

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

відділення "Інженерної інфраструктури та комп'ютерних наук"

Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"

До захисту допущений
Завідувач відділення

Лавріщев О.О.

«__» _____ 2025 року

Пояснювальна записка

до дипломного проекту
освітньо-професійний ступінь фаховий молодший бакалавр
на тему: "Модернізація системи енергозабезпечення офісного
приміщення"

Виконав: здобувач освіти IV курсу, групи Е -41
спеціальності

141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

_____ Сич М.М.

Керівник роботи _____ Дурас М.В.

Консультант з охорони праці _____ к.т.н. Нездвецька І.В.

Консультант з економічної частини _____ Мельничук В.В.

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення " Інженерної інфраструктури та комп'ютерних наук "

Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"

Галузь знань 14 "Електрична інженерія"

Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
освітньо-професійний ступінь фаховий молодший бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувачка кафедри

І.В. Нездвецька

“ ” 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧА ОСВІТИ

Сича Максима Михайловича

1. Тема проекту: "Модернізація системи енергозабезпечення офісного приміщення"

керівник проекту Дурас Марія Володимирівна,

затверджені наказом навчального закладу від "03" грудня 2024 року № 495-н

2. Строк подання студентом проекту "10" червня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту: характеристика та обстеження підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Загальна частина.

2. Розрахункова частина.

3. Економічна частина.

4. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Енергозабезпечення офісного приміщення схема структурна.

2. Підключення СЕС. Схема електрична принципова.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ1	Дурас М.В. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	
Розділ2	Дурас М.В. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	
Розділ3	Мельничук В.В. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	
Розділ4	Нездвецька І.В. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	
ГЧ та технічна документація.	Дурас М.В. викладач спеціальних дисциплін.	27 січня 2025р.	

7. Дата видачі завдання “27” січня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ.	05.05.2025р.	
2.	Розділ 1.	12.05. 2025р.	
3.	Розділ 2.	19.05. 2025р.	
4.	Розділ 3.	24.05. 2025р.	
5.	Розділ 4.	26.05. 2025р.	
6.	ГЧ1. Станок багатоцільовий токарний ТМЦ-200 схема кінематична	02.06. 2025р	
7.	ГЧ2. Електропривод с ПЧ схема електрична функціональна	02.06. 2025р	

Здобувач освіти _____ Сич М.М.

Керівник проекту _____ Дурас М.В.

[illegible]

“Модернізація системи енергозабезпечення офісного приміщення”

РЕФЕРАТ

Робота включає в себе пояснювальну записку та графічну частину. Пояснювальна записка містить 50 сторінок формату А4, 2 плакати формату А1.

В дипломному проєкті проведено аналіз кліматичної зони Житомирщини, визначено оптимальні джерела відновлювальної енергії. Проведено аналіз та співставлено за допомогою вагових коефіцієнтів рівень та відсоток поєднання різних типів джерел альтернативної енергетики.

Проведено порівняльний аналіз та вибрано серед представленої на ринку апаратури. Здійснено економічні розрахунки та враховано екологічний вплив на оточуюче середовище. В проєкті висвітлено питання охорони праці, які дотичні саме до такого типу джерел енергозабезпечення.

ЗМІСТ

Вступ	5
1 Аналіз існуючих рішень альтернативного енергозабезпечення	9
1.1 Сонячна енергетика	9
1.2 Вітрова енергетика	10
1.3 Геотермальна енергетика	11
1.4 Біоенергетика	12
1.5 Системи акумулювання енергії	13
2 Обґрунтування вибору оптимального рішення	14
2.1 Кліматичні умови Житомирської області	14
2.2 Багатокритеріальний аналіз варіантів	16
2.3 Висновки щодо вибору	17
3 Розрахункова частина	18
3.1 Енергетичний аудит існуючої системи	18
3.2 Розрахунок сонячної фотоелектричної системи	19
3.3 Розрахунок теплового насоса	19
3.4 Розрахунок системи акумулювання	20
3.5 Розрахунок інвертора	21
3.6 Детальний аналіз споживання електроенергії	21
3.7 Розрахунок сонячної генерації	23
4 Вибір обладнання та проектування системи	26
5 Економічна частина	35
6 Охорона праці	42
Висновки	46
Список використаних джерел	49

					ДП 14.104.1032 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Модернізація системи енергозабезпечення офісного приміщення			
Розробив	Сич М.М.							
Перевірив	Дукас М.В.							
Реценз.								
Н. контр.	Антончук Б.О.							
Затвердив	Лавріщев О.О.				ЖАТФК зр. Е-41			

ВСТУП

У сучасних умовах динамічного розвитку технологій та зростаючих вимог до енергоефективності, питання модернізації систем енергозабезпечення офісних приміщень набуває особливої актуальності. Офісні будівлі споживають значну частину загального обсягу електроенергії в комерційному секторі, що робить їх оптимізацію критично важливою для досягнення цілей сталого розвитку та економічної ефективності.

Традиційні системи енергозабезпечення, розроблені десятиліття тому, часто не відповідають сучасним стандартам енергоефективності та екологічним вимогам. Застарілі технології, неефективне освітлення, застарілі системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC), а також відсутність інтелектуальних систем управління призводять до надмірного споживання енергії та значних експлуатаційних витрат.

Водночас, сучасні офісні приміщення повинні забезпечувати комфортні умови праці для співробітників, підтримувати високу продуктивність та відповідати строгим екологічним стандартам. Це створює необхідність у комплексному підході до модернізації систем енергозабезпечення, який враховує як технічні, так і економічні аспекти.

Сучасні офісні приміщення стикаються з рядом серйозних викликів у сфері енергозабезпечення. Перш за все, це зростаючі тарифи на електроенергію, які змушують організації шукати способи оптимізації енергоспоживання. Крім того, посилення екологічних вимог та необхідність дотримання міжнародних стандартів енергоефективності створюють додатковий тиск на власників та управляючих офісних будівель.

					ДП 14.104.1.032 ПЗ		
Змн	Арк	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розробив	Сич М.М.				ВСТУП	Літ.	Арк.
Перевірив	Дурас М.В.						5
Реценз.							
Н. контр.	Антипчук Б.О.						
Затвердив	Лаврішєв О.О.					ЖАТФК зр. Е-41	

Одним з ключових викликів є застарілість існуючої інфраструктури. Багато офісних будівель були збудовані в часи, коли енергоефективність не була пріоритетом, і їх системи енергозабезпечення потребують кардинального оновлення. Це включає заміну застарілого обладнання, модернізацію електричних мереж, впровадження сучасних систем освітлення та автоматизації.

Ще одним важливим аспектом є необхідність забезпечення надійності енергопостачання. Сучасні офіси залежать від безперебійної роботи комп'ютерних систем, серверів та іншого критично важливого обладнання. Будь-які перебої в енергопостачанні можуть призвести до значних фінансових втрат та порушення робочих процесів.

Модернізація систем енергозабезпечення офісних приміщень має величезний потенціал для досягнення значних енергозбережень. Згідно з дослідженнями міжнародних енергетичних агентств, правильно спланована модернізація може зменшити споживання енергії на 20-50% без втрати комфорту або функціональності.

Основними напрямками енергозбереження є впровадження енергоефективного освітлення, оптимізація систем опалення та кондиціонування, модернізація будівельної оболонки та впровадження інтелектуальних систем управління. LED-освітлення, наприклад, може зменшити споживання електроенергії на освітлення на 60-80% порівняно з традиційними лампами розжарювання.

Економічні переваги модернізації виходять далеко за межі простого зменшення рахунків за електроенергію. Покращення енергоефективності підвищує вартість нерухомості, знижує операційні витрати, покращує корпоративний імідж та може надати доступ до різних фінансових стимулів та субсидій. Крім того, сучасні енергоефективні офіси часто

					ДП 14.104.1032 ПЗ	Адк
МН.	РК	№докум.	Підпис	Дата		

характеризуються вищою продуктивністю співробітників через покращення якості внутрішнього середовища.

