - 23 100	Розрахунок: p*e (19.25*1050….1200)

Прогнозована річна генерація (G) обчислюється за формулою:

$$G=P\times E \qquad (1.)$$

Згідно з розрахунками, очікувана річна генерація знаходиться в діапазоні 20 210 – 23 100 кВт·год/рік. Використання двобічних панелей забезпечує збільшення генерації на 10–25% у порівнянні зі стандартними моно-панелями, що підвищує ефективність системи без додаткових витрат на площу даху.

Для досягнення прогнозованої продуктивності враховано сприятливі кліматичні умови:

1. Регіон має приблизно 1500 – 1650 сонячних годин на рік, що відповідає 180 – 210 ясним дням.

2. Пікова генерація припадає на літні місяці (травень – серпень), коли інсоляція є максимальною.

Сонячна електростанція потужністю 19,25 кВт, оснащена двобічними панелями, здатна забезпечити значний обсяг власної електроенергії, покриваючи більшу частину річного споживання домогосподарства. Врахування кліматичних факторів та використання високоефективних панелей дозволяє підвищити автономність енергопостачання та зменшити залежність від централізованої електромережі. Система демонструє високу ефективність, надійність та економічну доцільність для приватних будинків та малого бізнесу.

Для оцінки фінансової вигоди від встановлення сонячної електростанції потужністю 19,25 кВт було проведено розрахунок річної економії та доходу. Ці дані дозволяють визначити, яку частку власного споживання електроенергії покриває СЕС, а також оцінити обсяг електроенергії, яку можна реалізувати за «Зеленим тарифом».

Таблиця демонструє вихідні параметри та фінансовий ефект, включаючи річне власне споживання, обсяг енергії на продаж, тарифні ставки та очікуваний дохід після оподаткування. Це дає змогу оцінити реальну економічну вигоду для домогосподарства і визначити, наскільки швидко окупляться інвестиції.

Таблиця 9

Вихідні дані для розрахунку фінансового ефекту

Параметр	Значення
Річна генерація (g)	21 000 кВт-год
Власне споживання (c)	6000 кВт-год/рік
Частка власного споживання	28.50%
Енергія на продаж (П)	15000 кВт-год
Зелений тариф [3]	0.146 EUR /кВт-год
Курс (орієнтовно)	43.00 грн/ EUR
Нічний тариф (економія) [4]	2.16 грн кВт-год
Податки [5]	19.50%

1. Встановлена річна генерація: 21 000 кВт·год.

2. Власне споживання домогосподарства: 6 000 кВт·год/рік.

3. Енергія на продаж: 15 000 кВт·год.

4. Тарифні параметри: «Зелений тариф» 0,146 EUR/кВт·год; нічний тариф економії 2,16 грн/кВт·год.

Результати розрахунків

1. Річна економія (заміщення власного споживання) становить 12 960 грн (301 $).

2. Чистий річний дохід (після вирахування 19,5% податків) становить 75 807 грн (17 688 $).

3. Загальний річний економічний ефект (економія + чистий дохід) — 88 767 грн (20 645 $).

Проведений розрахунок демонструє, що сонячна електростанція потужністю 19,25 кВт здатна не лише забезпечити значну частину власного споживання електроенергії, але й стати джерелом доходу від продажу надлишкової енергії. Високий річний економічний ефект підкреслює доцільність інвестицій у СЕС і підтверджує економічну вигоду від використання «зеленого» тарифу для приватних домогосподарств.

Для планування та оптимізації роботи сонячної електростанції необхідно оцінити технічний потенціал системи — тобто прогнозовану річну генерацію

електроенергії. Розрахунки базуються на встановленій потужності, коефіцієнті інсоляції для конкретного регіону та типі використаних сонячних панелей.

Таблиця (табл. 10) демонструє, скільки електроенергії може виробляти СЕС на рік, враховуючи середньорічні сонячні години та ефект від використання двобічних (Bifacial) панелей, які здатні генерувати на 10–25% більше енергії порівняно з класичними моно-панелями. Це дозволяє коректно прогнозувати обсяг виробленої електроенергії та оцінити її відповідність потребам домогосподарства.

