

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Рівень вищої освіти – другий "магістерський" рівень

на тему: **„ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО
ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЛАДНАННЯ
ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ”**

Виконав: студент 2 курсу групи Ен-2(Маг)
Спеціальності 141 „Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва)

Андрушко Юліана Олегівна
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Сиротюк С. В.
(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: к.т.н., доцент Левонюк В.Р.
(Прізвище та ініціали)

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Сиротюк С. В.
" ____ " _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Андрушко Юліані Олегівні

1. Тема роботи: "Обґрунтування структури гібридної системи електропостачання сільськогосподарського підприємства з використанням обладнання відновлюваної енергетики"

Керівник роботи: Сиротюк Сергій Валерійович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від 17.02.2023 року № 33/К-С

2. Строк задачі студентом закінченої роботи 12.01.2024 року.

3. Вихідні дані: Навчальна, наукова, методична та довідкова література. Матеріали мережі "Internet".

4. Перелік питань, які необхідно розробити

4.1. Актуальність теми, мета і завдання дослідження.

4.2. Аналіз споживання енергії та оцінка потенціалу відновлюваних джерел енергії.

4.3. Інженерно-технічна реалізація гібридної системи енергозабезпечення об'єкта.

4.4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

4.5. Обґрунтування прийнятих рішень.

Висновки і пропозиції.

Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Ілюстрації до доповіді виконані у формі презентації.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	Городецький І. М. к.т.н., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 17.02.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Актуальність теми, мета і завдання дослідження	17.02.2023-25.03.2023	
2	Аналіз споживання енергії та оцінка потенціалу відновлюваних джерел енергії	26.03.2023-31.05.2023	
3	Інженерно-технічна реалізація гібридної системи енергозабезпечення об'єкта	1.06.2023-30.09.2023	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	1.10.2023-31.10.2023	
5	Обґрунтування прийнятих рішень	1.11.2023-9.12.2023	
6	Завершення оформлення ілюстративної частини роботи	10.12.2023-31.12.2023	
7	Завершення роботи в цілому	1.01.2024-8.01.2024	

Студент _____ Андрушко Ю. О.
(підпис)

Керівник роботи _____ Сиротюк С. В.
(підпис)

УДК 631.3

Обґрунтування структури гібридної системи електропостачання сільськогосподарського підприємства з використанням обладнання відновлюваної енергетики. Андрушко Ю. О. Кваліфікаційна робота. Кафедра енергетики. Дубляни. Львівський НУП, 2024.

70 с. текст. част., 15 рис., 12 табл., бібл. джерел 13 найм.

Здійснено аналіз регіону розташування досліджуваного об'єкта. Подано загальну характеристику об'єкта дослідження. Виконано обґрунтування теми кваліфікаційної роботи, виходячи із потреб досліджуваного об'єкта. Сформульовано мету і завдання роботи.

Виконано аналіз рівня споживання теплової та електричної енергії об'єктом дослідження. Досліджено ресурсний потенціал вітрового потоку та сонячної радіації в регіоні розташування досліджуваного об'єкта, з використанням інтернет-ресурсу.

Обґрунтовано схему системи комплексного енергозабезпечення досліджуваного об'єкта з використанням сонячної фотоелектричної та вітроелектричної установок. Визначено параметри структурних елементів гібридної системи електрозабезпечення об'єкта, а також обґрунтовано параметри гібридної системи загалом, з врахуванням рівня заміщення генерування енергії структурними компонентами.

Обґрунтовано заходи безпечної експлуатації електроенергетичних установок на базі обладнання відновлюваної енергетики.

Здійснено оцінку економічної ефективності застосування гібридної системи енергозабезпечення досліджуваного об'єкта, на основі чого завершено обґрунтування раціональної структури системи. Здійснено розрахунок екологічної ефективності застосування засобів відновлюваної енергетики.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	7
1.1 Характеристика предмету і об'єктів дослідження	7
1.2 Обґрунтування актуальності теми роботи	17
1.3 Мета і завдання роботи	19
2 АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ТА ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	21
2.1 Аналіз рівня споживання теплової та електричної енергії досліджуваним об'єктом	21
2.2 Оцінка енергетичного потенціалу відновлюваних джерел	29
3 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТА	37
3.1 Обґрунтування схеми системи комплексного енергозабезпечення досліджуваного об'єкта	37
3.2 Розрахунок параметрів електромережі об'єкта	41
3.3 Обґрунтування параметрів основних компонентів гібридної системи енергозабезпечення досліджуваного об'єкта	43
3.4 Обґрунтування параметрів гібридної системи електрозабезпечення об'єкта	48
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	53
4.1. Аналіз виробничих небезпек під час експлуатації електроенергетичного обладнання	53

4.2	Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм під час електрозабезпечення об'єктів	54
4.3	Моделювання процесів формування і виникнення виробничих небезпек під час експлуатації електроенергетичних установок	56
4.4	Безпека в надзвичайних ситуаціях	59
5	ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	61
5.1	Розрахунок економічної ефективності засобів відновлюваної енергетики	61
5.2	Розрахунок екологічної ефективності застосування засобів відновлюваної енергетики	64
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	66
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	69

ВСТУП

Сільське господарство є однією із визначальних галузей народного господарства. Однак, ця галузь забезпечена енергетичними ресурсами чи не найгірше. Тому питання якісного постачання теплової та електричної енергії до об'єктів сільськогосподарського виробництва є пріоритетною задачею енергетичної служби не тільки центральних енергетичних компаній, а й енергетичної служби підприємства, яке цю енергію потребує.

Зважаючи на особливості ведення сільськогосподарського виробництва є певні технічні, організаційні та економічні обмеження в рівні енергозабезпечення. Це зумовлює шукати шляхи диверсифікації систем енергопостачання таких об'єктів. Це можливо, в першу чергу за рахунок дублювання та підвищення рівня надійної централізованого енергопостачання, що може бути утрудненим через низку об'єктивних причин. З іншого боку, можливим є перехід на децентралізовану систему енергопостачання, яка передбачає використання альтернативних енергетичних ресурсів, які можуть працювати сумісно із існуючими енергетичними системами.

Серед децентралізованих систем енергопостачання об'єктів можна виділити можливість використання відновлюваних джерел енергії. Зокрема, такі системи є цікавими тим, що вони можуть генерувати енергію безпосередньо на місці її використання, і тм самими знижують навантаження на традиційні енергомережі. Це може позитивно вплинути на надійність та якість енергопостачання.

Зокрема в кваліфікаційній роботі розглядається питання дослідження можливості реалізації гібридної енергетичної системи на базі вітроелектричної та сонячної фотоелектричної установок з обґрунтуванням раціональної структури рівня їх заміщення.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Характеристика предмету і об'єктів дослідження

1.1.1 Аналіз регіону розташування об'єкта

Досліджуване підприємство – приватна агрофірма "Білий Стік" знаходиться в с. Волиця Сокальської міської територіальної громади Червоноградського району, Львівській області.

Село Волиця розміщене в широкій болотистій долині річки Білий Стік, притоки Західного Бугу, за 12 кілометрів на південний схід від Сокаля. До районного центру м. Червоноград від с. Волиця всього 16 км. Відносно обласного центру село розміщене на півночі на відстані 82 км (рис. 1.1).

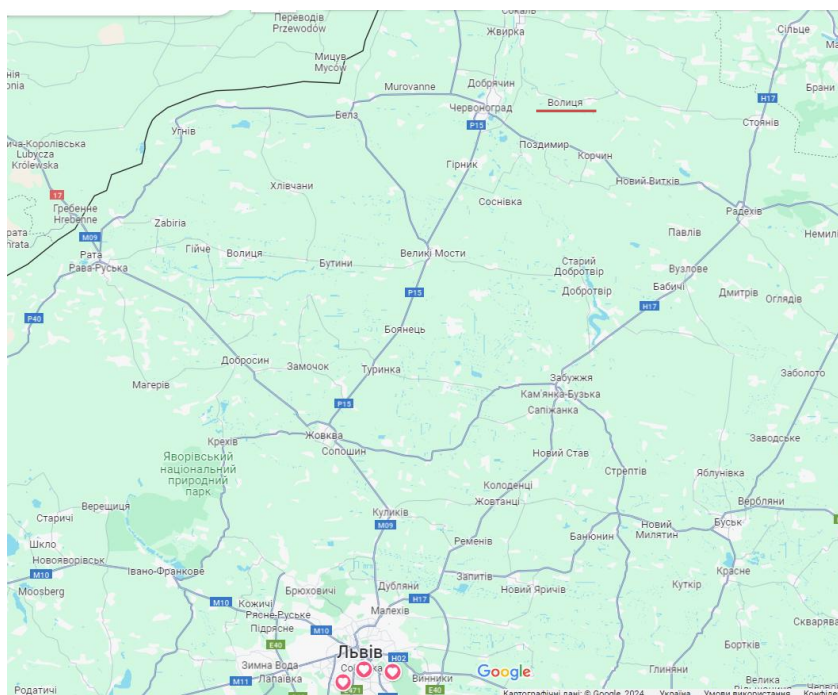


Рисунок 1.1 – Розташування с. Волиця на території Львівської області

Підприємство розташоване у вологій, помірно-теплій агрокліматичній зоні з достатнім зволоженням ґрунту. Клімат помірно континентальний з

рисами атлантико-континентального типу, характеризується м'якістю та високою вологістю.

Середньорічна температура повітря становить $+6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Середня температура в січні становить $-4,2 - 4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, у липні $+18,0 - +18,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тривалість періоду із температурою вище $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить середньому 155-160 днів у році. Середньорічна норма опадів становить 560-640 мм на рік. У середньому протягом року в регіоні спостерігається 170 днів із опадами. Більшість опадів (65 %) випадає влітку. Переважають снігове та дощове живлення, частка підземних вод незначна (до 10%). Серед несприятливих кліматичних явищ – тумани, ожеледиця, зливи з градом, сильні вітри, весняні заморозки.

В регіоні панують переважно південно-західні вітри. Найбільша швидкість вітру – у листопаді-березні, найменша – у серпні.

Як видно з рис. 1.2, розташування тваринницької ферми ПАФ "Білий Стік" відносно села Волиця є добрим, оскільки пануючі вітри дмуть від села до ферми.

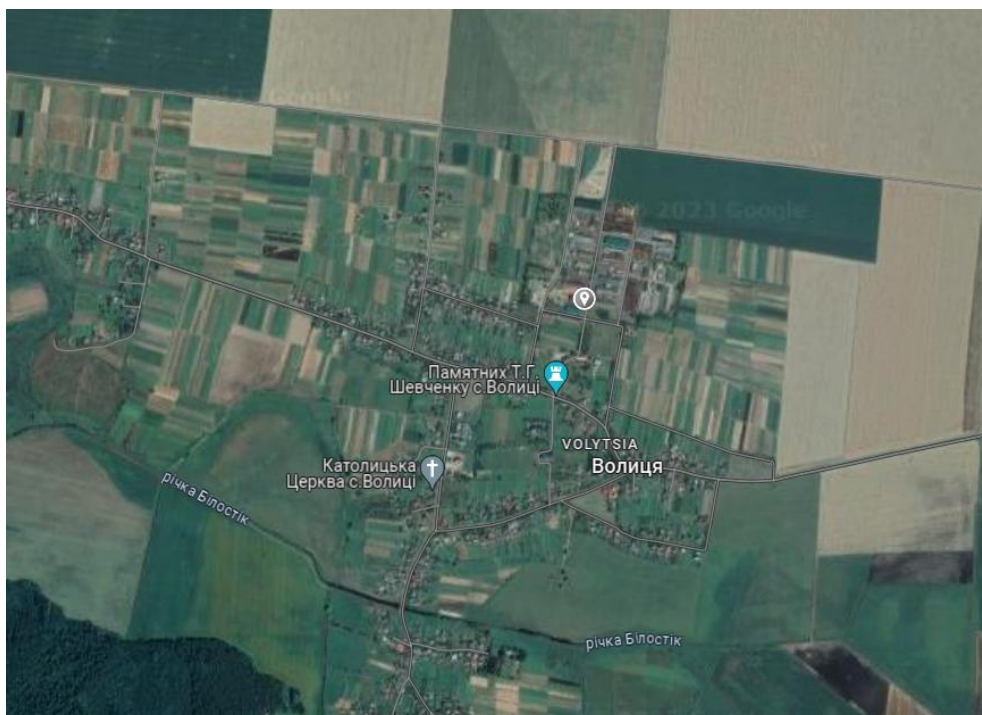


Рисунок 1.2 – Розміщення тваринницької ферми відносно населеного пункту

1.1.2 Загальна характеристика досліджуваного об'єкта

Приватна агрофірма «Білий Стік» розташована у Сокальському районі Львівської області. Вона створена на базі колективного сільськогосподарського підприємства «Білий Стік» у 1998 р. і діє на основі приватної власності учасників для здійснення підприємницької діяльності з метою одержання прибутку на основі самофінансування і самоокупності.

Основними напрямками діяльності досліджуваного підприємства є вирощування зернових культур, технічних культур, розведення ВРХ, в тому числі корів, свиней, бджіл, а також надання послуг.

Найважливішим ресурсом сільськогосподарського виробництва є земля, без її наявності неможливо здійснювати виробництво як продукції рослинництва, так і тваринництва. ПАФ «Білий Стік» має в наявності сільськогосподарські угіддя, станом на 01.01.2019 р., в розмірі 2419 га, які повністю взято в оренду (рис. 1.3).

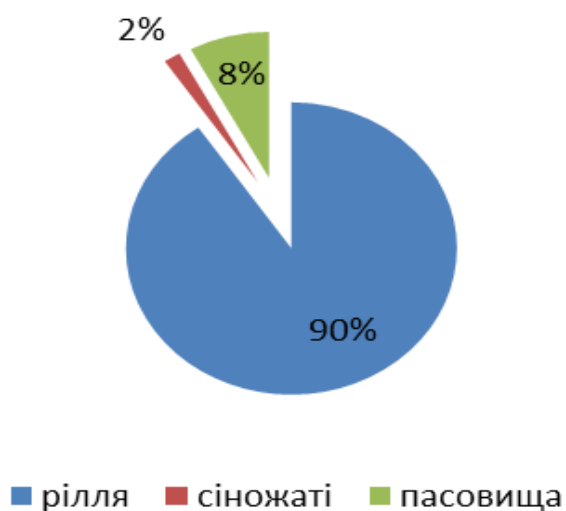


Рисунок 1.3 – Структура сільськогосподарських угідь ПАФ «Білий Стік»

Звідси, рівень розораності сільськогосподарських угідь у агрофірмі становить 90 %, решта припадає на сіножатті (2 %) і пасовища (8 %).

Проаналізувавши вартість товарної продукції досліджуваного підприємства за останні роки виявили, що найбільшу питому вагу займає молоко, на другому місці зернові і зернобобові культури. Звідси, домінуючу

роль у структурі товарної продукції належить тваринництву, а саме молочному і м'ясному скотарству, свинарству, а в рослинництві підприємство спеціалізується на виробництві зернових культур, ріпаку, цукрових буряків, а в останні роки – сої та соняшнику.

Тваринництво демонструє тенденцію до зростання молочного поголів'я, що також позитивно впливає на валове виробництво молока в досліджуваному господарстві (рис. 1.4).

