

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ**

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Проект енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії для умов Сокальської територіальної громади»**

Виконав: студент 4 курсу групи Ен-41

Спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва)

Карабін Ярослав Миронович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., професор Боярчук В.М.  
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: д.т.н., професор Тригуба А.М.  
(Прізвище та ініціали)

**ДУБЛЯНИ-2023**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

к.т.н., доц. С. В. Сиротюк

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Карабіну Ярославу Мироновичу

1. Тема роботи: «Проект енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії для умов Сокальської територіальної громади»

Керівник роботи Боярчук Віталій Мефодійович, професор  
затверджені наказом по університету від 30.12.2022 року № 453/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: вимоги до системи енергозабезпечення особистого селянського господарств; методика проектування систем енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел; кліматичні умови та енергоспоживання господарства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) \_\_\_\_\_

Вступ.

1. Стан питання та постановка завдання.

2. Аналіз об'єкту проектування та розрахунок енергоспоживання.

3. Проектування системи енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії

4. Охорона праці.

5. Охорона довкілля

6. Економічна ефективність від енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії

Висновки та пропозиції.

Список використаної літератури.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): обґрунтування доцільності енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії; огляд відомих систем енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії; результати проектування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії; результати визначення економічної ефективності.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 6	<i>Боярчук В.М., професор кафедри енергетики</i>		
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>		
5	<i>Панас Н.Є., доцент кафедри екології</i>		

7. Дата видачі завдання

30 грудня 2022 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу</i>	<i>01.01-05.02.23</i>	
2	<i>Виконання другого розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>06.02-05.03.23</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>06.03-15.04.23</i>	
4.	<i>Написання розділу «Охорона праці»</i>	<i>16.04-12.05.23</i>	
5.	<i>Виконання п'ятого розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>13.05-23.05.23</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів ілюстраційного матеріалу</i>	<i>24-31.05.23</i>	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>01-10.06.23</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Карабін Я.М.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Боярчук В.М.  
(підпис)

## УДК 621.31

Проект енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії для умов Сокальської територіальної громади.

Карабін Я.М. Кафедра енергетики – Дубляни, Львівський НАУ, 2023.

Кваліфікаційна робота: 77 с. текст. част., 15 рис., 6 табл., 12 арк. ілюстраційного матеріалу, 35 джерел.

Проаналізовано особливості стимулювання відновлюваної енергетики для особистих селянських господарств за допомогою «зеленого» тарифу. Подано обґрунтування доцільності енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії. Виконано аналіз відомих систем енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії. Здійснено обґрунтування доцільності розробки гібридної системи енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії.

Представлено розташування особистого селянського господарства та характеристики місцевості. Визначено обсяги споживання електроенергії особистим селянським господарством. Виконано розрахунок споживання електроенергії особистим селянським господарством впродовж року.

Здійснено вибір схеми енергозабезпечення особистого селянського господарства. Виконано проектування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії.

Розроблено заходи із охорони праці та довкілля. Проведено розрахунок економічної ефективності від енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ ТА	
ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ .....	9
1.1. Стимулювання відновлюваної енергетики для особистих селянських господарств за допомогою «зеленого» тарифу .....	9
1.2. Обґрунтування доцільності енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії .....	13
1.3. Аналіз відомих систем енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії.....	15
1.4. Обґрунтування доцільності розробки гібридної системи енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії .....	20
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК	
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	22
2.1. Розташування особистого селянського господарства та характеристики місцевості .....	22
2.2. Визначення обсягів споживання електроенергії особистим селянським господарством.....	25
2.3. Розрахунок споживання електроенергії особистим селянським господарством впродовж року.....	30
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
ОСОБИСТОГО СЕЛЯНСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ	
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ .....	
3.1. Вибір схеми енергозабезпечення особистого селянського господарства	35
3.2. Проектування системи перетворення сонячної енергії в електричну енергію .....	39
3.3. Принципова схема автономної системи перетворення сонячної енергії в електричну енергію .....	43

3.4. Проектування системи перетворення вітрової енергії в електричну енергію .....	44
3.5. Принципова схема автономної системи перетворення вітрової енергії в електричну енергію .....	47
3.6. Принципова схема гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії..	50
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ .....	53
4.1. Структурно-функціональний аналіз процесу обслуговування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства .....	53
4.2. Розрахунок блискавкозахисту.....	55
4.3. Правила техніки безпеки під час експлуатації технологічного обладнання	56
4.4. Основні правила техніки безпеки під час обслуговування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства .....	57
4.5. Пожежна безпека об'єкту проектування .....	58
4.6. Розробка заходів щодо захисту цивільного населення .....	60
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ.....	62
5.1. Охорона та раціональне використання ґрунтів.....	63
5.2. Охорона та ефективне використання водних ресурсів .....	63
5.3. Охорона атмосферного повітря .....	64
5.4. Заходи щодо покращення стану охорони довкілля .....	65
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСОБИСТОГО СЕЛЯНСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	66
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74

## ВСТУП

В сучасному світі питання енергозабезпечення є одним із найактуальніших завдань. Зростання населення, швидкий технологічний розвиток та зростаюча залежність від традиційних джерел енергії, таких як вугілля та нафта, призводять до екологічних, економічних та соціальних проблем. У зв'язку з цим, промисловим напрямом розвитку стає використання відновлюваних джерел енергії, які можуть забезпечити стале та екологічно чисте енергетичне майбутнє [34].

Ця кваліфікаційна робота присвячена проекту енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії для умов Сокальської територіальної громади. Сокальська територіальна громада, розташована у Львівській області, є типовим представником сільського регіону, де домінують традиційні методи енергозабезпечення, засновані на використанні традиційних ресурсів та шкідливих викидів.

Метою даної роботи є розробка комплексного проекту, що забезпечує створення стабільної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії. Проект має на меті забезпечити незалежність від коливання ціни на енергію, знизити викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище та сприяти розвитку сталого сільського господарства.

У роботі буде виконано проектування систем енергозабезпечення, зокрема вибір відповідних відновлених джерел енергії, досліджено їх потенціал та технології впровадження. Дослідження включає аналіз кліматичних умов та ресурсного потенціалу регіону, що дозволяє розмістити найбільш ефективні та доцільні види енергоресурсів для реалізації проекту [11].

Основними завданнями роботи є визначення потреб особистого селянського господарства в енергії, розрахунок необхідної потужності та обсягу енергоресурсів, а також розробка оптимальної системи, яка буде

включати в себе поєднання різних джерел енергії, таких як сонячна енергія, вітрова енергія або ж біомаса. Крім того, будуть враховані аспекти енергоефективності та енергозбереження, щоб максимально оптимізувати використання ресурсів та забезпечити сталу та ефективну роботу систем.

Результатом цієї роботи буде розробка конкретних технічних рішень, планування монтажу та впровадження енергетичної системи особистого селянського господарства в Сокальській територіальній громаді. Крім того, будуть розраховані основні аспекти фінансування проекту, а також економічна ефективність та термін повернення інвестицій.

Враховуючи потреби та можливості Сокальської територіальної громади, проект енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлених джерел енергії є досить актуальним на цей час для господарств громади.



## РОЗДІЛ 1.

### СТАН ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

#### 1.1. Стимулювання відновлюваної енергетики для особистих селянських господарств за допомогою «зеленого» тарифу

Проект IFC «Інвестиційний клімат в аграрному секторі України» спрямований на покращення бізнес-середовища в аграрному секторі шляхом підготовки прозорих та скоординованих пропозицій, спрямованих на створення більш привабливого інвестиційного клімату для вітчизняних та іноземних інвесторів, що сприятиме сталому майбутньому зростанню галузі. Проект IFC «Інвестиційний клімат в аграрному секторі України» реалізовано за фінансової підтримки Швейцарської Конфедерації через Державний секретаріат Швейцарії з економічних питань (SECO).

В Україні існують такі механізми стимулювання виробництва електроенергії з ВДЕ:

- 1) «зелені» тарифи;
- 2) податкові пільги;
- 3) спосіб підключення до мережі з пріоритетом.

Хоча документ, що підтверджує можливості використання додаткового джерела електроенергії з відновлюваних джерел (так звані «зелені» сертифікати), згадується в «Законі про електроенергетику» України, схема застосування та обігу таких сертифікатів досі не введена в дію в підзаконних актах. і не регулюється державним регулюючим органом використання.

Стимулювання виробництва за допомогою «зелених» тарифів стосується практично всіх відновлюваних джерел енергії (крім електроенергії, виробленої великими ГЕС). При цьому всі відновлювані джерела енергії діляться на дві групи:

1) електроенергія (вітрова, сонячна, біомаса та малі гідроелектростанції) з гарантованим мінімальним «зеленим» тарифом згідно із законом;

2) гарантована електроенергія там, де не діють мінімальні «зелені» тарифи.

В останньому випадку ціни на «зелену» електроенергію встановлюються Національною радою з регулювання енергетичного сектору (NCRE) на основі аналізу вартості будівництва та обслуговування електростанцій і норми прибутку від електроенергії.

На рис. 1.1 представлено тенденції зміни кількості домогосподарств, які використовують «зелені» тарифи.

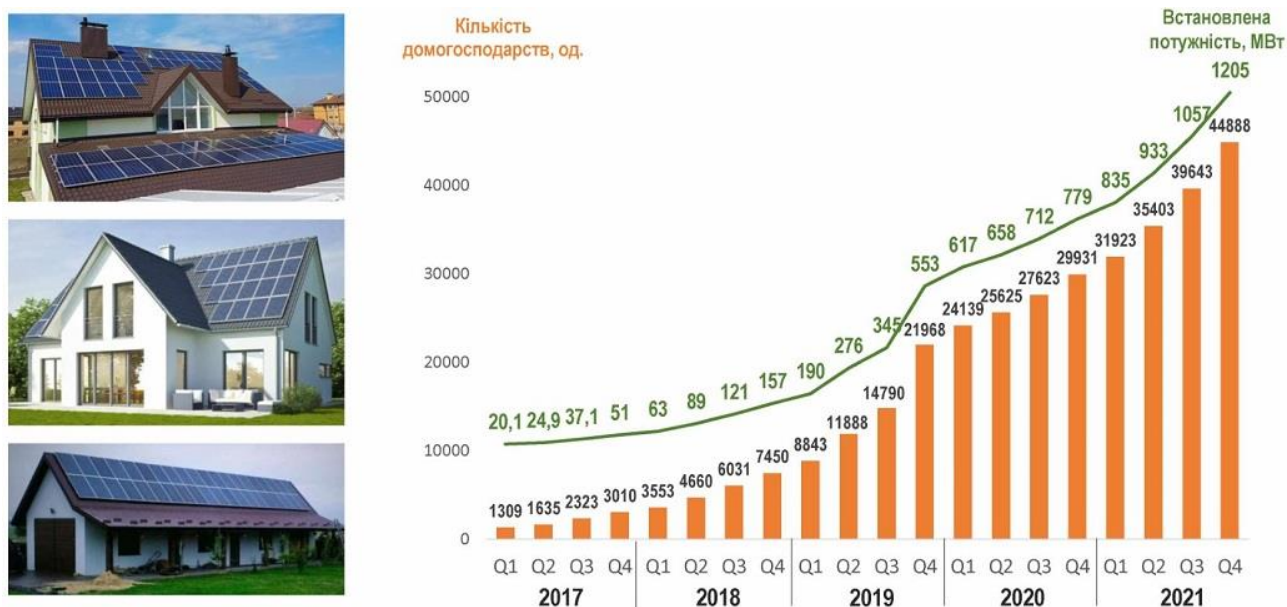


Рис. 1.1 – Тенденції зміни кількості домогосподарств, які використовують «зелені» тарифи [32]

Уряд хоче запровадити нові правила гри на сонячному ринку. Зокрема, з 2023 року буде виключена можливість нових інвестицій у «зелені» тарифи для домогосподарств. Починаючи з 2023 року, не можна буде побудувати домашню сонячну електростанцію, щоб отримати стабільний дохід у 25% на рік.

Усі, хто наразі є власниками чи встигають оформити «зелений» тариф до кінця 2022 року, отримають підтвержену сьогодні оплату до кінця дії закону про «зелений» тариф, тобто до 2030 року.

Приватні домогосподарства матимуть можливість продавати свою надлишкову вироблену енергію за цінами, що купує населення. У зв'язку з цим доцільно будувати домашні сонячні електростанції відповідної потужності, які б забезпечували відповідність річного виробництва річному споживанню. Це, у свою чергу, дозволить відмовитися від споживання газу та повністю перейти на електропостачання будинку.

Компаніям має сенс будувати сонячні електростанції для власних потреб, перш за все для часткового задоволення власних потреб. По-друге, продати надлишки в мережу за півціни, накопичуючи грошовий дебет на власному рахунку. Кожної осені та взимку ці кошти спрямовуватимуться на оплату електроенергії з мережі.

Загалом ми вважаємо, що запропонований законопроект значно покращить малу сонячну енергетику та справді сприятиме розвитку розподіленої генерації.

Енергія, вироблена СЕС і ВЕС, закуповується державою через компанії «Гарантований покупець» (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Розрахунки за «зелену» енергетику

Починаючи із 2020 році за «зелену» енергетику потрібно буде віддати понад 50 мільярдів гривень через масовий запуск нових проектів альтернативної енергетики. Це майже в чотири рази більше, ніж два роки тому. НаРок не має стільки грошей, а рівень виплат за останні місяці впав до 4-5%. В результаті накопичилися величезні борги (близько 17 мільярдів гривень) без механізму погашення.



Рис. 1.3 – Динаміка виробництва електроенергії з ВДЕ в Україні [9]

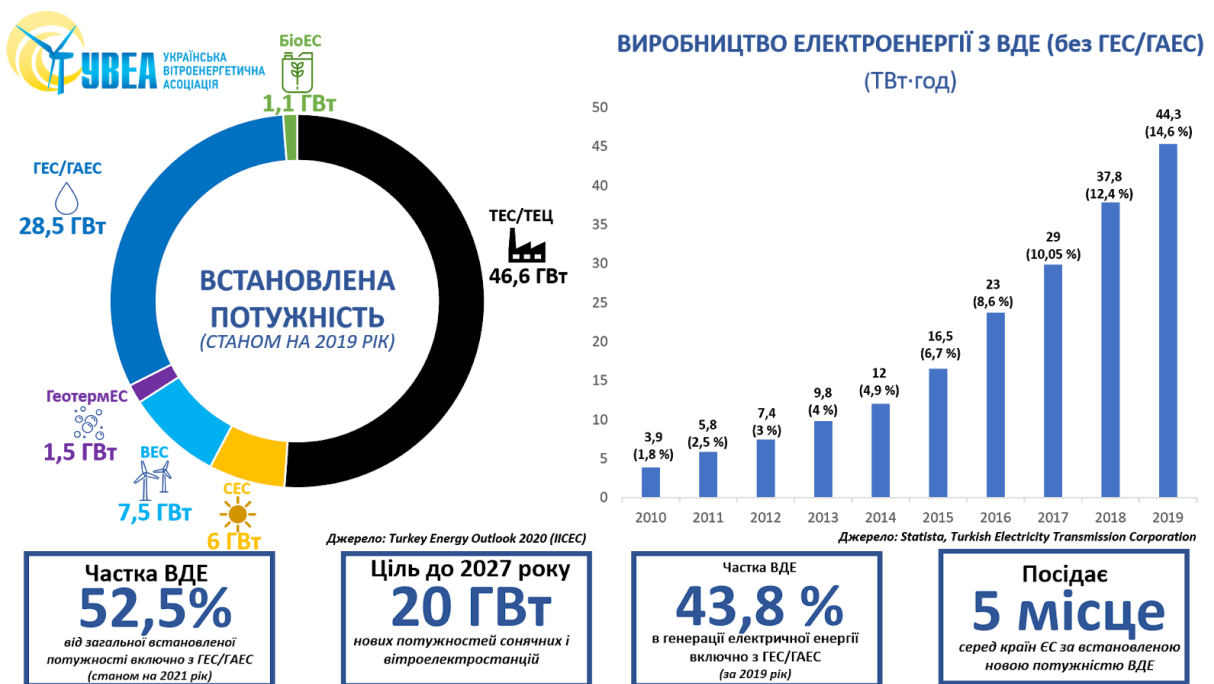


Рис. 1.4 – Динаміка виробництва електроенергії з ВДЕ в Туреччині [9]

На початку червня Північна екологічна фінансова компанія NEFCO Finland також оголосила, що має намір припинити інвестиції у ВДЕ в Україні через систематичне порушення урядом своїх зобов'язань і планує ввести додаткові податки на виробництво «зеленої» електроенергії у вигляді акцизів.

