МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
Електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота
другий (магістерський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему: «Підвищення енергоефективності підприємства оборонно-промислового комплексу впровадженням станції на базі «зеленої» енергетики»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1413
спеціальності 141 Електроенергетика електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)
освітньої програми 141.00.11 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва освітньої програми)
Студент Д.С.Недава
(ініціали та прізвище)
Керівник доцент, к.т.н Т.І.Друбецька
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)
Рецензент професор д.т.н Артемчук В.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

Освітня програма 141.00.11 Електроенергетика електротехніка електромеханіка
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., доц. В.Л. Коваленко
«____» _____ 2024 року

З А В Д А Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Недаві Дмитру Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи Підвищення енергоефективності підприємства оборонно-промислового комплексу впровадженням станції на базі «зеленої» енергетики
керівник роботи Друбецька Тетяна Ігорівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 28 » 02 2024 року № 361 – с
2. Строк подання студентом кваліфікаційної робот 28.11.2024
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи: план схема підприємства; тариф на електричну енергію для підприємства 10,63 грн (з ПДВ) за 1кВт;
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз шляхів підвищення енергоефективності підприємства; аналіз технічних рішень наявних інженерних систем; оцінка ефективності впровадженого інженерного комплексу
5. Перелік графічного матеріалу: 1)Розподіл сонячної радіації 2)Сонячна електростанція 3) Вітрова електростанція 4) Карта вітру 5) Геотермальна електростанція 6) Електростанція на біомасі 7) План підприємства 8) 3D принтер 9) ЧПУ станок 10)електричний котел 11) промислове освітлення 12) LED-лампа 13) Верстак 14)Сонячна панель 15) Інвертор 16) Акумулятор 17) Моніторинг 18) Графік генерації

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Перший розділ	Друбецька Т.І., к.т.н. доцент		
Другий розділ	Друбецька Т.І., к.т.н. доцент		
Третій розділ	Друбецька Т.І., к.т.н. доцент		
Четвертий розділ	Друбецька Т.І., к.т.н. доцент		

7. Дата видачі завдання 28.02.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження і аналіз ефективної системи зеленої енергетики для впровадження	20.10.2024	виконав
2	Аналіз енергоефективності підприємства	24.10.2024	виконав
3	Запропоновані технічні рішення впровадження сонячної електростанції	15.11.2024	виконав
4	Розрахунки та оцінка ефективності системи	29.11.2024	виконав

Студент _____ Д.С. Недава
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Т.І. Друбецька
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ С.В. Башлій
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Недава Д.С. Підвищення енергоефективності підприємства оборонно-промислового комплексу впровадженням станції на базі «зеленої» енергетики

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник Т.І. Друбецька. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2024

Предметом досліджень та впровадження є сонячна електростанція для підвищення енергетичної незалежності та підняття ефективності оборонно промислового комплексу

В роботі запропоновано впровадження сонячної електростанції та прогнозування її ефективності залежно від факторів таких як пора року

Ключові слова: ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА,

ABSTRACT

Nedava D.S. Improving the energy efficiency of the enterprise of the defense industry by introducing a station based on “green” energy

Qualifying final work for the degree of master's degree in specialty 141 - Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics, supervisor T.I. Rebetika. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Research Institute named after Y.M. Potebnyi. Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2024

The subject of research and implementation is a solar power plant to increase energy independence and increase the efficiency of the defense industry complex

The paper proposes the implementation of a solar power plant and predicting its efficiency depending on factors such as the time of year

Keywords: GREEN ENERGY, ELECTRICAL EQUIPMENT, ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS, SOLAR ENERGY,

ЗМІСТ

ВСТУП 8

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ОБОРОННО-ПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕНЕРГЕТИКИ 10

1.1 Аналіз наукової літератури та публікацій 10

1.2 Поняття та сутність енергоефективності 13

1.3 Особливості енергоспоживання в оборонно-промисловому комплексі 15

1.4 Огляд доступних технологій «зеленої» енергетики 16

1.4.1 Сонячна енергія 17

1.4.2 Вітрова енергія 19

1.4.3 Геотермальна енергія 21

1.4.4 Біоенергетика 22

1.5 Правова та нормативна база енергоефективності 24

1.6 Висновки до розділу 1 28

2 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ОБОРОННО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ 29

2.1 Загальна характеристика підприємства 29

2.2 Аналіз поточного стану енергоспоживання 32

2.3 Оцінка ефективності використання енергетичних ресурсів ... 45

2.4 Ідентифікація проблем енергоефективності 49

2.5 Висновки з аналізу та обґрунтування необхідності впровадження «зеленої» енергетики 50

2.6 Висновок до розділу 2 51

3 РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНЦІЇ НА БАЗІ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕНЕРГЕТИКИ 52

3.1 Проєкт гібридної сонячної електростанції 52

3.2 Інженерні особливості: 53
3.3 Вибір обладнання: 55
3.3.1 Сонячні панелі: 55
3.3.2 Інвертор: 56
3.3.3 Акумуляторна система: 58
3.3.4 Системи моніторингу: 60
3.4 Висновок до розділу 3 62
4 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ 63
4.1 Розрахунок енергоспоживання 65
4.2 Розрахунок покривання потреб підприємства 67
4.3 Розрахунок балансу для всього року 69
4.4 Аналіз річного балансу 70
4.5 Період окупності 72
4.6 Висновок до розділу 4 72
ВИСНОВОК 73
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 74
ДОДАТОК А 79

ВСТУП

Енергоспоживання є одним із ключових викликів для сучасних підприємств оборонно-промислового комплексу, які одночасно зосереджуються на забезпеченні високої продуктивності, надійності технологічних процесів та зменшенні витрат на енергоресурси. Зростання цін на енергію, необхідність дотримання екологічних стандартів, а також стратегічне значення оборонного сектору зумовлюють важливість впровадження сучасних рішень у сфері енергоефективності.

Обраною темою роботи є Підвищення енергоефективності підприємства оборонно-промислового комплексу впровадженням станції на базі «зеленої» енергетики. Метою роботи є підвищення енергоефективності підприємства через впровадження інноваційних підходів та оптимізацію використання ресурсів.

Для досягнення мети визначено такі завдання:

- аналіз наукової літератури щодо сучасних підходів до енергоефективності;
- оцінка поточного стану енергоспоживання підприємства та ідентифікація проблем;
- розробка проекту впровадження «зеленої» енергетики з оцінкою його економічної ефективності;
- формування рекомендацій щодо оптимізації енергоспоживання.

Практична значимість роботи полягає у можливості застосування отриманих результатів для зменшення витрат на енергоресурси, покращення стабільності енергопостачання та зниження впливу на довкілля. Сучасні тенденції в галузі енергоефективності демонструють важливість переходу підприємств на використання відновлювальних джерел енергії та застосування новітніх технологій для раціонального управління енергоресурсами. Це особливо актуально для оборонно-промислового комплексу, де стабільність енергопостачання є критично важливою умовою виконання державних

замовлень і забезпечення обороноздатності країни.

Використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних електростанцій, є не лише засобом підвищення енергетичної незалежності, але й важливим кроком до сталого розвитку, що відповідає глобальним трендам у сфері екології. У цій роботі особливу увагу приділено аналізу економічної ефективності впровадження альтернативної енергетики, враховуючи специфіку підприємства та можливості інтеграції сучасних енергетичних рішень у його діяльність.

Таким чином, актуальність обраної теми зумовлена як зовнішніми викликами (зростання цін на енергоносії, посилення екологічних стандартів), так і внутрішньою потребою підприємств у підвищенні енергоефективності для забезпечення конкурентоспроможності та сталого розвитку.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ОБОРОННО-ПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕНЕРГЕТИКИ

1.1 Аналіз наукової літератури та публікацій

Для нас енергоефективність означає здатність підприємства використовувати енергетичні ресурси якомога ефективніше, тобто мінімізувати витрати, збільшуючи продуктивність і заощаджуючи енергію, забезпечуючи максимальні результати за мінімальних витрат. Сучасні дослідження показують, що підвищення енергоефективності може значно знизити витрати на енергію, скоротити викиди парникових газів і підвищити конкурентоспроможність компаній.

У світлі глобальних кліматичних змін, зростання цін на енергоносії та геополітичної ситуації в світі я вважаю, що дослідження в області енергоефективності та автономності стають все більш важливими. Великі компанії інвестують мільйони доларів у дослідження енергоефективності. Одним із яскравих прикладів успішного використання відновлюваної енергетики є проекти, які підтримують транснаціональні компанії, зокрема Google, у країнах Азії.

У статті «Let the sunshine in: Opening up the market for more renewable energy in Asia», розглядаються ініціативи, що с прияють зростанню ринку відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна і вітрова енергія, у цьому регіоні. Google інвестує у розвиток чистих енергетичних проектів, що дозволяє компанії знижувати викиди вуглецю та підвищувати енергоефективність своїх дата-центрів. Що також підвищує імідж компанії який є важливою частиною бізнес плану для залучення нових інвестицій

Дослідження з енергозбереження були розпочаті науковцями ще на початку 20-го століття. Тоді ще не впровадили в повному обсязі поняття енергозбереження в тому самому розумінні, в якому ми його розуміємо

сьогодні. Промислова революція сприяла розповсюдженому використанню викопних видів палива, таких як вугілля та нафта, при цьому мало уваги приділялося енергоефективності. Основний акцент робився на розробці нових джерел енергії, а не на раціональному використанні.