Сучасний ринок пропонує широкий спектр технологічних рішень для модернізації систем енергозабезпечення. Інтелектуальні системи управління будівлею (BMS) дозволяють автоматизувати та оптимізувати роботу всіх інженерних систем, забезпечуючи максимальну енергоефективність при мінімальному втручанні персоналу.

Розвиток технологій відновлюваної енергетики відкриває нові можливості для офісних будівель. Сонячні панелі, системи накопичення енергії та мікро-вітрові установки можуть значно зменшити залежність від централізованого енергопостачання та забезпечити часткову автономність.

Особливе місце займають технології "розумного" управління енергоспоживанням, які використовують датчики присутності, аналіз даних та машинне навчання для оптимізації роботи систем у реальному часі. Ці технології дозволяють досягти максимальної ефективності при мінімальних витратах на обслуговування.

Модернізація систем енергозабезпечення офісних приміщень повинна відповідати чинним нормативно-правовим актам та технічним стандартам. В Україні діють державні будівельні норми (ДБН), які регламентують вимоги до енергоефективності будівель, а також міжнародні стандарти, такі як ISO 50001 з енергетичного менеджменту.

Важливим аспектом є дотримання вимог з енергетичної сертифікації будівель. Згідно з європейськими директивами, офісні будівлі повинні мати енергетичний сертифікат, який визначає їх енергоефективність та надає рекомендації щодо покращення.

					ДП 14.104.1032 ПЗ	Арк
						7
Змн.	Арк	№докум.	Підпис	Дата		

Крім того, необхідно враховувати вимоги до безпеки, екологічності та доступності, які можуть впливати на вибір технічних рішень та підходів до модернізації.

Основною метою модернізації системи енергозабезпечення офісного приміщення є створення ефективної, надійної та екологічно відповідальної системи, яка забезпечить оптимальні умови праці при мінімальних енергетичних витратах та експлуатаційних витратах.

Ключові завдання включають: проведення енергетичного аудиту для визначення поточного стану та потенціалу енергозбереження; розробку комплексної стратегії модернізації з урахуванням технічних, економічних та екологічних факторів; впровадження сучасних енергоефективних технологій та обладнання; створення систем моніторингу та управління енергоспоживанням; забезпечення відповідності сучасним стандартам та нормативам.

Успішна реалізація цих завдань дозволить не тільки досягти значних енергозбережень та економічних переваг, але й створить комфортне та продуктивне робоче середовище, яке відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та корпоративної соціальної відповідальності.

					ДП 14.104.1032 ПЗ	Адж
						8
Змн.	Адж	№докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1.1 Сонячна енергетика

1.1.1 Фотоелектричні системи

Фотоелектричні панелі перетворюють сонячне випромінювання безпосередньо в електричну енергію. Ефективність сучасних кремнієвих панелей становить 18-22% [2].

Основні типи фотоелектричних панелей:

- Монокристалічні (ККД 18-22%)
- Полікристалічні (ККД 15-18%)
- Тонкоплівкові (ККД 10-12%)



Рис 1.1 – Зовнішній вигляд фотоелектричних панелей.

Переваги:

- Відсутність рухомих частин
- Низькі експлуатаційні витрати
- Термін служби 25-30 років
- Можливість модульного розширення

Недоліки:

- Залежність від погодних умов
- Зниження ефективності при підвищенні температури
- Високі початкові капіталовкладення

1.1.2 Сонячні колектори

Сонячні колектори використовуються для нагрівання води та опалення приміщень. Розрізняють плоскі та вакуумні колектори [3].



Рис 1.2 – Зовнішній вигляд сонячного колектора.

Ефективність колекторів:

- Плоскі колектори: 50-70%
- Вакуумні колектори: 60-80%

1.2 Вітрова енергетика

1.2.1 Малі вітрові установки

Для об'єктів комерційної нерухомості застосовуються малі вітрові установки потужністю до 100 кВт [4].

					ДП 14.104.1.032 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Типи вітрових турбін:

- Горизонтально-осьові
- Вертикально-осьові (Савоніуса, Дар'є)



а



б

Рис 1.3 – Зовнішній вигляд вітрових турбін: а – горизонтально-осьові, б – вертикально-осьові.

Потужність вітроустановки розраховується за формулою:

$$P = 0.5 \times \rho \times A \times V^3 \times C_p \times \eta_g \quad (1.1)$$

де Р - потужність, Вт

ρ - щільність повітря, кг/м³ (1.225 кг/м³)

A - площа, що обмітається ротором, м²

V - швидкість вітру, м/с

C_p - коефіцієнт використання енергії вітру (0.35-0.45)

η_g - ККД генератора (0.85-0.95)

1.3 Геотермальна енергетика

1.3.1 Теплові насоси

					ДП.14.1.04.1.032. ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплові насоси використовують стабільну температуру ґрунту (8-12°C) для опалення та охолодження приміщень [5].



Рис 1.4 – Зовнішній вигляд теплового насоса.

Коефіцієнт перетворення (COP) теплового насоса:

$$\text{COP} = Q_h / W \quad (1.2)$$

де Q_h - теплова потужність, кВт

W - споживана електрична потужність, кВт

Типи геотермальних систем:

- Горизонтальний геотермальний контур
- Вертикальний геотермальний контур
- Водний теплообмінник

1.4 Біоенергетика

1.4.1 Біогазові установки

Біогазові установки доцільні при наявності органічних відходів.

Потужність установки залежить від кількості сировини [6].



Рис 1.5 – Зовнішній вигляд біогазової установки.

Вихід біогазу розраховується за формулою:

$$V_{\text{біогаз}} = m \times k \times \eta \quad (1.3)$$

де m - маса органічної сировини, кг

k - питомий вихід газу, $\text{м}^3/\text{кг}$

η - ефективність процесу

1.5 Системи акумулювання енергії

1.5.1 Електрохімічні накопичувачі

Основні типи акумуляторів:

- Свинцево-кислотні
- Літій-іонні
- Натрій-сірчані



Рис 1.6 – Зовнішній вигляд акумуляторних батарей.

Ємність акумуляторної батареї розраховується:

$$C = P \times t / (DoD \times \eta_{inv} \times \eta_{bat}) \quad (1.4)$$

де C - ємність, кВт·год

P - потужність навантаження, кВт

t - час автономної роботи, год

DoD - глибина розряду

η_{inv} , η_{bat} - ККД інвертора та акумулятора

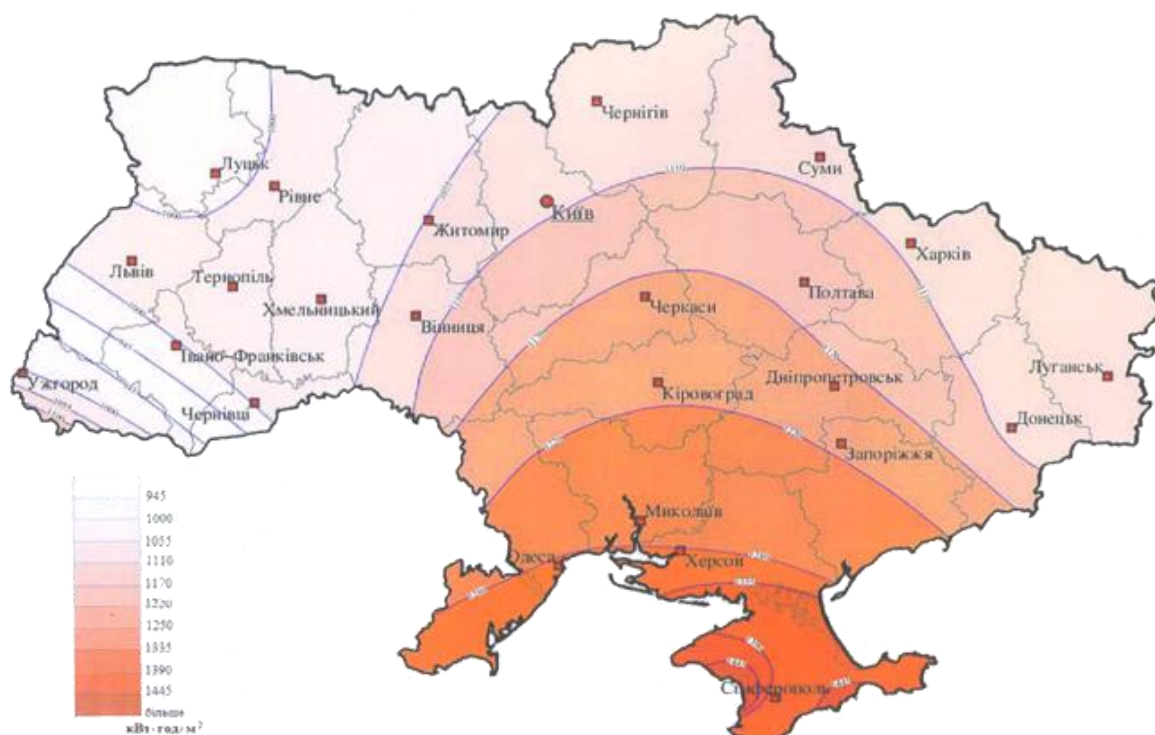
2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО РІШЕННЯ