Таблиця 10

Розрахунок річної економії та доходу

Показник	Формула	Розрахунок	Сума (грн/рік)	Сума (USD/рік)
I Річна економія (заміщення власного споживання)	С * нічний тариф	6000 кВт-год * 2.16 грн/ кВт-год	12 960	301$
II Річний дохід (продаж за ЗТ)	П *(ЗТ*Курс)	15000 * (0.146 EUR * 43.00)	94 170	2190$
III Податки	Річний дохід * 19.5%	94170 * 0.195	18 363	427$
IV Чистий річний дохід	II - III	94170 - 18363	75 807	1763$
V. Загальний річний економічний ефект (економія + чистий дохід)	I + IV	12960 + 75807	88 767	2064$

Основні технічні параметри сонячної електростанції включають встановлену потужність, коефіцієнт інсоляції та прогнозовану річну генерацію електроенергії. Встановлена потужність СЕС становить 19,25 кВт, що забезпечується за рахунок монтажу 35 сонячних панелей по 550 Вт кожна. Така конфігурація дозволяє максимально ефективно використовувати доступну площу даху та досягти високого рівня генерації електроенергії без необхідності

додаткових конструкцій або розширення площі установки. Середньорічний коефіцієнт інсоляції для більшості регіонів України знаходиться в межах 1050 – 1200 кВт·год на 1 кВт встановленої потужності, що означає, що кожен кіловат потужності здатен виробляти таку кількість електроенергії протягом року, враховуючи середньорічні сонячні години, кут нахилу панелей та їх орієнтацію. На основі цих даних розраховується прогнозована річна генерація, яка знаходиться в діапазоні 20 210 – 23 100 кВт·год на рік, що дозволяє оцінити обсяг електроенергії, доступний для покриття власного споживання домогосподарства та потенційного продажу надлишкової енергії. Важливою особливістю цієї системи є використання двобічних (Bifacial) панелей, які здатні додатково виробляти енергію за рахунок поглинання відбитого світла з поверхні даху або навколишньої території, що дозволяє збільшити генерацію на 10–25% порівняно зі стандартними моно-панелями, підвищуючи ефективність та економічну доцільність інвестицій у СЕС. Завдяки такому поєднанню потужності, інсоляції та технології панелей, система демонструє високу продуктивність та стабільність виробництва електроенергії протягом року, що робить її надійним джерелом чистої енергії для приватного домогосподарства.

Прогнозована річна генерація сонячної електростанції демонструє, що встановлена система потужністю 19,25 кВт здатна не лише повністю покрити потреби середнього приватного домогосподарства в електроенергії, але й виробляти надлишкову електроенергію, яку можна реалізувати за «Зеленим тарифом» або використати для інших потреб, наприклад, зарядки електромобілів чи живлення додаткових пристроїв. Такий рівень генерації дозволяє домогосподарству значно знизити залежність від централізованої електромережі та мінімізувати витрати на придбання електроенергії.

Особлива увага в розрахунках приділена кліматичним факторам, характерним для регіону встановлення станції, зокрема середньорічній кількості сонячних годин, інсоляції та розподілу ясних днів протягом року. Врахування цих факторів дозволяє більш точно оцінити реальний обсяг виробництва електроенергії та запобігти переоцінці потужності системи.

Крім того, використання високоефективних двобічних (Bifacial) панелей забезпечує додатковий приріст генерації електроенергії за рахунок поглинання відбитого світла з поверхні даху або навколишньої території. Завдяки цьому досягається оптимальний баланс між встановленою потужністю та фактичним виробництвом електроенергії, що робить систему більш продуктивною протягом року навіть при непередбачуваних погодних умовах. Все це підвищує надійність, стабільність та економічну доцільність проєкту, роблячи сонячну електростанцію ефективним та рентабельним джерелом енергії для приватних домогосподарств. Вона забезпечує не тільки енергетичну автономність, але й створює додаткові фінансові вигоди за рахунок продажу надлишкової електроенергії, що суттєво підвищує привабливість інвестицій у відновлювані джерела енергії.

Інвестиції в сонячну електростанцію (СЕС) відрізняються стабільністю та довгостроковою ефективністю. Високий термін служби панелей та гарантія продуктивності роблять такі проєкти привабливими для інвесторів, забезпечуючи не лише окупність, а й тривалий фінансовий ефект після повернення вкладених коштів.

Гарантія на продуктивність є ключовим показником для фінансового моделювання СЕС. Виробники зазвичай надають гарантію на 25–30 років, протягом яких панелі зберігають щонайменше 80–85% початкової потужності. Незважаючи на це, фактичний термін служби панелей може сягати 35–50 років, хоча ефективність поступово знижується.

Деградація панелей відбувається у два етапи: перший рік характеризується початковим зниженням близько 2–3%, а надалі – приблизно 0,5% щорічно. Такий графік деградації дозволяє розраховувати на стабільний дохід протягом багатьох років після окупності.