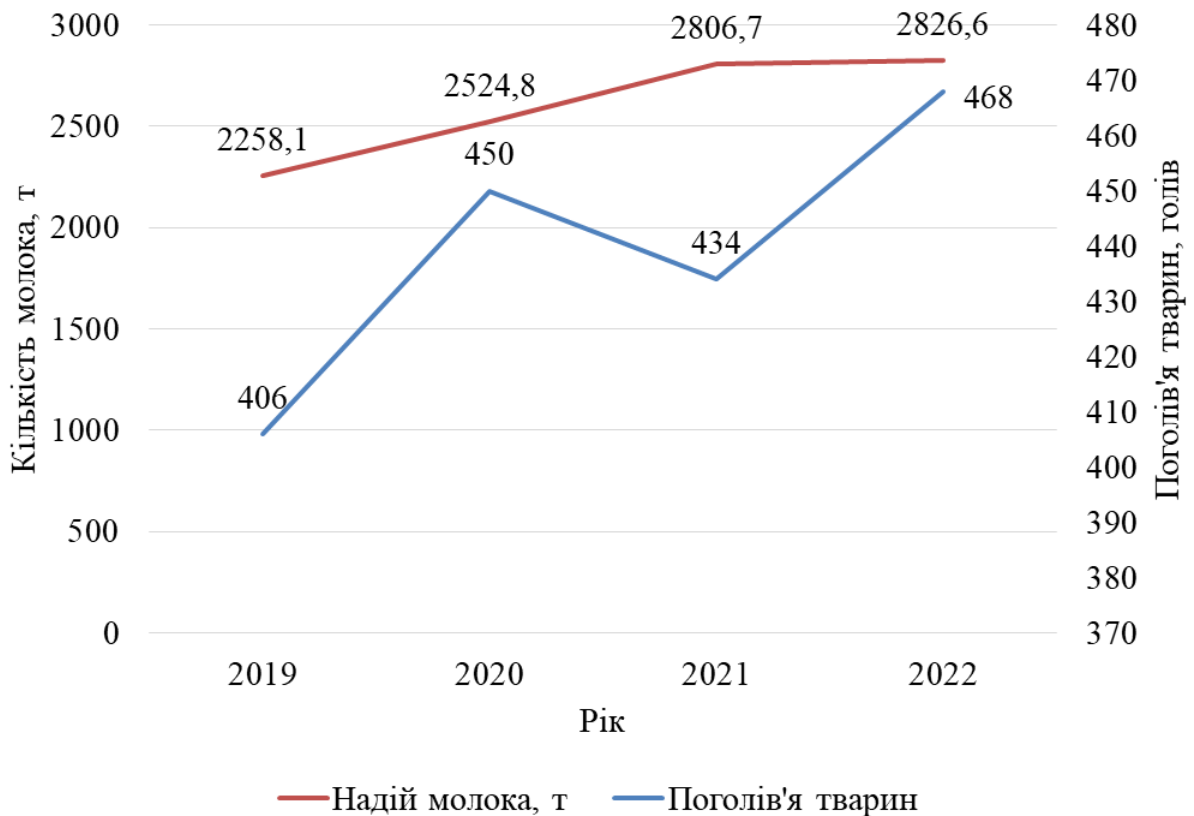


Рисунок 1.4 – Динаміка зміни молочного поголів'я та валового виробництва молока на досліджуваній фермі

Для утримання великої рогатої худоби, організації кормоприготування, обробки молока та інших технологічних операцій при вирощуванні продукції тваринництва приватна агрофірма має організовано тваринницьку ферму, де розміщено всі необхідні будівлі та споруди (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Мапа території тваринницької ферми ПАФ "Білий Стік"

Виробничі процеси у тваринництві можуть бути значно полегшені та покращені завдяки механізації. Впровадження машин і обладнання у тваринництво допомагає досягти декілька ключових цілей: підвищення продуктивності: годівля та обробка кормів: механізовані системи дозволяють автоматизувати процеси годівлі та обробки кормів, забезпечуючи оптимальне харчування тварин; доїння: автоматизовані доїльні апарати дозволяють швидше та ефективніше доїти молоко від тварин, підвищуючи продуктивність; покращення якості праці: медичний догляд: використання механізованих систем допомагає в забезпеченні якісного медичного обслуговування тварин, виявленні захворювань та управлінні їхнім здоров'ям; інтенсифікація галузі: штучне осіменіння: механізовані системи для штучного осіменіння дозволяють поліпшити генетичні характеристики тварин та контролювати розведення; підвищення культури і привабливості праці: зменшення фізичного навантаження: автоматизовані системи

допомагають зменшити фізичне навантаження на працівників та зробити їхню роботу менш трудомісткою; навчання та контроль: механізовані системи можуть включати елементи контролю та навчання, що сприяє підвищенню кваліфікації працівників; ефективне використання ресурсів: енергозберігаючі технології: механізовані системи можуть бути розроблені з урахуванням принципів енергоефективності, що дозволяє зменшити споживання ресурсів.

Механізація в тваринництві сприяє розвитку галузі, забезпечуючи ефективніший та стабільний виробничий процес, а також поліпшення умов праці та якості життя працівників.

До складу системи машин у тваринництві входять технічні засоби, спрямовані на автоматизацію виробничих процесів, пов'язаних із такими аспектами, як збирання, обробка та розподіл кормів; доїння корів, а також первинна обробка молока; забезпечення ферм водою; вивід гною із приміщень та територій ферми; інші технологічні процеси.

Будівництво тваринницьких ферм і розробка машин та механізмів для тваринництва повинні ґрунтуватися на відповідних стандартах. Ці стандарти не лише враховують поточний рівень розвитку науки, практики і техніки, але також враховують перспективи їхнього майбутнього розвитку.

Приміром вдосконалення технології виробництва в тваринництві є впровадження електрифікації, яка є важливим заходом для підвищення продуктивності праці тваринників та перетворення їхнього трудового процесу у форму індустріальної діяльності. Електроенергію використовують для забезпечення оптимального освітлення і обігріву приміщень, для проведення опромінення та іонізації повітря, для приведення в рух двигунів та інших машин, а також для створення систем регульованого мікроклімату і багатьох інших цілей.

Для механізації технологічних процесів заготівлі та приготування кормів використовують комплекс машин, які забезпечують збирання трав та

силосних культур з одночасним подрібненням і завантаженням на транспортні засоби. Для приготування рослинної маси для силосу, сінажу, сіна, а також виробництва вітамінізованих кормів у вигляді гранул і брикетів застосовуються наступні машини: косарки КПС-5Г: використовуються для ефективного вирізування трави та силосних культур; граблі ГВР-6: використовуються для рівномірного розподілу скошеної маси та її формування в рядки для подальшого сушіння чи збору; автомобілі-самоскиди: служать для транспортування скошеної маси до місця подальшої обробки; причіпи ПСЕ-12,5 та інші: використовуються для завантаження та транспортування обробленої рослинної маси. Цей комплекс машин дозволяє оптимізувати та автоматизувати процеси заготівлі та обробки кормів у тваринництві.

Для закладки сінажу в траншеї використовують різноманітні машини та обладнання, включаючи причіп ПСЕ-12,5, трактор К-701 з бульдозером Д-606 та завантажувачем кормів ПСК-5 та інші.

У процесі подрібнення кормів безпосередньо на фермах застосовують різноманітне обладнання, таке як подрібнювач сухих грубих кормів ИРТ-165, подрібнювач соломи підвищеної вологості ИГК-30Б, а також лінію ЛИС-3. Ця лінія включає в себе завантажувач грубих кормів, подрібнювач-змішувач ИСК-3 та транспортери. Подрібнювач сухих грубих кормів ИРТ-165: використовується для подрібнення сухих грубих кормів, забезпечуючи їх оптимальну консистенцію для подальшого використання. Подрібнювач соломи підвищеної вологості ИГК-30Б: призначений для подрібнення соломи з високим вмістом вологи, оптимізуючи її використання в кормовій суміші.

Лінія ЛИС-3: включає завантажувач грубих кормів для початкового завантаження матеріалу, подрібнювач-змішувач ИСК-3 для оптимального подрібнення та змішування кормів, а також транспортери для перевезення обробленого матеріалу на потрібні ділянки ферми. Це обладнання допомагає

фермерам ефективно обробляти та готувати корми безпосередньо на місці, забезпечуючи необхідні харчові компоненти для тварин.

Подрібнення зернофуражу виконують за допомогою спеціальних дробарок, таких як дробарка КДУ-2 "Україна", ДКИ-5 та інші. Ці машини призначені для ефективного подрібнення зернофуражу, забезпечуючи оптимальний розмір частинок для подальшого використання у кормовій суміші для тварин.

Приготування кормів для різних видів сільськогосподарських тварин зазвичай відбувається у спеціалізованих кормових цехах. Наприклад, для кормоцехів на фермі великої рогатої худоби може використовуватися комплектне обладнання КОРК-15, або їх модифікації. Це обладнання призначене для приготування вологих розсипних кормосумішей, які включають в себе сінаж, силос, сіно, солому, коренебульбоплодів, концентрати та різні добавки, такі як меляса, карбамід і інші компоненти. Такий підхід дозволяє забезпечити раціональне і збалансоване харчування тварин, забезпечуючи їм необхідні поживні речовини для здоров'я та продуктивності.

Для механізації ферм великої рогатої худоби, особливо при утриманні телят різного віку, використовують комплекс технологічного обладнання. Нижче перераховано деяке обладнання, яке застосовується для утримання й годівлі телят різного віку: ОСТ-50: використовується для утримання й годівлі телят віком до 20 днів; поїлки АП-1А: використовуються для напування тварин. Їх встановлюють одну на дві корови за умови прив'язного утримування та одну на клітку молодняку; автопоїлки групові з електропідігрівом води до 4-8 °С АГК-4А: використовуються для автоматичного постачання води групам телят, забезпечуючи теплу воду при необхідності. Цей комплекс технологічного обладнання допомагає оптимізувати утримання телят, забезпечуючи їм необхідні умови для здорового росту та розвитку.

Роздача різних видів кормів, включаючи грубі, соковиті та інші, а також повнорационних сумішей, зазвичай здійснюється за допомогою стаціонарних роздавачів, таких як ТВК-80А та ТВК-80Б, а також мобільних роздавачів, наприклад, ОСК-25А. Стаціонарні роздавачі: ТВК-80А і ТВК-80Б: використовуються для розподілу різних типів кормів, забезпечуючи точну і раціональну роздачу на фермі. Мобільні роздавачі: ОСК-25А: мобільний роздавач, який може ефективно роздавати корми на різних ділянках ферми. Його мобільність дозволяє забезпечувати кормлення тварин у різних зонах. Ці роздавачі грають важливу роль у забезпеченні тварин необхідними харчовими компонентами, а також у впорядкуванні процесу годівлі на сільськогосподарських фермах.

Для доїння корів у системі прив'язного утримання в стійлах використовують доїльні агрегати, які можуть збирати молоко або у переносні відра (наприклад, АД-100А, ДАС-2Б) або у молокопровід (АДМ-8А). Для прив'язного утримання в стійлах: АД-100А та ДАС-2Б: доїльні агрегати із збором молока у переносні відра. АДМ-8А: доїльний агрегат зі збором молока у молокопровід. Це обладнання забезпечує ефективне та зручне доїння корів у різних умовах утримання та дозволяє збирати молоко зручним та гігієнічним способом.

Для первинної обробки, переробки та зберігання молока застосовується різноманітне обладнання, що забезпечує високі стандарти якості та безпеки продукту. Декілька прикладів такого обладнання включають: охолоджувач молока АДМ-13.000 та очищувач-охолоджувач ОМ-1: АДМ-13.000: охолоджувач молока для швидкого зниження температури молока та його збереження при низьких температурах. ОМ-1: очищувач-охолоджувач, який використовується для забезпечення гігієнічної обробки та охолодження молока. Автоматизовані пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки ОПФ-1: Застосовуються для пастеризації та охолодження молока для збереження його якості та безпеки. Ванни тривалої пастеризації ВДП-

300: Використовуються для тривалої пастеризації молока з метою знищення шкідливих мікроорганізмів. Молочні сепаратори С0М-3-1000М: Сепаратори, які використовуються для розділення молока на його складові: жир, білок та сироватку. Резервуари-охолоджувачі молока РПО-2,5 та резервуари для збереження молока при температурі 4-6 °С В2-ОМГ-6,3: РПО-2,5: резервуар-охолоджувач для зберігання охолодженого молока.; В2-ОМГ-6,3: резервуар для збереження молока при низьких температурах для забезпечення його консервації. Це обладнання грає важливу роль у забезпеченні якості, безпеки та довготривалого зберігання молока на різних етапах виробництва та переробки.

Видалення гною з приміщень для утримання великої рогатої худоби вирішується за допомогою механічного транспортера ТСН-160. Завантаження гною з гнойосховища і збирачів виконується за допомогою спеціального обладнання, такого як УВН-800 та П0У-40. Механічний транспортер ТСН-160 використовується для механічного вивезення гною з приміщень. Обладнання для завантаження гною: УВН-800: використовується для завантаження гною з гнойосховища; П0У-40: спеціальний збирач для ефективного збирання гною з утримувальних приміщень. Це обладнання допомагає вирішити завдання видалення та обробки гною в ефективний та гігієнічний спосіб, сприяючи збереженню чистоти та комфорту в утриманні великої рогатої худоби.

Система електропостачання досліджуваного господарства реалізована на базі трансформаторної підстанції потужністю 500 кВА, яка приєднана до електромережі 10 кВ. Розподіл електроенергії в господарстві здійснюється трифазними кабельними мережами з напругою 380 В.

Виробничі підрозділи отримують електроенергію з внутрішньої електромережі 380 В, а далі за виробничою необхідністю, або використовують внутрішню трифазну електромережу, або ж переходять на однофазне живлення споживачів з напругою 220 В. Для оперативного

контролю за використання електроенергії всі виробничі підрозділи обладнані ввідними вузлами комутації та обліку електроенергії.

Враховуючи особливість розташування досліджуваного господарства нагрів води здійснюється з використанням електронагріву, а опалення – з використанням центральної котельні, з подальшим розподілом тепловими мережами.

Система водопостачання реалізована на базі власної свердловини з накопиченням запасу води у водонапірній башті. В господарстві відсутня система каналізування, тому очищення стоків відбувається із застосуванням локальних септиків з використанням органічних прискорювачів процесу.

1.2 Обґрунтування актуальності теми роботи

Функціонування сільськогосподарських підприємств безпосередньо залежать від наявності та регулярності постачання енергетичних носіїв. Це стосується не тільки мобільних процесів, які пов'язані з вирощуванням продукції рослинництва, а й стаціонарних процесів, при вирощуванні продукції тваринництва, які відбуваються як в стаціонарних будівлях і спорудах, так і в тимчасових спорудах, літніх таборах тощо. Причому використовуються різні види енергоносіїв, від рідкого та газоподібного палива і до електричної енергії, або іншого виду енергії, які мають походження з традиційних первинних енергоносіїв.

На фермі з вирощування молочної продукції можна розподілити стаціонарні технологічні процеси на дві основні категорії. Перша група включає ті, які безпосередньо пов'язані із виробництвом тваринницької продукції, такі як приготування кормів у кормоцеху, їх роздача за допомогою транспортерів, доїння корів, а також первинну обробку і зберігання молока і видалення гною. Друга група технологічних процесів призначена для

задоволення загальновиробничих потреб, включаючи підтримання мікроклімату. До цієї категорії належать такі процеси, як підігрів води для технологічних і побутових потреб, електроосвітлення, вентиляція приміщень, опалення та інші.

На досліджуваній тваринницькій фермі основним джерелом енергії для забезпечення стаціонарних технологічних процесів є електрична енергія. Ця електрична енергія використовується не лише для основного електроприводу, але й для задоволення теплових потреб. Внаслідок цього відзначається значна витрата коштів на її придбання.

Вирішення питань якісного енергопостачання об'єктів може бути досягнуте різними методами. Це включає підвищення рівня надійності та якості традиційного енергопостачання через використання електроенергії, рідкого та газоподібного палива та інших ресурсів. Також можливе оптимізування використання енергії для потреб технологічних процесів шляхом реструктуризації технологічного процесу, використання автоматизації, раціоналізації технічних засобів та інших заходів. Диверсифікація енергопостачання об'єктів з використанням відновлюваних джерел енергії є ще одним ефективним підходом. Це дозволяє знизити навантаження на традиційні енергомережі, підвищити надійність енергопостачання, покращити режим роботи традиційних енергомереж, а також поліпшити екологічну ситуацію в регіоні застосування обладнання відновлюваної енергетики та інше.

Об'єктом нашого дослідження є фокус на процесі електрозабезпечення технологічного процесу виробництва тваринницької продукції, організованому з метою підвищення економічної ефективності сільськогосподарського підприємства.

Предметом нашого дослідження є структура гібридної системи енергозабезпечення тваринницької ферми ВРХ. Ця система реалізована на основі обладнання для перетворення енергії вітру та сонячної енергії в

електричну. Головна мета цієї енергетичної системи - підвищення прибутковості виробництва, зменшення навантаження на зовнішню електричну мережу та покращення екологічної ситуації в регіоні і т.д.

1.3 Мета і завдання роботи

Метою даної роботи є обґрунтування раціональної структури та визначення основних параметрів гібридної системи електропостачання тваринницької ферми ВРХ сільськогосподарського підприємства. Ця система буде базуватися на обладнанні для перетворення енергії вітру та сонця в електричну. Реалізація такої системи має на меті значне зниження споживання електроенергії для виробничих потреб підприємства, що призведе до підвищення економічних показників господарської діяльності.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

Аналіз динаміки споживання електроенергії:

- ретельно проаналізувати споживання електроенергії на виробничі потреби ферми, розглядаючи окремі технологічні процеси;
- виявити, які виробничі процеси можуть бути забезпечені за рахунок використання відновлюваних джерел енергії.

Оцінка природного потенціалу енергії для визначення можливості електрозабезпечення об'єкта:

- виконати оцінку природного потенціалу енергії сонячного випромінювання;
- виконати оцінку природного потенціалу енергії вітру.

Розробка структури гібридної системи:

- розробити структуру гібридної системи електропостачання, включаючи вітрові та сонячні електроустановки, враховуючи вимоги ферми;

- визначити конструктивні розміри енергетичних установок гібридної системи електропостачання.

Оцінка раціональної структури:

- виконати оцінку запропонованої структури гібридної системи для обґрунтування її раціональної ефективності;
- побудувати енергетичні баланси варіантів структури гібридної системи електропостачання об'єкта.