Така непослідовна та хаотична діяльність уряду сприяла зниженню інвестиційної привабливості України, оскільки, за даними НБУ, вперше з 2015 року країна зазнала відтоку інвестицій, який у 2020 році склав \$868,2 млн. Саме це може призвести до економічної кризи та всіх її негативних наслідків для населення.

Як показує досвід Туреччини, застосування режимів «зеленого» тарифу майже на тих самих умовах, що й в Україні, призвело до економічного розвитку, якого вдалося досягти завдяки плідній співпраці держави та інвесторів.

Натомість українські чиновники організовують «полювання на відьом», яке має на меті ускладнити розвиток галузі відновлюваної енергетики на користь невеликої групи зацікавлених сторін.

## **1.2. Обґрунтування доцільності енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії**

Енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлених джерел енергії є дуже доцільним з багатьма переконливими аргументами. Ось декілька обґрунтувань:

**Стальність та незалежність:** використання відновлюваних джерел енергії дозволяє забезпечити стале та незалежне енергозабезпечення. Відновлені джерела, такі як сонячна енергія, вітрова енергія та біомаса, є нескінченними та доступними більшою кількістю території. Вони не залежать від виконання платежів за енергію, цінових коливань або постачання зовнішніх

ресурсів, що робить їх надійним джерелом енергії для сільськогосподарських господарств.

**Екологічна чистота:** Використання відновлених джерел енергії в особистому селянському господарстві зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Традиційні джерела енергії, такі як вугілля та нафта, призводять до викиду шкідливих газів та інших забруднюючих речовин, що сприяють зміні клімату та забрудненню повітря. Використання відновлюваних джерел енергії дозволяє знизити викид парникових газів та інших забруднюючих речовин, що сприяє збереженню природних ресурсів та покращенню якості повітря.

**Економічна вигода:** Інвестування у відновлені джерела енергії може мати значну економічну вигоду для особистих селянських господарств. Використання сонячних панелей, вітрових турбін або біогазових систем дозволяє зменшити витрати на енергію, зокрема на оплату комунальних послуг та палива. Крім того, деякі країни та регіони надають фінансові пільги, підтримку та стимули для встановлення відновлених енергетичних систем.

**Самодостатність та незалежність:** За допомогою відновлюваних джерел енергії, особливості селянського господарства можуть стати самодостатніми та незалежними в енергетичному плані. Вони дозволяють виробляти достатню кількість енергії для власних потреб, включаючи електрику, опалення, водопостачання та інші процеси, пов'язані з сільськогосподарською діяльністю. Це зменшить залежність від централізованих енергетичних систем і сприятиме розвитку стійкого та незалежного селянського господарства.

**Соціальні переваги:** Впровадження відновлюваних джерел енергії в особистих селянських господарствах може мати позитивний соціальний вплив. Це створює нові робочі місця в галузі виробництва, монтажу та обслуговування відновлюваних енергетичних систем. Крім того, це сприяє розвитку місцевих господарських структур, підтримує стійкість та збільшує самостійність сільських громад.

Загальне обґрунтування використання відновлюваних джерел енергії в особистих селянських господарствах зводиться до стійкості, екологічної чистоти, економічної вигоди, самодостатності та незалежності, а також соціальних переваг. Це важливий крок у напрямку сталого розвитку та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

### **1.3. Аналіз відомих систем енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії**

Системи енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії можуть бути ефективними, залежно від регіону, доступності ресурсів та індивідуальних потреб господарства. Нами проаналізовано декілька загальновідомих схем, а також їх виробників, які представлено за показниками використаної енергії, потужності, обладнання, переваг та недоліків.

У відомих системах енергозабезпечення селянських господарств використовують сонячні панелі. Їх виробниками є SunPower, Canadian Solar, Trina Solar, JinkoSolar, Panasonic та багато інших.

Використовувана енергія: сонячна енергія.

Потужність: від кількох кіловат до кількох мегават.

Обладнання: сонячні панелі, інвертори, кабельна система, акумулятори (опціонально).

Переваги: безвідхідна, незалежна виробнича енергія, низькі експлуатаційні витрати, довговічність обладнання.

Недоліки: залежність від сонячної радіації, високі витрати на установку.

Заслужують на увагу відомі системи енергозабезпечення селянських господарств, що використовують вітрові турбіни. Їх виробниками є Vestas, Siemens Gamesa, GE Renewable Energy, Nordex.

Використовувана енергія: вітрова енергія.

Потужність: залежить від розміру турбіни, від кількох кіловат до кількох мегават.

Обладнання: вітрова турбіна, генератор, контрольно-управлінська система, трансформатори, кабелі.

Переваги: відновлена енергія, низькі викиди парникових газів, малий вплив на землю, які розроблені під турбіни.

Недоліки: залежність від вітру, потребує великих територій для установки, можливі проблеми з шумом і впливом на диких птахів.

Заслужують на увагу відомі системи енергозабезпечення селянських господарств, що використовують біомасу. Їх виробниками є: Siemens, GE Renewable Energy, Valmet, Babcock & Wilcox, DP CleanTech.

Використовувана енергія: енергія, отримана з органічних матеріалів, таких як дерево, солома, біопаливо та ін.

Потужність: залежить від розміру установки та типу біомаси, від кількох кіловат до кількох десятків мегават.

Обладнання: котел для згоряння біомаси, генератор, система очищення вихлопних газів.

Переваги: використання відновлюваного викопним паливом, можливість використання відходів та небажаної біомаси, різноманіття джерел палива.

Недоліки: можливість викиду парникових газів, залежність від наявності біомаси, можливість проблеми зі збиранням та постачанням палива.

Це лише декілька прикладів схем енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії. Однак існує ще багато інших схем, які можуть включати в себе комбінацію різних видів відновлюваних джерел енергії, а також додаткове використання систем енергозбереження та зберігання енергії.

Структурна схема типової гібридної енергетичної системи з відкритим циклом на основі використання енергії вітру та сонця показана на рис. 1.5.



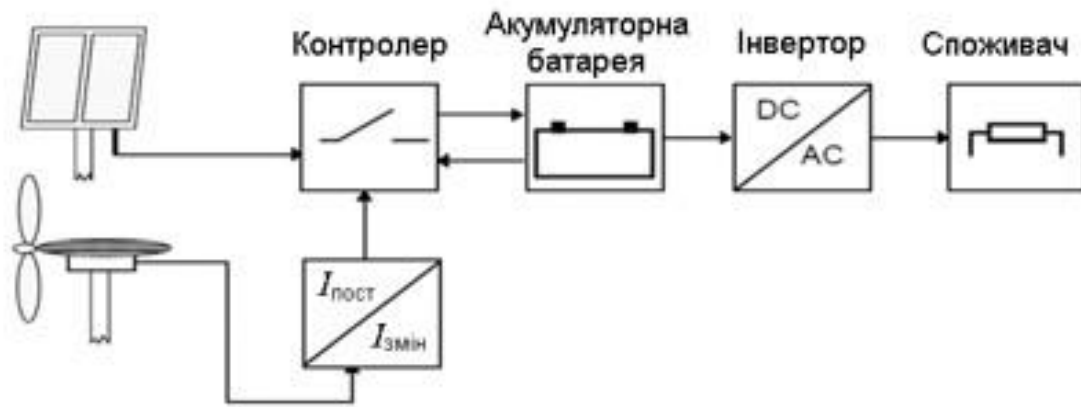


Рис. 1.5 – Структурна схема типової гібридної енергетичної системи з відкритим циклом на основі використання енергії вітру та сонця

Як джерело гідроелектроенергії використовується невеликий резервуар для зберігання води. Розташування цієї системи залежить від географії знаходження придатного для використання джерела води (водойми) на достатній висоті. Потужність системи залежить від кількості води та сонячної радіації.

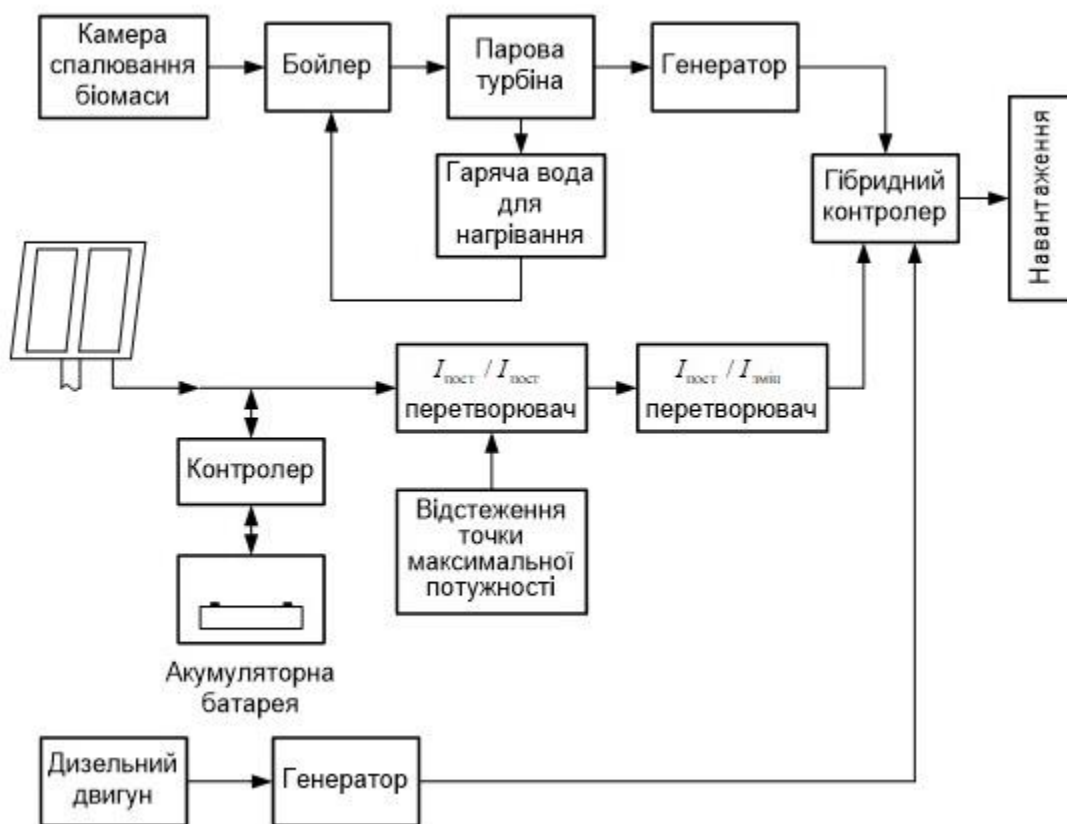


Рис. 1.6 – Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі енергії біопалива, сонячної енергії та дизель-генераторів

Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі енергії біопалива, сонячної енергії та дизель-генераторів наведена на рис. 1.6. Передбачається, що в якості біопалива використовуються відходи (сухі дерева, гілки, скошена трава, залишки культурних рослин, деревна тріска, кора та стружки, шини тощо).

Як згадувалося раніше, дизель використовується в гібридних системах як резервне джерело енергії під час пікових навантажень. Система використовує гібридний контролер для підтримки енергетичного балансу під час зміни навантаження та визначення пріоритету між джерелами енергії.

Гібридний контролер забезпечує реалізацію наступних функцій:

- постачання електричної енергії споживачам від джерел, здатних забезпечити вимоги щодо навантаження;
- Синхронізація сигналів напруги від різних джерел, наприклад, у випадках, коли миттєве значення сигналу напруги від фотоелектричного джерела живлення відрізняється від значення сигналу від іншого джерела (наприклад, біопаливо), що призводить до локального циклічного потоку потужності.

Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі фотоелектричної енергії, сонячної теплової сонячної енергії та мережі показана на рис. 1.7.

Сонячна тепла енергія є одним із найдешевших і найпрактичніших видів відновлюваної енергії (джерело гарячої води для домашнього чи комерційного використання, наприклад басейни, автомийки та пральні, прості сонячні печі та печі використовуються в усьому світі на комерційних кухнях і в житлових приміщеннях).

Гібридний контролер синхронізує різні джерела, як описано раніше.

Система підходить там, де доступна сонячна енергія, але інші джерела, такі як вітер, хвилі, припливи тощо, не мають високого енергетичного потенціалу, і де інші мінеральні ресурси є економічно невігідними.



#### **1.4. Обґрунтування доцільності розробки гібридної системи енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії**

Розробка гібридної системи енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії може бути доцільною з кількох причин, що:

- гібридна система, яка поєднує різні джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, гідроелектрична тощо, забезпечує стабільне постачання електроенергії навіть при змінних умовах. Наприклад, у випадку зменшення впливу сонячної радіації хмарою або зниження швидкості вітру інші джерела можуть компенсувати цей дефіцит;
- гібридна система дозволяє селянським господарствам менше залежати від енергопостачальних компаній, оскільки вони можуть виробляти власну електроенергію. Це зменшує витрати на енергію та ризик зростання тарифів на електропостачання;
- гібридні системи можуть бути розроблені, з використанням різних доступних ресурсів, які є в околицях селянського господарства. Наприклад, якщо є можливість встановити сонячні панелі та гідроелектростанцію на річці або потоці, то можна використовувати обидва джерела енергії;
- використання відновлюваних джерел енергії дозволяє зменшити викиди парникових газів і негативний вплив на навколишнє середовище з використанням традиційних джерел енергії;
- розробка гібридної системи енергозабезпечення може мати значну економічну вигоду для селянських господарств. Використання відновлюваних джерел енергії може знизити витрати на електроенергію та виробництво. Крім того, деякі країни надають фінансову підтримку та стимули для розвитку відновлюваної енергетики, що може знизити вартість інвестицій в інсталюваних гібридних системах;

➤ гібридні системи енергозабезпечення забезпечують селянським господарствам бути самодостатніми у виробництві електроенергії. Це особливо важливо в сільських регіонах, де можуть бути обмежені або відсутні підключення до централізованої електромережі. Гібридна система дозволяє господарствам мати незалежність у постачанні енергії, що є важливим для ефективного функціонування різних аспектів сільського господарства, таких як освітлення, охолодження та обробка продукції;

➤ наявність гібридної системи енергозабезпечення на основі відновлюваних джерел енергії розширити селянським господарствам покращити свій екологічний імідж. Використання відновлюваних джерел енергії зменшує викиди парникових газів та інший негативний вплив на довкілля з традиційними джерелами енергії, наприклад, як викопне паливо. Це може сприяти покращенню стосунків із споживачами, залученню екологічно свідомих покупців та сприяти підтримці з боку місцевих та державних органів.

## РОЗДІЛ 2.

### АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

#### 2.1. Розташування особистого селянського господарства та характеристики місцевості

Середньорічний потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні (сонячної енергії – 1235 кВт.год/м<sup>2</sup>, вітрової енергії – 30 млрд кВт.год) достатній для широкого впровадження вітрових і геліоустановок практично в усіх регіонах [10]. В цілому, фотоелектричні пристрої можуть досить ефективно працювати протягом року.

Основними параметрами зовнішнього середовища, які мають значний вплив на генерацію електроенергії від вітроустановками та фотоелектричними елементами, є:

- швидкість та напрям вітру;
- інтенсивність сонячної радіації;
- температура повітря.

Особисте селянське господарство розташовано на приватній ділянці, яка розглянута в цій роботі, у селі Теляж Сокальської територіальної громади Червоноградського району Львівської області. Положення об'єкта показано на рис. 2.1 Карти Google, отриманої із супутникових зображень.

Село Теляж Сокальської територіальної громади розташоване в північно-західній частині України, на берегах річки Західний Буг. За кілометр від об'єкту проектування (особистого селянського господарства) знаходиться річка.