У 1920-1930-х роках з'явилися перші дослідження, спрямовані на підвищення продуктивності енергетичних машин та зменшення втрат у промислових процесах. Поступово було усвідомлено важливість оптимізації технологій для зниження витрат на енергію.

Енергетична криза 1973 року значною мірою просунула концепцію енергозбереження. Зростання цін на нафту змусило країни шукати шляхи скорочення споживання енергії та підвищення ефективності. Уряди різних країн запровадили політику енергозбереження, а вчені почали активно досліджувати альтернативні джерела енергії. У той час були розроблені ключові принципи енергоефективності, такі як ізоляція будівель, оптимізація промислових процесів і розробка технологій для зменшення споживання енергії в будинках і на підприємствах.

У 1980-х роках енергоефективність набула стратегічного значення. Стандарти енергоефективності почали регулювати споживання в промисловості та будівлях. Для оцінки ефективності використання енергії та пошуку шляхів зниження витрат запроваджено програми енергоаудиту. У 1990-х роках зростання екологічної обізнаності сприяло розвитку відновлюваних джерел енергії, таких як енергія вітру та сонця. Уряди створили національні стратегії, спрямовані на зниження викидів вуглецю, сприяючи розвитку нових енергоефективних технологій.

Починаючи з 2000-х років, енергоефективність інтегрувалася в пріоритети сталого розвитку багатьох країн та міжнародних організацій. Кіотський протокол (1997) та Паризька угода (2015) започаткували глобальні ініціативи з енергозбереження та скорочення викидів парникових газів.

Розвиток інформаційних технологій породив інтелектуальні енергетичні системи, які можуть ефективно розподіляти енергетичні ресурси та

покращувати стабільність енергетичної системи. Сучасні підприємства впроваджують системи енергоменеджменту, такі як ISO 50001, для систематичного підвищення енергоефективності.

Сучасні тенденції та майбутнє енергозбереження

Сьогодні основна увага приділяється переходу на відновлювані джерела енергії, зменшенню залежності від викопного палива та розробці ефективних технологій з меншим впливом на навколишнє середовище. Інновації в енергетиці включають водень, удосконалення технології зберігання енергії та інтеграцію штучного інтелекту для управління енергетичними ресурсами. Зараз енергозбереження є важливою частиною глобальних і корпоративних стратегій, і дослідження нових матеріалів і систем, які мінімізують втрати енергії, тривають.

Розглянувши сучасні тенденцій у сфері енергоефективності промислових підприємств ми бачимо, як нові підходи та технології дозволяють значно скоротити споживання енергоресурсів, оптимізувати виробничі процеси та мінімізувати навантаження на довкілля. Основні аспекти включають впровадження передових технологій. Заміна старого обладнання на сучасне з високою продуктивністю та більшою екологічністю дає змогу суттєво економити енергію, зокрема завдяки використанню енергоефективних електродвигунів, насосів, компресорів та систем освітлення. Автоматизація та цифровізація, завдяки системам SCADA, знижують енергозатрати за рахунок оптимізації та точного контролю процесів.

Важливу роль відіграє впровадження систем енергоменеджменту відповідно до стандартів ISO 50001. Вони забезпечують систематичне підвищення енергоефективності. Системи на основі сонячної та вітрової енергетики допомагають скоротити витрати та викиди. Системи акумулювання електричної енергії забезпечують стабільне постачання. Технології рекуперації дозволяють використовувати надлишкове тепло для опалення або нагріву води, а утилізація відходів перетворює їх на енергоресурси.

Інтелектуальні мережі Smart Grid дозволяють оптимізувати споживання завдяки інтеграції з енергомережами та використанню аналізу великих даних для прогнозування. Програми Demand Response знижують використання енергії в пікові години, а гнучкі графіки роботи допомагають скоротити витрати під час високих тарифів.

Підвищення енергоефективності через поліпшений еко-дизайн досягається використанням енергоефективних матеріалів та автоматизованих систем контролю клімату, що знижує споживання енергії. Розробка екологічно чистих продуктів спрямована на скорочення вуглецевого сліду компаній. Сучасні тенденції вимагають комплексного підходу: впровадження новітніх технологій, оптимізації управління та інтеграції відновлюваних джерел енергії. Кожне підприємство має адаптувати ці підходи до власних умов для досягнення максимальних результатів.

1.2 Поняття та сутність енергоефективності

Енергоефективність – це здатність системи, процесу чи обладнання виконувати свою функцію з найменшими витратами енергоресурсів при збереженні або покращенні рівня продуктивності. Іншими словами, це ефективність використання енергії для забезпечення необхідних виробничих чи технологічних процесів.

Згідно з визначеннями, закріпленими в більшості міжнародних стандартах, енергоефективність оцінюється як співвідношення корисної вихідної енергії до вхідної. Це поняття включає:

Енергоефективність обладнання: зменшення втрат енергії в електричних і механічних системах.