Аналіз стану охорони праці:

- проаналізувати стан охорони праці під час експлуатації електрогенерувальних установок;
- розробити заходи для її покращення.

Економічна та екологічна оцінка:

- виконати економічну оцінку запропонованих рішень;
- виконати екологічну оцінку запропонованих рішень для визначення їхньої вартості та впливу на навколишнє середовище.

Ці етапи дозволять систематично підходити до розробки гібридної системи електропостачання та забезпечать обґрунтування ефективності та практичності запропонованих рішень.

2 АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ТА ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

2.1 Аналіз рівня споживання теплової та електричної енергії досліджуваним об'єктом

2.1.1 Розрахунок витрати електроенергії на потреби електрообладнання основного технологічного процесу

З врахуванням усталеності, потоковості та ритмічності технологічного процесу виробництва продукції тваринництва визначення витрати електроенергії здійснено за фактичними даними, отриманими з підприємства. Крім того, потоковість річного циклу виробництва продукції тваринництва зумовлює практично постійну витрату електричної енергії. Відмінність помісячному споживанні електроенергії в першу чергу пов'язана у різниці кількості днів у поточному місяці, а також у незначному сезонному відхиленні тривалості виконуваних операцій, зокрема, в літній період практично відсутні операції видалення гною, оскільки практично все поголів'я знаходиться на пасовищах та кормо вигульних майданчиках.

Річні витрати електроенергії у тваринницьких приміщеннях складаються з наступних складових: технологічне освітлення, яке буде враховано у відповідному пункті розрахунків; доїння корів; нагрів води; видалення гною; вентилявання приміщень.

Щодо витрат електроенергії на потреби доїльних установок, то застосовується два варіанти даного технологічного процесу: доїння у молокопровід та у доїльних залах. В нашому випадку маємо доїння у молокопровід. Добова витрата електроенергії на потреби доїльної установки для доїння у молокопровід з середньою потужністю 6 кВт при періоді використання 6 годин на добу становитиме

$$E_{\text{дмн}} = N_{\text{дв}} \cdot t_{\text{д}} \cdot n_{\text{д}} \cdot k_{\text{сз}} \cdot n_{\text{м}}, \quad (2.1)$$

де $N_{\text{дв}}$ – електрична потужність доїльної установки, кВт;
 $t_{\text{д}}$ – тривалість циклу включення доїльної установки, год.;
 $n_{\text{д}}$ – кількість циклів використання доїльної установки, одиниць;
 $k_{\text{сз}}$ – коефіцієнт сезонності;
 $n_{\text{м}}$ – кількість днів у поточному місяці, днів.

Отже, для січня місяця витрата електроенергії для потреб доїння у молокопровід буде становити

$$E_{\text{дмн}} = 6 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 31 = 1116 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Для інших місяців розрахунок буде подано у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Помісячні витрати електричної енергії на потреби технологічного процесу

Місяць року	Технологічна потреба в електроенергії, кВт·год.			
	доїння у молокопровід	гаряче водопостачання	видалення гною	вентилювання приміщень
1	1116	1823	2651	1085
2	1044	1705	2480	1015
3	1116	1823	2651	1085
4	972	1588	2309	945
5	558	911	1325	543
6	540	882	1283	525
7	558	911	1325	543
8	558	911	1325	543
9	540	882	1283	525
10	1004	1641	2385	977
11	1080	1764	2565	1050
12	1080	1764	2565	1050
Сума	10166	16605	24147	9886

Добова витрата електроенергії для потреб системи видалення гною та вентилявання приміщення мають аналогічні емпіричні залежності, тому ці розрахунки будуть одразу подані в табл. 2.1.

На основі добових значень витрати електроенергії будуть розраховані помісячні, сума яких буде відображати річну витрату електричної енергії на технологічне обладнання.

2.1.2 Розрахунок витрати електроенергії для потреб системи гарячого водопостачання

Розрахунок витрати тепла для забезпечення системи гарячого водопостачання проводиться відповідно до технологічних потреб, відображених у технологічній карті. Ця карта враховує потреби у воді для напоювання худоби, миття підлоги, миття технологічного обладнання, а також для санітарно-побутових потреб. Згідно з технологічною картою, системі гарячого водопостачання потрібно підготувати 900 літрів гарячої води з температурою 50 °С. Таким чином, споживання електроенергії для нагріву води визначатиметься обсягом води, початковою та кінцевою температурою.

З урахуванням відомих значень впливових факторів можна провести розрахунок середньодобового споживання електроенергії для обігріву води, використовуючи відповідну формулу:

$$E_{zg} = 1,2 a c_p \rho (t_{zg} - t_{xe}) \cdot 0,2778 \cdot 10^{-3} \cdot n, \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (2.2)$$

де a – кількість гарячої води, л/добу;

c_p – 4,19 кДж/кг·град. – питома теплоємність води;

ρ = 1,0 кг/л – густина води;

t_{zg} = 50°С – температура гарячої води;

t_{xe} – температура холодної води;

$0,2778 \cdot 10^{-3}$ – коефіцієнт перерахунку теплового еквіваленту енергії у електричний, кДж/кВт·год.

Отже, отримаємо для січня місяця

$$E_{zg} = 1,2 \cdot 950 \cdot 4,19 \cdot 1(50 - 5,69) \cdot 0,2778 \cdot 10^{-3} \cdot 31 = 1823 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таким самим способом проводимо розрахунки для кожного з місяців відповідно до змін температури холодної води. Загальна щорічна потреба в електроенергії для системи гарячого водопостачання визначатиметься як сума місячних значень. Отримані результати розрахунків потреби в електроенергії для системи гарячого водопостачання вносимо до таблиці 2.1.

Відповідно до розрахунків, поданих у табл. 2.1, загальна річна витрата електричної енергії на молочній фермі для потреб технологічного процесу становить 60804 кВт·год.

2.1.3 Розрахунок витрати електроенергії для потреб освітлення

Розрахунок витрати електроенергії для потреб основного технологічного освітлення

Враховуючи використання світлодіодних ламп із заданим світловим потоком, ми визначимо необхідну кількість ламп для установки в кожному окремому приміщенні. Для більшої зручності у поданні матеріалу проведемо групування приміщень за рівнем необхідної освітленості і виконаємо розрахунки для кожної групи окремо.

Кількість ламп може бути визначена за допомогою формули

$$n_{л} = \frac{k' \cdot S_n \cdot E \cdot z}{F_{л} \cdot \eta_c} \quad (2.3)$$

де k' – коефіцієнт запасу;

S_n – площа підлоги освітлюваного приміщення, м²;

E – загальна освітленість згідно нормативів ДБН, лк;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення підлоги;

$F_{л}$ – світловий потік застосовуваних ламп, лм;

η_c – коефіцієнт використання світлового потоку джерел світла.

Отже, в приміщеннях першої групи необхідно встановити

$$n_{л} = \frac{1,3 \cdot 1890 \cdot 75 \cdot 1,15}{3000 \cdot 0,7} = 101 \text{ шт.}$$

Тобто, для першої групи приміщень необхідним буде встановлення 101 світлодіодних ламп з світловим потоком 3000 лм і потужністю 40 Вт.

Аналогічним чином визначаємо кількість ламп відповідного типу для інших груп приміщень тваринницької ферми. Результати розрахунку кількості ламп подано в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок кількості ламп для освітлення приміщень за групами приміщень

Група приміщень	Площа кімнати, м ²	Прийнята к-сть ламп, шт.	Потужність лампи, Вт	Сумарна потужність, Вт
1 група	1890	101	40	4040
2 група	410	44	30	1320
3 група	50	6	20	120
ВСЬОГО	2150	-	-	5480

Визначимо потужність системи освітлення за формулою

$$N = \sum K_l \cdot P_l, \quad (2.4)$$

де K_l – кількість ламп одного виду, шт.;

P_l – потужність лампи одного виду, Вт.

Отже,

$$N_{on} = 101 \cdot 40 + 44 \cdot 30 + 6 \cdot 20 = 5480 \text{ Вт.}$$

Якщо система освітлення впродовж доби працює протягом 8 годин, то знаючи це, можна визначити добову і місячну потребу в електроенергії за формулою

$$E_{ocd} = N_{oc} \cdot T_{oc} \cdot k_{od}, \quad (2.5)$$

де N_{oc} – потужність системи освітлення приміщення, кВт;

T_{oc} – тривалість роботи системи освітлення, год.;

k_{od} – коефіцієнт одночасності вмикання освітлювальних установок.

$$E_{ocm} = N_{oc} \cdot T_{oc} \cdot n_m \cdot k_c. \quad (2.6)$$

Отже, отримаємо

$$E_{осд} = 5,48 \cdot 8 \cdot 0,85 = 37,26 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

$$E_{осм} = 37,26 \cdot 31 \cdot 1 = 1155 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Результати розрахунку витрати електроенергії для основної системи освітлення у розрізі місяців року подано в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Помісячна витрата електроенергії для основної системи освітлення

Місяць року	Місячна витрата електроенергії, кВт·год.		Сумарна витрата електроенергії, кВт·год.
	основне технологічне освітлення	охоронне освітлення	
1	1155	566	1721
2	1081	478	1559
3	1097	446	1543
4	1006	361	1367
5	924	312	1236
6	838	268	1106
7	866	291	1157
8	924	346	1270
9	950	403	1353
10	1040	487	1527
11	1118	533	1651
12	1118	564	1682
Сума	12117	5055	17172

Річну витрату електроенергії визначимо як суму помісячних витрат

$$E_{оср} = \sum E_{осм}. \quad (2.7)$$

Отже, отримаємо

$$E_{оср} = 1155 + 1081 + 1097 + 1006 + 924 + 838 + 866 + \\ + 924 + 950 + 1040 + 1118 + 1118 = 12117 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Розрахунок витрати електроенергії на потреби охоронного освітлення

Розрахунок витрати електроенергії на потреби охоронного освітлення зводиться до наступного:

1) згідно ДБН залежно від призначення виробничого приміщення або території підприємства приймають питому потужність у Вт/м², а потім розраховують потужність освітлювальної системи

$$N_{oy} = N_{num} \cdot S_n, \quad (2.8)$$

де N_{num} – питома потужність електричної освітленості виробничого приміщення або території підприємства, Вт/м²;

S_n – площа освітлення приміщення або території, м².

Тобто

$$N_{oy} = 0,1 \cdot 12721 = 1272 \text{ Вт.}$$

2) розраховують кількість ламп за формулою:

$$n_l = \frac{N_{oy}}{P_l}, \quad (2.9)$$

де P_l – потужність вибраного джерела світла, Вт.

Отже кількість ламп, які слід застосувати для охоронного освітлення приміщень і території підприємства буде становити

$$n_l = \frac{1272}{60} = 21,2.$$

Приймаємо для освітлення приміщень і території підприємства 21 лампу потужністю 60 Вт з світловим потоком 3200 лм.

У зв'язку із дробовим значенням результату проводимо корекцію потужності цієї освітлювальної системи

$$N_{aoc} = 21 \cdot 60 = 1260 \text{ Вт.}$$

На основі потужності системи охоронної освітлювальної системи розраховують добову, місячну та річну потребу в електроенергії.

Отже, отримаємо

$$E_{aocd} = 1,26 \cdot 14,49 = 18,26 \text{ кВт}\cdot\text{год.},$$

$$E_{aocm} = 18,26 \cdot 31 = 566 \text{ кВт}\cdot\text{год.},$$

$$E_{aocr} = 566 + 478 + 446 + 361 + 312 + 268 + 291 +$$

$$+346 + 403 + 487 + 533 + 564 = 5055 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Результати розрахунку витрати електроенергії для охоронної освітлювальної системи в розрізі місяців року подано в табл. 2.3.

Розрахунок сумарної витрати електроенергії на потреби освітлення

Арифметичною сумою можна розрахувати добову, місячну та річну потребу в електроенергії для всіх систем освітлення досліджуваного підприємства

$$E_{om} = E_{осм} + E_{аосм}, \quad (2.10)$$

$$E_{op} = \sum E_{осм} + \sum E_{аосм}. \quad (2.11)$$

Отже, отримаємо наступні результати, які заносимо в табл. 2.3.

$$E_{om} = 1155 + 566 = 1721 \text{ кВт}\cdot\text{год.},$$

$$E_{вop} = 1721 + 1599 + 1543 + 1367 + 1236 + 1106 + 1157 + \\ + 1270 + 1353 + 1527 + 1651 + 1682 = 17172 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

2.1.3 Розрахунок сумарної кількості електроенергії для потреб об'єкта

Сумарну кількість електроенергії, яку необхідно постачати до досліджуваного об'єкта можна розрахувати яку арифметичну суму всіх потреб в електроенергії

$$\sum E_m = E_{тm} + E_{om}. \quad (2.12)$$

$$\sum E_p = E_{тp} + E_{op}. \quad (2.13)$$

Наприклад, для січневого місяця сумарна витрата електроенергії на всі потреби підприємства становитиме

$$\sum E_m = 6675 + 1721 = 8396 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Річна витрата електроенергії розрахується як сума річних витрат за кожною технологічною потребою

$$\sum E_p = 60804 + 17172 = 77976 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Результати розрахунку витрати електроенергії для всіх потреб на тваринницькій фермі в розрізі місяців подано в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Помісячна сумарна витрата електроенергії для тваринницької ферми

Місяць року	Основне технологічне обладнання, кВт·год.	Освітлення, кВт·год.	Сумарна потреба, кВт·год.
1	6675	1721	8396
2	6244	1559	7803
3	6675	1543	8218
4	5814	1367	7181
5	3337	1236	4573
6	3230	1106	4336
7	3337	1157	4494
8	3337	1270	4607
9	3230	1353	4583
10	6007	1527	7534
11	6459	1651	8110
12	6459	1682	8141
Сума	60804	17172	77976

2.2 Оцінка енергетичного потенціалу відновлюваних джерел

2.2.1 Визначення природного вітрового потенціалу в регіоні

Енергія вітрового потоку для заданого поперечного перетину сприймаючої поверхні визначається кубічною залежністю швидкості вітрового потоку

$$E = \frac{\rho_n \cdot S \cdot v^3}{2} \quad (2.14)$$

де ρ_n – густина повітря, яка рівна при нормальних умовах 1,29 кг/м³,

(при $t_n = 15$ °C і $p_a = 101,3$ кПа або 760 мм рт. ст.);

S – площа поперечного перерізу сприймаючої поверхні, м²;

v - швидкість переміщення повітряного потоку, м/с.

Для оцінки енергетичних потоків вітру можна проаналізувати дані метеорологічної станції регіону, зокрема середні швидкості вітру по місяцях календарного року [2], або ж скористатись даними отриманими з сайту Національного аерокосмічного агентства США (NASA) <https://power.larc.nasa.gov/> (рис. 2.1).

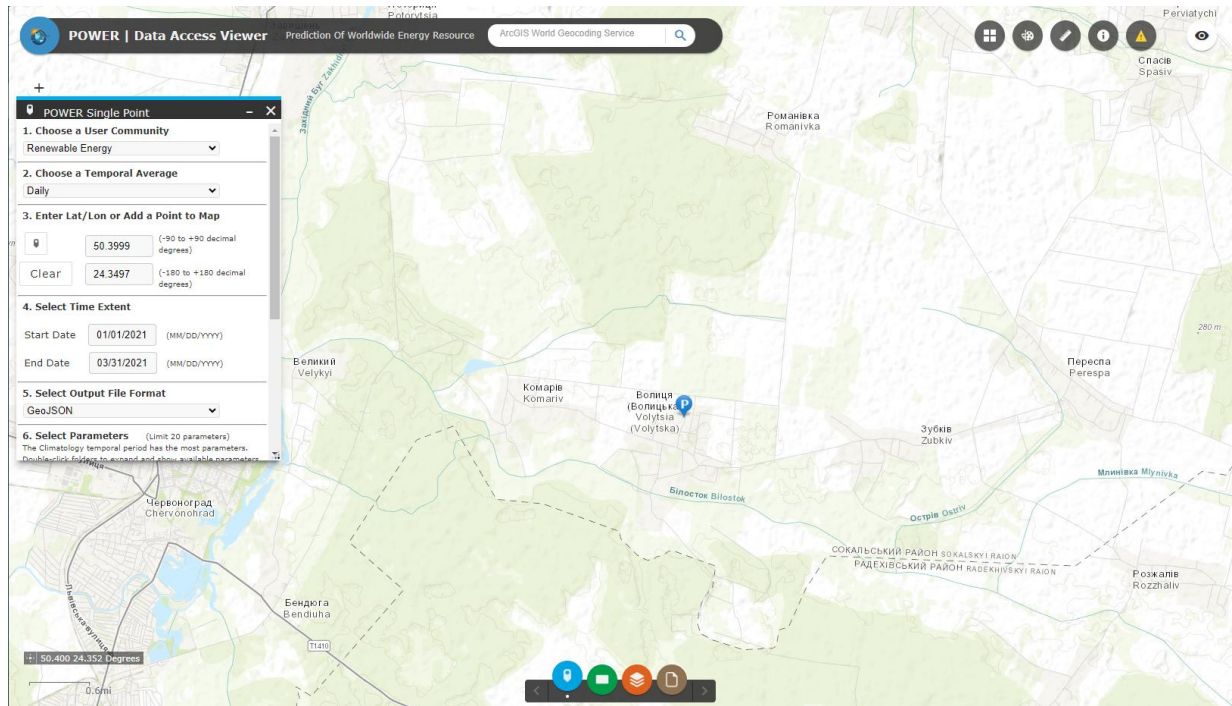


Рисунок 2.1 – Робоче вікно сервісу отримання метеорологічних даних на сайті Національного аерокосмічного агентства США

В табл. 2.5 подано середньомісячні значення швидкості вітрового потоку для с. Волиця, залежно від умов навколишнього середовища.