Клімат району м'який помірно-континентальний з м'якою зимою і теплим літом, які формуються під впливом температури повітря, опадів, сонячної радіації, повітряних мас, атмосферної циркуляції.

Рельєфи являють собою пологі рівнини. По території протікає багато приток річки Західний Буг. Район має зручне розташування на важливих

транспортних магістралях. Це, зокрема, залізниця Львів-Ковель та автомобільна дорога державного значення з об'їздом до Бреста (Білорусь).

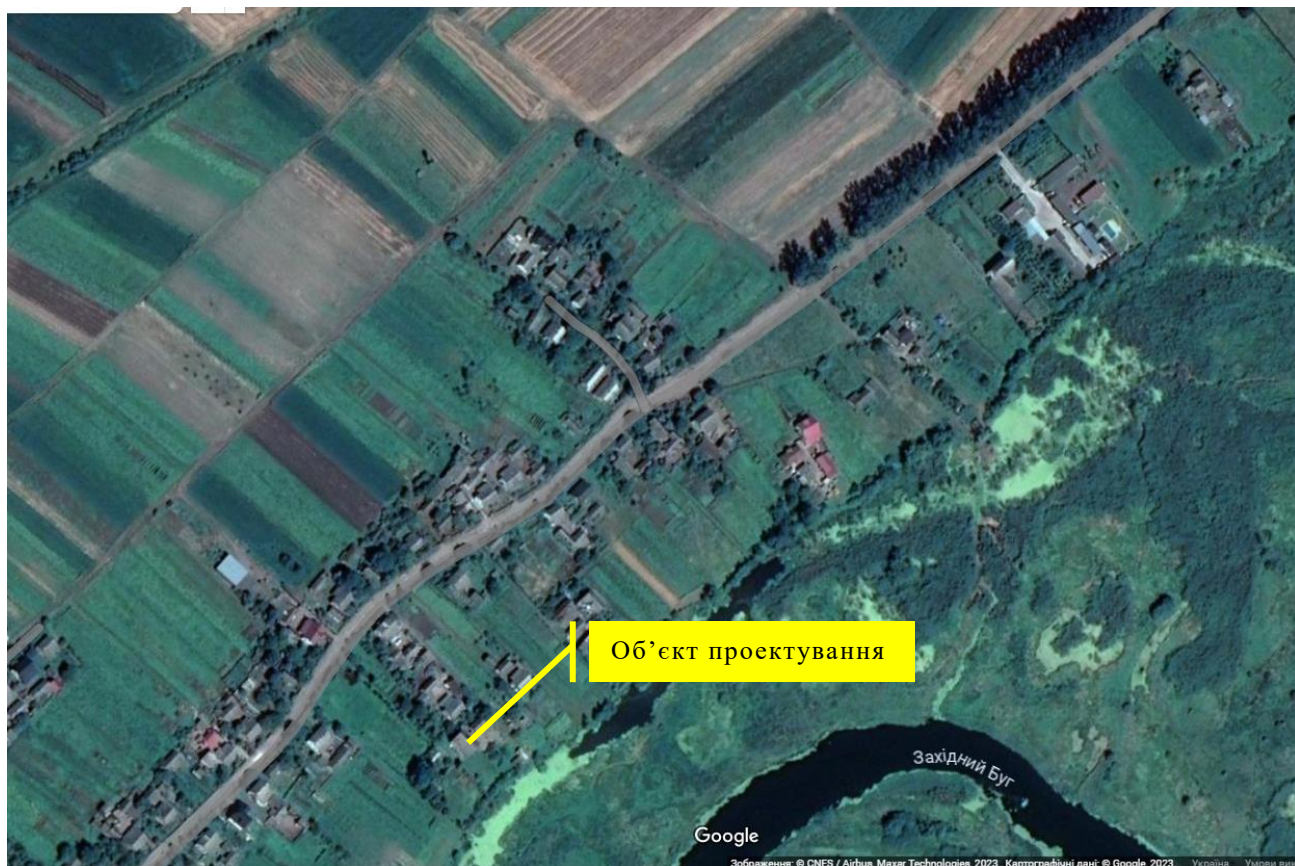


Рис. 2.1 – Розташування об'єкту проектування (особистого селянського господарства)

На графіках нижче (рис. 2.2-2.5) показано деякі кліматичні норми в Сокальській територіальній громаді, розраховані як середні значення за останні п'ять років, які впливають на виробництво електроенергії від поновлюваних джерел енергії.

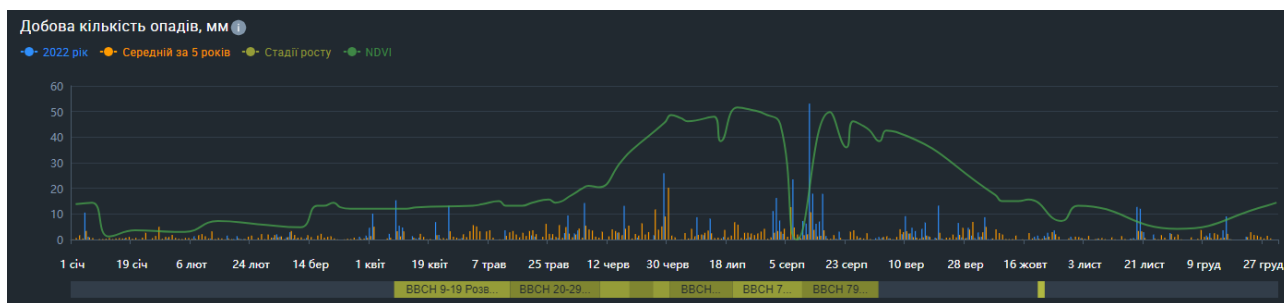


Рис. 2.2 – Додова кількість опадів на території особистого селянського господарства

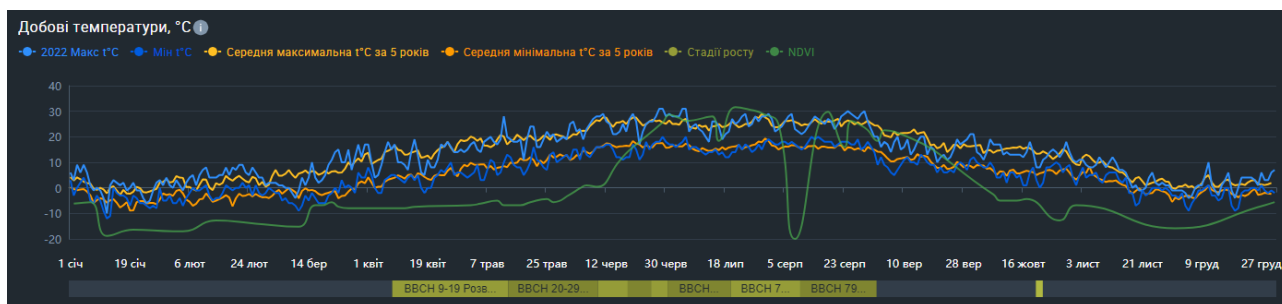


Рис. 2.3 – Добові температури на території особистого селянського господарства

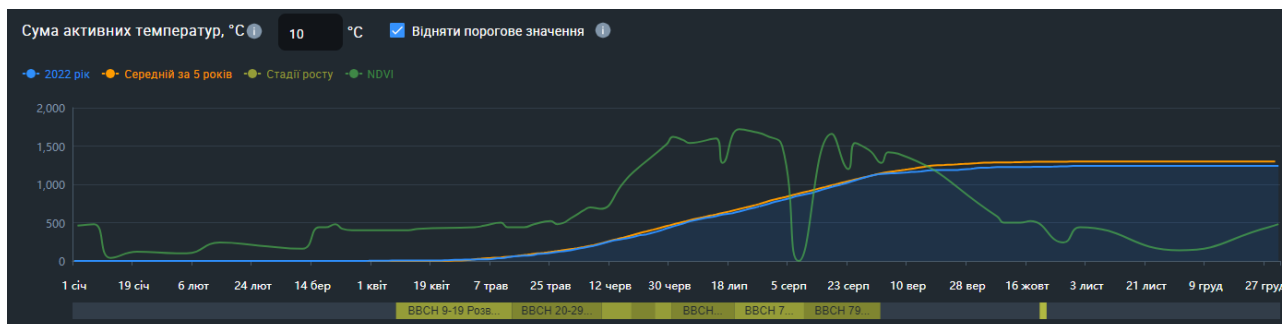


Рис. 2.4 – Сума активних температур на території особистого селянського господарства

Зараз		Погода		Опади	(Бідн.) вологість	Хмари	Вітер	Евапотранспірація	Сумарна радіація
Похмуро, без опадів		20°		0 мм	52,1 %	99%	1 м/с	0,2 мм	289,2 Вт/м²
Середня	Макс / Мин	Опади	Відносна вологість	Хмари	Вітер	Евапотранспірація	Сумарна радіація		
7 червня	22° / 15°	0 мм	53 %	85%	2 м/с	2,4 мм	2647,9 Вт/м²		
Четвер	Макс / Мин	Опади	Відносна вологість	Хмари	Вітер	Евапотранспірація	Сумарна радіація		
8 червня	24° / 16°	0 мм	53 %	89%	3 м/с	3,3 мм	3482,8 Вт/м²		
П'ятниця	Макс / Мин	Опади	Відносна вологість	Хмари	Вітер	Евапотранспірація	Сумарна радіація		
9 червня	26° / 15°	0 мм	49%	45%	2 м/с	5 мм	6570,9 Вт/м²		
Субота	Макс / Мин	Опади	Відносна вологість	Хмари	Вітер	Евапотранспірація	Сумарна радіація		
10 червня	26° / 16°	0 мм	50%	35%	4 м/с	4,5 мм	5587,2 Вт/м²		
Неділя	Макс / Мин	Опади	Відносна вологість	Хмари	Вітер	Евапотранспірація	Сумарна радіація		
11 червня	20° / 15°	0 мм	67 %	37%	5 м/с	3,7 мм	5187,9 Вт/м²		
Понеділок	Макс / Мин	Опади	Відносна вологість	Хмари	Вітер	Евапотранспірація	Сумарна радіація		
12 червня	18° / 12°	0 мм	47 %	23%	4 м/с	5,4 мм	8332,5 Вт/м²		
Вівторок	Макс / Мин	Опади	Відносна вологість	Хмари	Вітер	Евапотранспірація	Сумарна радіація		
13 червня	13° / 11°	2,6 мм	77 %	96%	3 м/с	1,4 мм	1638,9 Вт/м²		
Середня	Макс / Мин	Опади	Відносна вологість	Хмари	Вітер	Евапотранспірація	Сумарна радіація		
14 червня	21° / 9°	0 мм	68 %	20%	2 м/с	3,7 мм	6044,2 Вт/м²		

Рис. 2.5 – Стан погодних умов на території особистого селянського господарства [29]



Для отримання інформації щодо кліматичних умов на території особистого селянського господарства сервіс EOS Data Analytics [29], що являє собою глобальний постачальник аналізу супутникових зображень на основі штучного інтелекту, заснований міжнародним підприємцем у сфері космічних технологій і штучного інтелекту та філантропом доктором Максом Поляковим. Компанія працює по всьому світу та співпрацює з державними, бізнесовими та науковими організаціями.

EOSDA поєднує дані, отримані із супутників, із технологією штучного інтелекту та власними алгоритмами для аналізу стану погодних умов для підтримки операцій і впровадження екологічних практик у всьому світі.

## **2.2. Визначення обсягів споживання електроенергії особистим селянським господарством**

У особистих селянських господарствах для проживання і задоволення потреб споживачів використовуються однофазні або трифазні електромережі. Щоб визначити енергію, необхідну системі для задоволення потреб особистих селянських господарств, необхідно визначити пікову миттєву потужність і розрахувати два значення очікуваного добового енергоспоживання – максимальне і середнє.

Пікова миттєва потужність характеризується сумарною потужністю всіх споживачів енергії, які можуть бути увімкнені одночасно, тобто найгірший варіант з точки зору навантаження мережі.

Однак це не означає, що вам потрібно просто скласти потужність усіх приладів у особистому селянському господарстві. Деякі з них в принципі не працюватимуть одночасно (наприклад, снігоочисник та газонокосарка використовуються в різні пори року, перфоратор та шліфувальна машина не можуть використовуватися однією людиною одночасно). Більшість інших приладів також вмикаються послідовно.

Щоб не витратити непотрібну зайву електроенергію (яка може знадобитися лише кілька разів на рік), бажано стежити за кількістю увімкнених приладів. Наприклад, перед включенням праски перевірте, чи включений електрочайник, почекайте 2 хвилини, поки останній «закипить», а потім увімкніть потрібний прилад.

Натомість слід враховувати, що всі споживачі великої потужності, що автоматично вмикаються (наприклад, електрична тепла підлога чи нагрівач води для господарських цілей – годування тварин, миття інвентарю тощо) і довгопрацюючих споживачів (освітлення, насоси, комп'ютери, телевізори тощо) – є велика ймовірність їхньої одночасної роботи [3].

Таким чином, вимога до максимальної миттєвої потужності знижується в рази, вона вже не становить десятків кіловат при одночасному включенні всіх доступних електроприладів, зазвичай достатньо в середньому 3-6 кіловат.

У розглянутому особистому селянському господарстві основними споживачами електроенергії є: електроплити, кормоприготувальний агрегат, бойлери та побутова техніка. Максимально можливе одночасне навантаження при одночасному включенні всіх побутових приладів і освітлення розраховане на підставі даних таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики електрообладнання особистого селянського господарства

Електроприймач	Кількість електроприладів, од	Потужність одного електроприладу, кВт	Загальна потужність, кВт
1	2	3	4
Кормоприготувальний агрегат	1	3,0	3,0
Електроінструмент	1	2,0	2,0
Лампи світлодіодні Eurolamp	25	0,008	0,2
Кондиціонер Cooper&Hunter CH-S09XP9	1	2,2	2,2

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Пральна машина з сушкою Whirlpool	1	1,8	1,8
Бойлер Electrolux EWH 50 Formax	1	1,6	1,6
Варильна поверхня електрична WHIRLPOOL АКТ 8190/BA	2	1,2	2,4
Праска TEFAL Easygliss Plus FV5735	1	2,0	2,0
Електрочайник Maestro	1	2,0	2,0
Холодильник SAMSUNG RL4353RBASL/UA	1	0,45	0,45
Мікрохвильова піч Candy CPMW 2070S	1	0,75	0,75
Пилосос THOMAS DRYBOX AMFIBIA PET	1	0,75	0,75
Телевізор LG	1	0,035	0,035
Максимум потужності	–	–	20,2

На підставі даних таблиці 2.1 встановлено, що найпотужніші електроприймачі особистого селянського господарства мають максимально можливу споживану потужність менше 21 кВт. Але в той же час всі ці прилади одночасно працювати не будуть, тому максимум знайти на практиці практично неможливо. В середньому особисті селянські господарства споживають 0,3...0,5 від максимуму, а це відповідно становить не більше 7...10 кВт електроенергії одночасно.

Визначимо питоме навантаження на вході особисте селянське господарство за такою формулою:

$$P_2 = P_{вст} \cdot K_{non}, \quad (2.1)$$

де  $P_{вст}$  – це загальна потужність електроспоживачів у господарстві, яка визначається сумою номінальних потужностей електричних приладів та освітлення табл. 2.1 ( $P_{вст}=20,2$  кВт);  $K_{non}$  – коефіцієнт попиту на одночасне ввімкнення електроспоживачів у господарстві.