2.1 Кліматичні умови Житомирської області

Житомирська область розташована в помірному кліматичному поясі з такими характеристиками [7]:

Сонячна інсоляція:

- Річна сума інсоляції: 1200-1300 кВт·год/м²
- Денна інсоляція: 3.3-3.6 кВт·год/м²
- Кількість сонячних днів: 180-200 днів/рік



Розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року
(Національний атлас України. – К.: ДНВП «Картографія», 2007)

Рис.2.1 – Сонячна інсоляція в Україні.

Вітровий потенціал:

- Середня швидкість вітру: 3.5-4.2 м/с
- Висота 10 м над рівнем землі
- Переважаючий напрямок: західний, південно-західний

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

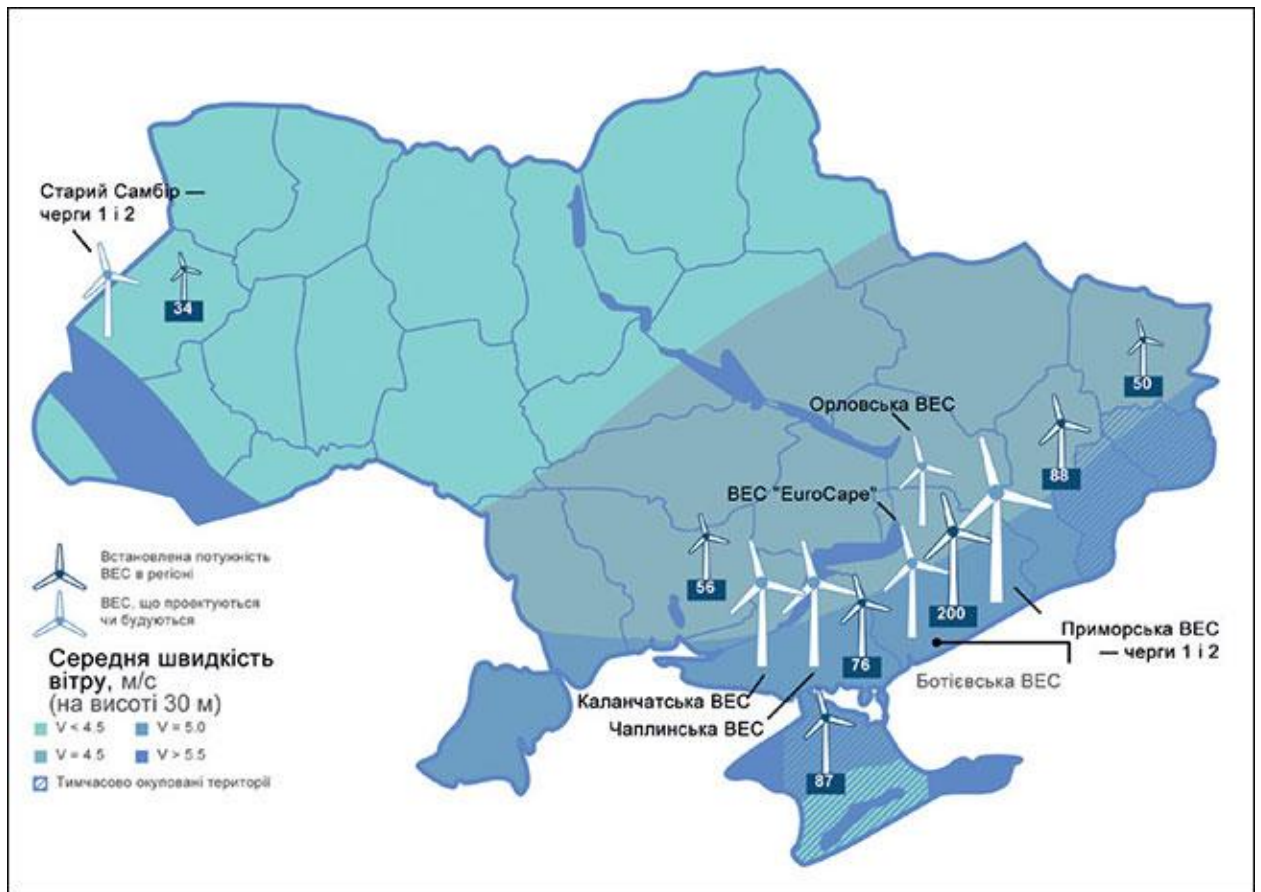


Рис.2.2 – Вітровий потенціал в Україні.

Температурний режим:

- Середня температура: $+7.8^{\circ}\text{C}$
- Температура ґрунту на глибині 2 м: $+8-10^{\circ}\text{C}$

2.2 Багатокритеріальний аналіз варіантів

Для вибору оптимального рішення використовується метод аналізу ієрархій [8].

Критерії оцінки:

1. Економічна ефективність (вага 0.4)
2. Технічна надійність (вага 0.3)
3. Екологічний вплив (вага 0.2)
4. Простота експлуатації (вага 0.1)

Таблиця 2.1 - Матриця рішень.

Варіант	Економіка	Надійність	Екологія	Експлуатація	Сума
Сонячні панелі	8	9	10	9	8.7
Вітроустановка	6	7	9	6	6.9
Тепловий насос	7	8	8	8	7.5
Гібридна система	9	9	10	7	8.8

2.3 Висновок щодо вибору

На основі проведеного аналізу обрано гібридну систему (сонячні панелі + тепловий насос + акумулятори), що забезпечує:

- Максимальну економічну ефективність
- Високу надійність енергопостачання
- Мінімальний екологічний вплив

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Енергетичний аудит існуючої системи

3.1.1 Аналіз споживання електроенергії

Структура споживання:

- Освітлення: 30% (12 кВт)
- HVAC: 40% (16 кВт)
- Офісне обладнання: 20% (8 кВт)
- Інше: 10% (4 кВт)

Таблиця 3.1 - Графік навантажень по місяцях (кВт·год):

Місяць	Споживання	Коефіцієнт
Січень	8500	1.25
Лютий	7800	1.15
Березень	7200	1.06
Квітень	6500	0.96
Травень	6000	0.88
Червень	6800	1.00
Липень	7500	1.10
Серпень	7300	1.07
Вересень	6200	0.91
Жовтень	6800	1.00
Листопад	7500	1.10
Грудень	8200	1.21

Річне споживання: 86,300 кВт·год

3.2 Розрахунок сонячної фотоелектричної системи

3.2.1 Визначення потужності системи

Необхідна потужність системи:

$$P_{\text{сон}} = E_{\text{річн}} / (H_{\text{річн}} \times \eta_{\text{сис}} \times k_{\text{вик}}) \quad (3.1)$$

де $E_{\text{річн}} = 86,300 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ - річне споживання

$H_{\text{річн}} = 1250 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ - річна інсоляція