При використанні даних з табл. 2.5, слід враховувати реальну ситуацію місцевості (затіненість деревами різної висоти, тип ґрунтового покриття, наявність відкритої води тощо).

Місячний потенціал вітрової енергії розраховується за формулою

$$W_j = 0,645 \cdot F \cdot v_d^3 \cdot T_j, \quad (2.15)$$

де F – площа, перпендикулярна до напрямку вітру, м²;

v_d – ефективне діюче середньомісячне значення швидкості вітру, м/с;

T_j – період часу протягом j -го місяця, год.

Таблица 2.5 - Monthly Averaged Wind Speed For Several Vegetation And Surface Types (m/s)

Height 10 meters	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
35-m broadleaf-evergreen trees (70% coverage)	4,36	3,93	3,54	3,30	3,06	3,17	3,16	3,19	3,63	3,42	3,56	4,11	3,53
20-m broadleaf-deciduous trees (75% coverage)	3,88	3,62	3,37	3,21	3,06	3,26	3,30	3,21	3,53	3,21	3,28	3,70	3,38
20-m broadleaf and needleleaf trees (75% coverage)	4,10	3,83	3,54	3,37	3,15	3,31	3,32	3,30	3,68	3,39	3,49	3,94	3,53
17-m needleleaf-evergreen trees (75% coverage)	4,10	3,83	3,54	3,37	3,15	3,31	3,32	3,30	3,68	3,39	3,49	3,94	3,53
14-m needleleaf-deciduous trees (50% coverage)	4,16	3,83	3,52	3,35	3,15	3,35	3,39	3,28	3,55	3,25	3,37	3,88	3,50
Savanna: 18-m broadleaf trees (30%) & groundcover	4,16	3,77	3,42	3,21	3,02	3,19	3,23	3,21	3,58	3,32	3,44	3,94	3,46
0.6-m perennial groundcover (100%)	4,58	4,16	3,77	3,54	3,33	3,52	3,56	3,54	3,94	3,66	3,79	4,34	3,81
0.5-m broadleaf shrubs (variable %) & groundcover	4,58	4,16	3,77	3,54	3,33	3,52	3,56	3,54	3,94	3,66	3,79	4,34	3,81
0.5-m broadleaf shrubs (10%) with bare soil	4,58	4,16	3,77	3,54	3,33	3,52	3,56	3,54	3,94	3,66	3,79	4,34	3,81
Tundra: 0.6-m trees/shrubs (variable %) & groundcover	4,58	4,16	3,77	3,54	3,33	3,52	3,56	3,54	3,94	3,66	3,79	4,34	3,81
Rough bare soil	4,74	4,30	3,90	3,66	3,45	3,64	3,69	3,66	4,08	3,79	3,93	4,49	3,94
Crop: 20-m broadleaf-deciduous trees (10%) & wheat	4,55	4,07	3,87	3,35	3,15	3,33	3,37	3,35	3,73	3,51	3,69	4,28	3,69
Rough glacial snow/ice	4,33	3,99	3,69	3,51	3,31	3,50	3,54	3,51	3,86	3,51	3,61	4,11	3,70
Smooth sea ice	4,88	4,52	4,18	4,01	3,77	3,99	4,03	3,92	4,28	3,87	4,01	4,59	4,17
Open water	5,15	4,68	4,24	3,98	3,75	3,96	4,01	3,98	4,44	4,12	4,27	4,88	4,29

Діюча швидкість вітру (v_0) може бути знайдена на основі середньої швидкості за відповідними румбами з використанням даних відносно розподілу швидкостей вітру в часі, зафіксованих на метеостанції або з невеликою похибкою на основі кривих розподілу швидкостей вітру за Поморцевим [3].

У зв'язку з цим вираз (2.15) матиме вигляд

$$W_j = 0,645 \cdot F \cdot (0,638 + 1,082 \cdot v_{cj})^3 \cdot T_j, \quad (2.16)$$

де v_{cj} – середньомісячна швидкість вітру, м/с.

Відповідно до формули (2.16) тепер можна визначити місячний енергетичний потенціал вітрового потоку.

Отже,

$$W_{jm} = 0,645 \cdot 1 \cdot (0,638 + 1,082 \cdot 5,07)^3 \cdot 24 \cdot 31 \cdot 10^{-3} = 59,15 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Очевидно, що енергія вітру, яка припадає на одиницю сприймаючої поверхні за всіма місяцями буде рівною

$$W_{вкр} = 59,15 + 46,37 + 40,53 + 34,43 + 30,15 + 33,01 + 34,35 + 33,86 + \\ + 43,31 + 36,34 + 37,67 + 51,67 = 480,84 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таким чином, отримане значення вітрового потенціалу розмірі 480,84 кВт·год. з одного квадратного метра площі вітроколеса може бути використане для визначення габаритної потужності вітроустановки для електрозабезпечення досліджуваного об'єкта. З врахуванням коефіцієнта корисної дії вітроелектричної установки можна визначити обсяг генерованої електричної енергії. Результати розрахунку потенційного обсягу виробництва електроенергії на одиницю поверхні вітрового ротора подано в табл. 2.6.

Як видно з табл. 2.6, річне виробництво електричної енергії з одиниці площі вітрового ротора становитиме 147,02 кВт·год.

Для оцінки ефективності застосування певного виду відновлюваного джерела енергії можливим є порівняння питомої продуктивності з

розрахунку на одиницю сприймаючої поверхні, що буде зроблено після аналізу потенціалу сонячного випромінювання.

Таблиця 2.6 - Розрахункові значення питомого вітрового енергетичного потенціалу та потенційних обсягів виробництва електричної енергії в регіоні

Місяць року	Середня швидкість вітру, м/с	Діюче значення швидкості вітру, м/с	Кількість днів в місяці	Енергія вітру за місяць, кВт·год.	Виробництво електроенергії, кВт·год.
1	4,1	5,07	31	59,15	18,09
2	3,83	4,78	29	46,37	14,18
3	3,54	4,47	31	40,53	12,39
4	3,37	4,28	30	34,43	10,53
5	3,15	4,05	31	30,15	9,22
6	3,31	4,22	30	33,01	10,09
7	3,32	4,23	31	34,35	10,50
8	3,3	4,21	31	33,86	10,35
9	3,68	4,62	30	43,31	13,24
10	3,39	4,31	31	36,34	11,11
11	3,49	4,41	30	37,67	11,52
12	3,94	4,9	30	51,67	15,80
Разом	3,54	4,46	365	480,84	147,02

2.2.2 Визначення природного сонячного потенціалу в регіоні

Для розрахунків використовують значення середньоденних надходжень складових сонячної радіації на горизонтальну поверхню, взятих із довідника метеорології [1], або за даними сайту NASA.

Нижче подано приклад даних для с. Селисько та околиць (табл. 2.7), де параметри сонячної енергії виражені у кВт·год/м².

З врахуванням загальних рекомендацій щодо вибору кута встановлення фотопанелей, то зазвичай рекомендується використовувати кут, який відповідає географічній широті. В даному регіоні маємо кут рівний 51° п. ш. При такому куті встановлення фотопанелей середньорічне добове надходження сонячної енергії буде становити 3,19 кВт·год/м².

Таблиця 2.7 - Середньомісячні добові значення надходження сонячної радіації на сприймаючу поверхню

Lat 49.665 Lon 24.133	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	0,95	1,70	2,80	3,92	5,05	5,03	4,87	4,49	2,91	1,80	0,97	0,74	2,94
K	0,40	0,43	0,45	0,45	0,47	0,43	0,44	0,47	0,41	0,39	0,35	0,38	0,42
Diffuse	0,60	0,96	1,54	2,10	2,54	2,75	2,64	2,24	1,59	1,00	0,62	0,48	1,59
Direct	1,52	2,33	2,97	3,50	4,41	3,88	3,84	4,12	2,84	2,25	1,37	1,25	2,86
Tilt 0	0,93	1,68	2,77	3,90	5,08	5,05	4,89	4,46	2,86	1,76	0,93	0,73	2,93
Tilt 36	1,54	2,46	3,45	4,24	5,02	4,80	4,72	4,70	3,36	2,43	1,44	1,27	3,29
Tilt 51	1,67	2,59	3,46	4,06	4,63	4,35	4,30	4,44	3,32	2,52	1,54	1,40	3,19
Tilt 66	1,71	2,59	3,31	3,70	4,06	3,81	3,80	3,98	3,11	2,48	1,56	1,45	2,97
Tilt 90	1,60	2,31	2,76	2,85	2,96	2,71	2,73	2,97	2,51	2,16	1,43	1,37	2,36
OPT	1,71	2,61	3,48	4,26	5,22	5,11	4,97	4,76	3,37	2,52	1,56	1,45	3,42
OPT ANG	66,0	58,0	45,0	29,0	16,0	11,0	13,0	25,0	39,0	54,0	62,0	68,0	40,4

Аналіз даних з табл. 2.7, також засвідчив, що для виробництва максимальної кількості електроенергії необхідно розташовувати фотопанелі під кутом 36° . При цьому середньорічна кількість надходження енергії протягом доби буде становити $3,29 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. У випадку регулювання кута встановлення фотопанелей до горизонту можливим є надходження $3,42 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Отже, за певних умов доцільним буде застосовувати систему з можливістю зміни кута нахилу фотопанелей.

Помісячні та річне надходження сумарної сонячної радіації на 1 м^2 похилої поверхні сонячних фотопанелей розраховуємо множенням на кількість днів n у місяці та наступним підсумовуванням місячних відповідників.

Отже, отримаємо місячний енергетичний потенціал

$$H_{\beta}^M = nH_{\beta}^{\delta}; \quad (2.18)$$

$$H_{\beta}^P = n_p H_{\beta}^{\delta}, \quad (2.19)$$

Підставивши числові значення отримаємо

$$H_{\beta}^M = 31 \cdot 3,29 = 101,99 \text{ кВт}\cdot\text{год./м}^2;$$

$$H_{\beta}^P = 365 \cdot 3,29 = 1200,85 \text{ кВт}\cdot\text{год./м}^2.$$

Як було зазначено раніше, доцільним є виконання порівняння ефективності застосування кожного із проаналізованих джерел енергії: вітрового потоку та сонячної радіації.

Таке порівняння раціонально виконати для виявлення динамічної продуктивності сприймаючої поверхні протягом річного періоду експлуатації енергетичної системи. Для цього на спільному графіку побудуємо залежності середньодобової продуктивності сприймаючих поверхонь однакового розміру, як це здійснено на рис. 2.2.

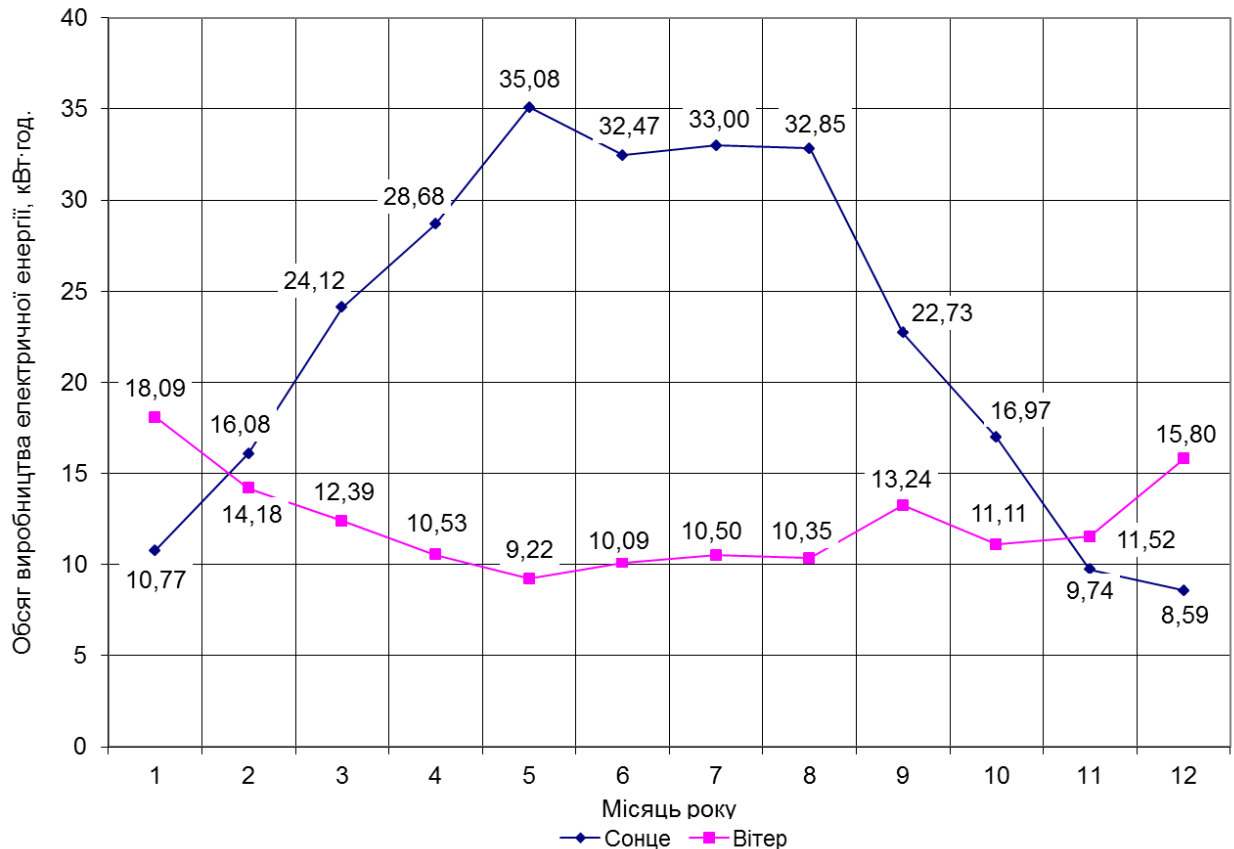


Рисунок 2.2 – Енергетичний потенціал вітру та сонця в регіоні дослідження

Як видно з рис. 2.1, спостерігається обернено пропорційна річна динаміка середньодобової продуктивності сприймаючих поверхонь, що свідчить про доцільність поєднання цих видів відновлюваної енергії для енергозабезпечення досліджуваного об'єкта.

Тобто, у літній період часу основне генерувальне навантаження буде припадати на сонячну фотоелектричну установку, а у зимовий період часу – на вітроелектричну установку.

Зважаючи на обрнену пропорцію надходження потенціалу вітрового потоку та сонячної радіації логічно буде припустити, що співвідношення вмісту встановленої потужності кожної із структурних елементів гібридної системи повинні були б бути приблизно порівну. Однак, зважаючи на різну питому продуктивність сприймаючих елементів кожної з установок, а також їх різної питомої вартості, то питання обґрунтування рівня заміщення повинно бути вирішене з врахуванням цих чинників, а також інших чинників, які можуть схилити терези на той чи інший бік енергетичної установки.

3 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТА

3.1 Обґрунтування схеми системи комплексного енергозабезпечення досліджуваного об'єкта

Відповідно до завдання на дипломне проектування необхідно запропонувати систему енергоощадного електроживлення тваринницької ферми, або її частини за рахунок використання засобів відновлюваної енергетики. Серед таких джерел було вибрано енергію сонячного випромінювання та енергію вітрового потоку, які, як показали розрахунки попереднього розділу мають загалом позитивні передумови до спільного використання.

В основі розробки систем енергозабезпечення з наявністю будь-яких елементів є розробка схеми системи. Дана схема повинна забезпечити візуалізацію наявних та можливих взаємозв'язків між елементами системи, і на основі якої можна здійснити її технологічний розрахунок з метою підбору раціональних параметрів складових цієї системи.

У випадку, який розглядається в даній роботі, схема електрозабезпечення тваринницької ферми передбачає зображення всіх наявних елементів системи з їх функціональними зв'язками, які забезпечують виконання відповідних функцій щодо генерування та транспортування електроенергії від електрогенераторів відновлюваних джерел та ввідного автомата зовнішньої електромережі для споживачів електроенергії.

