Заклад вищої освіти „Подільський державний університет”
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«КОМПЛЕКСНЕ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ»

Виконав:
здобувач вищої освіти денної форми навчання освітнього ступеня «Бакалавр», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ВЕЛИЧКО Сергій Вікторович

Керівник канд.техн.наук, доцент
ДУМАНСЬКИЙ Олександр Васильович

Оцінка захисту:
Національна шкала _____
Кількість балів_____Шкала ECTS _____
«___» _____ 2026 р.

Допускається до захисту:
«___» _____ 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
канд. техн. наук, доцент **Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2026

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП 7

1. АНАЛІЗ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ТЕПЛИЧНИХ ГОСПОДАРСТВ 8

1.1 Аналіз існуючих моделей енергопостачання в теплицях 8

1.2 Класифікація й характеристика альтернативних джерел енергії 10

1.3 Міжнародний досвід впровадження альтернативних джерел енергії в тепличних системах 16

Висновки до розділу 1 23

2. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЕПЛИЦІ 24

2.1 Кліматичні умови регіону й оцінка енергетичних потреб теплиці 24

2.2 Вибір поновлюваних джерел і характеристика обладнання 29

2.3 Схема системи, режими роботи та інтеграція компонентів 33

2.4 Розрахунок потужностей і складання енергетичного балансу 37

2.5 Оптимізація роботи системи з урахуванням сезонних коливань 43

Висновки до розділу 2 45

3 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ 46

3.1 Вихідні економічні параметри 46

3.2 Розрахунок інвестиційних та експлуатаційних витрати 47

3.3 Розрахунок економічного ефекту 47

3.4 Оцінка собівартості енергії 48

3.5 Строк окупності проєкту 49

3.6 Додаткові показники інвестиційної ефективності 49

3.7 Порівняння системи ВДЕ з традиційними джерелами енергії 49

3.8 Перспективи розвитку системи 52

Висновки до розділу 3 53

Стор.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	54
4.1 Аналіз ризиків та заходи безпеки	54
4.2 Екологічний контроль і технічний нагляд	55
Висновки до розділу 4	58
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62
ДОДАТКИ	64

ВСТУП

Сучасні тепличні комплекси зіштовхуються з двома ключовими проблемами: зростання цін на енергоносії та ризик їх перебоїв, а також нагальна потреба у суттєвому зменшенні викидів парникових газів, як це передбачено міжнародними кліматичними зобов'язаннями.

При використання традиційних методів опалення та освітлення в тепличних господарствах, які вимагають значних витрат на енергію, більше не є раціональним. Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) відкривають нові горизонти, поєднуючи стабільне енергопостачання з низькими експлуатаційними та екологічними витратами. Передові технології - від сонячних колекторів до біогазових установок і теплових насосів - довели свою ефективність у підтримці оптимального мікроклімату в теплицях, скороченні споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів та зменшенні викидів шкідливих речовин.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є комплексне енергозабезпечення теплиці фермерського господарства «Еко-Врожай» площею 2500 м² з використанням альтернативної енергії.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «Бакалавр» було розроблено модель автономної енергетичної системи для тепличного комплексу площею 2500 м² на основі альтернативних джерел енергії. Основною метою роботи стало створення енергонезалежного рішення, здатного забезпечувати стабільну роботу господарства в умовах обмеженого або повністю відсутнього централізованого енергопостачання.

У ході роботи проаналізовано сучасні підходи до використання відновлюваних джерел енергії в аграрному секторі. Проведене дослідження показало, що найбільш ефективними є комбіновані системи, які поєднують декілька джерел генерації та накопичення енергії. На цій основі сформовано концепцію гібридної енергосистеми, що об’єднує сонячну електростанцію, біогазову установку, теплові насоси, сонячні колектори та акумуляторні системи в єдину автоматизовану структуру керування.

У технічній частині роботи виконано проєктування комплексу енергозабезпечення, до складу якого входять фотоелектрична станція потужністю близько 60 кВт, біогазова установка, два теплові насоси по 20 кВт, система сонячних колекторів, акумуляторні батареї, теплоакумулятор та резервний дизельний генератор. Для контролю та оптимізації роботи системи передбачено використання автоматизованої системи моніторингу та дистанційного керування.

Система забезпечує високий рівень енергетичної автономності тепличного господарства, дозволяє повністю покривати потреби в електроенергії у літній період та підтримувати необхідний температурний режим упродовж року. Річний обсяг генерації електричної енергії становить понад 100 тис. кВт·год, а теплова енергія забезпечує потреби теплиці в опаленні та підтриманні мікроклімату.