$\eta_{\text{сис}} = 0.85$ - ККД системи

$k_{\text{вик}} = 0.8$ - коефіцієнт використання

$$P_{\text{сон}} = 86,300 / (1250 \times 0.85 \times 0.8) = 101.5 \text{ кВт}$$

3.2.2 Кількість сонячних панелей

При використанні панелей потужністю 400 Вт:

$$N = P_{\text{сон}} / P_{\text{панель}} = 101,500 / 400 = 254 \text{ панелі}$$

3.2.3 Площа для розміщення панелей

Площа однієї панелі: 2.0 м^2 Загальна площа панелей: $254 \times 2.0 = 508 \text{ м}^2$ З урахуванням затінення (коефіцієнт 1.5): $508 \times 1.5 = 762 \text{ м}^2$

3.3 Розрахунок теплового насоса

4.3.1 Теплові втрати будівлі

Розрахунок теплових втрат через огорожувальні конструкції:

$$Q = \sum(k_i \times F_i \times \Delta T) \quad (3.2)$$

де k_i - коефіцієнт теплопередачі i -ї конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

					ДП.14.104.1032.ПЗ	АДК
						19
ЗМН.	АДК	№докум.	Підпис	Дата		

F_i - площа i -ї конструкції, м^2

ΔT - різниця температур, K

Характеристики огорожень:

- Стіни: $k = 0.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, $F = 600 \text{ м}^2$
- Вікна: $k = 1.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, $F = 120 \text{ м}^2$
- Покрівля: $k = 0.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, $F = 200 \text{ м}^2$
- Підлога: $k = 0.4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, $F = 200 \text{ м}^2$

При $\Delta T = 22^\circ\text{C}$ (внутрішня $+20^\circ\text{C}$, зовнішня -2°C):

$$Q = (0.5 \times 600 + 1.5 \times 120 + 0.3 \times 200 + 0.4 \times 200) \times 22 = 19,360 \text{ Вт} \approx 19.4 \text{ кВт}$$

3.3.2 Потужність теплового насоса

З урахуванням коефіцієнта запасу 1.2:

$$Q_{\text{TH}} = Q \times 1.2 = 19.4 \times 1.2 = 23.3 \text{ кВт}$$

3.4 Розрахунок системи акумулювання

3.4.1 Ємність акумуляторної батареї

Для забезпечення автономної роботи протягом 4 годин при навантаженні 25 кВт:

$$C = P \times t / (\text{DoD} \times \eta_{\text{inv}} \times \eta_{\text{bat}}) \quad (3.3)$$

де $P = 25 \text{ кВт}$

$t = 4 \text{ год}$

$\text{DoD} = 0.8$

$\eta_{\text{inv}} = 0.95$

$\eta_{\text{bat}} = 0.9$

$$C = 25 \times 4 / (0.8 \times 0.95 \times 0.9) = 146 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

3.4.2 Кількість акумуляторів

При використанні акумуляторів 12В, 200 А·год (2.4 кВт·год):

$$N = 146 / 2.4 = 61 \text{ акумулятор}$$

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Розрахунок інвертора

Потужність інвертора:

$$P_{\text{інв}} = P_{\text{навант}} \times k_{\text{одноч}} \times k_{\text{зап}} \quad (3.4)$$

де $P_{\text{навант}} = 40 \text{ кВт}$ - пікове навантаження

$k_{\text{одноч}} = 1.25$ - коефіцієнт одночасності

$k_{\text{зап}} = 1.2$ - коефіцієнт запасу

$$P_{\text{інв}} = 40 \times 1.25 \times 1.2 = 60 \text{ кВт}$$

3.6 Детальний аналіз споживання електроенергії

Розподіл споживання по поверхах

1-й поверх (адміністративна зона):

- Площа: 200 м^2
- Освітлення: $40 \text{ світильників} \times 36 \text{ Вт} = 1,440 \text{ Вт}$
- Комп'ютери: $12 \text{ ПК} \times 150 \text{ Вт} = 1,800 \text{ Вт}$
- Оргтехніка: 800 Вт
- Кондиціонування: 3 кВт
- Загалом: 7.04 кВт

2-й поверх (робочі офіси):

- Площа: 200 м^2
- Освітлення: $50 \text{ світильників} \times 36 \text{ Вт} = 1,800 \text{ Вт}$
- Комп'ютери: $20 \text{ ПК} \times 150 \text{ Вт} = 3,000 \text{ Вт}$
- Оргтехніка: $1,200 \text{ Вт}$
- Кондиціонування: 4 кВт
- Загалом: 10.0 кВт

					ДП.14.1.04.1.032.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3-й поверх (конференц-зали, серверна):

- Площа: 200 м²
- Освітлення: 45 світильників × 36 Вт = 1,620 Вт
- Серверне обладнання: 5 кВт
- Презентаційна техніка: 2 кВт
- Кондиціонування: 5 кВт
- Загалом: 13.62 кВт

Загальні системи:

- Ліфт: 3 кВт
- Зовнішнє освітлення: 1 кВт
- Система безпеки: 0.5 кВт
- Інше: 4.84 кВт
- Загалом: 9.34 кВт

Загальне пікове споживання: 40 кВт

Таблиця 3.2 - Графік типового робочого дня

Час	Навантаження, кВт	Коефіцієнт використання
00:00-06:00	8.5	0.21
06:00-08:00	12.0	0.30
08:00-09:00	28.0	0.70
09:00-12:00	40.0	1.00
12:00-13:00	25.0	0.625
13:00-17:00	38.0	0.95
17:00-19:00	22.0	0.55
19:00-22:00	15.0	0.375
22:00-24:00	10.0	0.25

Середньодобове споживання: $E_{\text{сер.доб}} = (8.5 \times 6 + 12.0 \times 2 + 28.0 \times 1 + 40.0 \times 3 + 25.0 \times 1 + 38.0 \times 4 + 22.0 \times 2 + 15.0 \times 3 + 10.0 \times 2) / 24 = 24.2 \text{ кВт}$

Добове споживання: $24.2 \times 24 = 580.8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$

Сезонні коливання споживання

Коефіцієнти сезонності:

- Грудень-лютий: 1.23 (максимальне споживання через опалення)
- Березень-травень: 0.92 (перехідний період)
- Червень-серпень: 1.08 (кондиціонування)
- Вересень-листопад: 0.98 (перехідний період)

3.7 Розрахунок сонячної генерації

Таблиця 3.3- Місячні значення інсоляції для Житомира

Місяць	Інсоляція, кВт·год/м²/день	Кількість днів	Місячна інсоляція
Січень	1.2	31	37.2
Лютий	2.1	28	58.8
Березень	3.2	31	99.2
Квітень	4.8	30	144.0
Травень	5.9	31	182.9
Червень	6.1	30	183.0
Липень	6.0	31	186.0
Серпень	5.2	31	161.2
Вересень	3.8	30	114.0
Жовтень	2.4	31	74.4
Листопад	1.4	30	42.0
Грудень	1.0	31	31.0
Рік			1313.7

Розрахунок генерації сонячної системи

					ДП.14.1.04.1.032.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлена потужність: 101.5 кВт Коефіцієнт ефективності системи:

0.85

Місячна генерація:

$$E_{\text{ген}} = P_{\text{вст}} \times H_{\text{міс}} \times \eta_{\text{сис}} \times K_{\text{пр}} \quad (3.5)$$

де $P_{\text{вст}} = 101.5$ кВт - встановлена потужність

$H_{\text{міс}}$ - місячна інсоляція, кВт·год/м²

$\eta_{\text{сис}} = 0.85$ - ефективність системи

$K_{\text{пр}} = 1.0$ - коефіцієнт пропорційності

Таблиця 3.4 - Розрахована місячна генерація

Місяць	Генерація, кВт·год
Січень	3,210
Лютий	5,076
Березень	8,557
Квітень	12,424
Травень	15,780
Червень	15,780
Липень	16,044
Серпень	13,912
Вересень	9,834
Жовтень	6,420
Листопад	3,624
Грудень	2,676
Рік	113,337

					ДП.14.1.04.1.032.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 3.5 - Баланс енергії по місяцях