Приймають  $K_{non} = 1$  при одночасному включенні всіх пристроїв. На практиці таке трапляється рідко, тому, згідно з ДБН В.2.5-23, коефіцієнти попиту для особистих селянських господарств приймаються 0,8 для двох користувачів, 0,75 для двох-трьох і 0,7 для п'яти і більше користувачів. Згідно з правилами роздрібного ринку електричної енергії, коефіцієнт використання (попиту) споживача визначається згідно з табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти використання потужності

Тип помешкання	Коефіцієнт використання (попиту) споживача $K_{вик}$
Квартира, окремий будинок або інший об'єкт споживача, не обладнаний ні електроопаленням, ні стаціонарною електроплитою	0,2
Квартира, окремий будинок або інший об'єкт споживача, який обладнаний стаціонарною електроплитою	0,3
Квартира, окремий будинок або інший об'єкт споживача, який обладнаний електроопаленням	0,1 (у період з 01 травня до 30 вересня) 0,6 (у період з 01 жовтня до 30 квітня)
Квартира, окремий будинок або інший об'єкт споживача, який обладнаний електроопаленням та стаціонарною електроплитою	0,2 (у період з 01 травня до 30 вересня) 0,6 (у період з 01 жовтня до 30 квітня)

Розраховуємо розрахункове активне навантаження для всієї будівлі в найбільш навантажений зимовий період за формулою (2. 1).

$$P_2 = 20,2 \cdot 0,6 = 12,12 \text{ кВт.}$$

Реактивне навантаження особистого селянського господарства знаходиться за формулою:

$$Q_2 = P_2 \cdot \operatorname{tg}\varphi. \quad (2.2)$$

Розрахункові значення коефіцієнтів потужності  $\cos\varphi$  і реактивного навантаження  $\operatorname{tg}\varphi$  особистого селянського господарства слід приймати згідно з загальновизнаною таблицею коефіцієнтів [5]. Для приміщення з електропідігрівом і побутовим кондиціонером коефіцієнти матимуть такі значення:

- Коефіцієнт потужності -  $\cos\varphi = 0,93$ ;
- Коефіцієнт реактивного навантаження -  $\operatorname{tg}\varphi = 0,40$ .

Підставляючи відповідні прийняті значення коефіцієнтів у формулу (2.2) маємо:

$$Q_2 = 12,12 \cdot 0,4 = 4,85 \text{ кВАр.}$$

Повне навантаження особистого селянського господарства визначається за наступною формулою:

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2}. \quad (2.3)$$

Підставляючи значення у формулу (2.3), які розраховано за формулами (2.1) та (2.2) отримаємо:

$$S_2 = \sqrt{12.12^2 \cdot 4.85^2} = 13.05 \text{ кВА.}$$

Розрахункова сила струму для мереж 220В особистого селянського господарства знаходиться за формулою:

$$I = \frac{S_2}{U_{ном}}. \quad (2.4)$$

Підставляючи у формулу (2.4) отримаємо для повного навантаження особистого селянського господарства силу струму, яка дорівнюватиме:

$$I = \frac{13,05 \cdot 10^3}{220} = 59,3 \text{ А.}$$

### **2.3. Розрахунок споживання електроенергії особистим селянським господарством впродовж року**

Спрощені розрахунки дають лише приблизні середні значення споживаної потужності. Для того, щоб зрозуміти кількість енергії, споживаної розглянутим особистим селянським господарством впродовж року, зробимо детальний розрахунок. Визначити очікувані добові витрати енергії складніше. Це залежить від режиму, який використовує енергосистема.

Для цього розрахунку складено список всієї техніки у особистому селянському господарстві, потім виконаємо розрахунок за формулою:

$$P_i = P_{cn} \cdot t_g \cdot T_m, \quad (2.5)$$

де  $P_{cn}$  – енергія, спожита пристроєм, кВт;  $t_g$  – тривалість використання пристрою впродовж дня у господарстві, год;  $T_m$  – кількість днів у місяці, од.

Результати розрахунків наведено в таблиці. 2.2.

Таблиця 2.2 – Графік споживання електроенергії особистим селянським господарством впродовж року

Назва	Використана потужність, кВт.год											
	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
Кормоприготувальний агрегат	465	378	418,5	405	418,5	180	186	186	270	325,5	360	465
Електроінструмент	62	28	31	30	31	30	24,8	18,6	30	31	30	31
Кондиціонер	156,4	119,6	23	0	0	55,2	73,6	69	0	9,2	64,4	147,2
Пральна машина з сушкою	9,3	11,1	13	11,1	9,3	13	13	13	11,1	9,3	9,3	13
Бойлер	67,5	63	60	63	64,5	66	69	72	57	60	57	69
Варильна поверхня електрична	26,4	18	24	15,6	12	12	14,4	14,4	12	14,4	14,4	31,2
Праска	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	4
Електрочайник	6,6	4,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	4,4	4,4	4,4
Холодильник	297,6	268,8	297,6	288	297,6	288	297,6	297,6	288	297,6	288	296
Мікрохвильова піч	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,1
Пилосос	3	2,3	3	3	3	3	3	3	3	2,3	2,3	3
Телевізор	1,6	2,2	2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,3	2,2	2	1,9	2,5
Всього за місяць	1099,5	898,8	877,7	825,5	845,8	657,2	691,5	683,5	680,9	759,1	835,1	1068,4
Всього за рік	9923											
Середнє за день	35,5	32,1	28,3	27,5	27,3	21,9	22,3	22,0	22,7	24,5	27,8	34,5

Після розрахунку споживання електроенергії всіма електроприладами сумуємо всі показники, щоб отримати загальне енергоспоживання особистим селянським господарством в поточному місяці:

$$P_m = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (2.6)$$

де  $P_m$  – місячне споживання електроенергії, кВт.год.;  $n$  – кількість споживачів електроенергії у особистому селянському господарстві, од.

Виконуємо таку операцію для щомісяця, тому що результати будуть різними (наприклад, кондиціонер більше охолоджує влітку, більше гріє взимку та майже не використовує його в інші місяці).



Рис. 2.6 – Графік місячного споживання електроенергії

Освітлення не враховується в розрахунки, оскільки це відбувається за допомогою малопотужних світлодіодних ламп, які мало впливають на кінцевий результат, і їх важче відстежувати, оскільки вони по черзі вмикаються за потреби.



Сумарне річне споживання електроенергії особистим селянським господарством визначають за формулою:

$$P_p = \sum_{i=1}^m P_m, \quad (2.6)$$

де  $m$  – кількість місяців у календарному році, од.

Середнє добове споживання електроенергії особистим селянським господарством визначають за формулою:

$$P_o = \frac{P_m}{T_m}, \quad (2.7)$$

де  $T_m$  – кількість днів у місяці, од.



Рис. 2.6 – Графік добового споживання електроенергії

Проаналізувавши отримані результати за табл. 2.2 помітили, що найбільше споживання електроенергії відбувається взимку, близько 1099,5 кВт.год на місяць, і в середньому 9923 кВт.год на рік. Оскільки це існує,

повністю функціональне особисте селянське господарство, то ми можемо порівняти фактичне споживання з середнім.

Максимальне місячне споживання електроенергії за останні п'ять років становить 1052 кВт.год, середньомісячне – 1099,5 кВт.год. Вони не мають великої відмінності. Максимальне добове споживання електроенергії встановлено в грудні та січні приблизно на рівні 35,5 та 34,5 кВт.год (рис. 2.7).

### РОЗДІЛ 3.

## ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСОБИСТОГО СЕЛЯНСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

### 3.1. Вибір схеми енергозабезпечення особистого селянського господарства

Відновлювана енергія концептуально визначається як функція стану фізичного або хімічного процесу. Її можна отримати з вичерпних ресурсів (невідновлювана енергія) або з сонця та інших невичерпних ресурсів (відновлювана енергія) за допомогою технологій перетворення в різні форми передачі енергії.

У таблиці 3.1 показано відновлювані джерела енергії (ВДЕ), поточні технології перетворення та можливість застосування енергії у особистих селянських господарствах.

Таблиця 3.1 – Відновлювані джерела енергії, технології та застосування енергії у особистих селянських господарствах

Джерела	Сонце	Вітер	Вода	Хвилі, припливи	Земля	Біомаса, відходи
Технології	Фотовольтаїка, сонячна батарея	Вітрові турбіни	Гідроелектростанція	Дамби, приливні загородження	Геотермальна, теплові насоси	Біомаса, біогазові установки, біопаливо
Використання енергії у господарствах	Електроенергія, опалення та охолодження	Електроенергія	Електроенергія	Електроенергія	Електроенергія, опалення та охолодження.	Електроенергія, опалення та охолодження
% фактично використаних в ЄС	6,4 %	12,7 %	14,4 %	–	3,2 %	18 %

У сільськогосподарському секторі все більше і більше цікавляться відновлюваними джерелами енергії [35]. Є кілька доступних альтернативних джерел енергії. Однак часто важко визначити, яка з технологій найкраще підходить для конкретного особистого селянського господарства. Рис. 3.1 ілюструє енергетичний потенціал країни для таких відновлюваних ресурсів: сонце; вітер, річки, біоенергетика тощо.



Рис. 3.1 – Енергетичний потенціал країни у відновлюваних ресурсах

В даний час перетворення сонячної енергії в електрику безпосередньо за допомогою фотоелектричних панелей є найпростішим у всьому світі методом отримання електроенергії у вигляді постійного струму від сонячного випромінювання, що досягає поверхні Землі. На верхньому шарі атмосфери випромінювана сонячна енергія становить  $1367 \text{ Вт/м}^2$ , а виміряна на поверхні землі, перпендикулярній напрямку променів, може досягати  $1000 \text{ Вт/м}^2$ . Аналізуючи карту сонячної радіації на рівні землі сільськогосподарські підприємства, розташовані в південній частині країни, отримують переваги від використання сонячної енергії.

Для використання вітрового ресурсу в місці розташування особистих селянських господарствах цікаво знати мінливі швидкості вітру до висоти 50...150 м по відношенню до поверхні землі протягом усього календарного року. Оскільки енергія вітру пропорційна кубічній швидкості, для проектування систем енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії рекомендується спочатку вивчити потенціал вітрових ресурсів Західної України (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Потенціал вітрових ресурсів Західної України

З аналізу вітрової карти, представленої на рис. 3.2, у Львівській області виділяються три вітропотенційні зони для таких середніх швидкостей вітру:

- 6...7 м/с – гірська місцевість;
- 5 м/с – передгірська місцевість;
- 3...5 м/с – третя зона зі достатнім потенціалом – розташування нашого особистого селянського господарства.

Згідно з картами ВДЕ, ізольовані особисті селянські господарства (без можливості підключення до енергосистеми) отримують вигоду від

домінуючого джерела відновлюваної енергії. Інші відновлювані ресурси можуть бути додатковими, щоб система енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії могла безперервно забезпечувати споживачів в автономному режимі.

Система енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії фактично є комбінацією двох або більше відновлюваних джерел енергії або принаймні одного відновлюваного та одного традиційного джерела. Гібридна енергетична система визначається як комбінація джерел енергії з різними характеристиками та середовища зберігання енергії. Що стосується автономних застосувань, вибір оптимальної гібридної енергетичної системи є складним процесом через багато причин, таких як: визначення найкращої комбінації джерел; зменшити початкові капітальні вкладення; надійність електропостачання; компоненти системи тощо. На рис. 3.3 показано блок-схему автономної гібридної системи для невеликих ферм, розташованих в ізольованих місцях, тобто без доступу до енергосистеми [36].



Рис. 3.3 – Блок-схема автономної гібридної енергетичної системи



Рис. 3.4 – Топологія мікромережі гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії

Комбінації більше ніж двох відновлюваних джерел стають складними гібридними системами, що потребують інвестицій вищого порядку. Зменшення техніко-економічного показника  $\zeta$  [грн/кВт] такої гібридної енергетичної системи передбачає комплексні дослідження та детальний аналіз перед впровадженням. На рис. 3.4 наведені основні системи гібридної мережі ВДЕ: сонячна, вітрова, гідрокінетична, накопичувальна.

### 3.2. Проектування системи перетворення сонячної енергії в електричну енергію

Виготовлені з напівпровідникових матеріалів, фотоелектричні панелі (PV) здійснюють пряме перетворення сонячної енергії в постійний струм завдяки фотоелектричному ефекту. Будучи найпростішим методом

перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію, фотоелектрична технологія сьогодні використовується в будь-якому об'єкті (рис. 3.5).



Рис. 3.5 – Використання сонячної енергії в особистих селянських господарствах

Як правило, сонячні панелі є модульними, складаються з наборів із 36, 60 або 72 фотоелектричних елементів залежно від призначення, у якому вони можуть використовуватися. Напруга та фотоелектрична потужність прямо пропорційні кількості комірок у модулі.

Залежно від типу матеріалу, з якого виготовлені фотоелектричні елементи (Si - кремній, GaAs - арсенід галію, CdTe - телурид кадмію або на основі полімерів), їх ефективність перетворення коливається від 8 % до 25 % у стандартних робочих умовах (температура: 25° С, випромінювання падаючого світла перпендикулярно комірці: 1000 Вт/м<sup>2</sup>, індекс повітряної маси: AM = 1,5), і може досягати до 44% для фотоелектричних пристроїв із супутниковим космічним призначенням.

Ефективність фотоелектричного перетворення зменшується зі зменшенням сонячної радіації. Фотоелектричні елементи характеризуються вольт-амперною характеристикою (IU) і кривою потужності, яка веде до визначення номінальної потужності елемента. Основна блок-схема фотоелектричної системи SPV, що відповідає особистому селянському господарству, показана на рис. 3.6.



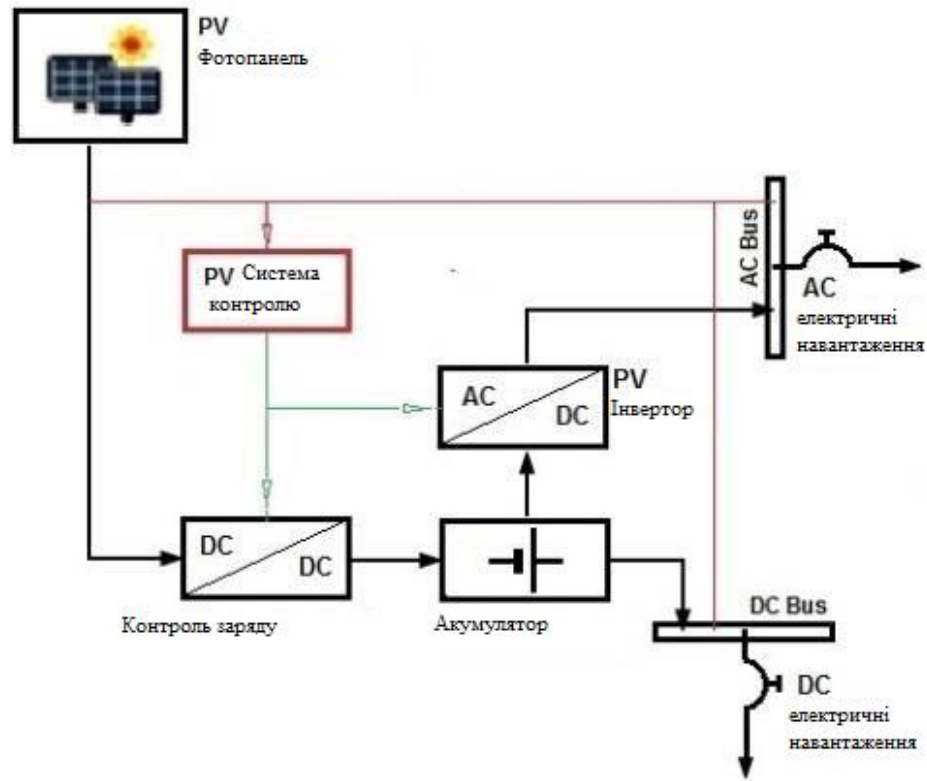


Рис. 3.6 – Блок-схема системи SPV

$$P_{SPV} = \eta_{PV} * G * A_t [W], \quad (3.1)$$

де  $G$  – сонячне опромінення в місці розташування особистих селянських господарствах (0...1367) [Вт/м<sup>2</sup>];  $A_t$  – загальна площа для  $n$  панелей, встановлених у системі з активною поверхнею  $APV$ , задана таким співвідношенням:

$$A_t = n * APV, [m^2] \quad (3.2)$$

де  $\eta_{PV}$  – ефективність перетворення сонячної енергії в змінний струм (AC) визначається як:

$$\eta_{PV} = \eta_{DC} * \eta_{AC} * \eta_{GC} \quad (3.3)$$

де

$\eta_{DC} \cong 0,25$  – ефективність фотоелементів за стандартних умов експлуатації; (3.4)

$\eta_{AC} \cong 0,77$  – ККД перетворення DC - AC системи SPV; (3.5)

$\eta_{GC} \cong 0,90$  – ефективність PV корелює з іншими глобальними робочими коефіцієнтами: пил і домішки, траєкторія та орієнтація положення PV, старі панелі тощо. (3.6)

Для середньої ефективності перетворення ( $\eta_{PV} \cong 17,325 \%$ ), що відповідає фотоелектричним панелям і промислового електричному обладнанню, інтегрованому в систему SPV, з рівняння (3.1) можна отримати в 3D-координатах зміну виробленої електроенергії як функцію двох змінні:

$$P_{SPV} = f1(G, At) = 0,17325 * G * At, [Вт] \quad (3.7)$$

Для  $G \in (0,1400) \text{ Вт/м}^2$  і  $At \in (100, 1000) \text{ м}^2$  будується 3D-діаграма з рис.3.7, а).