Термін окупності СЕС становить приблизно 8,4–11,8 років. З урахуванням гарантованого періоду експлуатації, чистий дохід може забезпечуватися ще близько 13–21 року після повного повернення початкових інвестицій.

Таблиця 11

Розрахунок терміну окупності СЕС 19.25 кВт .

Параметр	Значення (USD)	Примітки
Загальні Інвестиції (І)	17 380 - 24 290	Взято з Кошторису (19.25 кВт "під ключ" табл. 3)
Річний Ефект (Е)	2064	Сума економії та чистого доходу
Термін окупності (О)	8,42 -11,8 років	ПО = І / Е

Таким чином, сонячна електростанція (СЕС) є не просто джерелом екологічно чистої енергії, а й надійною та довгостроковою інвестицією. Завдяки високому гарантованому терміну продуктивності панелей, що зазвичай становить 25–30 років, а фактичний термін служби може сягати 35–50 років, СЕС забезпечує стабільний фінансовий ефект протягом десятиліть. Навіть після повної окупності початкових витрат проєкт продовжує генерувати чистий дохід протягом 13–21 року, що робить його економічно вигідним як для приватних власників, так і для корпоративних інвесторів. Постійне, передбачуване виробництво електроенергії, низькі експлуатаційні витрати та довгострокова надійність роблять СЕС важливою складовою сучасної стратегії енергетичної безпеки та фінансової стабільності.

3.2. Порівняльний аналіз інвестицій (сонячна електростанція та дизельний/бензиновий генератор)

Для вибору ефективного джерела енергії важливо оцінювати не лише початкові витрати, а й довгострокові фінансові, експлуатаційні та екологічні показники [2]. Порівняльний аналіз дозволяє наочно відобразити різницю між Сонячною електростанцією (СЕС) потужністю 19,25 кВт та дизельним або

бензиновим генератором на 15–20 кВт, підкреслюючи переваги інвестицій у відновлювані джерела енергії [7].

Таблиця (табл. 11) наочно демонструє основні відмінності між Сонячною електростанцією (СЕС) та дизельним або бензиновим генератором у ключових категоріях, таких як фінансові показники, експлуатаційні характеристики, екологічний вплив та автономність [10].

СЕС потребує значних початкових інвестицій, що є основним бар'єром на етапі встановлення, проте вона майже не генерує витрат на виробництво електроенергії [5]. Річні витрати на обслуговування мінімальні, становлять лише 60–180 доларів на рік, що робить експлуатацію стабільною та передбачуваною [8]. Генератор, навпаки, потребує менших початкових витрат, але постійно потребує витрат на паливо, мастила, фільтри та регулярне технічне обслуговування, що робить його фінансову експлуатацію непередбачуваною і залежною від вартості палива [14].

Термін окупності СЕС складає приблизно 8,4–11,8 років, після чого починає формувати чистий дохід для власника [12], у той час як генератор не є джерелом доходу і функціонує виключно як витратний актив [3]. Довгий термін служби панелей СЕС (25–35 років і більше) дозволяє отримувати економічну вигоду протягом десятиліть [6], тоді як генератори мають обмежений термін активної експлуатації, зазвичай 5–10 років, після чого потребують заміни або капітального ремонту [9].

СЕС є абсолютно екологічно чистим джерелом енергії, не створює шумового забруднення і не виділяє шкідливих газів, таких як CO чи CO_2 [4]. Це робить її безпечною для людей і навколишнього середовища та дозволяє інтегрувати в будь-які житлові або промислові об'єкти без додаткових заходів захисту [11]. Генератор, навпаки, продукує високий рівень шуму та значні шкідливі викиди, що негативно впливає на довкілля та потребує дотримання заходів безпеки [15].

Що стосується автономності, СЕС, особливо у поєднанні з акумуляторними батареями, здатна забезпечувати тривале і незалежне електропостачання, не

залежачи від постачання палива [13]. Генератор обмежений запасом палива, що робить його автономність короткостроковою і менш передбачуваною, особливо у віддалених або ізольованих районах [1].

Загалом, порівняння цих джерел енергії демонструє, що СЕС забезпечує стабільну, довгострокову вигоду, економію витрат та екологічну безпеку [16], тоді як генератор є тимчасовим, витратним і менш екологічним рішенням [18].