Ефективність виробничих процесів: оптимізація процесів для зниження енерговитрат.

Ефективність будівель та інфраструктури: застосування енергоощадних технологій у будівлях та інженерних системах.

Важливість енергоефективності в промисловості є стратегічно важливою для сучасних промислових підприємств. Основні причини її значущості включають:

Зниження витрат на енергію: Енергоресурси становлять значну частину загальних витрат у багатьох галузях промисловості. Оптимізація енергоспоживання дозволяє скоротити витрати на енергоресурси, що підвищує рентабельність підприємства. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), підвищення енергоефективності в промисловості може зменшити енергетичні витрати на 20-30%, що має значний економічний ефект.

Підвищення конкурентоспроможності: Підприємства, що впроваджують енергоефективні технології, знижують собівартість продукції та стають більш конкурентоспроможними. У багатьох країнах наявність сертифікатів енергоефективності є необхідним для співпраці з міжнародними партнерами. Такі підходи дозволяють швидше реагувати на ринкові зміни та знижувати ризики, пов’язані з коливаннями цін на енергоносії.

Зменшення екологічного впливу: Промисловість є значним джерелом викидів парникових газів. Підвищення енергоефективності сприяє зменшенню шкідливих викидів, що важливо для дотримання екологічних стандартів та боротьби з глобальним потеплінням. Це також зменшує вуглецевий слід підприємств, що необхідно для відповідності міжнародним вимогам щодо екології та сталого розвитку.

Забезпечення енергетичної безпеки: У світі з обмеженими або нестабільними енергоресурсами підвищення енергоефективності знижує залежність підприємств від зовнішніх джерел енергії. Це особливо важливо для країн, що значно залежать від імпорту енергоносіїв, забезпечуючи стабільність постачань та зменшуючи вплив енергетичних криз.

Виконання законодавчих вимог: Багато країн запровадили жорсткі норми щодо енергоспоживання та викидів. Дотримання цих вимог є обов'язковим для легальної діяльності підприємств. Енергоефективні рішення

допомагають уникнути штрафів та дотримуватися стандартів.

Підходи до підвищення енергоефективності:

1. Системи енергетичного менеджменту (ISO).
2. Використання відновлюваних джерел енергії (сонячна, вітрова, біоенергетика).
3. Модернізація обладнання.
4. Моніторинг і аналіз енергоспоживання.

Енергоефективність є ключовим фактором успіху сучасних промислових підприємств, забезпечуючи економічні, екологічні та соціальні переваги. Сьогодні оптимізація енергетичних витрат стає необхідністю для сталого розвитку.

1.3 Особливості енергоспоживання в оборонно-промисловому комплексі

Підприємства оборонно-промислового комплексу мають стратегічне значення для будь-якої держави, оскільки їх діяльність безпосередньо пов’язана з виробництвом і розробкою техніки та технологій, які забезпечують національну безпеку та захист. Завдяки своїй специфіці ці підприємства мають підвищені вимоги до надійності та енергоефективності.

Оборонні підприємства не можуть дозволити собі збоїв у постачанні електроенергії, оскільки це може призвести до зупинки виробничих ліній та порушення технологічних процесів. Наслідки таких збоїв можуть бути критичними не тільки для самого підприємства, але й для обороноздатності держави.

У зв'язку з цим оборono-промисловий комплекс повинен мати розгалужені системи резервного енергоживлення: дизельні генератори, системи безперебійного живлення та автономні електростанції. Ці резервні джерела повинні бути готові миттєво вступити в дію в разі виникнення проблем із зовнішнім енергопостачанням.

На розглянутому підприємстві оборонно промислового комплексу ключовими споживачами енергії є:

- 3D-принтери (адитивні технології)
- ЧПУ-станки (верстати з числовим програмним управлінням)
- Ремонтні та тестувальні станції
- Офісне обладнання (комп'ютери, принтери, освітлення тощо)

Для підприємств оборонно-промислового комплексу високе енергоспоживання обладнання створює такі проблеми:

Збільшення виробничих витрат, особливо в умовах постійного зростання цін на енергоресурси. Це суттєво впливає на економічні показники підприємств і може стати стримуючим фактором для їх розвитку.

Підвищення рівня викидів парникових газів, що негативно впливає на навколишнє середовище, особливо якщо електроенергія генерується з невідновлюваних джерел.

Нестабільність енергопостачання. Високі енергетичні навантаження можуть спричиняти перебої в електромережах, що загрожує безперебійності виробничих процесів.

1.4 Огляд доступних технологій «зеленої» енергетики

У сучасних умовах оборонно-промисловий комплекс стикається з проблемами, пов'язаними з високими витратами на енергоресурси та необхідністю скорочення негативного впливу на навколишнє середовище. Використання альтернативних джерел енергії є перспективним шляхом підвищення енергоефективності виробничих процесів. Однак, поряд із численними перевагами, кожен із видів відновлюваних джерел енергії має і певні недоліки, які необхідно враховувати при їх впровадженні на підприємствах.