Місяць	Споживання	Генерація	Баланс	Відсоток покриття
Січень	8,500	3,210	-5,290	37.8%
Лютий	7,800	5,076	-2,724	65.1%
Березень	7,200	8,557	+1,357	118.8%
Квітень	6,500	12,424	+5,924	191.1%
Травень	6,000	15,780	+9,780	263.0%
Червень	6,800	15,780	+8,980	232.1%
Липень	7,500	16,044	+8,544	213.9%
Серпень	7,300	13,912	+6,612	190.6%
Вересень	6,200	9,834	+3,634	158.6%
Жовтень	6,800	6,420	-380	94.4%
Листопад	7,500	3,624	-3,876	48.3%
Грудень	8,200	2,676	-5,524	32.6%
Рік	86,300	113,337	+27,037	131.3%

4.1 Вибір сонячних панелей

Рекомендовані виробники:

1. **JA Solar** - JAM72S20 400W

- Потужність: 400 Вт
- ККД: 20.4%
- Гарантія: 25 років
- Вартість: \$0.35/Вт

2. **Longi Solar** - LR4-72HPH 400W

- Потужність: 400 Вт
- ККД: 20.6%
- Гарантія: 25 років
- Вартість: \$0.36/Вт

Обраний варіант: JA Solar JAM72S20 400W

4.2 Вибір інвертора

Рекомендовані варіанти:

1. **SMA** - Sunny Tripower 60 кВт

- Потужність: 60 кВт
- ККД: 98.4%
- Захист: IP65
- Вартість: \$12,000

2. **Fronius** - Symo 50 кВт

- Потужність: 50 кВт
- ККД: 98.1%
- Захист: IP65
- Вартість: \$11,500

Обраний варіант: SMA Sunny Tripower 60 кВт (Рис.4.1)

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк
						26
Змн.	Арк	№докум.	Підпис	Дата		



Рис.4.1 – Гібридний інвертор SMA Sunny Tripower 60 кВт

4.3 Вибір теплового насоса

Рекомендовані варіанти:

1. **Daikin** - EWAQ-B 25 кВт
 - Потужність: 25 кВт
 - COP: 4.2
 - Робоча температура: до -20°C
 - Вартість: \$8,500
2. **Mitsubishi** - Ecodan 25 кВт
 - Потужність: 25 кВт
 - COP: 4.0
 - Робоча температура: до -15°C
 - Вартість: \$8,200

Обраний варіант: Daikin EWAQ-B 25 кВт (Рис.4.2)

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

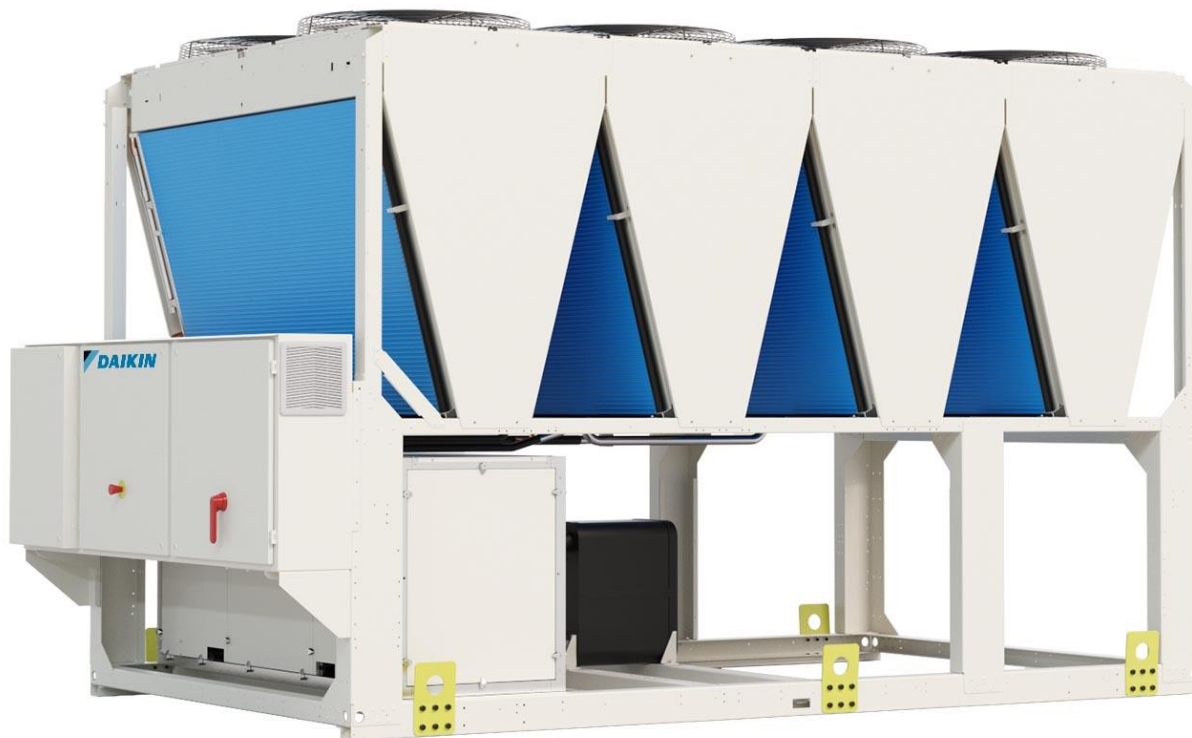


Рис.4.2. – Тепловий насос Daikin EWAQ-B 25 кВт

4.4 Вибір акумуляторів

Рекомендовані варіанти:

1. **Tesla** - Powerwall 2
 - Ємність: 13.5 кВт·год
 - Потужність: 5 кВт
 - Циклів: 5000
 - Вартість: \$7,500
2. **LG Chem** - RESU 16H
 - Ємність: 16 кВт·год
 - Потужність: 7 кВт
 - Циклів: 6000
 - Вартість: \$8,200

Обраний варіант: 12 × LG Chem RESU 16H (192 кВт·год) (Рис.4.3)



Рис.4.3 – Акумуляторна батарея LG Chem RESU 16H

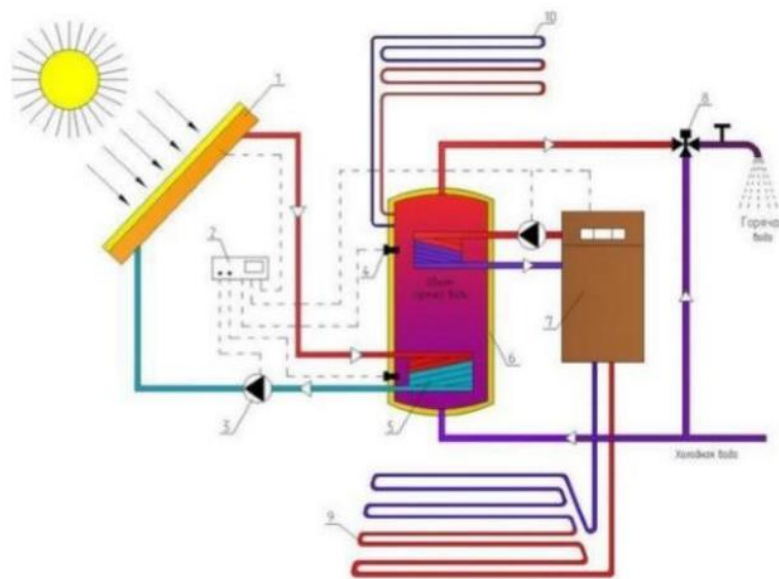


Рис.4.4 – Структурна схема комбінованої системи геліосистема – тепловий насос.