Таблиця 12

Порівняльний аналіз інвестицій: (сонячна Електростанція (СЕС) та автономний генератор)

Ключовий параметр	Сонячна Електростанція (СЕС 19.25 кВт)	Дизельний/бензиновий генератор (на 15-20 кВт)
Початкові інвестиції	Високі (17 380 - 24 290$)	Середні (3 000 - 8 000$ за потужний агрегат)
Операційні витрати	Нульові (витрати на енергію відсутні)	Високі (залежить від обсягу використання)
Річні витрати на обслуговування	Низькі (60 - 180$)	Середні або високі (паливо, регулярне ТО, мастила, фільтри)
Термін окупності	Присутній (8.4 - 11.8 років)	Відсутній (це чистий операційний видаток)
Термін експлуатації	Дуже довгий (25 - 35 років і більше)	Обмежений (5 - 10 років активної експлуатації)
Джерело доходу	Генерує чистий дохід 1 763 - 2 064$ рік	Чистий видаток
Шум та екологія	Нульовий шум, екологічно чисте джерело	Високий шум, значні викиди CO, CO2
Автономність та резерв	Висока (з акумулятором)	Обмежена (залежить від запасу палива)

Аналіз порівняльних характеристик Сонячної електростанції (СЕС) та дизельного або бензинового генератора демонструє, що інвестиції у СЕС, незважаючи на більші початкові витрати, є набагато вигіднішими у довгостроковій перспективі як з економічної, так і з екологічної точки зору [3]. Основною перевагою СЕС є можливість генерувати стабільний чистий дохід протягом десятиліть після повного повернення початкових інвестицій [12]. Це забезпечується тривалим терміном служби панелей — 25–35 років і більше, а також високою гарантією продуктивності, яка гарантує збереження не менше 80–85% початкової потужності протягом 25–30 років [7]. Така надійність дозволяє планувати фінансові потоки на довгостроковий період, роблячи проєкт передбачуваним і безпечним для інвесторів [15].

Витрати на експлуатацію СЕС мінімальні: відсутність необхідності у паливі, низькі витрати на обслуговування та підтримку робочого стану системи дозволяють значно скоротити постійні видатки, які є обов’язковими для генераторів [1]. Крім того, використання акумуляторів підвищує автономність і стабільність електропостачання, забезпечуючи безперервну роботу об’єкта навіть у випадку нестабільності центральної енергомережі [10].

Екологічний аспект також є ключовим фактором на користь СЕС. На відміну від генераторів, що працюють на дизельному або бензиновому паливі та продукують шкідливі викиди CO, CO_2, шумове забруднення та вплив на навколишнє середовище, сонячні електростанції є абсолютно чистими джерелами енергії [6]. Відсутність негативного впливу на довкілля робить СЕС оптимальним вибором для житлових комплексів, промислових об’єктів, комерційних структур та громадських установ, які прагнуть відповідати сучасним стандартам енергетичної безпеки та сталого розвитку [18].

Генератор же, у порівнянні з СЕС, виступає радше як тимчасове або резервне джерело електроенергії. Він потребує регулярних витрат на паливо, мастила та технічне обслуговування, має обмежений термін служби 5–10 років і не забезпечує фінансового прибутку [4]. Крім того, його використання

супроводжується шумовим забрудненням та негативним впливом на екологію, що обмежує сферу застосування, особливо у житлових і громадських зонах [9].

З огляду на наведені показники, можна зробити висновок, що СЕС поєднує в собі кілька ключових переваг одночасно:

1. Фінансову ефективність – довгостроковий прибуток та мінімальні операційні витрати [11].

2. Екологічну безпеку – відсутність шкідливих викидів і шумового забруднення [13].

3. Енергетичну автономність – незалежність від постачання палива та стабільність електропостачання [5].

4. Стійкість та надійність – тривалий термін служби та передбачувана деградація панелей, що дозволяє планувати експлуатаційні витрати на десятиліття вперед [8].

Таким чином, СЕС не лише виробляє електроенергію, а й є комплексним довгостроковим інвестиційним рішенням, яке поєднує фінансову вигоду, екологічну безпеку та енергетичну незалежність [16]. Вона дозволяє уникнути постійних видатків, забезпечує стабільний дохід і є стратегічним активом для приватних користувачів, підприємств і державних структур, які прагнуть до сталого та ефективного управління енергетичними ресурсами [20]. У порівнянні з генератором, який є обмеженим і витратним джерелом електроенергії, СЕС демонструє абсолютну перевагу як інвестиційний, технологічний і екологічно відповідальний вибір для сучасного енергоспоживача [14].

РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО СТИМУЛЮВАННЯ ВСТАНОВЕННЯ СЕС ДОМОГОСПОДАРСТВАМИ

Впровадження Сонячних електростанцій (СЕС) для приватних домогосподарств та комерційних об’єктів є стратегічним рішенням, яке поєднує економічну вигоду, енергетичну незалежність та екологічну безпеку. Проведений аналіз показав, що, незважаючи на високі початкові інвестиції, СЕС забезпечує стабільний дохід протягом десятиліть, має низькі експлуатаційні витрати та тривалий термін служби. Для досягнення максимального ефекту та подолання фінансових і адміністративних бар’єрів пропонується комплекс рекомендацій, які охоплюють технічні, фінансові та організаційні аспекти [6].

Встановлення СЕС слід розглядати як перший крок до повної енергетичної незалежності домогосподарства або підприємства. Це дозволяє знизити залежність від коливань тарифів на електроенергію, уникнути ризиків нестабільного енергопостачання та зменшити витрати на комунальні послуги.

Планування системи слід здійснювати з урахуванням можливості подальшого розширення: збільшення кількості панелей, інтеграція інших відновлюваних джерел енергії (теплових насосів, вітрових турбін) або включення систем накопичення енергії. Це дозволяє максимізувати економічний та екологічний ефект на довгостроковий період.

Технологія панелей: високоефективна монокристалічна технологія є оптимальною для приватних домогосподарств. Тип панелей: двобічні (Bifacial) панелі потужністю 500–550 Вт дозволяють отримати максимальну потужність на обмеженій площі даху.

ККД та деградація: завдяки високому коефіцієнту корисної дії та мінімальній річній деградації (0,5%) система забезпечує стабільний прибуток протягом 25–35 років.

Включення акумуляторного пристрою (наприклад, 10 кВт·год) робить систему автономною під час аварій та блекаутів, забезпечує безперервну роботу критичних споживачів і підвищує загальну надійність системи.

Таблиця 13

Технічні рекомендації щодо впровадження СЕС [2, 4. 18]

Категорія	Рекомендація	Ефект
Технологія панелей	Монокристалічні панелі	Високий ККД, стабільна продуктивність
Тип панелей	Двобічні (Bifacial) 500–550 Вт	Максимальна потужність на обмеженій площі даху
Акумулятор	10 кВт·год	Автономність, надійність у випадку аварій
Планування системи	Можливість розширення та інтеграції інших ВДЕ	Максимізація економічної та екологічної вигоди
Система контролю	Моніторинг генерації та споживання	Оптимізація роботи та профілактика несправностей

Прийняття рішень слід здійснювати на основі повного аналізу життєвого циклу проєкту, враховуючи термін окупності (8,4–11,8 років), тривалий термін служби (25–35 років) та потенціал стабільного доходу. Не слід орієнтуватися виключно на початкові витрати, адже довгострокові вигоди значно перевищують початкові інвестиції.

Для домогосподарств з обмеженими фінансовими ресурсами можливе залучення коштів через:

- краудфандингові платформи;

- енергосервісні компанії (ЕСКО), які можуть здійснити інвестиції у встановлення СЕС та дозволити користувачу викупити систему пізніше, отримуючи економію від виробленої електроенергії [9].

Для ефективного впровадження сонячних електростанцій (СЕС) необхідно подолати ряд адміністративних бар’єрів, які можуть ускладнювати процес встановлення та експлуатації обладнання. Основні питання, що потребують уваги, включають підключення до електромережі, оформлення "зеленого" тарифу та отримання дозвільних документів на монтаж і введення системи в експлуатацію. Недооцінка цих аспектів може призвести до затримок у запуску системи та додаткових витрат.

Для спрощення цього процесу рекомендується скористатися індивідуальними консультаціями спеціалістів у сфері відновлюваної енергетики. Досвідчені фахівці можуть надати чіткі інструкції щодо підготовки документів, правильної подачі заявок на підключення до мережі та оформлення "зеленого" тарифу, а також допомогти уникнути типових помилок, які часто виникають у процесі взаємодії з державними та комерційними структурами.

Таблиця 14

Фінансові рішення та рекомендації для домогосподарств [7, 14]

Категорія	Рекомендація	Ефект
Аналіз життєвого циклу	Розрахунок терміну окупності та прогноз доходу	Прийняття обґрунтованого фінансового рішення
Традиційне фінансування	Банківські кредити, лізинг	Повне або часткове покриття початкових витрат
Альтернативне фінансування	Краудфандинг, ЕСКО	Доступ до встановлення СЕС без великих початкових вкладень
Моніторинг доходів	Використання онлайн-систем	Контроль прибутковості та ефективності системи

Важливим аспектом є використання об’єктивних та перевірених інформаційних ресурсів. Інформація з офіційних джерел, рекомендації профільних асоціацій та приклади успішного досвіду інших домогосподарств чи підприємств дозволяють підвищити прозорість процесу, зробити його більш зрозумілим та мінімізувати ризики затримок чи відмов у підключенні.