Для гарантованого електрозабезпечення тваринницької ферми раціональним є спільне використання централізованої електромережі та гібридної вітро-сонячної електричної установки, яка забезпечить альтернативне електроживлення змінним струмом з напругою 380 В, що усуне необхідність у корекції внутрішньої електромережі об'єкта.

Таким чином, можна зробити висновок, що вітроенергетична установка повинна працювати за ланцюгом наступного виду: вітровий потік – вітроколесо – передавальний пристрій – генератор – інвертор – електромережа – споживач.

Аналогічною повинна бути побудована і система сонячного електрозабезпечення: сонячна радіація – сонячна фотоелектрична панель – інвертор – електромережа – споживач.

Для розробки схеми електрозабезпечення необхідним є виявлення можливості електрозабезпеченості об'єкта від кожного з вибраних відновлюваних джерел енергії. Розрахунки, виконані в розділі 2 підтверджують можливість повного або часткового електрозабезпечення потреб тваринницької ферми, в тому числі з використанням відновлювальних джерел енергії.

На рис. 3.1 подано структурну схему комбінованої системи електрозабезпечення тваринницької ферми з використанням енергії сонця та вітру.

Як видно з рис. 3.1, в системі електрозабезпечення тваринницької ферми можна виділити наступні енергетичні потоки, які характеризуються специфічними властивостями, як щодо виду електроенергії, яка використовується, так і щодо набору властивих саме цим ланкам елементній базі.

Охарактеризуємо роботу кожної із складових системи електрозабезпечення досліджуваного об'єкта.

Лінія трифазної електроенергії з центральної електромережі, використовується для електроживлення споживачів. Складовими елементами даної ланки є: ввідна електромережа 380 В; ввідний автоматичний вимикач; пристрій обліку електроенергії; пристрій запобіжного відключення; лінійні пакетні вимикачі.

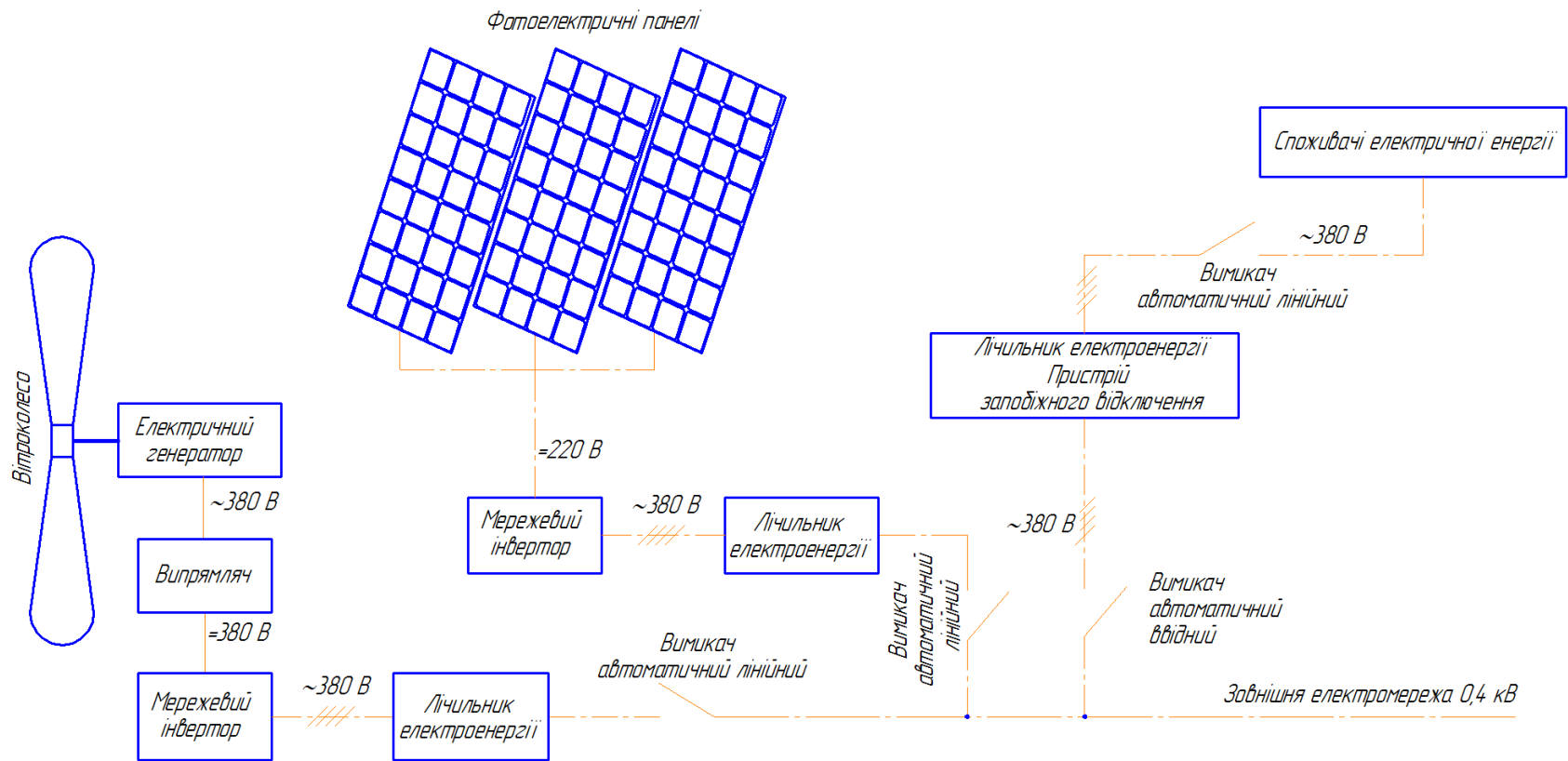


Рисунок 3.1 – Структурна схема мережевої системи електрозабезпечення тваринницької ферми з використанням вітро-сонячної установки

Лінія генерування електроенергії від сонячних фотоелектричних панелей, складається з наступних складових елементів: сонячні фотоелектричні панелі; засоби захисту по лінії постійного струму; інвертор; засоби захисту по лінії змінного струму; пристрій обліку електроенергії; ввідний автоматичний вимикач; ввідна електромережа 380 В.

Лінія генерування електроенергії від вітроелектричної установки, складається з наступних складових елементів: вітроелектрична установка; випрямляч; засоби захисту по лінії постійного струму; інвертор; засоби захисту по лінії змінного струму; пристрій обліку електроенергії; ввідний автоматичний вимикач; ввідна електромережа 380 В.

Робота запропонованої системи електропостачання тваринницької ферми з використанням вітро-сонячної електричної установки здійснюється наступним чином.

Протягом світлового періоду доби здійснюється генерування електроенергії постійного струму від сонячних фотоелектричних панелей з напругою 380 В, яка подається на перетворення в інвертор, а отримана трифазна напруга змінного струму подається до зовнішньої електромережі з відповідним обліком.

В режимі неперервного генерування електроенергії, яка визначається лише швидкістю вітрового потоку працює вітроелектрична установка. Вся електрична енергія, яка вироблена вітроустановкою також подається до інвертора, а далі до зовнішньої електромережі.

Таким чином, і сонячна фотоелектрична установка, і вітроелектрична установка здійснюють незалежне генерування електроенергії постійного струму з подальшим її перетворенням у електроенергію змінного струму та передачею всього виробленого обсягу в зовнішню електромережу. Живлення електрообладнання тваринницької ферми здійснюється за звичайною схемою. Такий варіант побудови системи електропостачання буде характеризуватись високою ефективністю, оскільки зовнішня електромережа

може виступати в ролі високоефективного акумулятора електроенергії з коефіцієнтом корисної дії рівним одиниці.

3.2 Розрахунок параметрів електромережі об'єкта

Живлення електричного обладнання тваринницької ферми, як правило, проводиться від загальних для силових і освітлювальних навантажень трансформаторів з нижньою напругою 400/230 В (напруга мережі 380/220 В).

Силове обладнання основного технологічного процесу та освітлювальні прилади робочого освітлення, а також світильники охоронного освітлення у виробничих будівлях і в зонах роботи на відкритих просторах повинні живитися від незалежних джерел.

З метою підвищення рівня надійності електропостачання доцільним є живлення тваринницької ферми від різних трансформаторів двотрансформаторної підстанції при їх приєднанні до двох незалежних джерел.

Розрахункові навантаження систем для живлення основного технологічного обладнання та систем освітлення визначаються виходячи із встановленої потужності електрообладнання, одержаної в результаті технологічного розрахунку, і вони представляють сумарну потужність усіх засобів.

Струм навантаження, протікаючи по провіднику, нагріває його. Правилами експлуатації електроустановок встановлені найбільші допустимі температури нагріву жил провідників і, виходячи з цього, визначені допустимі струмові навантаження для проводів і кабелів залежно від матеріалу, їх ізоляції і умов прокладки.

Для прикладу проведемо розрахунок електромережі по лінії живлення основного технологічного обладнання корівника, активна потужність якої становить 19,5 Вт.

Значення струму, що протікає у фазних проводах, визначається за наступною формулою

$$I_{\text{л}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}}, \quad (3.1)$$

де $U_{\text{л}}$ – значення лінійної напруги мережі, В.

Тоді, для живлення системи освітлення від однофазної мережі

$$I_{\text{л}} = \frac{19520}{\sqrt{3} \cdot 380} = 29,66 \text{ А.}$$

Величину поперечного перетину електричних провідників $S_{\text{пр}}$ визначаємо за величиною номінального струму у фазних і нульових провідниках на підставі допустимої щільності струму для певних матеріалів провідника і способу прокладки за формулою

$$S_{\text{пр}} = \frac{I_{\text{л}}}{I_{\text{д}}}, \quad (3.2)$$

де $I_{\text{д}}$ – допустима щільність струму, А/мм².

$$S_{\text{пр}} = \frac{29,66}{3,5} = 8,47 \text{ мм}^2.$$

Використовуємо поперечний переріз проводу, що був у існуючій електромережі, який рівний 10 мм².

Крім того, необхідно визначити спадок напруги у мережі для кожного споживача, сумуючи значення спадків напруги ΔU_i на окремих ділянках мережі, визначених за формулою

$$\Delta U_i = I_i \cdot R_i, \quad (3.3)$$

де I_i – величина струму на ділянці електричної мережі, А;

R_i – опір провідника на ділянці електричної мережі, Ом.

Тоді, спадок напруги у мережі буде рівним

$$\Delta U_i = 29,66 \cdot 0,348 = 10,32 \text{ В}$$

Опір провідника на ділянці мережі визначають як

$$R_i = \frac{\rho \cdot l_i}{S_{np}}, \quad (3.4)$$

де ρ – питомий опір матеріалу, з якого виготовлено провідник, Ом·м;

l_i – довжина ділянки мережі, м.

$$R_i = \frac{0,145 \cdot 24}{10} = 0,348 \text{ Ом.}$$

За спадком напруги параметр аналізованої ділянки трифазної електричної мережі живлення системи електропостачання задовольняє існуючим вимогам. Розрахунок електромережі здійснюється для її кожного із незалежно приєднаних об'єктів на території тваринницької ферми з врахуванням навантаження та довжини лінії до цих об'єктів.

3.3 Обґрунтування параметрів основних компонентів гібридної системи енергозабезпечення досліджуваного об'єкта

3.3.1 Обґрунтування параметрів вітроелектричної установки гібридної системи електрозабезпечення об'єкта

Для визначення габаритних розмірів вітроустановки, яка забезпечить виробництво необхідної кількості електроенергії для потреб об'єкта слід скористатись формулою

$$S = \frac{E_p}{E_m \cdot \xi \cdot \eta_m \cdot \eta_e \cdot \eta_i}, \quad (3.5)$$

де E_p – річна необхідна кількість електроенергії на потреби тваринницької ферми, кВт·год.;

E_m – теоретична кількість енергії, яку може виробити 1 м² поверхні вітроколеса в реальних умовах регіону, кВт·год.;

ξ - коефіцієнт використання енергії вітру, для вибраного типу вітрового колеса $\xi=0,4$;

η_m , η_e , η_i – коефіцієнти корисної дії мультіплікатора, електрогенератора та інвертора, відповідно.

$$S = \frac{77976}{480,84 \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,91 \cdot 0,92} = 605 \text{ м}^2.$$

Визначимо діаметр вітроколеса такої вітроустановки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}. \quad (3.6)$$

Отже, отримаємо

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 605}{3,14}} = 27,8 \text{ м.}$$

Визначимо габаритну потужність вітроустановки скориставшись формулою

$$N_{\text{вк}} = 0,5 \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot \xi \cdot \eta_m \cdot \eta_e, \quad (3.7)$$

де v - швидкість вітру, м/с;

ρ - густина повітря, кг/м³, $\rho = 1,27$;

ξ - коефіцієнт використання енергії вітру, для вибраного типу вітрового колеса $\xi = 0,4$.

Для наших значень параметрів

$$N_{\text{вк}} = 0,5 \cdot 28^2 \cdot 4,46^3 \cdot 0,4 \cdot 0,92 \cdot 0,8 = 10238 \text{ Вт.}$$

Таким чином, середня річна потужність вітроустановки в реальних умовах використання буде рівною 10,2 кВт.

Номінальне значення потужності вітроустановки буде становити

$$N_{\text{вк}} = 0,5 \cdot 28^2 \cdot 8^3 \cdot 0,4 \cdot 0,92 \cdot 0,8 = 59087 \text{ Вт.}$$

Таким чином, номінальна потужність вітроустановки буде рівною 59 кВт.

Енергетичні баланси вітроелектричної установки за різного варіанта виконання установки подано на рис. 3.2.

Як видно з рис. 3.2, динаміка виробництва електричної енергії вітроелектричною установкою маю подібну характеристику до потреб в електроенергії для тваринницької ферми.

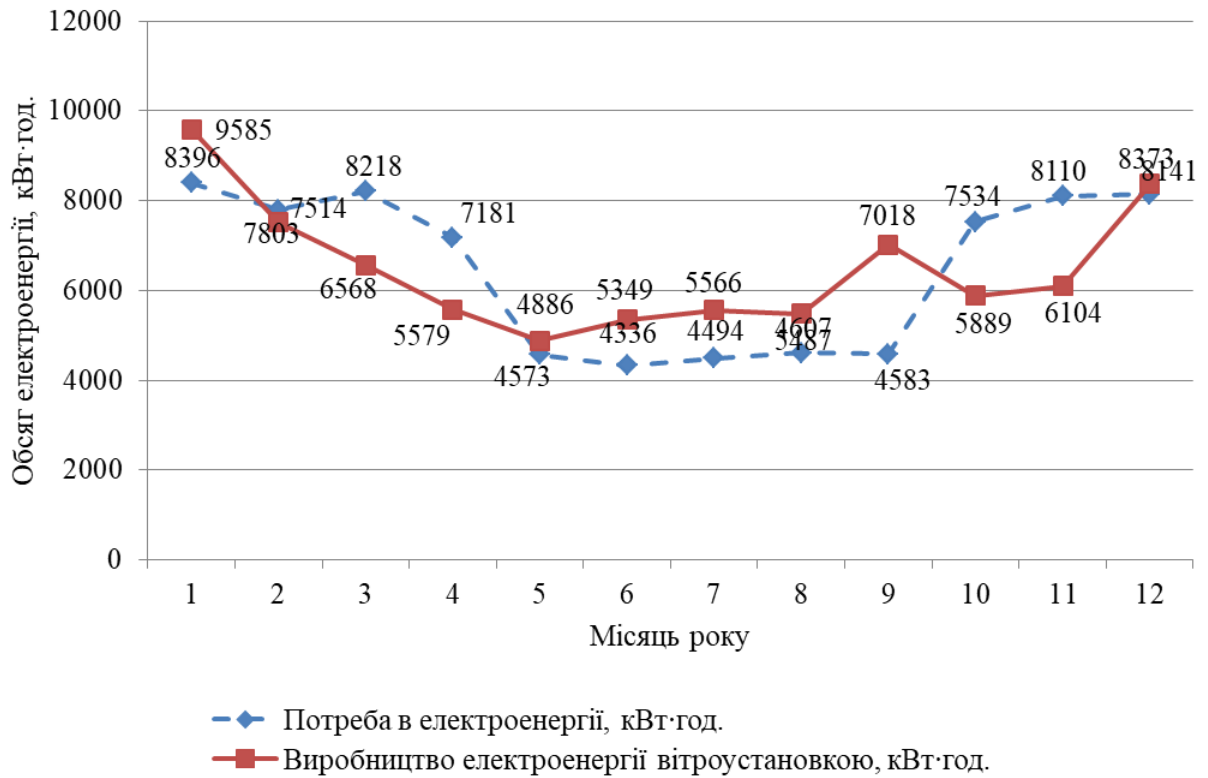


Рисунок 3.2 – Енергетичний баланс мережевої вітроелектричної установки

3.3.2 Обґрунтування параметрів фотоелектричної установки гібридної системи електрозабезпечення об'єкта

Для забезпечення електроенергією системи освітлення можливим є застосування фотоелектричних модулів типу LG320N1C-G4 виробництва фірми "LG Electronics Inc" (США). Номінальна потужність фотомодуля стандартного розміру становить 320 Вт за умови освітленості $E=1000 \text{ Вт/м}^2$.