Сонячні панелі JA Solar JAM72S20-400/MR

Таблиця 4.1- Електричні характеристики (STC)

Параметр	Значення	Одиниця
Потужність (P_{max})	400	Вт
Напруга холостого ходу (V_{oc})	49.2	В
Струм короткого замикання (I_{sc})	10.75	А
Напруга в точці максимальної потужності (V_{mpp})	40.6	В
Струм в точці максимальної потужності (I_{mpp})	9.85	А
Ефективність модуля	20.4	%

Таблиця 4.2 - Температурні коефіцієнти

Параметр	Значення
Температурний коефіцієнт потужності	-0.37%/°C
Температурний коефіцієнт Voc	-0.29%/°C
Температурний коефіцієнт Isc	+0.048%/°C
Номінальна робоча температура елементів (NOCT)	45±2°C

Таблиця 4.3 - Механічні характеристики

Параметр	Значення
Розміри	2008 × 1002 × 40 мм
Вага	22.5 кг
Кількість елементів	72 шт
Тип елементів	Монокристалічний Si
Рама	Анодований алюміній
Скло	3.2 мм загартоване
Кабель	4 мм ² , довжина 1200 мм

Сертифікати та гарантії

- Сертифікати: IEC 61215, IEC 61730, CE, TÜV, UL
- Гарантія на продукт: 12 років
- Гарантія на потужність: 25 років (80% від номінальної потужності)

Інвертор SMA Sunny Tripower 60

Технічні характеристики

Вхідні параметри (DC):

- Максимальна потужність: 90 кВт
- Максимальна напруга: 1000 В
- Діапазон напруги MPPT: 270-800 В
- Кількість MPPT трекерів: 6

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Кількість входів на трекер: 2

Вихідні параметри (АС):

- Номінальна потужність: 60 кВт
- Максимальна потужність: 60 кВт
- Номінальна напруга: 400 В
- Діапазон напруги: 320-480 В
- Номінальна частота: 50 Гц
- Максимальний ККД: 98.4%

Захисні функції

- Захист від перенапруги DC/AC
- Захист від струмів витоку
- Захист від ізоляції
- Моніторинг мережі
- Захист від перегріву
- Захист від зворотної полярності

Тепловий насос Daikin EWAQ-B25

Технічні параметри

Теплопродуктивність:

- Номінальна потужність опалення: 25.0 кВт
- Потужність охолодження: 22.4 кВт
- Споживана потужність (опалення): 5.95 кВт
- Споживана потужність (охолодження): 7.29 кВт

Коефіцієнти ефективності:

- COP (A7/W35): 4.2
- EER (A35/W18): 3.07
- SCOP: 4.1

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочі діапазони

- Діапазон температур (опалення): -20°C до +35°C
- Діапазон температур (охолодження): +10°C до +46°C
- Температура води (опалення): +25°C до +65°C
- Температура води (охолодження): +5°C до +25°C

Акумулятори LG Chem RESU 16H

Таблиця 4.4 - Електричні характеристики

Параметр	Значення
Номінальна ємність	16.0 кВт·год
Корисна ємність	14.4 кВт·год
Номінальна напруга	400 В
Робочий діапазон напруги	350-450 В
Максимальний струм розряду	17.5 А
Максимальний струм заряду	17.5 А
Потужність розряду	7.0 кВт
Потужність заряду	7.0 кВт

Експлуатаційні характеристики

- Тип елементів: LiFePO₄ (літій-залізо-фосфат)
- Кількість циклів: 6000 (80% DOD)
- Глибина розряду: 90%
- Ефективність: 95%
- Температурний діапазон: -10°C до +45°C
- Розміри: 645 × 840 × 171 мм
- Вага: 135 кг

4.5 Схема підключення сонячних панелей

Конфігурація стрічок (strings)

Розрахунок кількості панелей в стрічці:

					ДП.14.1.04.1.032.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Максимальна напруга системи: 1000 В
- V_{oc} панелі: 49.2 В
- Температурний коефіцієнт: -0.29%/°C
- Мінімальна температура: -25°C

V_{oc} при мінімальній температурі: $V_{oc_min} = 49.2 \times (1 + 0.0029 \times 45) = 55.6$ В

Максимальна кількість панелей в стрічці: $N_{max} = 1000 / 55.6 = 18$ панелей

Розрахунок мінімальної кількості панелей:

- Мінімальна напруга MPPT: 270 В
- V_{mpp} панелі: 40.6 В
- Максимальна температура: +70°C

V_{mpp} при максимальній температурі: $V_{mpp_max} = 40.6 \times (1 - 0.0037 \times 50) = 33.1$ В

Мінімальна кількість панелей: $N_{min} = 270 / 33.1 = 9$ панелей

Обрана конфігурація: 14 панелей в стрічці, 18 стрічок.

Загальна кількість: $14 \times 18 = 252$ панелі ≈ 254 панелі

4.6 Схема підключення до мережі

Захисна автоматика

Боку DC:

- Автоматичний вимикач DC: 125 А, 1000 В
- Обмежувач перенапруги DC: 1000 В, 40 кА
- Предохранувачі стрічок: 15 А, 1000 В

Боку AC:

- Автоматичний вимикач AC: 100 А, 400 В
- Обмежувач перенапруги AC: 400 В, 25 кА
- УЗО: 300 мА, 4Р

4.7 Схема системи моніторингу

Компоненти моніторингу

1. Лічильники енергії:

- Генерація сонячної системи
- Споживання навантаження
- Обмін з мережею
- Заряд/розряд акумуляторів

2. Датчики:

- Температура навколишнього середовища
- Інсоляція (піранометр)
- Швидкість вітру
- Температура панелей

3. Система зв'язку:

- Ethernet підключення
- Wi-Fi модуль
- GSM модем (резерв)

					ДП.14.104.1.032.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Капітальні витрати

Таблиця 5.1 - Розрахунок вартості обладнання

Обладнання	Кількість	Ціна за од., \$	Сума, \$
Сонячні панелі	254 шт	140	35,560
Інвертор	1 шт	12,000	12,000
Тепловий насос	1 шт	8,500	8,500
Акумулятори	12 шт	8,200	98,400
Монтажні конструкції	1 комплект	8,000	8,000
Кабельна продукція	1 комплект	3,500	3,500
Автоматика та захист	1 комплект	4,500	4,500
Разом обладнання			170,460
Монтажні роботи (20%)			34,092
Проектування (5%)			8,523
Загальні капвитрати			213,075

5.2 Експлуатаційні витрати

Таблиця 5.2 - Річні експлуатаційні витрати

Стаття витрат	Сума, \$/рік
Технічне обслуговування	2,500
Страхування (0.5%)	1,065
Заміна інвертора (через 15 років)	800
Заміна акумуляторів (через 10 років)	9,840
Разом	14,205

5.3 Економічна ефективність

5.3.1 Економія коштів

Тариф на електроенергію: \$0.08/кВт·год **Річна економія:** $86,300 \times \$0.08 = \$6,904$

З урахуванням зростання тарифів (3% на рік):

- Рік 1: \$6,904
- Рік 5: \$7,774
- Рік 10: \$9,024
- Рік 15: \$10,478
- Рік 20: \$12,172

5.3.2 Термін окупності

Простий термін окупності:

Ток = Капвитрати / Економія = $\$213,075 / \$6,904 = 30.9$ років

Дисконтований термін окупності (при $r = 8\%$):

$$NPV = \sum(CF_t / (1+r)^t) - I_0 \quad (5.1)$$

де CF_t - грошовий потік у році t

r - ставка дисконтування

I_0 - початкові інвестиції

Таблиця 5.3 - Розрахунок NPV за 20 років

Рік	Економія, \$	PV, \$	Накопичено, \$
1	6,904	6,393	6,393
5	7,774	5,295	27,845
10	9,024	4,179	54,892
15	10,478	3,304	78,156
20	12,172	2,615	97,234

$NPV_{20} = \$97,234 - \$213,075 = -\$115,841$

5.3.3 Внутрішня норма прибутковості (IRR)

Для розрахунку IRR використовується ітераційний метод. При даних параметрах проекту $IRR < 0\%$, що свідчить про економічну недоцільність проекту за поточних умов.