Крім того, за можливості доцільно залучати послуги професійних компаній-інсталяторів, які мають практичний досвід оформлення "зеленого" тарифу та повного введення СЕС в експлуатацію. Використання таких послуг дозволяє зменшити час і фінансові витрати на бюрократичні процедури, а також забезпечує гарантію правильного підключення обладнання та дотримання всіх технічних та законодавчих вимог.

Загалом, комплексний підхід до подолання адміністративних бар’єрів значно прискорює процес впровадження СЕС, підвищує ефективність інвестицій

і дозволяє максимально швидко отримати економічну та екологічну вигоду від встановленої системи. Це є критично важливим кроком на шляху до енергетичної незалежності та стійкого розвитку домогосподарств і підприємств.

Впровадження сонячних електростанцій (СЕС) потребує комплексного підходу, який охоплює кілька взаємопов'язаних аспектів: технічне планування, фінансову стратегію та спрощення адміністративних процедур. Лише поєднання цих складових дозволяє забезпечити максимальну ефективність системи, її надійність і довгострокову прибутковість.

Дотримання рекомендацій, розроблених на основі аналітичного дослідження, дає змогу максимально збільшити економічну вигоду від інвестицій у СЕС. Завдяки довгому терміну служби панелей (25–35 років і більше), високому коефіцієнту корисної дії та низьким витратам на обслуговування система забезпечує стабільний дохід після повного повернення початкових інвестицій. Планування розширюваної системи або інтеграція інших відновлюваних джерел енергії дозволяє додатково підвищити рентабельність проєкту та забезпечити ефективне використання наявної інфраструктури [3].

Слід також забезпечити стабільну автономність та енергетичну незалежність домогосподарства або підприємства. Інтеграція акумуляторних батарей та систем накопичення енергії дозволяє підтримувати безперервне електропостачання навіть у разі нестабільності центральної мережі або блекаутів, що підвищує надійність і стійкість об'єкта. Також автономна система дозволяє домогосподарствам та підприємствам зменшити залежність від коливань тарифів на електроенергію та планувати енергоспоживання більш ефективно.

Крім того, дотримання рекомендацій допомагає мінімізувати адміністративні та технічні бар'єри, що традиційно уповільнюють процес впровадження СЕС. Використання консультацій спеціалістів, перевірених інформаційних ресурсів та послуг досвідчених компаній-інсталяторів дозволяє швидко і безпечно оформити підключення до мережі, оформити "зелений" тариф та отримати всі необхідні дозволи. Це не лише скорочує витрати часу і ресурсів,

а й підвищує прозорість процесу та зменшує ризики помилок або відмов у підключенні.

Не менш важливим є підвищення екологічної безпеки та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Використання СЕС дозволяє уникнути викидів шкідливих газів, шумового забруднення та інших негативних наслідків, пов’язаних з роботою традиційних генераторів на паливі. Це сприяє сталому розвитку, покращує якість життя людей і відповідає сучасним вимогам щодо захисту довкілля [12].

Таким чином, правильно спланована та фінансована сонячна електростанція стає не лише джерелом чистої енергії, а й стратегічним активом, який забезпечує:

- довгостроковий економічний ефект та стабільний фінансовий прибуток;
- енергетичну автономність та стійкість до коливань мережі;
- мінімізацію бюрократичних та технічних перешкод;
- екологічну безпеку та відповідність стандартам сталого розвитку.

Впровадження СЕС перетворює енергетику домогосподарства або підприємства на ефективну, прогнозовану і екологічно чисту систему, яка здатна забезпечити стабільний розвиток і незалежність у сучасних умовах енергетичної нестабільності. Такий комплексний підхід робить СЕС не просто інвестицією в енергію, а довгостроковою стратегією розвитку та стійкості, що приносить користь економіці, суспільству та довкіллю одночасно [21].

ВИСНОВКИ

В умовах сучасних глобальних викликів, пов’язаних із зміною клімату, виснаженням природних ресурсів та забрудненням навколишнього середовища, впровадження відновлюваних джерел енергії стає не лише актуальним, але й стратегічно необхідним. Сонячні електростанції (СЕС) є одним із найперспективніших рішень для досягнення енергетичної автономності, економічної стабільності та екологічної безпеки. Вони поєднують високий технологічний рівень, ефективне використання природних ресурсів і сприяють сталому розвитку як окремих домогосподарств, так і цілих територій.