Продуктивність сонячного фотоелектричного модуля можна оцінити через сумарну сонячну енергію, яка надходить на горизонтальну поверхню протягом світлового дня.

Для розрахунку середньоденного виробництва електроенергії з одного елемента сонячної фотоелектричної панелі скористаємось формулою

$$W_{co} = \eta \cdot H_{\beta} \cdot S, \quad (3.8)$$

де η - коефіцієнт корисної дії фотоелектричної панелі;

H_{β} - інтенсивність надходження сонячної енергії, кВт·год.;

S – площа сприймаючої поверхні фотоелектричної панелі, м².

Так, для січня місяця середньоденне виробництво електроенергії буде рівним

$$W_{cd} = 0,195 \cdot 1,54 \cdot 1,474 = 0,443 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Визначимо місячне виробництво електроенергії за формулою

$$W_{mic} = W_{cd} \cdot n_{md}, \quad (3.9)$$

де n_{md} – кількість днів у місяці, днів.

Тобто, протягом січня місяця сонячна фотоелектрична панель зможе виробити

$$W_{mic} = 0,443 \cdot 31 = 13,73 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річне виробництво електроенергії сонячною фотоелектричною панеллю визначиться як

$$W_{pich} = \sum_{i=1}^n W_{mic_i}. \quad (3.10)$$

Результати розрахунку за формулами (3.8)-(3.10) подано в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахунок виробництва електроенергії сонячним фотоелектричним модулем типу LG320N1C-G4

Параметр	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_{β} , кВт·год	1,54	2,46	3,45	4,24	5,02	4,8	4,72	4,7	3,36	2,43	1,44	1,27
W_{cd} , кВт·год	0,443	0,707	0,992	1,219	1,443	1,38	1,357	1,351	0,966	0,698	0,414	0,365
W_{mic} , кВт·год	13,73	20,5	30,75	36,57	44,73	41,4	42,07	41,88	28,98	21,64	12,42	10,95

Таким чином за результатами розрахунку табл. 3.2 можна визначити річне виробництво електроенергії з однієї сонячної фотоелектричної панелі типу LG320N1C-G4

$$W_{pich} = 18,17 + 25,72 + 35,71 + 40,23 + 47,62 + 43,8 + 45,04 + 46,28 +$$

$$+34,17 + 25,98 + 17,28 + 14,49 = 394,49 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Для визначення кількості сонячних фотоелектричних панелей, які забезпечать електроенергією систему освітлення досліджуваного об'єкта скористаємось формулою

$$N_{cfn} = \frac{E_{op}}{W_{pich} \cdot \eta_{in}}. \quad (3.11)$$

Отже,

$$N_{cfn} = \frac{77976}{345,62 \cdot 0,9} = 251 \text{ шт.}$$

Таким чином, для потреб електропостачання тваринницької ферми необхідно використати 251 сонячних фотоелектричних панелей, які при габаритній площі 1,474 м² потребуватимуть виділення площі 370 м². Загальна номінальна потужність сонячної фотоелектричної системи становитиме 80,32 кВт.

Енергетичний баланс фотоелектричної установки подано на рис. 3.3.

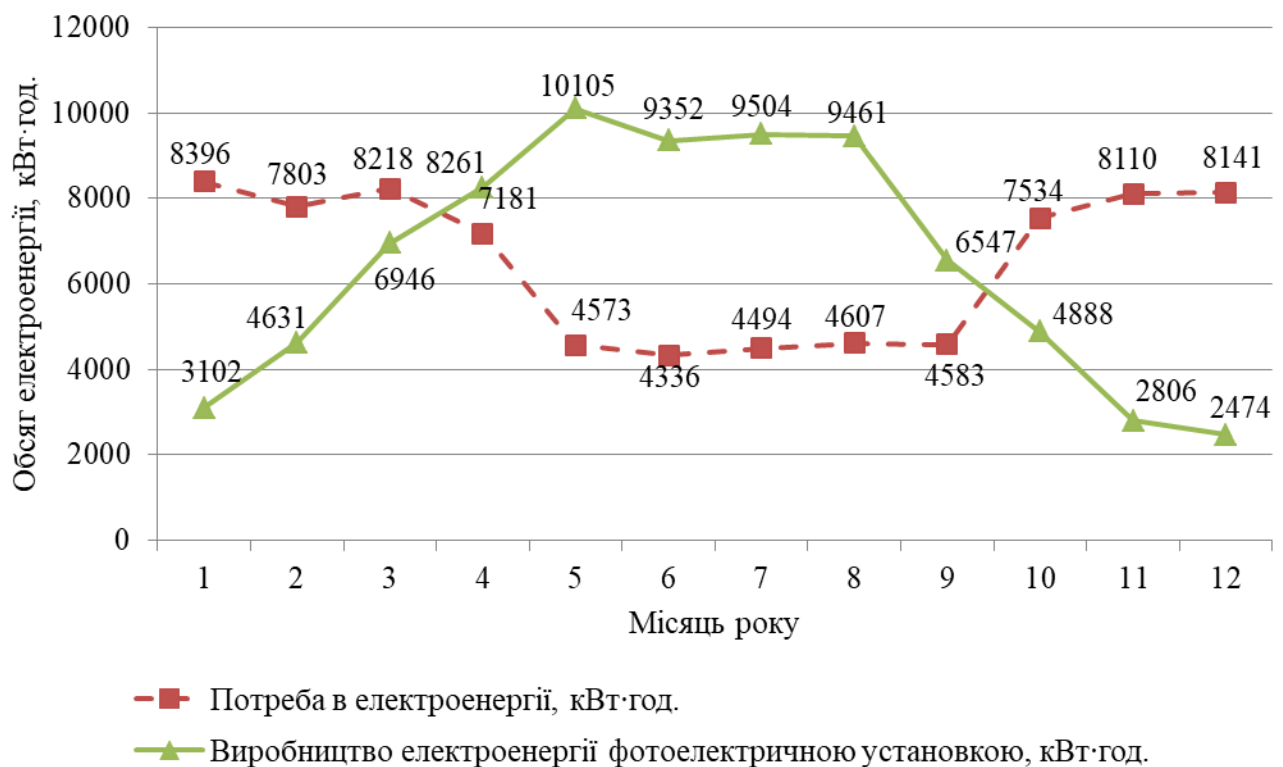


Рисунок 3.3 – Енергетичний баланс мережевої фотоелектричної установки

Загальний обсяг недовиробництва електроенергії при застосуванні вітроелектричної установки становив 6903 кВт·год., а при застосуванні фотоелектричної установки - 23355 кВт·год.

3.4 Обґрунтування параметрів гібридної системи електрозабезпечення об'єкта

Розрахунки, проведені в п. 3.3 засвідчили можливість реалізації системи енергозабезпечення досліджуваного об'єкта за рахунок енергії вітру та сонця окремо. Однак, такий варіант не можна вважати оптимальним як з точки зору надійності системи енергозабезпечення, так і з точки зору економічної ефективності.

Як було зазначено раніше, для забезпечення стабільного і рівномірного генерування електричної енергії на потреби досліджуваного об'єкта доцільно застосовувати комбіновані системи енергозабезпечення. Зокрема, йдеться про поєднання двох видів відновлюваної енергії: енергію сонця і енергію вітру.

Для більш детального розгляду можливості сумісного використання енергії вітру та сонця виконаємо суміщення динамічних залежностей з визначенням сумарної кількості енергії (рис. 3.4).

Розглянемо особливості кожної із систем, які плануємо застосувати для того, щоб виявити їх спільні риси. За вище наведеною методикою було розраховано виробництво електроенергії за умови спільного виробництва.

Результати розрахунку спільного виробництва електроенергії комбінованою вітро-сонячною установкою подано в табл. 3.2.

Динаміку споживання та виробництва електроенергії комбінованими системами з різним структурним складом подано на рис. 3.5-3.7.

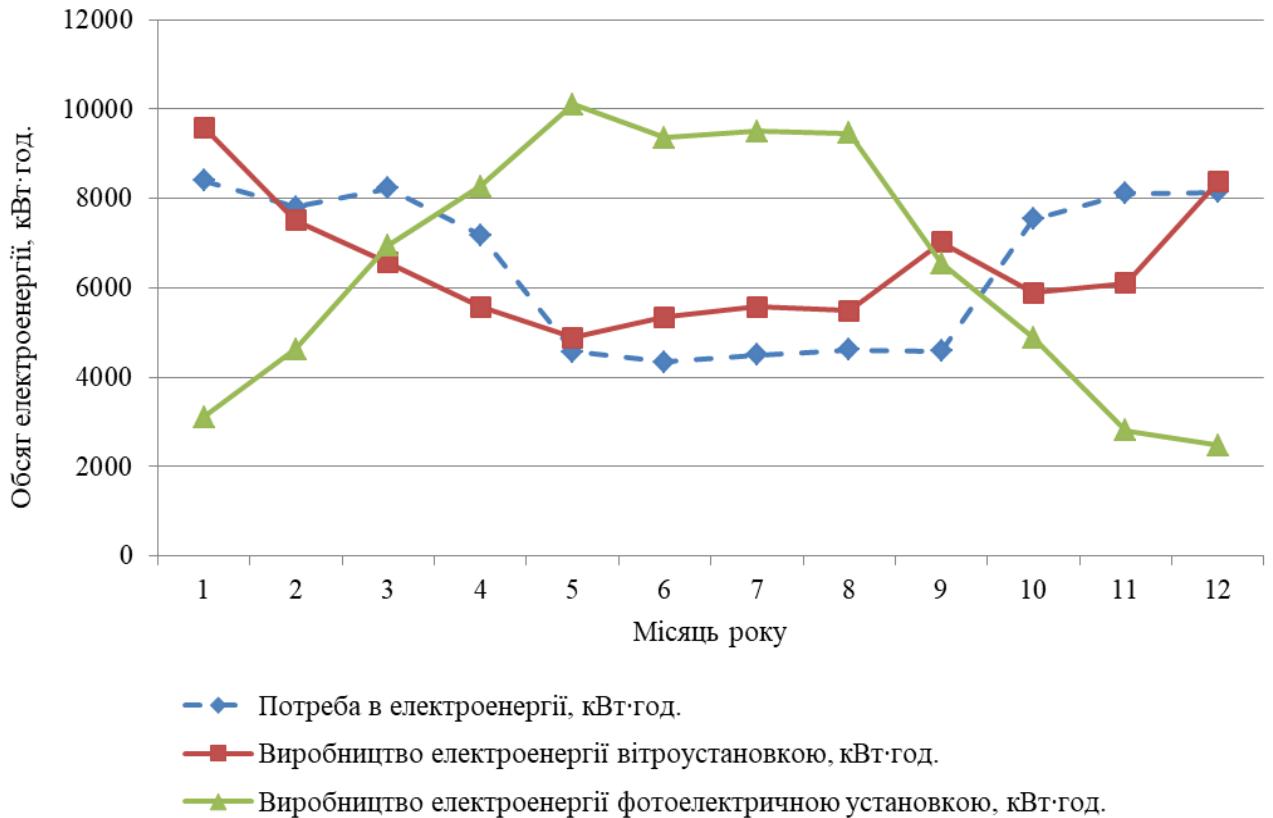


Рисунок 3.4 – Динаміка виробництва електроенергії сонячною та вітровою установками

Якщо ж аналізувати обсяги недовиробництва електричної енергії комбінованими установками, то ситуація є наступною. При комбінації ФЕУ-ВЕУ 10/90 обсяги недовиробництва електроенергії становитимуть 7946 кВт·год. При комбінації ФЕУ-ВЕУ 20/80 обсяги недовиробництва електроенергії становитимуть 8111 кВт·год. При комбінації ФЕУ-ВЕУ 30/70 обсяги недовиробництва електроенергії становитимуть 10636 кВт·год.

Отже, за даними розрахунків, серед гібридних систем, найбільш раціональним варіантом виглядає побудова системи у складі сонячної фотоелектричної установки та вітроелектричної установки з мінімальним рівнем заміщення ФЕУ (10%) і ВЕУ (90%).

Таблиця 3.2 - Розрахунок виробництва електроенергії комбінованою системою енергозабезпечення з використанням вітроелектричної та фотоелектричної установок

Місяць року	Потреба в електроенергії, кВт·год.	Виробництво електроенергії, кВт·год.		
		сонце 10% / вітер 90%	сонце 20% / вітер 80%	сонце 30% / вітер 70%
1	8396	8941	8292	7642
2	7803	7229	6940	6650
3	8218	6608	6645	6681
4	7181	5849	6116	6383
5	4573	5409	5929	6449
6	4336	5751	6150	6548
7	4494	5962	6354	6746
8	4607	5886	6282	6677
9	4583	6974	6926	6877
10	7534	5791	5690	5589
11	8110	5777	5447	5116
12	8141	7787	8145	6687
ВСЬОГО	77976	77964	78916	78045
Обсяг недовиробництва, кВт·год.		7946	8111	10636

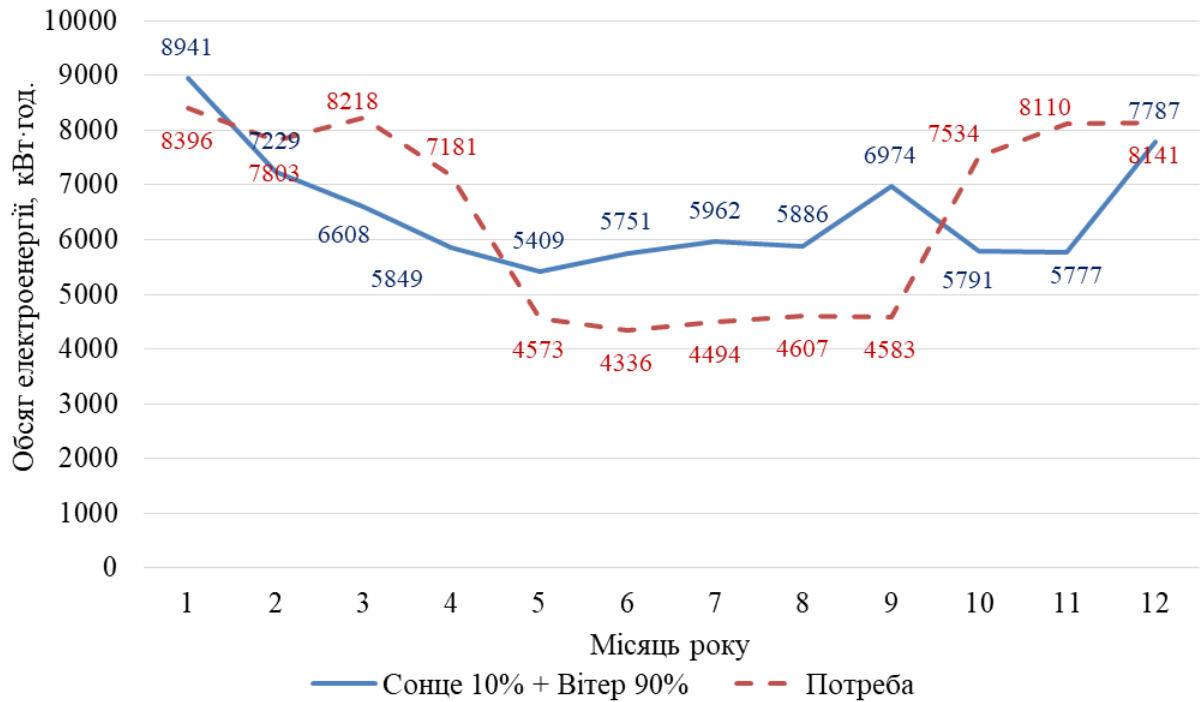


Рисунок 3.5 – Динаміка споживання та виробництва електроенергії комбінованою системою з рівнем заміщення ФЕУ (10%) і ВЕУ (90%)