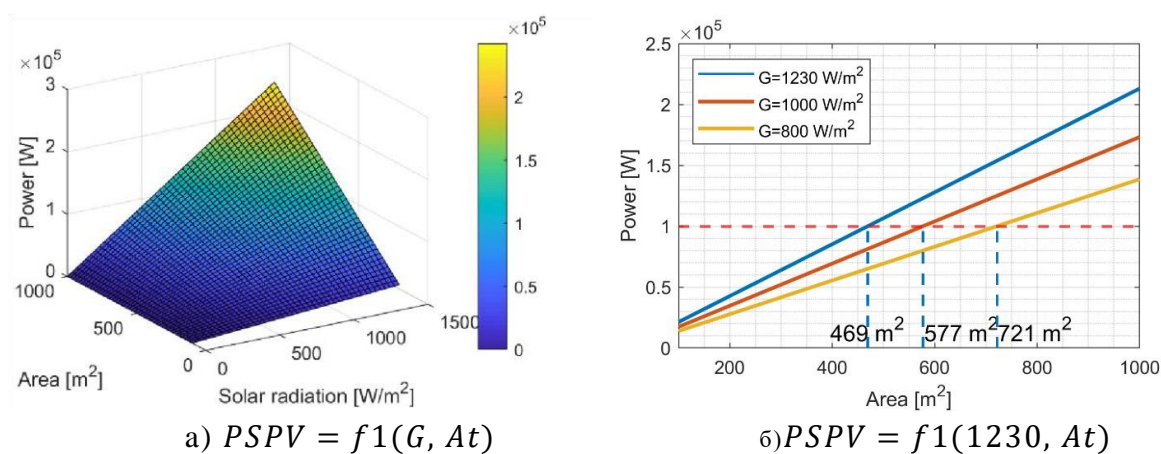


Рис. 3.7 – Діаграма зміни потужності, згенерованої системою SPV, залежно від площі PV та сонячної радіації

Як приклад, для середнього сонячного випромінювання  $G \cong 1230$  [Вт/м<sup>2</sup>] від розташування особистих селянських господарств, діаграма в декартових координатах на рис. 3,7, б) представлена як –  $PSPV = f(1230, At)$ .

З попереднього аналізу, залежно від встановленого навантаження у особистих селянських господарствах, кількість фотоелектричних панелей системи SPV розраховується таким чином, щоб забезпечити необхідну потужність для безпечної роботи їх споживачів.

### 3.3. Принципова схема автономної системи перетворення сонячної енергії в електричну енергію

Однопровідна електрична схема на рис. 3.8 показує конфігурацію сонячної системи SPV для автономної роботи.

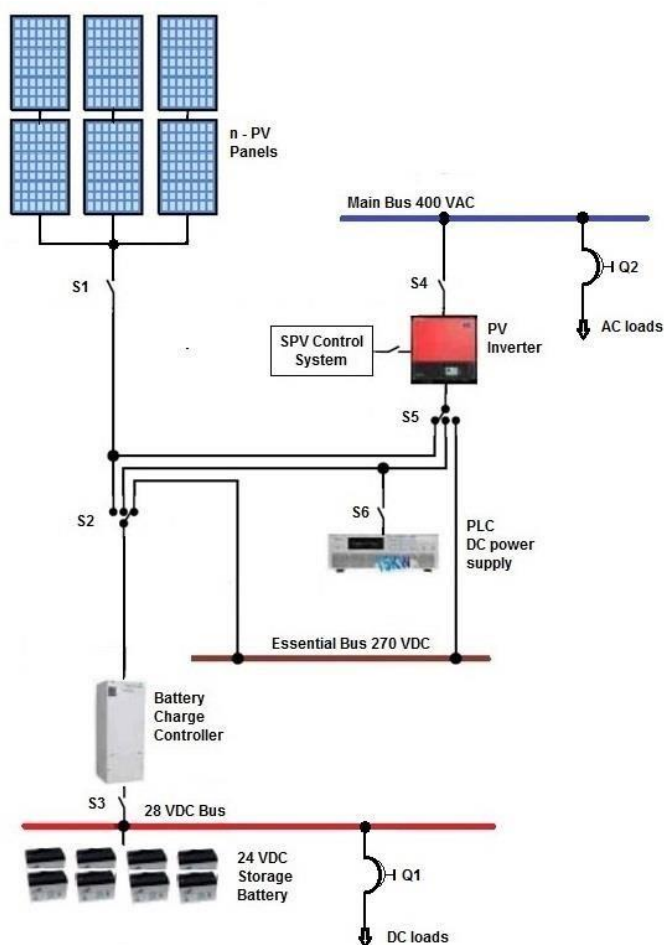


Рис. 3.8 – Принципова схема SPV в автономному режимі

Інтегроване апаратне забезпечення системи SPV складається з наступних пристроїв: контролер заряду батареї, PV інвертор, PLC - джерело живлення постійного струму та система керування SPV. Командно-контрольна система SPV контролює процес генерації електроенергії та за допомогою перемикачів S1 ÷ S6 контролює взаємозв'язок ліній розподілу електроенергії через інтегровані пристрої. Програмне забезпечення, реалізоване в SPV Control System, підвищує надійність системи генерації сонячної енергії та забезпечує кількість і якість енергії як для споживачів постійного, так і змінного струму.

Схема підключення передбачає можливість подальшого розвитку гібридної системи шляхом встановлення електричних кіл на HVDC Essential Bus 270 VDC.

### **3.4. Проектування системи перетворення вітрової енергії в електричну енергію**

Енергія вітру перетворюється на електроенергію за допомогою вітрових турбін (WT). В даний час існують дві основні категорії вітряних турбін: вітрові турбіни з горизонтальною віссю (HAWT) і вітряні турбіни з вертикальною віссю (VAWT), залежно від орієнтації осі ротора.

Вітрова турбіна складається з трьох основних компонентів: ротора, редуктора або багатоцільового приводу та генератора енергії. Ротор - це рідинно-динамічна машина, яка перетворює кінетичну енергію повітряного потоку в механічну.

Мультиплікатор з'єднує ротор турбіни з електрогенератором з передавальним числом, необхідним для коробки передач. Електричний генератор (асинхронний або синхронний) перетворює механічну енергію в електричну і передає її в електричну мережу безпосередньо або через трансформатор до встановленого навантаження.

Незалежно від типу ВЕУ, залежно від номінальної електричної потужності генератора в мережі, ВЕУ поділяються на три категорії: малі, для  $P_{WTS} \leq 100 \text{ кВт}$ ; середній, за  $100 [\text{кВт}] < P_{WTS} < 1 \text{ МВт}$ ; великий, для  $P_{WTS} \geq 1 \text{ МВт}$ . Данські турбіни HAWT, які також вважаються класичними WT, домінують на світовому енергетичному ринку великої категорії WTS.

Для умов нашого особистого селянського господарства вибираємо турбіни типу Giromill VAWT (рис. 3.9, б) – це турбіни типу H-Darrieus, які часто використовуються в сільському господарстві, для яких встановлене потужне навантаження менше 100 кВт.

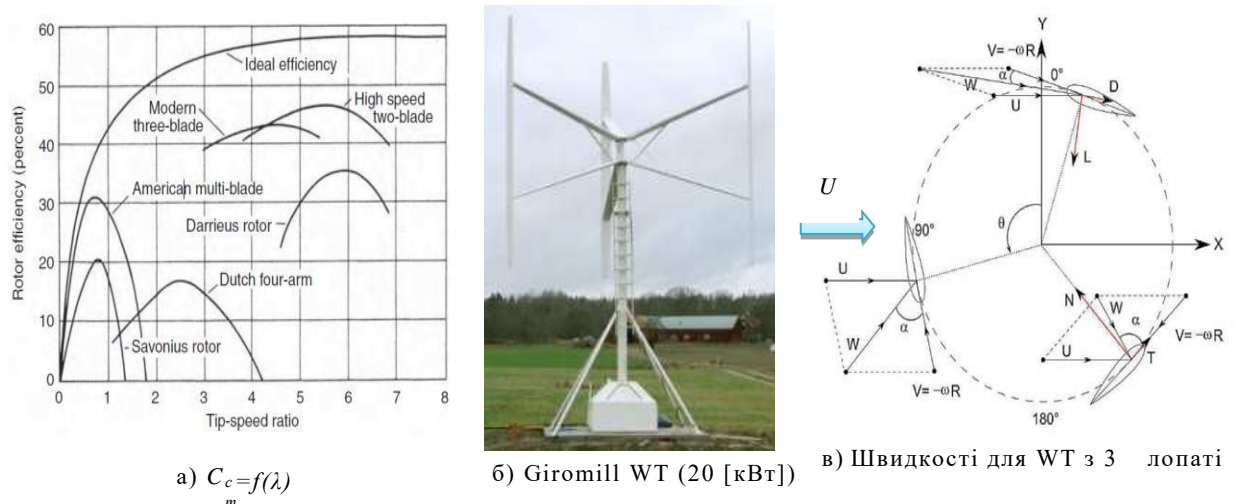


Рис. 3.9 – Базові дані про вибрану вітрову турбіну (WTS) для умов особистого селянського господарства: а) ККД ротора проти TSR (співвідношення кінцевої швидкості) для різних типів WT; б) Giromill WTS; в) динамічна кінематика вітрової турбіни Giromill

На рис. 3.9, а показано ефективність роторів WT для різних типів моделей вітрових турбін. Теоретичний коефіцієнт потужності вітрової турбіни  $C_p$  не може перевищувати межу  $16/27$  [33].

Сьогодні опубліковані різні підходи з різними ваговими коефіцієнтами залучених параметрів. У випадку вітрових турбін H-Darrieus більшість авторів

вказують значення від 0,32 до 0,42 для максимального  $C_p$ . Енергія вітру описується наступним рівнянням:

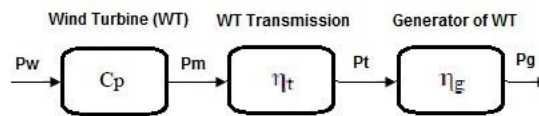
$$P_w = 1/2(\dot{m} v^2) = \rho R h U^3, [\text{W}] \quad (3.8)$$

де  $\dot{m}$  – масова витрата повітря, визначається як:  $\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v$ , кг/с;  $R$  – радіус ротора, м;  $\rho$  – щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $h$  – висота лопатей ротора, м;  $A$  – площа поверхні ротора, м<sup>2</sup>; для Giromill:  $A = 2R \cdot h$ ;  $v$  – швидкість вітру ( $U$ ), м/с.

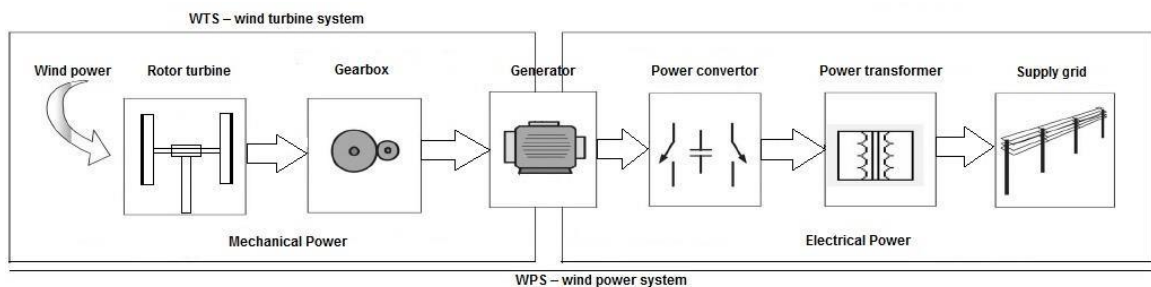
Як приклад, рис. 3.9, б показує розмір 3-лопатевого Giromill WT з номінальною потужністю 20 кВт [30]. Використовуючи рівняння 3.8 для турбіни цієї категорії та враховуючи ККД ротора, механічна потужність, отримана на осі WT, визначається  $P_{WTS}$ , за умови вироблення електроенергії ( $P_g$ ) вітровою системою:

$$P_w = \eta_{WTS} (\rho A U^3 / 2), [\text{W}] \quad (3.9)$$

де  $\eta_{WTS}$  – ККД системи вітрової турбіни, значення якого максимізується за рахунок збільшення ККД турбіни  $C_p$ . Рівняння 3.9 базується на схемі системи WPS, представлений на рис. 3.10.



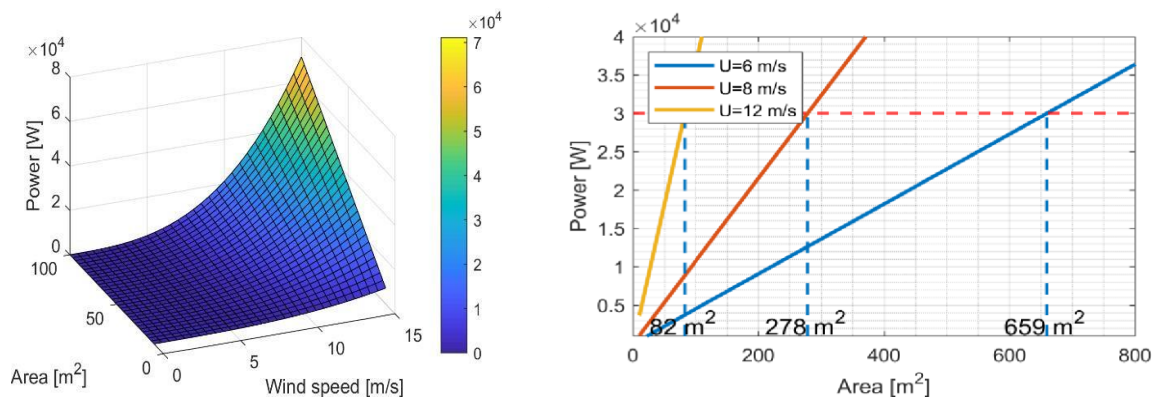
а)  $P_g$  – Енергія, вироблена вітряною турбіною



б)  $P_{WTS}$  – Електроенергія для вітрової системи вводиться в мережу

Рис. 3.10 – Основні дані про потужність, вироблену вітровою системою

З такими попередньо визначеними доменами:  $A \in (10, 100) \text{ м}^2$  і  $U \in (0, 15) \text{ м/с}$ , можна отримати тривимірну діаграму на рис. 3.11, а). Як приклад, для швидкості вітру  $U=5 \text{ м/с}$  на місці розташування особистого селянського господарства та його сусідніх господарств, і для того, щоб генерувати електроенергію 100 кВт, необхідна площа ротора Н-типу вітрової турбіни Girromill визначається за графіком на рис. 3.11, б). Так само аналіз вітроенергетичної системи виконується для інших швидкостей вітру.



а)  $PWTS = f_2(A, U)$       б)  $PWTS = f_2(A, 6)$ ;  $PWTS = f_2(A, 8)$ ;  $PWTS = f_2(A, 12)$

Рис. 3.11 – Графіки зміни потужності, створеної вітроенергетичної системи, залежно від площі ротора та швидкості вітру

### 3.5. Принципова схема автономної системи перетворення вітрової енергії в електричну енергію

Вітрові турбіни типу VAWT мають переваги у відсутності систем наведення та важкого обладнання (редуктора, електрогенератора тощо), розташованого близько до землі. Основним недоліком класичного рішення є вертикальний вал, оснащений верхнім підшипником, який потребує кріплення до землі. Цей недолік усувається рішенням Girromill (H-Darrieus) і робить VAWT можливим особливо для відносно малих потужностей. Схема з'єднань з

рис. 3.12 показує конфігурацію вітроенергетичної системи для автономного режиму.