1.4.1 Сонячна енергія

Середньорічна кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, яка надходить щорічно на територію України, знаходиться в межах від 1 070 кВт·год/м2 в північній частині України до 1 400 кВт·год/ м 2(рис. 1.1).

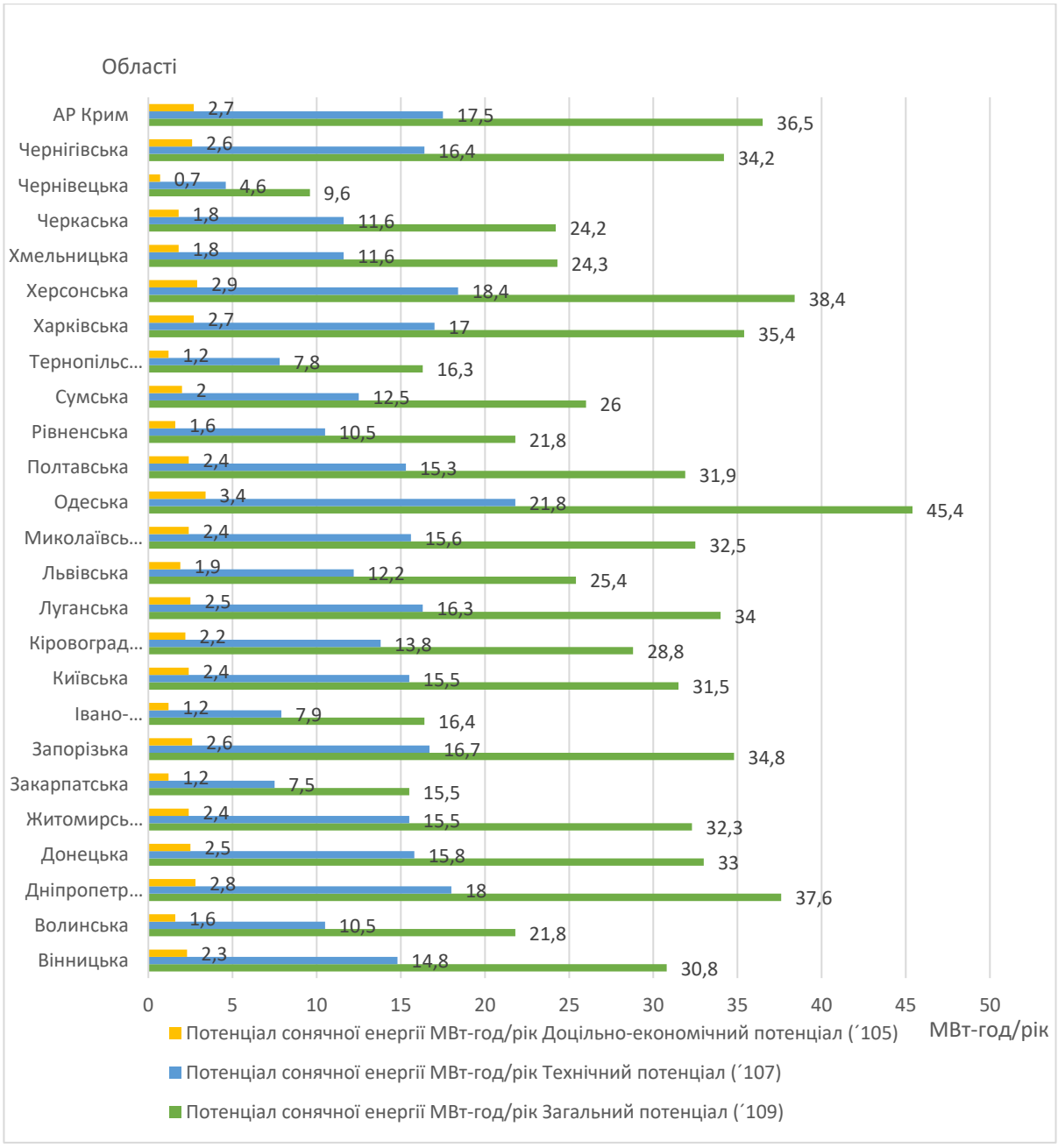


Рисунок 1.1 — Розподіл питомої середньорічної сонячної радіації на території України

Сонячна електростанція (СЕС) - це сучасне рішення, яке дозволяє

забезпечувати підприємства та приватні будинки електроенергією, використовуючи відновлювальне джерело енергії – сонячне світло. Головна перевага такої системи полягає в її незалежності від традиційних джерел енергії, що особливо актуально в умовах зростання цін на енергоресурси та потреби в зменшенні вуглецевого сліду.