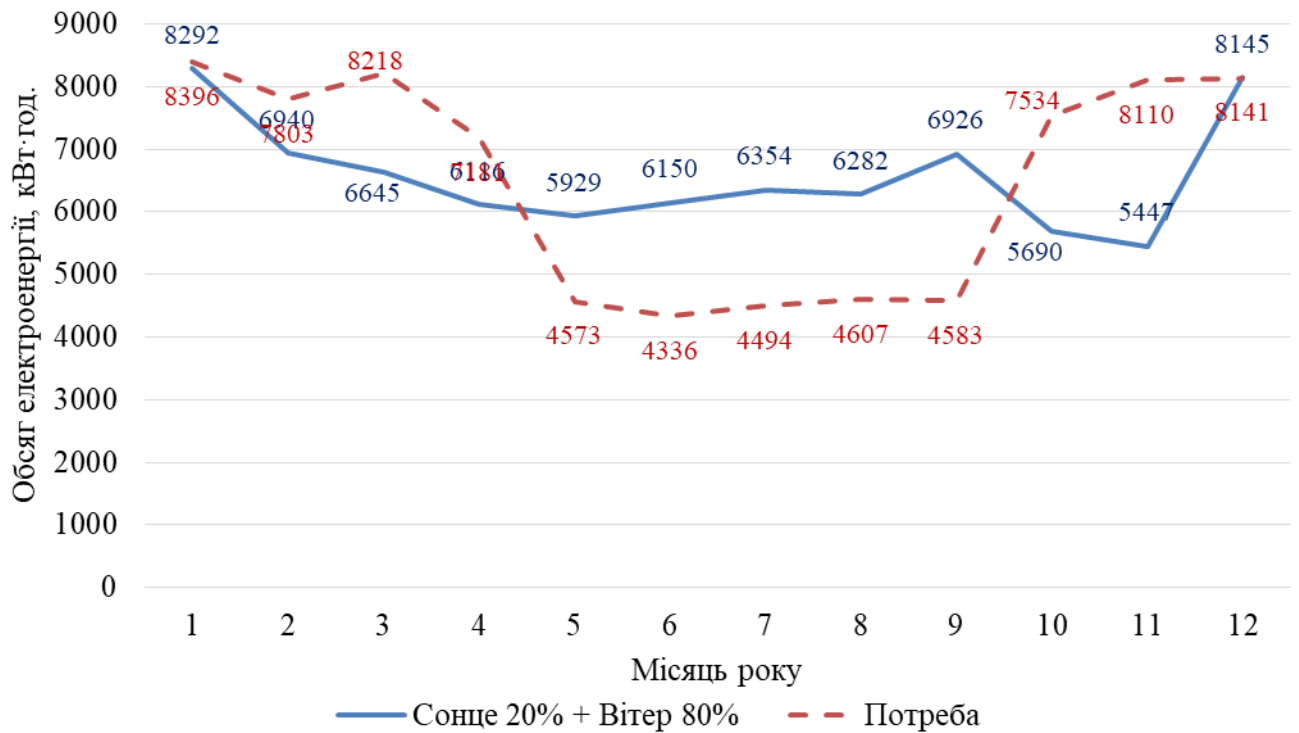


Рисунок 3.6 – Динаміка споживання та виробництва електроенергії комбінованою системою з рівнем заміщення ФЕУ (20%) і ВЕУ (80%)

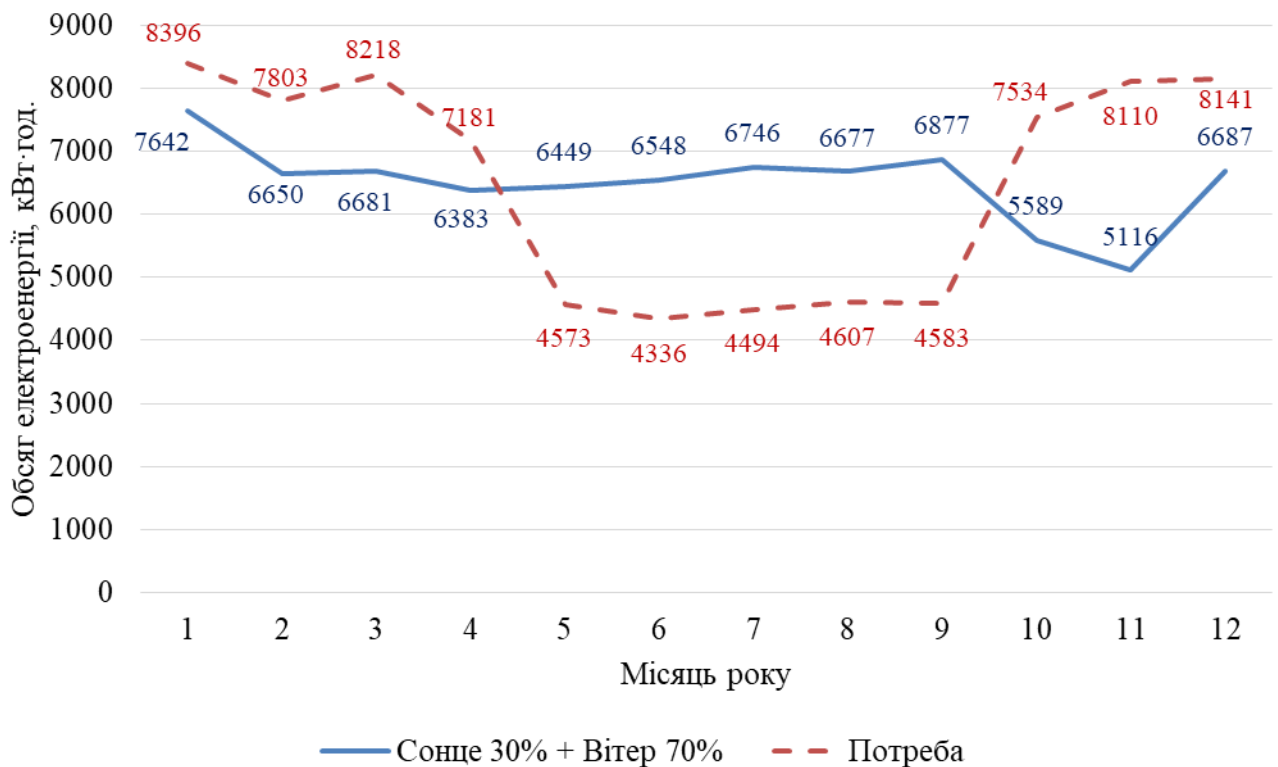


Рисунок 3.7 – Динаміка споживання та виробництва електроенергії комбінованою системою з рівнем заміщення ФЕУ (30%) і ВЕУ (70%)

У випадку застосування лише вітроелектричної установки можна очікувати найкращих показників рівня заміщення, при якому обсяг недовиробництва буде становити 6903 кВт·год., що є найменшим показником серед усіх варіантів застосування енергетичних систем. Таким чином, можна зробити висновок, що в умовах даного виробництва можливо недоцільно застосовувати гібридну систему. Остаточне обґрунтування варіанта енергетичної системи необхідно здійснити з визначенням економічних показників, який буде проведено у економічному розділі.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз виробничих небезпек під час експлуатації електроенергетичного обладнання

Серед чинників виробництва, які можуть спричинити певні дії на людину, виділяють шкідливі і небезпечні виробничі чинники. Небезпечний виробничий чинник – це такий, дія якого на працюючих у певних умовах призводить до травми або іншого раптового погіршення здоров'я. До фізичних небезпечних і шкідливих виробничих чинників належать: рухомі машини, механізми та окремі деталі; вироби, заготовки, матеріали; конструкції, що можуть руйнуватися; запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена або понижена температура матеріалів та поверхонь обладнання, повітря робочої зони; високі рівні шуму та вібрації на робочому місці, наявність отрутохімікатів тощо. Той чи інший виробничий чинник за певною межею може не спричиняти негативних наслідків. Тому існує поняття гранично допустимого рівня виробничого чинника – дія встановленої тривалості, що не призводить до травми чи захворювання у процесі роботи та у після робочий період. Виробнича безпека – стан виробництва, при якому існує можливість дії на працівників небезпечного виробничого чинника з пошкодженням здоров'я. Факт пошкодження здоров'я людини від дії небезпечного чинника кваліфікується як нещасний випадок.

Заходи щодо безпечного виконання робіт на електричних установках поділяють на:

- організаційні: призначення відповідальних осіб, оформлення наряду на виконання робіт, перевірка кваліфікації, наявність посвідчення, організація

нагляду за проведенням робіт, оформлення документації після завершення робіт тощо;

- технічні: використання електрозахисних засобів, огороження робочого місця, встановлення знаків безпеки, контроль ізоляції, захисне зелення, занулення, подвійна ізоляція, захисне відмикання, вирівнювання електричних потенціалів тощо.

Відповідно до правил влаштування електроустановок від ураження струмом людей і сільськогосподарських тварин при дотиканні до струмопровідних частин основні вимоги до електроустановок такі: захист надійною електричною ізоляцією струмопровідних частин, недоступність для випадкового дотику до них, автоматична сигналізація про небезпеку дотику до струмопровідних частин або наближення до них на недопустиму віддаль, попереджуюча сигналізація, написи і плакати, захисні засоби і пристрої. Жодний з наведених засобів не може окремо гарантувати безпеки при дотиканні, тому в кожному конкретному випадку для створення безпечних умов експлуатації електроустановок застосовують комплекс таких засобів.

4.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм під час електрозабезпечення об'єктів

Працівник, допускаючи небезпечну дію, потрапляє у небезпечні обставини, за яких на нього може діяти небезпечний чинник за небезпечних умов. Так створюється інша подія, що має назву небезпечної ситуації. Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають певну достовірність виникнення, тобто небезпечні умови, небезпечні дії, небезпечні ситуації, а також наслідки таких ситуацій: аварія, травма та сприятлива подія належать до випадкових явищ. Розробка заходів з охорони праці розпочинається з

визначення оцінюючих показників безпеки при роботі на обладнанні сонячних фотоелектричних установок.

Небезпечні умови, це такі умови, за яких існує загроза дії на організм людини небезпечних виробничих чинників. Наприклад, електричний струм може стати небезпечним чинником при пошкодженій ізоляції провідника; механізми, що рухаються, створюють загрозу травмування людини при відсутності огороження; отруйна речовина, як предмет праці, може потрапити в організм людини, якщо відсутні засоби індивідуального захисту тощо. Основним заходом запобігання нещасним випадкам має бути усунення небезпечних умов у процесі виробничої діяльності. За відсутності небезпечних умов, травма або аварія ніколи не станеться, навіть при наявності кількох небезпечних чинників на конкретному робочому місці.

Небезпечна дія працюючих на виробництві - це така, за якої створюється можливість впливу небезпечного виробничого чинника на органом людини. Небезпечними діями в конкретних виробничих умовах називаються такі дії, які не відповідають науково-обґрунтованим нормативним та законодавчим актам, професійній і трудовій дисципліні при виконанні роботи. До небезпечних дій можна віднести порушення режиму роботи машин, технологічного обладнання, перевищення швидкості руху, різке гальмування або різкий поворот, несприятливе застосування засобів праці, робота без ЗІЗ при їх наявності тощо. Між небезпечними умовами і небезпечними діями існує, у більшості випадків, взаємозв'язок, що стає причиною нещасних випадків. Наприклад, конструктивні недоліки машин можуть призвести до втручання людини в роботу машини з порушенням правил безпеки. У цьому випадку небезпечна дія людини виникає внаслідок існування небезпечної умови, яка спричинила небезпечну дію. У іншому випадку, службова особа, що дозволила працювати на несправній машині, допустила небезпечну дію, а несправна машина стала небезпечною умовою для виникнення небажаних наслідків.

Небезпечну ситуацію формують небезпечні умови і небезпечні обставини. Наявність на робочому місці одного або кількох небезпечних чинників являє собою небезпечну умову. Якщо на робочому місці немає жодного чинника тоді і небезпеки не існує. Небезпеки не буде, або вона буде мало ймовірною, якщо небезпечні чинники існують, але умов, за яких вони можуть реалізуватися і негативно діяти на людину, немає. Ці обставини необхідно враховувати на стадії проектування або при розробці профілактичних заходів запобігання виробничому травматизму.

4.3 Моделювання процесів формування і виникнення виробничих небезпек під час експлуатації електроенергетичних установок

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища, як травми, аварії та катастрофи, мають дуже близькі механізми формування та виникнення, ці явища характеризуються паралельно.

У процесах формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події, що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події. Початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) виявляють у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві входять до схеми на основі аналізу можливих варіантів перебігу подій. Одним із методів моделювання процесів виникнення небезпечних ситуацій є метод графічно окресленого логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф, що базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному аналізу й завчасному прийнятті заходів для уникання потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій. Метод дає можливість шляхом побудови схеми відмов і помилок операторів різних систем вести

математичну обробку моделі з метою одержання ймовірності виникнення небажаних випадкових подій. Обчислення рівня небезпеки можна спрямувати на удосконалення конструкцій технічних засобів, зниження їх небезпеки тощо [9].

Аналізуючи кожну з логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків. Якщо дослідження логічних зв'язків провести у зворотному напрямку, то обов'язково можна знайти подію (явище), що є причиною формування досліджуваного процесу.

Математичну обробку побудованої моделі починають з крайньої лівої гілки, події якої пронумеровані знизу-вверх – починаючи з базових подій і закінчуючи головною. Значення ймовірностей базових подій вказуємо безпосередньо на символі зображення події. Ймовірності базових подій визначаємо за даними виробництва. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують складені формули відповідно до положень булевої алгебри [9].

Для проведення обчислень ймовірності травми використовуємо логіко-імітаційну модель процесу її формування (рис.1). Підставивши дані ймовірностей базових подій, отримаємо ймовірність події P16.

$$P_{10} = P_1 + P_2 - P_1 \times P_2 = 0,0397,$$

$$P_{14} = P_{10} + P_3 - P_{10} \times P_3 = 0,1357,$$

$$P_{11} = P_4 + P_5 + P_6 - P_4 \times P_5 \times P_6 = 0,497,$$

$$P_{12} = P_{11} + P_7 - P_{11} \times P_7 = 0,5967,$$

$$P_{13} = P_8 + P_9 - P_8 \times P_9 = 0,335,$$

$$P_{15} = P_{12} \times P_{13} = 0,2002,$$

$$P16 = P14 \times P15 = 0,02717.$$

Отже, за даними розрахунку моделі, головна подія (травма) на робочому місці під час робіт з обслуговування енергетичних установок при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображено у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 2,72 травми.

Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень працюючих, поліпшити контроль та забезпечити необхідну кількість ЗІЗ, профілактичних засобів за всіма вимогами безпеки), то можна побачити на моделі шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки - до 1.

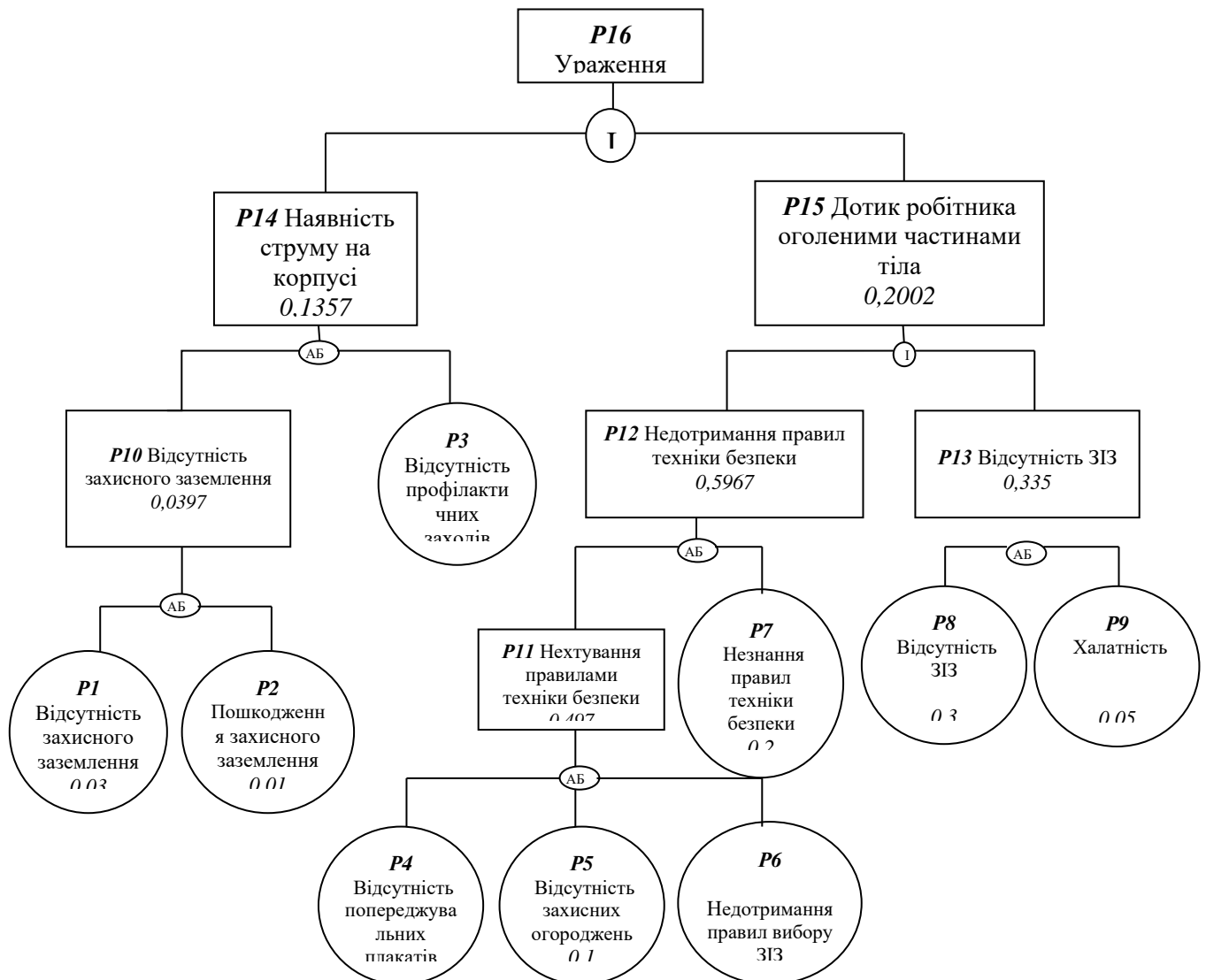


Рисунок 4.1 – Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварій

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Одним з найважливіших завдань служби охорони праці є забезпечення захисту населення у випадку виникнення надзвичайних ситуацій.