Апаратне забезпечення, інтегроване в вітроенергетичної систему WTS, складається з інвертора вітру, системи керування WTS, гібридного інвертора та контролера заряду батареї (рис. 3.12).

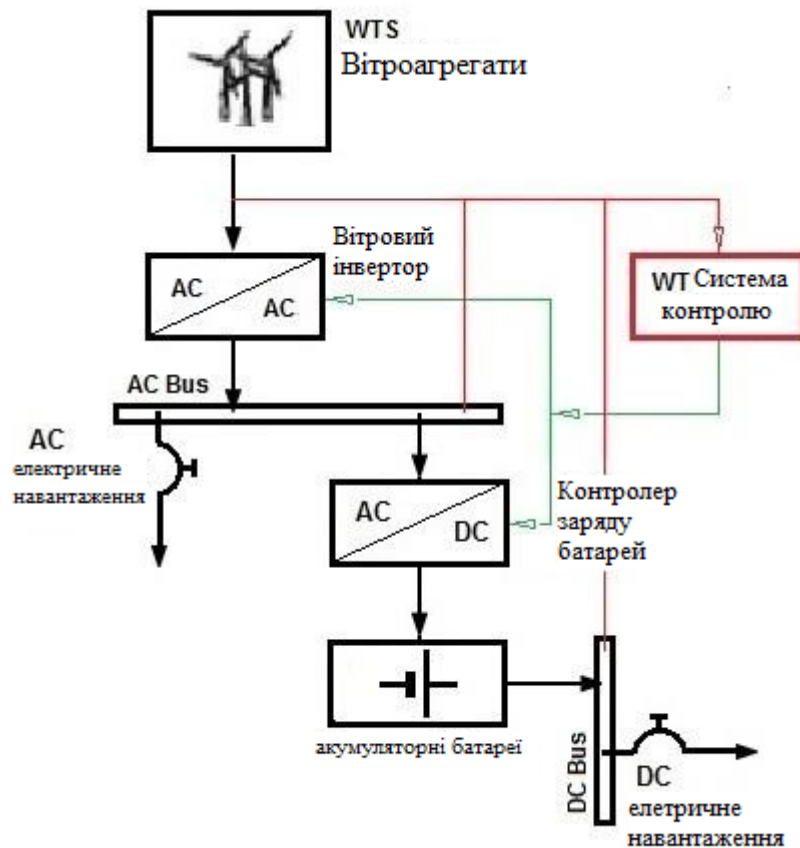


Рис. 3.12 – Блок-схема системи WTS

Система керування WTS контролює процес виробництва електроенергії та за допомогою перемикачів S2, S3, S7, ... S9, контролює з'єднання ліній розподілу електроенергії через інтегровані пристрої. Програмне забезпечення WTS Control System підвищує надійність системи виробництва вітрової енергії та забезпечує кількість і якість енергії як для споживачів постійного, так і змінного струму. Схема підключення також передбачає можливість розробки гібридної системи відновлюваної енергії шляхом розробки електричних ланцюгів на базовій шині HVDC на 270 В.



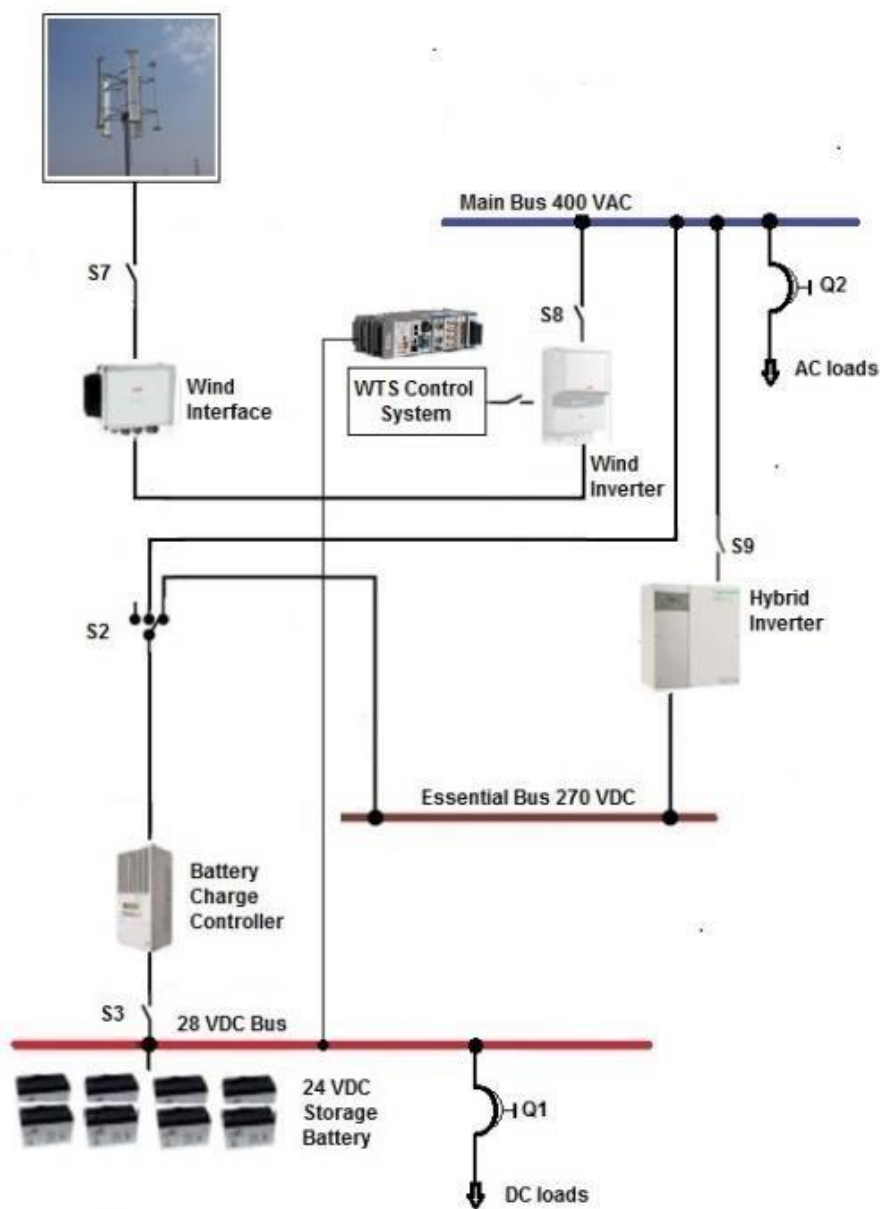


Рис. 3.13 – Принципова схема WTS в автономному режимі

Принципова схема системи WTS для автономного режиму представлена на рис. 3.13.

### **3.6. Принципова схема гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії**

Гібридна система енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії (HRES) є адекватним і конкурентоспроможним рішенням для електрифікації особистого селянського господарства та/або для ізольованих сільськогосподарських господарств під час припинення постання електроенергії (наприклад у воєнний час під час пошкоджень електричних мереж). Надійність і вартість є двома найважливішими показниками, які необхідно враховувати при проектуванні гібридної енергетичної системи.

Найважливіша перевага полягає в тому, що HRES найкращим чином використовує робочі характеристики технологій виробництва відновлюваної електроенергії, а ефективність вища, ніж та, яку можна було б отримати при використанні одного джерела енергії.

Мережа HRES, яка представлена на рис. 3.14 складається з сонячної, вітрової, гідрокінетичної та системи накопичення енергії. У нашій роботі гібридна система задумана як комплексна автономна система HRES для корисного навантаження 100 кВт, розроблена для розглядуваного особистого селянського господарства та сусідніх господарств, які не можуть підключитися до загальної мережі.

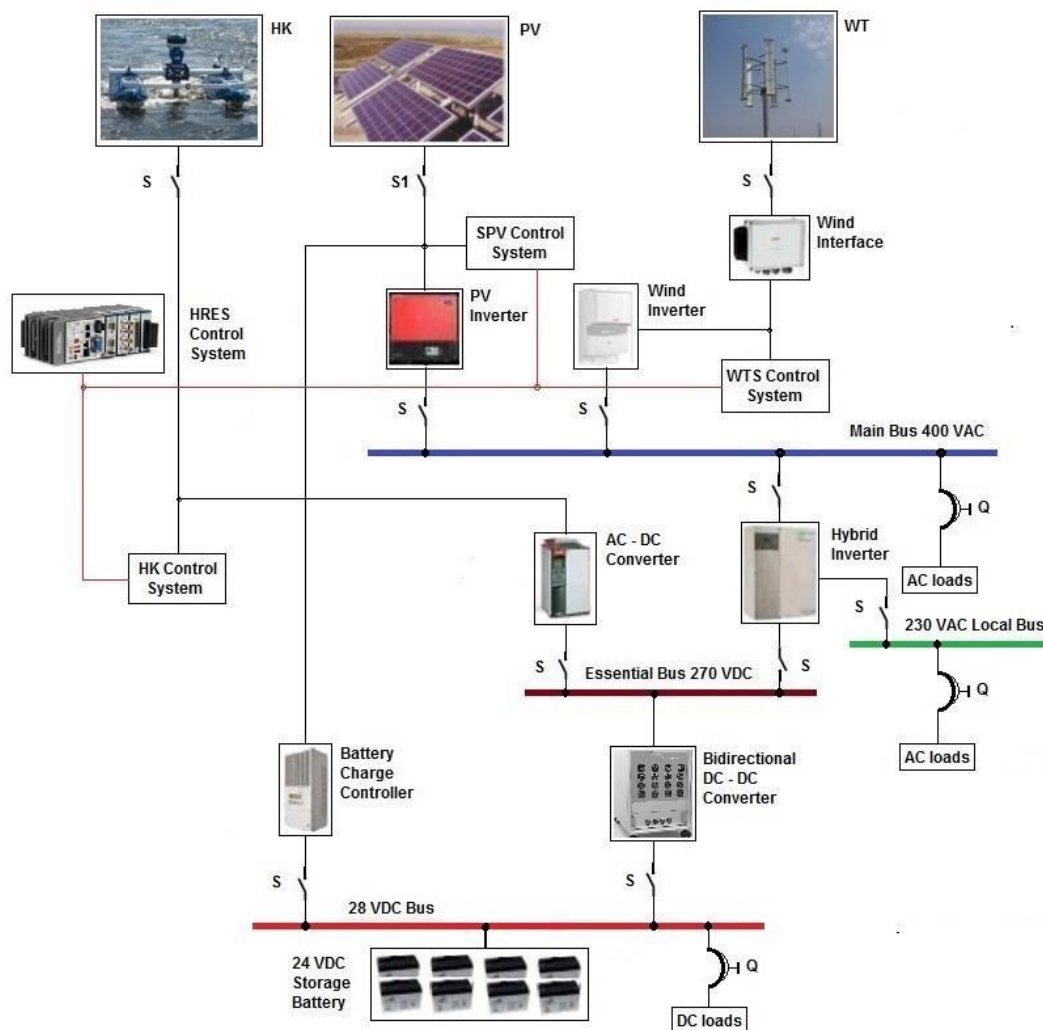


Рис. 3.14 – Блок-схема автономної гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії

Основні системи PV, WT і НК перетворюють гідрокінетичну енергію сонця, вітру та води в електричну енергію відповідно. Це вводиться в стрижні енергетичного вузла для розподілу електроенергії через інтерфейсне обладнання мікромережі.

Всі електронні пристрої на рис. 3.14 встановлені в двох окремих шафах в залежності від виконаної послуги. В одну шафу входять електричні елементи та силові схеми для перетворення, комутації та розподілу електроенергії через елементи захисту. Друга шафа призначена для автоматизації та включає елементи та сигнальні схеми зі спеціальним призначенням щодо управління та

контролю виробництва електроенергії, забезпечуючи захист мікромережі HRES у режимі реального часу.

Завдяки автономному режиму, мікромережа розроблена на трьох рівнях, що дозволяє автономно працювати незалежно від зовнішніх перешкод. Лінії енергетичного вузла мають різну напругу та з'єднані між собою елементами перетворення, щоб працювати в буфері з системою накопичення енергії. За аналогією з існуючими енергетичними системами розроблена наступна конфігурація мікромережі HRES:

- Головна шина 400 В змінного струму, 50 Гц; Аварійна шина 28 В постійного струму.
- Місцева шина 230 В змінного струму, 50 Гц; Основна шина 270 В постійного струму

Надійність системи HRES підвищується не тільки завдяки можливостям з'єднання шин напруги, але й завдяки інтеграції системного контролера для моніторингу процесу в реальному часі та для оптимальної роботи гібридної системи HRES енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

### 4.1. Структурно-функціональний аналіз процесу обслуговування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства

Розробка та вживання ефективних заходів запобігання аварійним і травмонебезпечних ситуаціям можливі лише при завчасному виявленні тих небезпек, з яких починаються процеси їх формування. Оскільки небезпечні умови не завжди завчасно можна виявити, а для вивчення небезпечних дій іноді потрібно багато часу, щоб зібрати статистичний матеріал, то і методи виявлення цих небезпек повинні бути відповідно диференційовані.

Моделі формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час обслуговування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Моделі формування та травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час обслуговування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства

Вид робіт, виробничий підрозділ, робоче місце та обладнання	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
1	2	3	4	5	6
Проведення ремонту вітроенергетичної установки	Не проведено закорочення жил кабеля після вимкнення напруги НУ1	Нехтування правилами ТБ НД1. Використання невідповідного	Ураження струмом	Травма	Придбати відповідний інструмент

продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
	Відсутність необхідних вимірювальних приладів НУ2	інструмент у НД2			
Модель процесу: $\frac{НУ1 \rightarrow НД1}{НУ2 \rightarrow НД2} \rightarrow НС \rightarrow Т$					
	Опір заземлюючого пристрою контура перевищує допустимі норми НУ1. Опір ізоляції кабеля не відповідає нормі НУ2.	Проведення ремонтних робіт несправним і непристосованим для проведення даного виду робіт інструментом НД1. Робітник знаходиться у небезпечній зоні НД2	Вихід з ладу електрообладнання НС1. Ураження струмом НС2.	Аварійна ситуація АС. Травма Т.	Забезпечити обслуговуючий персонал необхідним і справним інструментом.
Модель процесу: $\frac{НУ1 \rightarrow НД1 \rightarrow НС1}{НУ2 \rightarrow НД2 \rightarrow НС2} \rightarrow АС \rightarrow Т$					

## 4.2. Розрахунок блискавкозахисту

Розрахунок блискавкозахисту потрібен для забезпечення безпеки людей та збереження будівель. Проектом передбачений захист від прямого попадання блискавки.

Для захисту від проникнення високих потенціалів в приміщення використовують заземлення крічків ізоляторів, а на вході в приміщення встановлюють вентиляльні розрядники типу GІа-0,66/2,5.

Свинарники відносяться до III-ї категорії блискавкозахисту. Необхідний блискавкозахист розраховується за очікуваним числом попадань блискавки в рік:

$$N=[(B+6hx)(4+6hx)-7.7hx^2]\cdot n\cdot 10^{-6}, \quad (4.1)$$

де  $x$  – висота будівлі, м;  $B$  – ширина будівлі, м;  $h$  – довжина будівлі, м;  $n$  – кількість вражень блискавкою на  $1 \text{ м}^2$  для 80 год грозового часу.

Тип зони блискавкозахисту „Б”.

Підставивши відповідні значення у формулу (4.1) отримаємо

$$N=[(21+6\cdot 72\cdot 6)(4+6\cdot 72\cdot 6)-7.7\cdot 72\cdot 62]\cdot 5\cdot 10^{-6}=0.28 \text{ од.}$$

Проектом передбачений захист від прямих ударів блискавкою, електричної та електромагнітної індукції та заносу високих потенціалів.

Захист від прямих ударів блискавки передбачений шляхом положення блискавкоприймаючої сітки.