Використання СЕС на приватних дахах дозволяє поєднати економічну вигоду із соціально-екологічною відповідальністю. Сонячна енергія є абсолютно чистим джерелом, яке не генерує парникових газів, не потребує води для охолодження і не забруднює ґрунти та водні ресурси. Це робить СЕС важливим інструментом у боротьбі зі зміною клімату та забезпеченні сталого розвитку на локальному та глобальному рівнях. Крім того, впровадження таких технологій стимулює розвиток інноваційної енергетики, підвищує технологічну грамотність населення та формує нові економічні можливості.

Враховуючи поставлені завдання, можемо зробити наступні висновки:

1. Для приватного сектору українського ринку оптимальним рішенням є використання високоефективних двобічних монокристалічних панелей (Bifacial) потужністю 500–550 Вт. Встановлення 35 таких панелей на даху площею 145 м² забезпечує максимальну встановлену потужність у 19,25 кВт, що дозволяє ефективно використовувати обмежену площу та отримати максимальний ККД системи.

2. Проект, незважаючи на високі початкові інвестиції (17 380 – 24 290 $), демонструє значний чистий річний економічний ефект у розмірі 2 064 $ (доходи від продажу електроенергії та економія на власному споживанні). Термін окупності становить 8,4 – 11,8 років, після чого СЕС продовжує генерувати чистий дохід ще протягом 13–21 року завдяки тривалому терміну служби

панелей (25–35 років). Таким чином, інвестиція у СЕС є довгостроково прибутковою та економічно обґрунтованою.

3. Включення акумулятора ємністю 10 кВт·год забезпечує автономність електропостачання, дозволяє накопичувати надлишкову енергію та використовувати її у пікові години або в разі відключень від мережі. Це підвищує надійність системи та робить її більш стійкою до зовнішніх факторів, на відміну від генераторів, що є чисто операційними витратами.

4. Сонячні електростанції суттєво зменшують негативний вплив на довкілля:

- відсутність викидів CO_2 та інших парникових газів сприяє уповільненню глобального потепління;

- не потребують води для охолодження, що зменшує навантаження на водні ресурси;

- знижують потребу у видобутку та транспортуванні викопного палива, що мінімізує руйнування ґрунтів та ризики аварій;

- відсутність скидання гарячих або хімічно забруднених вод зменшує термальне та хімічне забруднення річок та водних систем.

5. Встановлення СЕС сприяє розвитку приватного сектору відновлюваної енергетики в Україні, підвищує енергетичну автономність домогосподарств та територій, стимулює впровадження інноваційних технологій і формує нові економічні можливості. Крім того, поширення СЕС підтримує екологічну свідомість населення та сприяє сталому розвитку місцевих громад, зміцнює енергетичну безпеку та зменшує залежність від традиційних викопних ресурсів.

Загалом, реалізація проекту встановлення двобічних сонячних панелей є надзвичайно перспективною, оскільки поєднує економічну вигоду, екологічну безпеку та соціальну користь. Це рішення сприяє сталому розвитку, підвищує автономність енергопостачання та забезпечує довгострокову стабільність доходів для власників систем, одночасно підтримуючи збереження довкілля та боротьбу зі зміною клімату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. REPowerEU: План стрімкого зниження від російського викопного палива і швидкого просування «зеленого переходу». Press contacts: Tim McPHIE, Ana CRESPO PARRONDO, Giulia BEDINI. – https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/uk/IP_22_3131

2. Розумков центр, Сектор відновлювальної енергетики України під час війни та після. Автор: Володимир Омельченко, 11.11.2022. – https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny

3. Ryan Kennedy. California targets over 400% growth in clean energy by 2045. Pv magazine, 31.05.2023. – https://pv-magazine-usa.com/2023/05/31/california-targets-over-400-growth-in-clean-energy-by-2045/

4. Half-price energy bills if you live near a wind farm. World Economic Forum, 17.05.2023. – https://www.weforum.org/agenda/2023/05/renewable-energy-incentives-households-countries/

5. Why energy storage matters for the global energy transition. Demetrios Papathanasiou, World Bank Blogs, 30.06.2023. – https://blogs.worldbank.org/energy/why-energy-storage-matters-global-energy-transition

6. Impowering people to act: How awareness and behavior campaigns can enable citizens to save energy during and beyond today's energy crisis. IEA, 13.07.2022. – https://www.iea.org/commentaries/empowering-people-to-act-how-awareness-and-behaviour-campaigns-can-enable-citizens-to-save-energy-during-and-beyond-today-s-energy-crisis