Основним елементом СЕС є сонячні панелі, які перетворюють сонячне випромінювання на електричну енергію. Їх розміщують на дахах будівель або спеціальних наземних конструкціях, орієнтуючи на південь, щоб забезпечити максимальне поглинання сонячного світла протягом дня. Панелі працюють навіть у хмарну погоду, хоча ефективність їхньої роботи залежить від інтенсивності сонячного випромінювання. Сонячні електростанціях зображені на (Рис 1.2)

Переваги:

Екологічність: Сонячна енергія не генерує викидів шкідливих речовин та парникових газів.

Низькі експлуатаційні витрати: Після встановлення сонячних панелей витрати на їх обслуговування мінімальні.

Автономність: Сонячні панелі дозволяють підприємствам частково або повністю забезпечити власні енергетичні потреби.

Недоліки:

Залежність від погодних умов: Ефективність роботи сонячних панелей значно знижується у хмарну погоду або вночі, що призводить до необхідності використання систем накопичення енергії (акумуляторів).

Високі початкові інвестиції: Встановлення сонячних електростанцій потребує значних капіталовкладень, які можуть окупитися лише через кілька років.

Проблеми з утилізацією: Сонячні панелі мають обмежений термін служби (20-25 років), після чого виникає проблема утилізації відпрацьованих

компонентів.



Рисунок 1.2 — Сонячна електростанція.

1.4.2 Вітрова енергія

Вітроенергетика — галузь альтернативної енергетики, яка спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії вітру в електричну енергію. Для найкращого використання енергії вітру, важливо розуміти добові та сезонні зміни вітру, зміну швидкості вітру в залежності від висоти над поверхнею землі, кількість поривів вітру за короткі відрізки часу, а також статистичні дані хоча б за останні 20 років Вітрова станція зображена на (Рис 1.3)

Переваги:

Висока енергоефективність: Вітрогенератори ефективно працюють у регіонах із постійними вітрами, дозволяючи генерувати значну кількість енергії.

Екологічність: Вітрова енергія не спричиняє викидів парникових газів.

Швидка окупність: За умови правильного вибору місця встановлення окупність інвестицій може бути досягнута у відносно короткі строки.

Недоліки:

Шумове забруднення: Вітрогенератори створюють шум, що може бути проблемою для підприємств, розташованих поблизу житлових районів.

Залежність від місцевих умов: Ефективність вітрогенераторів значно знижується у безвітряних регіонах або під час спокійної погоди.