Захист від електричної індукції проводиться шляхом приєднання всього електрообладнання та апаратури до захисного заземлюючого обладнання.

### **4.3. Правила техніки безпеки під час експлуатації технологічного обладнання**

З метою запобігання виробничого травматизму працівникам особистого селянського господарства слід дотримуватись таких основних правил техніки безпеки.

До роботи з обладнанням та обслуговування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства допускаються лиш працівники, які пройшли інструктаж на робочому місці з техніки безпеки. Крім інструктажу, всі робітники повинні бути ознайомлені з особливостями експлуатації обладнання та поводження з ним.

Перед початком роботи працівник зобов'язаний перевірити справність передаточних механізмів, наявність захисних кожухів, надійність кріплення. Перед пуском машини необхідно подати звуковий сигнал з метою попередження інших працівників. Такий же сигнал подається при маневруванні засобами, особливо перед їх рухом.

При проведенні обслуговування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства необхідно користуватись тільки справним інструментом та пристосуваннями. Забороняється користуватись відкритим вогнем при проведенні лакофарбувальних робіт, проводити обслуговування на висоті при відсутності страхувальних поясів або огорожі висотою менше 1 м.

Забороняється також проведення ремонтних робіт з приставних драбин та стрем'янок довжиною понад 5 м.

Пускові кнопки та рубильники треба встановлювати так, щоби виключалась всяка можливість їх довільного включення. Корпуса електродвигунів, розподільних щитів керування, силових шкафів, а також металеві корпуси кабельних муфт та металеві оболонки дротів і кабелів підлягають заземленню. Кожний елемент, що заземлюється, приєднують до нульового проводу через окреме відгалуження. Послідовне підключення декількох елементів електроустановок забороняється.



Електродвигуни підключаються до мережі тільки через трьохполюсні рубильники з нормальними плавкими запобіжниками, автоматичні вимикачі або магнітні пускачі. Забороняється застосовувати запобіжники з саморобними вставками. Регулювальні та ремонтні роботи електрообладнання дозволяється виконувати тільки при виключеному загальному рубильнику; на силовій шафі і пульті; керування необхідно вивіщувати попередження: "Не включати - працюють люди!". Електроремонтні роботи, які виконує слюсар-електрик, повинні виконуватись тільки у присутності другої особи, ознайомленої з правилами техніки електробезпеки.

У всіх категорій робочих, техніків, інженерів (починаючи від другої кваліфікаційної групи), обслуговуючих електроустановки, один раз в рік перевіряють знання правил техніки безпеки. Після цього продовжується строк дії посвідчення на право обслуговування електроустановок. Повторні перевірки цих знань обов'язкові для осіб, які обслуговують електроустановки, при порушенні ними правил і переміщення їх на роботі.

Електрики повинні проходити медичний огляд при вступі на роботу, а також потім один раз в два роки. Особи, яким не виповнилося 18 років не допускаються до роботи з електроустановками.

#### **4.4. Основні правила техніки безпеки під час обслуговування гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства**

До робіт по обслуговуванню вітродвигуна на висоті допускаються особи, які пройшли медичний огляд і мають спеціальну професійну підготовку. Не можна допускати до робіт на висоті осіб, що страждають запамороченням, епілепсією, серцевими захворюваннями.

При обслуговуванні вітродвигунів не можна надягати широкий одяг, що може зачепити за шків, шестірні й інші рухомі частини двигуна. Усі відкриті

частини, що рухаються, (шківни, пасові передачі і т.п. ) повинні мати огороження. Для роботи на висоті на вежах повинні бути улаштовані постійні площадки, обгороджені поруччям висотою не менш 1 м, із суцільною підлогою, для запобігання від падіння яких-небудь предметів, що можуть заподіяти каліцтво працюючим унизу. Сходи до площадок повинні бути обгороджені поруччям. При роботі на голівці вітродвигуна необхідно прив'язуватися страхувальним поясом і мотузкою довжиною не менш 2 м. Пояс і мотузка перед використанням повинні бути випробувані вантажем 100 кг. Пояси і мотузки повинні зберігатися на складі в сухому місці.

Забороняється лазити по хрестовинах і поясах вежі, мокрих від чи дощу або покритих інеєм при морозі. При підйомі по сходах інструменти необхідно класти в інструментальну сумку, а більш громіздкі інструменти і предмети піднімати на мотузці. Працюючи на висоті, треба акуратно користатися інструментами і деталями, не розкладаючи їх на місцях, відкіля вони можуть упасти і заподіяти каліцтво людям, які знаходяться біля основи вежі. Не можна скидати вниз нічого, не попередивши про цьому тих, хто працює в цей момент внизу. Не можна знаходитися на верхніх сходах вежі безпосередньо при роботі вітродвигуна.

#### **4.5. Пожежна безпека об'єкту проектування**

В аспекті пожежної безпеки запроектований об'єкт, як і інші складові особистого селянського господарства, повинен відповідати таким загальним вимогам. Приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, які знаходяться в доброму стані і постійній готовності до дії.

Всі працівники об'єкта повинні вміти користуватись засобами пожежогасіння, пройти відповідну підготовку та інструктаж.

До всіх будівель повинен бути вільний під'їзд і доступ. Протипожежні розриви між будівлями забороняється використовувати під складування кормів,

матеріалів, обладнання для стоянки автотранспорту і сільськогосподарської техніки.

В усіх приміщеннях проходи, виходи, коридори, тамбури повинні бути в справному стані і нічим не заставлятися. В приміщеннях забороняється паління і користування відкритим вогнем. Для паління відводяться спеціальні місця, де є пісок, бочка з водою, лавки. В цих місцях вивішується напис "Місце для паління".

Приміщення і площадки перед ними потрібно регулярно очищати від соломи, гною, сміття і завжди утримувати в чистоті, за винятком площадок для вільного-вигульного утримання худоби, на яких прибирання гною може проводитись один-два рази на сезон.

Ворота і двері приміщень, призначені для евакуації людей і виводу худоби, повинні відкриватися тільки зовні. Їх нічим не можна закладати. Ворота і двері дозволяється закривати тільки засувки і крічки, що легко відмикаються.

Для персоналу, який обслуговує тваринницькі приміщення повинні бути розроблені списки обов'язків для дій при виникненні пожежі.

Кухні, де використовують плити, титани, розміщуються в окремих будівлях не нижче 4 ступені вогнетривкості на відстані не менше 2,5м від тваринницьких приміщень.

В тваринницьких приміщеннях і будівлях без водопроводу встановлюють бочки з водою ємністю не менше 250 л кожна на відстані не більше 30 м одна від іншої, при кожній бочці необхідно мати по одному відру.

В нічний час тваринницькі приміщення повинні знаходитись під наглядом спеціально виділених для цього осіб.

Блискавкозахист тваринницьких будинків і споруд повинен бути виконаний у відповідності з СНиП 305-77.

Гасити електрообладнання допускається тільки вуглекислотними вогнегасниками, піском або іншими струмонепровідними засобами. В випадку гасіння пожежі розпиленою водою відстань від насадки пожежного дула до

електроустановок повинна бути не менше 4 м. Пожежне дуло повинно бути з'єднане дротом з контуром заземлення, робітник повинен працювати в діелектричних чоботах і рукавицях.

Забороняється користуватись відкритим вогнем при проведенні лакофарбу вальних робіт.

Об'єм водонапірної башти повинен передбачати протипожежний запас на 10 хв. гасіння пожежі (не менше 6 м<sup>3</sup>).

У літньому таборі необхідно встановити два протипожежних щити з багром, сокирою, відром, пінним вогнегасником. Крім того, у тракторі, навантажувачі та вагончику повинні бути порошкові вогнегасники.

#### **4.6. Розробка заходів щодо захисту цивільного населення**

Головною функцією особистого селянського господарства у разі виникнення надзвичайної ситуації є захист населення та організації його життєзабезпечення.

Заходи щодо захисту цивільного населення плануються проводяться по населених пунктах де розміщені господарства і охоплюють населення навколишніх сіл. Водночас характер та зміст захисних засобів встановлюються від ступеня загрози, місцевих умов з урахуванням важливості виробництва для безпеки населення і інших економічних і соціальних чинників.

Основні заходи щодо захисту населення плануються та здійснюються завчасно і мають випереджувальний характер, це стосується насамперед підготовки, підтримання у постійній готовності індивідуальних та колективних засобів захисту, їх накопичення, а також підготовки до проведення евакуації населення із зон підвищеного ризику.

Керівництво особистого селянського господарства є безпосередніми виконавцями цих заходів, у нашому господарстві розробляються завчасно,

проводиться навчання робітників та службовців способам захисту та діям в умовах надзвичайних ситуацій.

Також раз в три роки проводяться навчання по підготовці близьких до військових дій, що в разі небезпеки могло би не дістати людину зненацька. Керівництво докладає максимум зусиль, щоб працівники господарства були хоча би мінімально захищенні в разі будь-якої небезпеки пов'язаної з тими чи іншими обставинами.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Забезпечення національних інтересів України як сучасної розвинутої держави значною мірою залежить від їх повноцінного входження у європейський і світовий цивілізаційний процес. Вирішення цього завдання вимагає формування у національній еліті розуміння фундаментальних тенденцій сталого розвитку сучасного світу – забезпечення виживання, розвитку, добробуту.

Серед соціальних та екологічних тенденцій, що формують наше майбутнє, є стрімке зростання чисельності населення, укорінення хибних моделей споживання, скорочення посівних площ на душу населення, надмірне викачування підземних вод, поширення стійких органічних забруднювачів у ґрунтах, водах, повітрі. Внаслідок цього людство постало перед загрозою виснаження природних ресурсів, проблемами виробництва продовольства та незадовільного харчування, глобальних кліматичних змін, поширення нових хвороб, загибелі місцевих екосистем.

Одним з найскладніших видів виробництва продукції, необхідної для людини, є сільське господарство. Його розвиток і кінцеві результати визначаються якістю і станом основних компонентів біосфери – ґрунту, води, повітря, знанням закономірностей оновлення природних ресурсів. Лише на основі дбайливого ставлення до природи можна розвивати сільське господарство не тільки сьогодні, але й завтра. Науково–технічний процес в агропромисловому комплексі повинен узгоджуватися із збереженням рівноваги в природі. Сучасне аграрне виробництво повинно максимально врахувати екологічні особливості землеробських регіонів, їх природних ресурсів та умов.

Безумовно, вирішальну роль у переорієнтації напрямків і характеру майбутнього розвитку суспільства, гармонізації взаємовідносин між людиною і природою відіграватиме сучасна молодь, зокрема, майбутні фахівці сільського господарства.

## **5.1. Охорона та раціональне використання ґрунтів**

Земельним кодексом України дано юридичні гарантії по збереженню земельних масивів від безгосподарності, зокрема в них підкреслено, що науково – обґрунтоване, раціональне використання всіх земель і їх охорони, повсякденне підвищення їх плодючості – загальнонародна справа.

Щоб не забруднювати територію господарства і машинного двору залишками технологічних операцій використовують спеціально відведене місце із ямою, глибиною 3,0 м.

Для запобігання забрудненню землі на території машинного двору продуктами корозії металів відведено спеціальний майданчик для зберігання металолому, який, крім того, зберігається у спеціальних коробках, що полегшує його навантаження.

## **5.2. Охорона та ефективне використання водних ресурсів**

Для запобігання забрудненню ґрунту і підземних вод, миття обладнання після закінчення технологічних операцій, здійснюється на спеціально відведеному майданчику. Сам майданчик має тверде покриття із нахилом у сторону басейна для відстоювання забрудненої води, яка стікає після миття техніки. Очищена і відстояна вода у відстійнику знову використовується для миття. Накопичені у відстійниках нечистоти раз у пів – року вивозять у спеціально відведені для цього місця.

Джерелом водопостачання для потреб господарства є дві водонапірні башти, місткістю 25м<sup>3</sup> із артезіанськими свердловинами. Зона водопостачання огорожена і озеленена.

Керівництво господарства, розуміючи те, що земля і вода забезпечує життєдіяльність людини, поставили питання охорони земельних ресурсів поверхневих і підземних вод під строгий контроль. За порушення норм

земельного кодексу України, винні несуть адміністративну відповідальність у вигляді штрафів, а в окремих особливих випадках – і кримінальну.

### 5.3. Охорона атмосферного повітря

До основних антропогенних забруднювачів, які викликають регіональні або глобальні зміни атмосфери, можна віднести оксид вуглецю (CO), оксид сірки (SO<sub>2</sub>), вуглеводневі сполуки та важкі метали.

Джерелами забруднення атмосферного повітря на території господарства є:

✓ котельня, яка працює як при спалюванні вугілля, так і при використанні мазуту, згоряння цих продуктів викликає викидання в атмосферу значної кількості шкідливих газів і інших речовин, що негативно впливає на навколишнє середовище. Для зменшення забруднення повітря цими факторами необхідно встановлювати спеціальні фільтри – вловлювачі на димоході котельні, які б значно зменшили кількість шкідливих викидів в атмосферу;

✓ ремонтна майстерня, де при ремонті техніки, а саме митті, фарбуванні і виконанні зварювальних робіт в атмосферу викидається багато речовин, а тому для їх зменшення також пропонується встановлювати у вентиляційних системах цих джерел забруднення спеціальні фільтри;

✓ транспортні засоби, в першу чергу автомобілі і трактори, питома вага яких у забрудненні навколишнього середовища складає від 40 до 50%.

Одним з найбільш ефективних заходів боротьби із забрудненням навколишнього середовища транспортними засобами є перевірка вихлопних газів на вміст CO приладами УГ – 2, а також наявність пункту технічного обслуговування для правильного регулювання паливної апаратури, крім цього, по мірі можливості, здійснювати перехід транспортних засобів на газоподібне паливо, яке зменшує вихід шкідливих речовин в атмосферу.



#### 5.4. Заходи щодо покращення стану охорони довкілля

Завершуючи висвітлення питання про збереження і охорону навколишнього середовища у господарстві необхідно відзначити, що його стан на сьогоднішній день знаходиться у задовільному стані, а тому нами рекомендовано наступні пропозиції щодо поліпшення охорони навколишнього середовища, а саме:

- ✓ встановити ємкості для збору відпрацьованих масел з подальшою передачею їх на регенерацію;
- ✓ придбавши прилад – газоаналізатор УГ – 2, перевіряти вихлопні гази на вміст вуглецю;
- ✓ поступово здійснювати перехід автотранспорту на газоподібне паливо;
- ✓ обов'язково завершити озеленення території господарства;
- ✓ постійно підтримувати чистоту і належний порядок на території особистого селянського господарства.

**РОЗДІЛ 6.**

**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**ОСОБИСТОГО СЕЛЯНСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА З**

**ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

Визначаємо витрати на розробку системи енергозабезпечення особистого селянського господарства. Для цього складаємо кошторис витрат на придбання складових і витратних матеріалів. Перелік потрібних компонентів гібридної системи енергозабезпечення для перетворення відновлюваної енергії в електроенергію для заданого особистого селянського господарства. Наш розрахунок був виконаний для особистого селянського господарства та сусідніх господарств однієї вулиці. Конфігурація гібридної системи наведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Конфігурація гібридної системи енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії (сонце, вітер, вода)

№ з/п	Системний компонент	Основні дані		
1.	Фотоелектрична система SPV	$G = 1230$ Вт/м <sup>2</sup>	$A = 469$ м <sup>2</sup>	$P_{SPV} = 100$ кВт
2.	Вітрова система WTS	$U \cong 8$ м/с	$A = 278$ м <sup>2</sup>	$P_{WTS} = 30$ кВт
3.	Гідрокінетична система HKS	$va \cong 2$ м/с	$A = 10,3$ м <sup>2</sup>	$P_{HKS} = 30$ кВт
4.	Система накопичення електричної енергії	акумуляторна батарея 24V DC*4000 А.год		
5.	Аварійна система	Опціонально це електрогенераторна група на вичопному паливі		

Щоб визначити поточну вартість майбутніх очікуваних грошових потоків (дисконтований чистий дохід NPV), усі грошові надходження дисконтуються за індивідуально визначеною ставкою.