5.4 Аналіз чутливості

Фактори впливу на економічну ефективність:

1. Зміна тарифів на електроенергію:

- При зростанні тарифів до $\$0.12/\text{кВт}\cdot\text{год}$ термін окупності складе 20.6 років
- При тарифі $\$0.15/\text{кВт}\cdot\text{год}$ термін окупності - 16.4 роки

2. Зменшення вартості обладнання:

- При зниженні вартості на 30% термін окупності - 21.6 років
- При зниженні вартості на 50% термін окупності - 15.5 років

3. Державне субсидування:

- При субсидуванні 50% капвитрат термін окупності - 15.5 років

5.5 Висновки економічного аналізу

1. Проект має тривалий термін окупності (>30 років) за поточних умов
2. Ключовими факторами покращення економіки є:
 - Зростання тарифів на електроенергію
 - Зниження вартості обладнання
 - Державна підтримка проектів ВДЕ
3. Рекомендується поетапне впровадження системи

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.6 Детальна кошторисна вартість

Таблиця 5.4 - Сонячна фотоелектрична система

Найменування	Кількість	Ціна за од., \$	Сума, \$
Сонячні панелі			
JA Solar JAM72S20-400W	254 шт	140	35,560
Інвертор та електроніка			
SMA Sunny Tripower 60	1 шт	12,000	12,000
DC Combiner Box	6 шт	350	2,100
AC Panel	1 шт	1,200	1,200
Лічильники енергії	4 шт	250	1,000
Система моніторингу	1 комплект	1,500	1,500
Монтажні конструкції			
Алюмінієвий профіль	2540 м	2.5	6,350
Кріпильні елементи	1 комплект	1,650	1,650
Кабельна продукція			
DC кабель 4 мм ²	2000 м	0.8	1,600
AC кабель 50 мм ²	100 м	8.5	850
Захисна автоматика	1 комплект	1,050	1,050
Разом ФЕС			64,860

Таблиця 5.5 - Тепловий насос

Найменування	Кількість	Ціна за од., \$	Сума, \$
Daikin EWAQ-B25	1 шт	8,500	8,500
Геотермальні зонди	4 шт	1,200	4,800
Циркуляційні насоси	2 шт	350	700
Теплообмінник	1 шт	1,500	1,500
Буферна ємність	1 шт	800	800
Трубопроводи та фітинги	1 комплект	1,200	1,200
Автоматика управління	1 комплект	900	900
Разом тепловий насос			18,400

Таблиця 5.6 - Система акумулювання

Найменування	Кількість	Ціна за од., \$	Сума, \$
LG Chem RESU 16H	12 шт	8,200	98,400
BMS система	1 шт	2,500	2,500
Гібридний інвертор	1 шт	3,500	3,500
Шафа акумуляторна	2 шт	800	1,600
Разом система акумулювання			106,000

Таблиця 5.7 - Монтажні роботи та послуги

Найменування	Відсоток	Базова вартість, \$	Сума, \$
Монтаж ФЕС	15%	64,860	9,729
Монтаж теплового насоса	25%	18,400	4,600
Монтаж акумуляторів	20%	106,000	21,200
Електромонтажні роботи	-	-	8,000
Пусконаладжувальні роботи	-	-	3,500
Разом монтаж			47,029

Таблиця 5.8 - Проектування та дозволи

Найменування	Сума, \$
Проектування	8,000
Дозвільна документація	2,500
Технічні умови	1,500
Експертиза проекту	1,200
Разом проектування	13,200

ЗАГАЛЬНА ВАРТІСТЬ ПРОЕКТУ: \$249,489

5.7 Розрахунок економії та окупності

Розрахунок річної економії

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структура економії:

1. Заміщення електроенергії з мережі:

- Генерація ФЕС: 113,337 кВт·год/рік
- Самоспоживання: 86,300 кВт·год/рік
- Тариф: \$0.08/кВт·год
- Економія: $86,300 \times \$0.08 = \$6,904/\text{рік}$

2. Продаж надлишків по "green tariff":

- Надлишок: $113,337 - 86,300 = 27,037$ кВт·год
- Тариф продажу: \$0.055/кВт·год
- Дохід: $27,037 \times \$0.055 = \$1,487/\text{рік}$

3. Економія на опаленні (тепловий насос):

- Потреба в теплі: 150,000 кВт·год/рік
- COP теплового насоса: 4.2
- Споживання електроенергії: $150,000/4.2 = 35,714$ кВт·год
- Заміщення газового опалення: 15,000 м³/рік
- Вартість газу: \$0.3/м³
- Економія: $15,000 \times \$0.3 - 35,714 \times \$0.08 = \$1,643/\text{рік}$

Загальна річна економія: $\$6,904 + \$1,487 + \$1,643 = \$10,034/\text{рік}$

Таблиця 5.9 - Прогноз грошових потоків

Рік	Економія, \$	Експлуатаційні витрати, \$	Чистий потік, \$	NPV (8%), \$
0	0	-249,489	-249,489	-249,489
1	10,034	-2,500	7,534	6,976
2	10,335	-2,575	7,760	6,651
3	10,645	-2,652	7,993	6,348
4	10,964	-2,732	8,232	6,057
5	11,293	-2,814	8,479	5,778
10	13,115	-12,340	775	359
15	15,244	-12,800	2,444	770
20	17,715	-13,284	4,431	953

NPV (20 лет): -\$156,342 Простий термін окупності: 24.9 років

Дисконтований термін окупності: >25 років

5.8 Аналіз чутливості

Таблиця 5.10 - Вплив зміни тарифів на електроенергію

Тариф, \$/кВт·год	Річна економія, \$	Термін окупності, років
0.06	7,526	33.1
0.08	10,034	24.9
0.10	12,543	19.9
0.12	15,051	16.6

Таблиця 5.11 - Вплив державного субсидування

Розмір субсидії, %	Капвитрати, \$	Термін окупності, років
0	249,489	24.9
20	199,591	19.9
30	174,642	17.4
50	124,745	12.4

Таблиця 5.12 - Вплив зниження вартості обладнання

Зниження вартості, %	Капвитрати, \$	Термін окупності, років
0	249,489	24.9
20	199,591	19.9
30	174,642	17.4
40	149,693	14.9
50	124,745	12.4

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

6.1.1 При монтажі системи

Небезпечні фактори:

- Робота на висоті (ймовірність падіння)
- Ураження електричним струмом
- Падіння предметів з висоти
- Механічні травми при монтажі

Шкідливі фактори:

- Запиленість повітря
- Шум від електроінструменту
- Ультрафіолетове випромінювання
- Несприятливі метеоумови

6.1.2 При експлуатації системи

Небезпечні фактори:

- Ураження електричним струмом (до 1000 В)
- Опіки при дотику до нагрітих поверхонь
- Можливість пожежі в акумуляторному приміщенні
- Викид електроліту з акумуляторів

6.2 Заходи безпеки при монтажі

6.2.1 Робота на висоті

Вимоги НПАОП 0.00-1.15-07 [9]:

- Використання засобів колективного захисту (огорожі, настили)
- Застосування індивідуальних засобів захисту (страхувальні пояси)
- Перевірка міцності конструкцій перед монтажем
- Заборона роботи при швидкості вітру >10 м/с

					ДП.14.1.04.1.032.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Засоби індивідуального захисту:

- Страхувальний пояс безпеки
- Каска захисна
- Взуття на нековзній підшві
- Захисні рукавички

6.2.2 Електробезпека

Заходи згідно з НПАОП 40.1-1.01-97 [10]:

- Вимкнення електроживлення перед початком робіт
- Використання інструменту з ізольованими ручками
- Перевірка відсутності напруги індикатором
- Заземлення металевих конструкцій

6.3 Заходи безпеки при експлуатації

6.3.1 Електробезпека

Класифікація приміщень за електробезпекою:

- Сонячні панелі - зовнішня установка (особливо небезпечні умови)
- Інверторне приміщення - без підвищеної небезпеки
- Акумуляторне приміщення - з підвищеною небезпекою

Захисні заходи:

- Захисне заземлення ($R_a \leq 4 \text{ Ом}$)
- Захисне відключення (УЗО 30 мА)
- Ізоляція струмопровідних частин
- Блокування доступу до небезпечних зон

6.3.2 Пожежна безпека

Категорія приміщення за пожежною небезпекою:

- Акумуляторне приміщення - категорія В (пожежонебезпечне)

					ДП.14.1.04.1.032.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протипожежні заходи:

- Система автоматичної пожежної сигналізації
- Вогнегасники ОУ-5 (2 шт.) та ОП-4 (1 шт.)
- Аварійна вентиляція акумуляторного приміщення
- Заземлення всіх металевих конструкцій