Найбільш повне та організоване виконання заходів цивільної оборони на об'єкті досягається завчасною розробкою плану заходів, які необхідні проводити при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій:

- оповіщення та інформуванні, яке досягається утриманням в постійній готовності систем оповіщення, які переважно інформують про прогноз погоди; укриття в захисних спорудах, якому підлягає працююча зміна та усе населення, досягається створенням фонду захисних споруд;
- евакуаційні заходи, які проводяться на території господарства та за його межами переважно під час виникнення пожеж;
- медичний захист проводиться для зменшення ступеня зараження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим;
- біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, спеціальних протиепідемічних та медичних заходів;
- радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного і хімічного контролю, засобами індивідуального захисту.

Одним із основних завдань цивільної оборони є навчання населення вмінню застосування засоби індивідуального захисту та дій у надзвичайних ситуаціях. Тому заходи щодо зниження ступеня впливу негативних наслідків аварійних ситуацій здійснюються з метою завчасної підготовки підприємств від надзвичайних ситуацій та створення умов для підвищення стійкості їх роботи, проведення своєчасних робіт щодо рятувальних заходів.

Захист населення є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами влад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення, підпорядкованими їм силами та підприємств, що забезпечують виконання організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Загрози життєво важливих інтересів громадян, держави, суспільства поділяються на зовнішні та внутрішні і виникають під час надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та воєнних конфліктів.

Принципи захисту випливають з основних положень Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо створення матеріальної бази захисту.

З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має право проводитися спеціальний комплекс заходів.

5 ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

5.1 Розрахунок економічної ефективності засобів відновлюваної енергетики

В даному розділі буде здійснено розрахунок економічної ефективності застосування відновлюваних джерел енергії для системи енергозабезпечення тваринницької ферми, який дозволить виявити лише суто економічну частку ефективності від застосування такої технології. Одним із методів виявлення економічної ефективності є порівняння застосування різних типів засобів відновлюваної енергетики з метою порівняння їх між собою. В даному випадку можливим є порівняння варіантів виконання енергетичної системи з використанням вітроелектричної, сонячної фотоелектричної установок, які можуть працювати на єдиний об'єкт споживання. Як варіант можна розглянути випадок, коли на території ферми можливо розмістити (за наявності відповідної території, потужну електричну станцію з використанням вітрової або сонячної енергії).

Визначимо вартість енергії яку забезпечуватимуть засоби відновлювальної енергетики.

Вартість електроенергії, яку вироблятиме енергетична установка з використанням енергії вітру або сонця може бути визначена як

$$B_{el} = E_{el} \cdot C_{el}, \quad (5.1)$$

де E_{el} – кількість електроенергії, що виробляється засобами відновлювальної енергетики, Дж;

C_{el} – ціна 1 кВт·год. електроенергії, грн.

Таким чином отримаємо вартість виробленої електроенергії для сонячної фотоелектричної установки (10 %)

$$B_{вел} = 7798 \cdot 6,72 = 52\,403 \text{ грн.}$$

вітроелектричної установки (90 %)

$$B_{\text{вел}} = 70178 \cdot 6,72 = 471\,596 \text{ грн.}$$

Проведемо аналогічний розрахунок для інших варіантів системи. Результати розрахунків подамо у вигляді табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Розрахунок вартості виробленої електроенергії системою з різним рівнем заміщення обсягів виробництва

Відсоток заміщення	Вартість при виробництві засобами, грн.		Загальна вартість електроенергії, грн.
	ФЕУ	ВЕУ	
ВЕУ 100	-	523 999	523 999
ФЕУ 10 / ВЕУ 90	52 403	471 596	523 999
ФЕУ 20 / ВЕУ 80	104 798	419 200	523 998
ФЕУ 30 / ВЕУ 70	157 201	366 798	523 999

Як видно з табл. 5.1, найвищого рівня ефективності можна досягнути при мінімальному використанні сонячної фотоелектричної установки. Однак, для вибору типу електростанції слід також застосувати і інші критерії ефективності.

Визначимо за укрупненими показниками вартість кожної із вказаних систем (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Розрахунок вартості енергетичних систем з різним рівнем заміщення обсягів виробництва

Відсоток заміщення	Вартість системи, грн.		
	ФЕУ	ВЕУ	ВСЬОГО
ВЕУ 100	-	2795597	2795597
ФЕУ 10 / ВЕУ 90	237444	2515095	2752539
ФЕУ 20 / ВЕУ 80	474888	2236794	2711682
ФЕУ 30 / ВЕУ 70	712332	1956236	2668568

Визначимо за енергетичними показниками номінальну потужність кожної із вказаних систем (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 - Розрахунок номінальної потужності енергетичних систем з різним рівнем заміщення обсягів виробництва

Відсоток заміщення	Номінальна потужність системи, кВт		
	ФЕУ	ВЕУ	ВСЬОГО
ВЕУ 100	-	58	58
ФЕУ 10 / ВЕУ 90	8	52	60
ФЕУ 20 / ВЕУ 80	16	47	62
ФЕУ 30 / ВЕУ 70	24	41	65

Для можливості порівняння ефективності від застосування сонячної та вітрової енергії проведемо їх порівняльний аналіз за терміном окупності.

Термін окупності капіталовкладень у систему енергозабезпечення, яка базується лише на вітроелектричній установці можна визначити як

$$T_{ок} = \frac{Z_{кап}}{E_p - B_{не}}, \quad (5.2)$$

де $Z_{кап}$ – капітальні затрати на систему, грн.;

E_p – річний економічний ефект, грн.;

$B_{не}$ – вартість недовиробленої електроенергії, грн.;

Отже, отримаємо

$$T_{ок} = \frac{2795597}{523999-6910} = 5,41 \text{ років.}$$

Для гібридних варіантів отримаємо:

- ФЕУ 10 / ВЕУ 90 – 5,85 років;
- ФЕУ 20 / ВЕУ 80 – 5,78 років;
- ФЕУ 30 / ВЕУ 70 – 5,9 років.

Стосовно терміну окупності, який виконаний для порівняльного аналізу ефективності установок, то даний розрахунок виконаний без

врахування динаміки росту цін на традиційні енергоносії, а тому має лише орієнтовний характер, який тільки відображає відносний рівень ефективності однієї установки відносно іншої.

5.2 Розрахунок екологічної ефективності застосування засобів відновлюваної енергетики

Ефективність системи електропостачання з використанням відновлюваних джерел енергії оцінюється як за економічними, енергетичними та екологічними критеріями. Останній критерій часто подають через узагальнений показник – зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу відносно попередніх технологій.

Цей показник часто є дуже важливим для невеликих сільськогосподарських об'єктів, малого чи середнього бізнесу, який задіяний у галузі оздоровлення, класичного, сільського чи зеленого туризму, власників дач у віддаленій місцевості екологічні переваги часто є головними критеріями успішної діяльності. Держава у цілому також зацікавлена у використанні відновлюваних джерел енергії через зменшення витрат на традиційні енергоносії, загальне зменшення викидів парникових газів у атмосферу при їх спалюванні. Як наслідок держава отримує прямий прибуток від продажу квот на шкідливі викиди.

Проведемо розрахунок для системи електропостачання з використанням сонячної фотоелектричної та вітроелектричної установок.

Кількість умовного палива m у кг, яка економиться протягом року розраховують множенням середньорічної продуктивності W_{el}^p фотоелектричної або вітроелектричної установок на коефіцієнт заміщення електроенергії 0,351:

$$m = 0,351 \cdot W_{el}^P, \text{ кг} \quad (5.3)$$

Отже, отримаємо для

$$m = 0,351 \cdot 77976 = 27\,370 \text{ кг умовного палива};$$

Використання гібридної установки запобігає викидам в атмосферу вуглекислого газу, масу M (кг) якого розрахуємо за формулою:

$$M = \frac{0,351 \cdot W_{el}^P \cdot 44}{12} = 1,287 \cdot W_{el}^P. \quad (5.4)$$

Остаточно отримаємо:

$$M = 1,287 \cdot 77976 = 100355 \text{ кг CO}_2.$$

Всього гібридною установкою буде заміщено 27370 кг умовного палива і 100355 кг вуглекислого газу.

Вартість квот на емісію CO_2 визначаємо за формулою

$$B_{CO_2} = \sum M \cdot C_{CO_2}, \quad (5.5)$$

де C_{CO_2} - ціна квот на викиди CO_2 , грн./кг. Середня світова ціна становить

$$C_{CO_2} \approx (8 - 10) \cdot 10^{-3} \text{ Євро/кг.}$$

Відтак, отримаємо

- мінімальне значення

$$B_{CO_2} = 100355 \cdot 296 \cdot 10^{-3} = 29\,705 \text{ грн.}$$

- максимальне значення

$$B_{CO_2} = 100355 \cdot 370 \cdot 10^{-3} = 37\,131 \text{ грн.}$$

Як видно з отриманих розрахунків, є певні підстави вважати, що застосування енергоощадної системи електрозабезпечення тваринницької ферми буде ефективним рішенням.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Постійне зростання вартості енергетичних ресурсів призводить до поетапного переходу у сфері енергетики до використання відновлюваних джерел енергії. Це дозволяє зменшити залежність від викопних видів палива, поліпшити екологічні показники природного середовища та забезпечити потреби сучасних технологій в енергії для господарства. Зрозуміло, що це визначатиме необхідність нових стандартів і підходів до організації систем енергозабезпечення, зокрема, електропостачання.

В рамках дослідження тваринницької ферми передбачено реалізацію часткового або повного електропостачання за допомогою засобів відновлюваної енергії. Особливо перспективними є сонячна та вітрова енергії, які, працюючи взаємодією, можуть забезпечити певний рівень сталості у виробництві електроенергії.

На підставі технологічного розрахунку було визначено обсяги споживання електричної енергії для потреб електрообладнання, гарячого водопостачання та освітлення.

Згідно з розрахунками, виконаними у другому розділі, для технологічних потреб електропостачання необхідно згенерувати наступні обсяги електроенергії: 44199 кВт·год. для електрообладнання технологічних процесів на фермі, для приготування гарячої води - 16605 кВт·год. та 17172 кВт·год. для систем освітлення. Загальна кількість необхідної електроенергії складає 77976 кВт·год.

Для впровадження проекту електрогенерації з використанням відновлюваних джерел енергії проведено аналіз природних енергетичних ресурсів вітрового потоку та сонячного випромінювання.

На основі середньомісячної швидкості вітру в досліджуваному регіоні був розрахований природний потенціал вітрового потоку, який складає 480,84 кВт·год./м² на сприймаючій поверхні для мережевої системи. Ця

система визначена як основний варіант будівництва енергетичної системи. Щодо сонячної енергії, для даного регіону отримано ймовірне надходження сонячної енергії на рівні 271,06 кВт·год./м² для сприймаючої поверхні мережевої системи. Отримані результати свідчать про перспективність використання відновлюваних джерел енергії в цьому регіоні.

Було проведено розрахунки параметрів технічних засобів для електрогенерації за допомогою вітроелектричних та сонячних фотоелектричних установок при їхньому незалежному використанні.

За результатами розрахунків виявили, що габаритна потужність вітроелектричної установки складатиме 58 кВт. Габаритна потужність сонячної фотоелектричної установки дорівнюватиме 80 кВт. З точки зору рівня енергозабезпечення, вітроелектрична установка при її незалежному використанні виявила більш оптимальні результати, що відображено у рівні недовиробництва електричної енергії на рівні 6910 кВт·год. Щодо сонячної фотоелектричної установки, розмір недовиробництва електричної енергії становитиме 23355 кВт·год.

З метою визначення можливості створення гібридної системи електропостачання для досліджуваного об'єкта з використанням вітроелектричної та сонячної фотоелектричної установок, були проведені розрахунки параметрів гібридної енергетичної системи з різним рівнем заміщення від кожного джерела. Зокрема, вивчалися такі варіанти: ФЕУ – 10% / ВЕУ – 90%, ФЕУ – 20% / ВЕУ – 80%, ФЕУ – 30% / ВЕУ – 70%.

Графічні представлення енергетичних балансів показали, що найменший рівень недовиробництва електроенергії досягається у випадку моно валентного використання вітроелектричної установки. А серед гібридних варіантів комбінації системи з рівнем заміщення ФЕУ – 10% / ВЕУ – 90%,. Цей варіант гібридної системи може бути обраний за основу. Проте, вирішення про використання певної структурної схеми системи не повинно

базуватися лише на цьому критерії, і також необхідно провести техніко-економічний аналіз інших розглянутих варіантів.

Для забезпечення безпечних умов праці, слід належну увагу приділяти заходам охорони праці. Був проведений аналіз стану техніки безпеки, і були розроблені відповідні заходи для його поліпшення. Також було розглянуто заходи щодо захисту цивільного населення у надзвичайних ситуаціях.

Для оцінки чисто економічних вигід від впровадження засобів відновлювальної енергетики в систему енергопостачання досліджуваного підприємства проведено економічну оцінку річного фінансового виграшу.

Отже, незалежно від рівня заміщення конкретного джерела у системі, вартість виробленої електричної енергії застосовуючи звичайний тариф складала 523 999 грн. Згідно з різними варіантами гібридних систем, термін окупності капіталовкладень у енергетичну систему коливався від 5,41 років для використання вітроелектричної установки у моноваріантному сценарії до 5,9 років для варіанта ФЕУ 30 / ВЕУ 70, при умові обчислення вартості електроенергії за звичайним тарифом.

Також був проведений розрахунок екологічного виграшу від використання засобів відновлювальної енергетики шляхом заміщення умовного палива та зниження викидів вуглекислого газу. Загалом, гібридною установкою буде заміщено 27370 кг умовного палива та зменшено викиди 100355 кг вуглекислого газу. Це дозволить отримати додаткові кошти у розмірі від 29705 до 37131 грн., в залежності від поточної ціни квот на викиди вуглекислого газу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. POWER Data Access Viewer. Prediction Of Worldwide Energy Resource – [Electronic resource]. Загол. з титул екрану. Access mode: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
2. Szymanski B. Instalacje fotowoltaiczne. Wydanie III. Krakow: Redakcja GLOBEnergia, 2014. 249 s.
3. Tytko R. Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej. Wydanie piąte uzupełnione. Krakow: Wydawnictwo i Drukarnia Towarzystwa Słowaków w Polsce, 2014. 671 s.
4. Гальчак В. П., Боярчук В. М. Альтернативні джерела енергії. Енергія Сонця. Львів: вид. ЛНАУ, 2008. 135 с.
5. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: Навч. посіб. Львів: "Магнолія 2006", 2008. 88 с.
6. Коробко О. В., Троян Ю. І. Методичні вказівки до практичної роботи "Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій на виробництві" з дисципліни "Охорона праці в галузі" для студентів всіх форм навчання. Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. 18 с.
7. Кудря С. О., Головка В. М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії: навч. посіб. К. : НТУУ "КПІ", 2011. 184 с.
8. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч. К. : НТУУ "КПІ", 2012. 492 с.
9. Серіков Я. О. Основи охорони праці: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти. Харків : ХНАМГ, 2007. 227с.
10. Сиротюк С. В. Оцінка надходження відновлюваних джерел енергії на сприймаючу поверхню. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни "Проектування і обслуговування систем відновлюваної енергетики" для студентів спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Львів : ЛНАУ, 2015. 17 с.

11. Сиротюк С. В. Проектування і обслуговування вітроелектричних систем. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни "Проектування і обслуговування систем відновлюваної енергетики" для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Львів : ЛНАУ, 2015. 17 с.
12. Сиротюк С. В. Проектування і обслуговування сонячних систем електропостачання. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни "Проектування і обслуговування систем відновлюваної енергетики" для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Львів : ЛНАУ, 2015. 17 с.
13. Сиротюк С. В., Боярчук В. М., Гальчак В. П. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру. Львів: "Магнолія 2006", 2017. 182 с.