Чиста теперішня вартість – це різниця між теперішньою вартістю витрат і загальною теперішньою вартістю надходжень грошових коштів протягом життєвого циклу проекту – гібридної системи енергозабезпечення особистого селянського господарства від відновлюваних джерел енергії.

Якщо NPV є додатним, у такому випадку інвестиція є вигідною для інвестора, це свідчить про те, що реалізація проекту є вигідною. Якщо NPV від'ємне, інвестиція вважається збитковою і інвестору необхідно її відхилити.

Дисконтований чистий прибуток (DNP) визначається за такою формулою:

$$ЧДД = \frac{\sum_{t=0}^T (D_t - KB_t - EB_t)}{(1 + HD)^t}; \quad (6.1)$$

де  $D_t$  – прибуток за період експлуатації  $t$ , грн.;  $KB_t$  – обсяг інвестицій під час реалізації проекту  $t$ , грн.;  $EB_t$  – витрати у періоді  $t$ , грн.;  $HD$  – норма дисконту.

*Індекс рентабельності (PI)* – це показник, що відображає взаємозв'язок між витратами та вигодами проекту та визначається за такою формулою:

$$PI = \frac{1}{KB_0} \sum_{t=0}^T (D_t - EB_t) \frac{1}{(1 + HD)^t}; \quad (6.2)$$

*Внутрішня норма прибутку (IRR)* для реалізації проекту гібридної системи енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії є ставкою дисконту, яка передбачає, що чистий дисконтований дохід дорівнює зменшеним інвестиціям.

Внутрішня норма прибутку IRR визначається:

$$\sum_{t=0}^T (D_t - EB_t) \frac{1}{(1 + HD)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{KB_0}{(1 + HD)^t}; \quad (6.3)$$

Будуть проведені відповідні розрахунки та відповідно оцінені інвестиції в проект гібридної системи енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії. У розділах 2 і 3 цієї роботи представлені основні вихідні дані, які використовуються для розрахунку інвестицій у проект гібридної системи енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії.

Результати розрахунку та визначення NPV методом зменшення чистого прибутку для енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії наведено в таблиці. 6.1.

Таблиця 6.1 – Результати визначення NPV за допомогою методу чистого приведенного прибутку від реалізації проекту енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії

Рік	Інвестиції на реалізацію проекту енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії, тис.грн.	Прибуток, тис.грн.	Експлуатаційні затрати, тис.грн.	Рух коштів, тис.грн.	Коефіцієнт дисконтування	Поточна вартість, тис.грн.	Загальний рух коштів, тис.грн.
0	1332	0	0	1332	1	1332	-1332
1	0	282	65	347	0,83333	289,17	-
2	0	282	65	347	0,69444	240,97	-801,86
3	0	282	65	347	0,5787	200,81	-601,05
4	0	282	65	347	0,48225	167,34	-433,71
5	0	282	65	347	0,40188	139,45	-294,26
6	0	282	65	347	0,3349	116,21	-178,05
7	0	282	65	347	0,27908	96,84	-81,21
8	0	282	65	347	0,23257	80,70	-0,51
9	0	282	65	347	0,19381	67,25	66,75
10	0	282	65	347	0,16151	56,04	122,79
Всього	1332	2820		4802		2786,79	122,79

Результати наведених розрахунків (табл. 6.1) та визначення дисконтованого чистого прибутку після реалізації проекту енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії показують, що дисконтований чистий прибуток становить 122,79 тис. грн. За умови відсоткової ставки кредиту проекту енергозабезпечення особистих селянських

господарств від відновлюваної енергії 20% термін повернення кредитних коштів становить 8 років. Завдяки реалізації проекту енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії прибуток досягне 282 тис. грн. Термін окупності інвестицій – 8 років.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В сучасному світі питання енергозабезпечення є одним із найактуальніших завдань. Зростання населення, швидкий технологічний розвиток та зростаюча залежність від традиційних джерел енергії, таких як вугілля та нафта, призводять до екологічних, економічних та соціальних проблем. У зв'язку з цим, актуальним напрямом розвитку є використання відновлюваних джерел енергії, які можуть забезпечити стале та екологічно чисте енергетичне майбутнє.

Наша кваліфікаційна робота присвячена проекту енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлюваних джерел енергії для умов Сокальської територіальної громади. Сокальська територіальна громада, розташована у Львівській області, є типовим представником сільського регіону, де домінують традиційні методи енергозабезпечення, засновані на використанні традиційних ресурсів та шкідливих викидів.

Нами виконано аналіз стимулювання використання відновлюваної енергетики для особистих селянських господарств за допомогою «зеленого» тарифу. Воно стосується практично всіх відновлюваних джерел енергії (крім електроенергії, виробленої великими ГЕС). Встановлено, що починаючи з 2023 року, не можна побудувати домашню сонячну електростанцію, щоб отримати стабільний дохід у 25% на рік. Приватні домогосподарства матимуть можливість продавати свою надлишкову вироблену енергію за цінами, що купує населення.

Воєнний стан та чинне законодавство спричинили зниженню інвестиційної привабливості України, оскільки, за даними НБУ, вперше з 2015 року країна зазнала відтоку інвестицій, який у 2020 році склав \$868,2 млн. Саме це може призвести до економічної кризи та всіх її негативних наслідків для населення. Як показує досвід Туреччини, застосування режимів «зеленого» тарифу майже на тих самих умовах, що й в Україні, призвело до економічного

розвитку, якого вдалося досягти завдяки плідній співпраці держави та інвесторів.

Енергозабезпечення особистого селянського господарства з використанням відновлених джерел енергії є дуже доцільним з багатьма переконливими аргументами. Загальне обґрунтування використання відновлюваних джерел енергії в особистих селянських господарствах зводиться до стійкості, екологічної чистоти, економічної вигоди, самодостатності та незалежності, а також соціальних переваг.

Системи енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії можуть бути ефективними, залежно від регіону, доступності ресурсів та індивідуальних потреб господарства. Нами проаналізовано декілька загальновідомих схем, а також їх виробників, які представлено за показниками використаної енергії, потужності, обладнання, переваг та недоліків.

Є багато прикладів схем енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії. Також є ще багато інших схем, які можуть включати в себе комбінацію різних видів відновлюваних джерел енергії, а також додаткове використання систем енергозбереження та зберігання енергії. Визначення розміру гібридної системи енергозабезпечення селянських господарств з використанням відновлюваних джерел енергії потребує адаптації до кліматичних умов із використанням критеріїв мінімізації вартості системи при збереженні її надійності.

Об'єктом нашого проектування є особисте селянське господарство, розташоване на приватній ділянці у селі Теляж Сокальської територіальної громади Червоноградського району Львівської області. Положення об'єкта показано на рис. 2.1 Карти Google, отриманої із супутникових зображень. Слід звернути увагу, що неподалік протікає річка Західний Буг.

Для отримання інформації щодо кліматичних умов на території особистого селянського господарства сервіс EOS Data Analytics, що являє собою глобальний постачальник аналізу супутникових зображень на основі

штучного інтелекту. На графіках (рис. 2.2-2.5) показано окремі показники, які розраховані як середні значення за останні п'ять років. Вони лежать в основі визначення потенціалу енергії сонця та вітру, які використовуватимемо у проєктованій системі енергозабезпечення.

У розглянутому особистому селянському господарстві основними споживачами електроенергії є: електроплити, кормоприготувальний агрегат, бойлери та побутова техніка. На підставі даних таблиці 2.1 встановлено, що найпотужніші електроприймачі особистого селянського господарства мають максимально можливу споживану потужність менше 21 кВт. Але в той же час всі ці прилади одночасно працювати не будуть, тому максимум знайти на практиці практично неможливо. В середньому особисті селянські господарства споживають 0,3...0,5 від максимуму, а це відповідно становить не більше 7...10 кВт електроенергії одночасно.

Проаналізувавши отримані результати за табл. 2.2 помітили, що найбільше споживання електроенергії відбувається взимку, близько 1099,5 кВт.год на місяць, і в середньому 9923 кВт.год на рік. Максимальне місячне споживання електроенергії за останні п'ять років становить 1052 кВт.год, середньомісячне – 1099,5 кВт.год. Вони не мають великої відмінності. Максимальне добове споживання електроенергії встановлено в грудні та січні приблизно на рівні 35,5 та 34,5 кВт.год (рис. 2.7).

Здійснено вибір схеми енергозабезпечення особистого селянського господарства. Проаналізовано доцільні відновлювані джерела енергії, їх енергетичний потенціал, технології та застосування енергії у особистих селянських господарствах. На рис. 3.3 показано блок-схему автономної гібридної системи для невеликих ферм, розташованих в ізольованих місцях, тобто без доступу до енергосистеми. На її основі представлено основні системи гібридної мережі ВДЕ: сонячна, вітрова, гідрокінетична, накопичувальна, які розглядатимемо у подальшому.

Ефективність фотоелектричного перетворення зменшується зі зменшенням сонячної радіації. Фотоелектричні елементи характеризуються



вольт-амперною характеристикою ( $IU$ ) і кривою потужності, яка веде до визначення номінальної потужності елемента. Основна блок-схема фотоелектричної системи SPV, що відповідає особистому селянському господарству, показана на рис. 3.6. Нами встановлено, що вона може мати в наших умовах середню ефективність перетворення ( $\eta_{PV} \cong 17,325\%$ ), що відповідає фотоелектричним панелям і вибраному електричному обладнанню.

Для умов нашого особистого селянського господарства вибираємо турбіни типу Giromill VAWT (рис. 3.9, б) – це турбіни типу H-Darrieus, які часто використовуються в сільському господарстві, для яких встановлене потужне навантаження менше 100 кВт. Для швидкості вітру  $U=5\text{ м/с}$  на місці розташування особистого селянського господарства, і для того, щоб генерувати електроенергію 100 кВт, необхідна площа ротора H-типу вітрової турбіни Giromill визначається за графіком на рис. 3.11, б). Принципова схема вітроенергетичної системи для автономного режиму представлена на рис. 3.13.

Нами запропонована гібридна система енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії (HRES), яка представлена на рис. 3.14 складається з сонячної, вітрової, гідрокінетичної та системи накопичення енергії. У нашій роботі гібридна система задумана як комплексна автономна система HRES для корисного навантаження 100 кВт, розроблена для розглядуваного особистого селянського господарства та сусідніх господарств, які не можуть підключитися до загальної мережі.

Нами запропоновано заходи із безпеки праці виконавців та охорони довкілля, дотримання яких дасть можливість створити належні умови для використання гібридної системи енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії та знизити негативний вплив на довкілля.

Результати наведених розрахунків (табл. 6.1) та визначення дисконтованого чистого прибутку показують, що завдяки реалізації проекту енергозабезпечення особистих селянських господарств від відновлюваної енергії прибуток досягне 282 тис. грн. Термін окупності інвестицій – 8 років.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біжковський В. М. Альтернативна енергетика: відновлені джерела енергії. Київ: Видавничий дім «Слово», 2017. 448 с.
2. Бондаренко М. П. Основи автоматичного управління: Навчальний посібник. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 320 с.
3. Васильєв В. М., Боярчук В. М. Альтернативні джерела енергії. Енергія сонця. Навчальний посібник. Львів, 2008. 135 с.
4. Гальчак В.П., Гринько О. М. Основи автоматизованого проектування системи автоматичного управління. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 568 с.
5. ДБН В.2.5-23:2010. "Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення".
6. Державна стратегія розвитку відновлюваної енергетики до 2030 року: Указ Президента України від 08.05.2017 р. № 142/2017. Офіційний вісник України. 2017. № 43. Ст. 1221.
7. Енергоефективність і використання відновлених джерел енергії: посібник. за ред. проф. Коваленка І.В. Київ: Наукова думка, 2014. 312 с.
8. Закон України "Про відновлювані джерела енергії". Відомості Верховної Ради України. 2003. № 51. Ст. 378.
9. Зелений тариф по обі сторони Чорного моря: Україна і Туреччина. URL: <https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2021/07/5/675613/>
10. Інноваційні технології відновлюваної енергетики: навчальний посібник. за заг. ред. проф. Іванова В.І. Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2018. 235 с.
11. Коваленко, О. О. Вітрова енергетика: наука, технологія, практика. Київ: Видавництво НАУ, 2016. 270 с.
12. Курган Б.І., Калиниченко В.П. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва: Навчальний посібник. К.: Видавництво «Українські технології», 2010. 320 с.

13.Лагунова І.А., Кузьмін О.В., Цибульський Р.Б. Теорія автоматичного регулювання: підручник. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2013. 478 с.

14.Лемішка, О. М. Організація охорони праці в умовах автоматизації виробничих процесів : навчальний посібник. Київ : Видавничий дім «Слово», 2018. 256 с.

15.Мазур В. П., Губінський С. В., Стадник В. А. Електроніка та мікропроцесорна техніка: Навчальний посібник. К.: Видавництво КНУТД, 2019. 288 с.

16. Мартич В. І. Вітроенергетика: організаційно-правові аспекти. Київ: Видавничий центр КНЕУ, 2014. 176 с.

17. Методичні вказівки щодо проектування вітроелектростанцій: НДУ В.2.6-134:2018 / Мінрегіон України. Київ: НДІАЄ, 2018. 49 с.

18. Методичні вказівки щодо розробки проектів відновлюваної енергетики на селі. Український енергетичний клуб. Київ : Логос, 2016. 86 с.

19.Нормативно-правові акти з охорони праці при автоматизації та впровадження інформаційних технологій [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0266-10>

20.Сарага М.М., Душка Р.В., Васьків А.Б. Автоматизовані системи управління технологічними процесами в АПК: Підручник. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2014. 542 с.

21. Синюк Г.М. Основи автоматизації технологічних процесів: Підручник. К.: Видавничий центр «Академія», 2008. 354 с.

22. Сліпченко, М. В. Охорона праці та безпека життєдіяльності при автоматизації виробничих процесів : навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2017. 336 с.

23. Сонячна домашня електростанція для приватного будинку. URL: <https://sunsayenergy.com/technology/sonyachna-domashnya-elektrostanciya-dlya-privatnogo-budinku>

24. Сонячні батареї в Україні. URL: <http://ukrenerho.com/sonyachni-batareyi-kupiti-v-ukrayini/>
25. Трофимов В. Є., Підлісний О. М. Охорона праці при автоматизації технологічних процесів : навчальний посібник. Житомир : ЖДТУ, 2014. 312 с.
26. Цикл статей "Сонячні панелі та АКБ для інверторів". Частина 1. URL: <https://www.bezpeka-shop.com/ua/blog/obzor/solnechn-e-panely-y-akb-dlya-ynvertorov/>
27. Як вибрати акумулятор для сонячної електростанції. URL: <https://www.solargarden.com.ua/yak-vybraty-akumulyator-dlya-sonyachnoi-elektrostantsii/>
28. Charles W. Donovan. Financing renewable energy: energy of the future. World Scientific Publishing Company, 2015. 269p.
29. Crop-monitoring. URL: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-forecast/field/6934499>
30. D'Ambrosio M., Medaglia M., Vertical Axis Wind Turbines: History, Technology and Applications, Master Thesis in Energy Engineering, Halmstad University, Sweden. 2010, 365p.
31. Integrating Renewable Energy: Practical Management of Variability, Uncertainty, and Flexibility in Power Grids by Lawrence E. Jones. Academic Press, 2014. 256p.
32. Net billing замість зеленого тарифу. Які зміни очікують на сонячну енергетику у 2023 році? URL: <https://inteleng.com.ua/blog-uk/net-billing-zamist-zelenogo-tarifu-yaki-zmini-o/>
33. Renewable Energy Systems: An Intelligent Energy Systems Approach to Selecting and Modeling 100% Renewable Solutions by Henrik Lund. Academic Press, 2014. 354p.
34. Renewable Energy: Energy for a Sustainable Future by Godfrey Boyle. Oxford University Press, 2019. 412p.

35. Sustainable Energy: Choosing Among the Options Jefferson W. Tester, Elizabeth M. Drake, Michael J. Driscoll, Michael W. Golay, William A. Peters. MIT Press, 2005. 366 p.

36. Zohuri B., Hybrid Renewable Energy Systems, Springer International Publishing AG 2018, URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70721-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70721-1_1), University of New Mexico, USA