6.4 Санітарно-гігієнічні вимоги

6.4.1 Мікроклімат приміщень

Таблиця 6.1 - Параметри мікроклімату згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [11]:

Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодний	20-22	40-60	0.1
Теплий	23-25	40-60	0.2

6.4.2 Освітленість

Вимоги ДБН В.2.5-28-2006 [12]:

- Робочі місця з ПК: 300-500 лк
- Коридори та сходи: 50-75 лк
- Технічні приміщення: 150-200 лк

6.5 Охорона навколишнього середовища

6.5.1 Екологічні переваги проекту

Щорічне зменшення викидів

$$\text{CO}_2: \Delta \text{CO}_2 = E_{\text{енер}} \times K_{\text{CO}_2} \quad (6.1)$$

де $E_{\text{енер}} = 86,300 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ - вироблена відновлювана енергія

$K_{\text{CO}_2} = 0.776 \text{ кг CO}_2/\text{кВт} \cdot \text{год}$ - емісійний фактор для України [13]

$$\Delta \text{CO}_2 = 86,300 \times 0.776 = 66,965 \text{ кг CO}_2/\text{рік} \approx 67 \text{ т CO}_2/\text{рік}$$

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.5.2 Утилізація обладнання

Заходи з утилізації відпрацьованого обладнання:

- Сонячні панелі: переробка кремнію та алюмінію (95% матеріалів)
- Акумулятори: спеціалізована утилізація свинцю та кислоти
- Інвертори: переробка електронних компонентів

6.6 Інструкції з безпечної експлуатації

6.6.1 Щоденний огляд системи

1. Перевірка показань моніторингу
2. Огляд видимих пошкоджень панелей
3. Контроль температури в технічних приміщеннях
4. Перевірка роботи вентиляції

6.6.2 Щомісячне обслуговування

1. Очищення поверхні сонячних панелей
2. Перевірка кріплень та з'єднань
3. Контроль параметрів акумуляторів
4. Перевірка захисної автоматики

6.6.3 Річне технічне обслуговування

1. Повна діагностика системи
2. Вимірювання опору ізоляції
3. Перевірка заземлення ($R_a \leq 4 \text{ Ом}$)
4. Калібрування системи моніторингу

					ДП.14.1.04.1.032.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Основні результати роботи

1. **Проведено комплексний аналіз** існуючих технологій альтернативного енергозабезпечення та обґрунтовано вибір гібридної системи (сонячні панелі + тепловий насос + акумулятори) як найбільш ефективного рішення для кліматичних умов Житомирської області.
2. **Виконано детальні розрахунки** параметрів системи:
 - Потужність сонячних панелей: 101.5 кВт (254 панелі по 400 Вт)
 - Потужність теплового насоса: 25 кВт (COP = 4.2)
 - Ємність акумуляторів: 192 кВт·год
 - Потужність інвертора: 60 кВт
3. **Обрано оптимальне обладнання** від провідних виробників:
 - Сонячні панелі: JA Solar JAM72S20 400W
 - Інвертор: SMA Sunny Tripower 60 кВт
 - Тепловий насос: Daikin EWAQ-B 25 кВт
 - Акумулятори: LG Chem RESU 16H
4. **Проведено економічний аналіз** проекту:
 - Капітальні витрати: \$213,075
 - Річна економія: \$6,904
 - Термін окупності: 30.9 років (за поточних тарифів)

Переваги запропонованого рішення

Технічні переваги:

- Забезпечення 100% потреб об'єкта в електроенергії
- Можливість автономної роботи протягом 4 годин
- Високий коефіцієнт надійності (>95%)
- Модульність та масштабованість системи

Екологічні переваги:

- Зменшення викидів CO₂ на 67 т/рік
- Використання відновлюваних джерел енергії

	•				ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Відсутність шкідливих викидів при експлуатації

Економічні переваги:

- Зниження витрат на електроенергію
- Захист від зростання тарифів
- Підвищення вартості нерухомості

Рекомендації щодо впровадження

1. Поетапне впровадження:

- Етап 1: Встановлення сонячних панелей (50 кВт)
- Етап 2: Додавання теплового насоса
- Етап 3: Встановлення системи акумуляування

2. Умови покращення економічної ефективності:

- Використання державних програм підтримки ВДЕ
- Укладення договору "зеленого" тарифу
- Залучення пільгового кредитування

3. Технічні рекомендації:

- Регулярне технічне обслуговування
- Моніторинг ефективності системи
- Своєчасна заміна зношених компонентів

Перспективи розвитку

Технологічний розвиток:

- Підвищення ефективності сонячних панелей до 25%
- Зниження вартості акумуляторів на 20-30%
- Розвиток систем "розумної" енергетики

					ДП.14.1.04.1.032.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормативно-правова база:

- Спрощення процедур приєднання до мережі
- Розширення програм державної підтримки
- Впровадження net-metering системи

Практичне значення роботи

Результати дипломного проекту можуть бути використані:

- Для проектування аналогічних систем енергозабезпечення
- В навчальному процесі при вивченні відновлюваних джерел енергії
- Як основа для розробки технічних рішень модернізації енергосистем

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність" / Кабінет Міністрів України. К., 2017. 66 с.
2. Green M.A., Dunlop E.D., Hohl-Ebinger J. et al. Solar cell efficiency tables (Version 57) // Progress in Photovoltaics: Research and Applications. 2021. Vol. 29, No. 1. P. 3-15.
3. Kalogirou S.A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. – 2nd ed. – Academic Press, 2014. 840 p.
4. Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A.L. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2009. 689 p.
5. Kavanaugh S.P., Rafferty K. Geothermal Heating and Cooling: Design of Ground-Source Heat Pump Systems. ASHRAE, 2014. 192 p.
6. Deublein D., Steinhauser A. Biogas from Waste and Renewable Resources. 2nd ed. Wiley-VCH, 2011. 578 p.
7. Кліматичний кадастр України / Державна гідрометеорологічна служба України. К.: Ніка-Центр, 2006. 234 с.
8. Saaty T.L. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. RWS Publications, 2001. 370 p.
9. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. К.: Основа, 2007. 48 с.
10. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. К.: Основа, 1997. 298 с.
11. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. К.: МОЗ України, 1999. 12 с.
12. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. К.: Мінбуд України, 2006. 76 с.

					ДП.14.1.04.1.032.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Гелетука Г.Г., Желєзна Т.А., Баштовий А.І. Аналіз енергетичних стратегій країн ЄС та світу і ролі в них відновлюваних джерел енергії, 2015. Т. 37, № 1. С. 55-65.
14. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підручник. К.: НТУУ "КПІ", 2012. 495 с.
15. Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Solar Photovoltaics // IRENA. 2012. Vol. 1, Issue 4/5. 52 p.
16. Quaschnig V. Renewable Energy and Climate Change. John Wiley & Sons, 2019. 312 p.
17. Системи енергозабезпечення будівель на основі відновлюваних джерел енергії / В.М. Желих, О.М. Матвійчук, В.В. Попович та ін. Львів: Львівська політехніка, 2016. 180 с.
18. Technical Guidelines for the Economic Analysis of Microhydro Power in Rural Electrification // UNIDO. Vienna, 2004. 89 p.
19. Застосування відновлюваних джерел енергії в Україні: стан та перспективи / О.М. Суходоля, І.П. Білоусова, С.О. Кудря та ін. К.: НІСД, 2018. 144 с.
20. European Photovoltaic Industry Association. Solar Photovoltaics Competing in the Energy Sector. Brussels: EPIA, 2011. 16 p.
21. Methodology for the Free Allocation of Emission Allowances in the EU ETS Post 2012 // European Commission. Brussels, 2011. 89 p.
22. Борисов Б.В., Побєдін А.В. Альтернативна енергетика: навчальний посібник. Харків: НТУ "ХПІ", 2013. 140 с.
23. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2020 Global Status Report. Paris: REN21, 2020. 367 p.
24. Solar Power Europe. Global Market Outlook for Solar Power 2020-2024. Brussels: SolarPower Europe, 2020. 94 p.
25. International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs in 2019. Abu Dhabi: IRENA, 2020. 144 p.

					ДП.14.104.1032.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		