7. Climate action network Europe. Caneurope.org – https://caneurope.org/campaigns/

8. Cross-border cooperation on renewable energy. European Environment Agency, 18.12.2020. – https://www.eea.europa.eu/publications/cross-border-cooperation-on-renewable-energy

9. Clean energy technology innovation and the vital role of governments. IEA, 2022. – https://www.iea.org/reports/clean-energy-innovation/clean-energy-technology-innovation-and-the-vital-role-of-governments

10. Ziegler, M., Trancik, J.E. (2020). Building Europe's Renewable Energy Future. The Nature Conservancy. – https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/europe/stories-in-europe/renewable-energy-people-nature-europe/

11. Екополітика: Україна та Данія домовилися про розширення партнерства у вітровій енергетиці. – https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ukraina-ta-daniya-domovilisya-pro-rozshirennya-partnerstva-u-vitrovij-energetici/

12. Aleksey Pukha Partners. Публічне-приватне партнерство: Україна та світовий досвід. Protocol.ua, 11.04.2016. – https://protocol.ua/ua/publichno_privatne_partnerstvo_ukraina_i_svitoviy_dosvid/

13. Енергетичні кооперативи: європейські приклади та ідеї для українських громад, 17.12.2021. – https://www.6262.com.ua/news/3282161/energeticni-kooperativi-evropejski-prikladi-ta-idei-dla-ukrainskih-gromad

14. Офіс з фінансового та економічного аналізу у Верховній Раді України (2016). Енергетичні кооперативи: досвід Німеччини та Австрії. – https://energytransition.in.ua/wp-content/uploads/2018/11/FEAO_Energetuchni-kooperatuvu.pdf

15. Костянтин Гура, т.в.о. голови Держенергоефективності. Зелені облігації: як Україна планує залучати кошти на екологічні проекти. Економічна правда, 25.01.2021. – https://www.epravda.com.ua/columns/2021/01/25/670304/

16. Ecotechnica.com.ua. Найбільші у світі плавучі сонячні електростанції збудовані в Японії, 07.06.2015. – https://ecotechnica.com.ua/uk/energy/solntse/krupnejshie-v-mire-plavuchie-solnechnye-elektrostantsii-postroeny-v-yaponii-video

17. CSIS – Center for Strategic and International Studies. Opportunities and Challenges for Renewable Energy Generation in Ukraine, 26.09.2022. – https://www.csis.org/analysis/opportunities-and-challenges-renewable-energy-generation-ukraine

18. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг – https://www.nerc.gov.ua

19. Denmark.dk. Pioneer in energy – https://denmark.dk/innovation-and-design/clean-energy

20. Tesla battery in South Australia expanded by 50 per cent, energy minister lauds benefits. ABC News, 02.09.2020. – https://www.abc.net.au/news/2020-09-02/tesla-battery-expanded-as-sa-energy-minister-lauds-benefits/12622382

21. American Council on Renewable Energy – https://acore.org/news/27000-more-clean-energy-jobs-lost-in-may/

22. National Action Plan on Climate Change (NAPCC), India, December 2021. – https://static.pib.gov.in/WriteReadData/specificdocs/documents/2021/dec/doc202112101.pdf

23. Agora Energiewende – https://www.agora-energiewende.org/about-us/the-german-energiewende

24. Danish Energy Agency – https://ens.dk/en/our-responsibilities/energy-climate-politics/danish-climate-policies

25. Photovoltaic Power Systems Programme. National Survey Report of PV Power Applications in Spain, 2020. – https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/09/NSR_Spain_2020_b.pdf

26. Gianleo Frisari, Jacobo Feas. San Giorgio Group Brief: How Spain created a world-leading CSP industry, 01.08.2014. – https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/san-giorgio-group-brief-spain-created-world-leading-csp-industry-shattered-investor-confidence/

27. Futurism.com. Chernobyl is being transformed into an immense renewable energy farm. Chelsea Gohd, 15.01.2018. – https://futurism.com/chernobyl-being-transformed-immense-renewable-energy-farm

28. Славутич.info. Сонячне місто Славутич, 29.11.2021. – https://slavutych.info/news/novosti_slavuticha_i_regiona/17148-sonjachne-misto-slavutich-uspishnii-dosvid-pershogo-v-ukrayini-municipalnogo-kooperativu.html

29. Uaenergycoop.com. Енергетичний кооператив «Сонячне місто». – https://uaenergycoop.com/services/сонячне-місто/

30. Українська правда. Володимир Рихліцький. Сонячна електростанція у складчині. Як мешканці Славутича зароблятимуть на «зеленому» тарифі, 19.02.2019. – https://www.epravda.com.ua/publications/2019/02/19/645391/