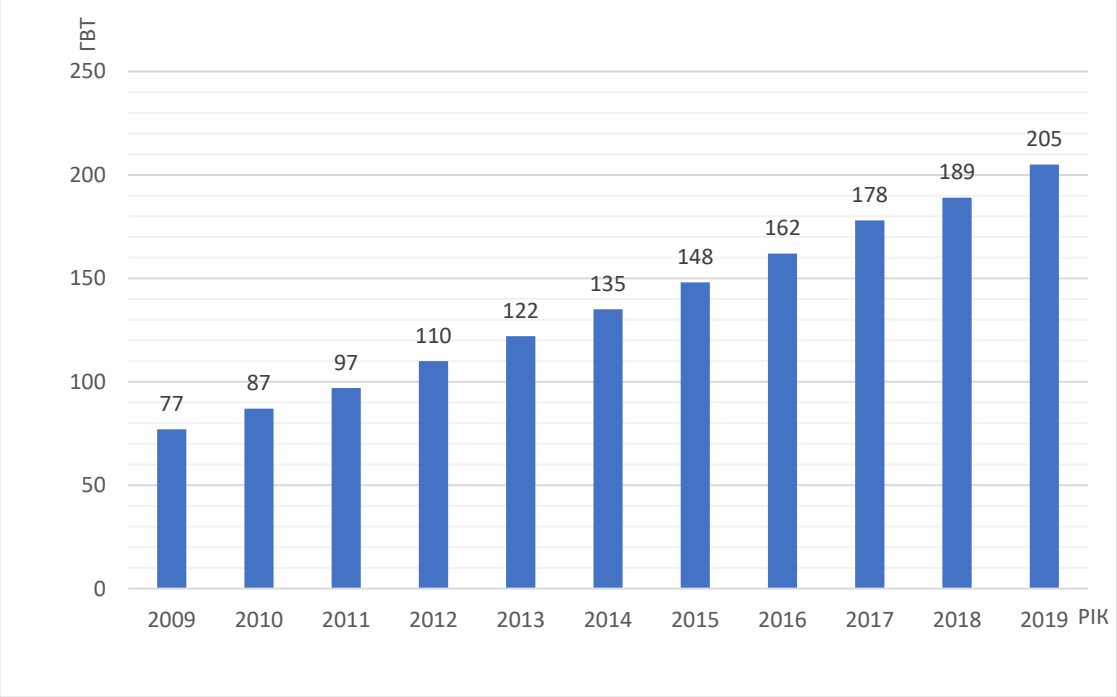


Рисунок 1.3 — Динаміка загальної встановленої потужності ВЕС в Європі, ГВт

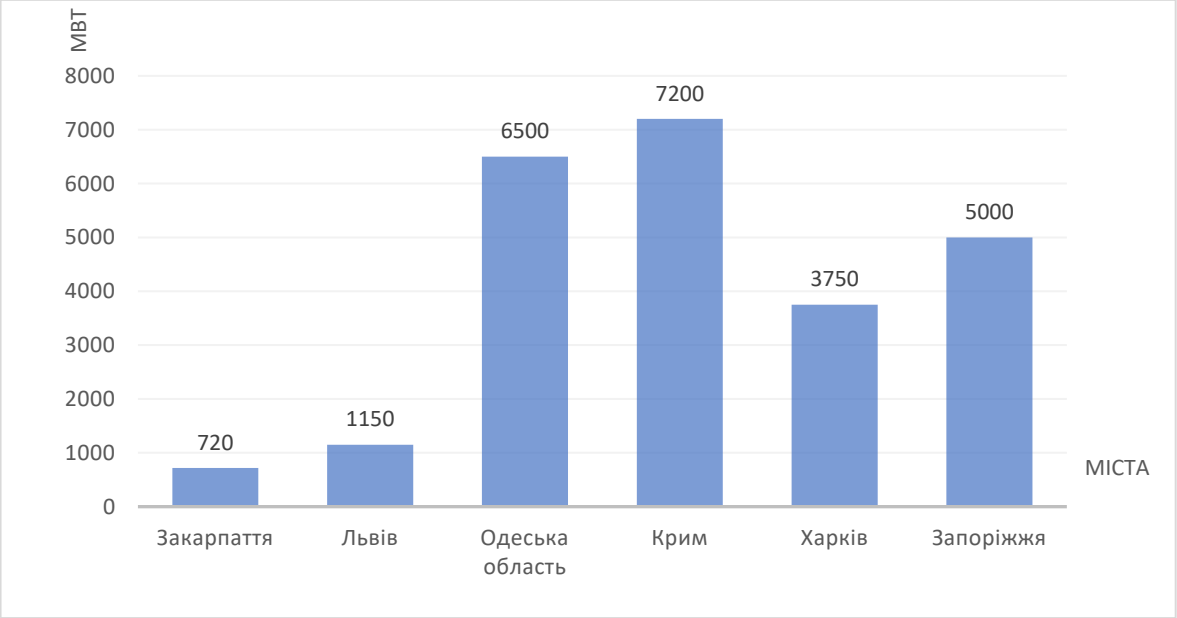


Рисунок 1.4 —Потенціал вітру в Україні

1.4.3 Геотермальна енергія

Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод може використовуватися для обігріву та вентилювання приміщень. Відбір теплової енергії від ґрунту може здійснюватися за допомогою ґрунтових теплообмінників різних типів. Температура теплоносія у ґрунтовому теплообміннику становить від 3-5°С до 10- 12°С і є придатною для застосування теплових насосів, які забезпечують підвищення температури теплоносія до 40-70°С.

Переваги:

Стабільність постачання: Геотермальна енергія доступна цілорічно, незалежно від погодних умов.

Економія на опаленні: Системи геотермального опалення дозволяють значно скоротити витрати на обігрів приміщень.

Низький рівень викидів: Геотермальні системи не спричиняють значних викидів вуглекислого газу в атмосферу.

Недоліки:

Висока вартість установки: Геотермальні системи потребують значних початкових інвестицій на буріння свердловин та встановлення обладнання.

Обмежена географічна доступність: Геотермальні ресурси ефективні лише в регіонах із відповідними геологічними умовами (наприклад, у районах із вулканічною активністю).

Ризик зниження продуктивності: З часом видобуток тепла з геотермальних джерел може зменшуватися через охолодження ґрунту.



Рисунок 1.5 — Геотермальна електростанція

1.4.4 Біоенергетика

Біоенергетика – це галузь енергетики, яка базується на використанні біопалива, виробленого з біомаси.

Біомаса – це біологічно відновлювана речовина органічного походження, що піддається біологічному розкладанню (відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та

технологічно пов’язаних виробництв, а також органічна частина промислових і побутових відходів. Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямів розвитку відновлюваних джерел енергії біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні в Україні складає 1,78 %. використовується близько 2 мільйонів різних видів біомаси. На деревину припадає найвищий відсоток використання економічно доцільного потенціалу – 80%, тоді як для інших видів біомаси (за винятком лушпиння соняшника) цей показник на порядок нижче. Найменш активно (на рівні 1%) реалізується енергетичний потенціал соломи зернових культур та ріпаку.