Проведений економічний аналіз показав доцільність впровадження запропонованої системи. Визначено обсяги капітальних та експлуатаційних витрат, а також розраховано основні показники інвестиційної ефективності. Отримані значення NPV, IRR, PI та LCOE підтверджують економічну перспективність проєкту та його конкурентоспроможність порівняно з традиційними джерелами енергії. Незважаючи на значні початкові вкладення, система дозволяє суттєво скоротити витрати на енергоресурси у довгостроковій перспективі.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці та екологічної безпеки. У роботі визначено основні виробничі ризики, пов’язані з експлуатацією енергетичного обладнання, та запропоновано комплекс технічних і організаційних заходів для їх мінімізації. Передбачено застосування систем автоматичного захисту, газового контролю, аварійного відключення та дистанційного моніторингу параметрів роботи обладнання.

Екологічна оцінка показала, що використання відновлюваних джерел енергії сприяє значному скороченню викидів парникових газів, зменшенню споживання викопного палива та ефективній утилізації органічних відходів за допомогою біогазової установки. Це дозволяє підвищити екологічність тепличного виробництва та забезпечити відповідність сучасним вимогам сталого розвитку.

Таким чином, розроблена система комплексного енергозабезпечення є технічно реалізованою, економічно обґрунтованою та екологічно доцільною. Запропоноване рішення може бути використане для модернізації існуючих тепличних господарств, а також для створення нових автономних аграрних комплексів в Україні. Отримані результати мають практичне значення для розвитку енергонезалежного сільського господарства та можуть бути основою для подальших досліджень у сфері інтеграції альтернативних джерел енергії в агропромисловий сектор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20.02.2003 № 555-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/555-15
2. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи сонячного теплопостачання. Проектування та монтаж».
3. Правила улаштування електроустановок. Четверте видання, перероблене й доповнене — Х.: Вид-во «Форт», 2017.— 736 с.
4. Методичні рекомендації з підготовки дипломних проектів освітнього ступеня «Бакалавр» / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, О.В.Ткач та ін. (За загальною редакцією Михайлової Л.М., Гарасимчука І.Д.) – ПДАТУ, 2019. – 38 с.Бабич В.Л., Ільченко С.М. Енергозбереження в тепличному господарстві: монографія. — К.: НАУ, 2019.
5. Буряков О.В., Козаченко О.О. Перспективи впровадження поновлюваних джерел енергії в аграрному секторі України // Вісник аграрної науки. — 2021. — № 4. — С. 38–45.
6. Шапаренко О.А., Гордієнко М.І. Сучасні системи енергозабезпечення тепличних комплексів з використанням ПДЕ // Енергетика: економіка, технології, екологія. — 2020. — № 2(64). — С. 22–30.
7. Левченко В.І. Аналіз кліматичних факторів при виборі типу енергоефективної теплиці в умовах України // Техніка, енергетика, транспорт АПК. — 2022. — № 3. — С. 17–25.
8. Національна академія аграрних наук України. Стратегія сталого розвитку аграрної енергетики України на період до 2030 року. — К.: НААН, 2020.
9. Гуменюк В.В., Ігнатенко І.Ю. Розвиток відновлюваної енергетики в сільському господарстві України: технічні та економічні аспекти // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія. — 2021. — № 25. — С. 72–81.

10. Храбан Г.І., Савченко Ю.О. Потенціал біоенергетики в агропромисловому секторі України // Агроінженерія. — 2022. — № 4. — С. 11–18.

11. Ревенко І.О. Вдосконалення систем управління тепловими процесами в теплицях з урахуванням сучасних енергетичних технологій // Енергетика та автоматика. — 2020. — № 3(51). — С. 45–53.

12. Кальченко С.В., Орлик С.В. Моделювання енергоспоживання тепличного комплексу з урахуванням ПДЕ // Технічні науки та технології. — 2021. — № 1(23). — С. 60–68.

13. Кириленко О.В., Блінов І.В., Пархуць Л.Т. Відновлювана енергетика та енергоефективність : навчальний посібник. – Київ : Інститут електродинаміки НАН України, 2021. – 420 с.

14. Денисюк С.П. Енергозбереження та енергетичний менеджмент : підручник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 408 с.

15. Лут М.Т., Мироненко В.Г., Бурлака С.А. Електропостачання і електрообладнання аграрних підприємств : навчальний посібник. – Київ : Компринт, 2021. – 356 с.

16. Калетнік Г.М. Біоенергетика та енергетична незалежність агропромислового комплексу : монографія. – Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2020. – 684 с.

17. Желєзна Т.А., Гелетуха Г.Г. Біогазові технології в агропромисловому виробництві : навчальний посібник. – Київ : Біоенергетична асоціація України, 2019. – 256 с.

18. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. Практичний посібник з виробництва та використання біогазу. – Київ : БАУ, 2021. – 310 с.

19. Тіщенко Л.М. Електротехнології в агропромисловому виробництві : навчальний посібник. – Київ : Центр навчальної літератури, 2020. – 312 с.

20. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи : підручник. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 540 с.

21. Соловей О.І., Шевченко В.В. Сонячна енергетика : теорія та практика : навчальний посібник. – Київ : Каравела, 2021. – 310 с.