Переваги:

Утилізація відходів: Біоенергетика дозволяє використовувати органічні відходи як сировину для виробництва енергії, що сприяє вирішенню проблеми утилізації.

Можливість автономного енергозабезпечення: Підприємства можуть використовувати біомасу для виробництва електроенергії та тепла без залежності від зовнішніх постачальників.

Відновлюваність: Біомаса є поновлюваним ресурсом, що дозволяє її використовувати тривалий час.

Недоліки:

Високі витрати на переробку: Технології перетворення біомаси на енергію вимагають складного обладнання та регулярного обслуговування.

Викиди при спалюванні: Хоча біоенергетика вважається екологічнішою за викопні джерела, при спалюванні біомаси все ж утворюються деякі викиди в атмосферу.

Залежність від наявності сировини: Ефективність біоенергетичних установок залежить від стабільного постачання органічних відходів, що може бути проблемою у певних регіонах.



Рисунок 1.6 — Електростанція на біомасі

Впровадження альтернативних джерел енергії на підприємствах оборонно-промислового комплексу є стратегічно важливим кроком для підвищення енергоефективності, зменшення витрат на електроенергію та зниження негативного впливу на довкілля. Однак перед прийняттям рішення про використання конкретного джерела енергії необхідно ретельно оцінити всі переваги та недоліки. Лише комплексний підхід, що враховує особливості місцевих умов, технологічні можливості та економічну доцільність, дозволить досягти оптимальних результатів у підвищенні енергоефективності підприємств та зниженні їх залежності від традиційних енергоресурсів.

1.5 Правова та нормативна база енергоефективності

У першій половині 2020 року в 27 країнах-членах ЄС 40 % електроенергії було згенеровано з вітрової, сонячної, гідро- та біоенергії, перевищивши частку викопного палива, яка становила 34 %. Незважаючи на зниження попиту на електроенергію в ЄС на 7 % через пандемію COVID-19, виробництво електроенергії з відновлюваних джерел зросло на 11 % завдяки новим вітровим і сонячним установкам, які забезпечили рекордну п’яту частину енергопостачання Європи. Зокрема, у Данії 64 % електроенергії було отримано з вітрової та сонячної енергії. Внаслідок цього викиди вуглецю в енергетичному секторі ЄС за перші шість місяців 2020 року зменшилися майже на чверть.

У дослідженні Bloomberg New Energy Finance «Який ринок, що розвивається, є найпривабливішим для інвестицій у чисту енергію?» розглянуто три ключові показники: передумови, можливості та досвід.

- Уже другий рік поспіль країни, що розвиваються, будують більше чистих енергетичних потужностей, ніж традиційних.

- У 2018 році в цих економіках було встановлено 107 ГВт потужностей відновлюваної енергетики, з яких дві третини (71 ГВт) припадають на Китай.

- Серед екологічно чистих технологій лідирувала сонячна енергетика із 66 ГВт встановлених потужностей у 2018 році, за нею слідували вітрові електростанції з 29 ГВт. Ще 12 ГВт припадали на малі гідроелектростанції, біоенергію та геотермальну енергію.

- Фінансування чистої енергії на ринках, що розвиваються, склало 133 мільярди доларів у 2018 році (порівняно з 169 мільярдами доларів у 2017 році).

- На ринках, де нові чисті енергетичні проєкти поки не можуть конкурувати з нижчими цінами на електроенергію, вироблену традиційними викопними джерелами, потрібні політичні рішення. Стабільна політика в галузі чистої енергетики є ключовою для залучення інвестицій у відновлювані джерела на ринках, що розвиваються.

Згідно з дослідженням BloombergNEF, сонячні та вітрові електростанції з акумуляторними сховищами є наразі найдешевшими джерелами енергії у

світі. Значне зниження витрат на будівництво та експлуатацію сонячних електростанцій і наземних вітрових парків зробило ці дві технології найекономічнішими для створення нових енергогенеруючих потужностей у країнах, де проживає понад 66 % світового населення та виробляється близько 85 % електроенергії. За останні півроку нормована вартість електроенергії (LCOE) для вітрових станцій знизилася на 9 %, що стало найбільшим падінням за п'ять років, а для сонячної енергетики - на 4 %. Також спостерігається швидке зниження експлуатаційних витрат акумуляторних сховищ, що робить їх вигідними для згладжування пікових навантажень у таких країнах, як Китай, Японія та в ЄС.

Завдяки здешевленню технологій кількість нових проєктів, що поєднують вітрогенератори чи сонячні батареї з акумуляторами, постійно зростає. Собівартість 1 МВт·год для таких комбінованих систем становить $50,3 і $58,8 відповідно. За економічною ефективністю акумуляторні системи вже перевершують газотурбінні установки. В Австралії готується до запуску 711 МВт відновлюваних потужностей, що будуть інтегровані з акумуляторами. Аналітики зазначають, що найефективніші проєкти вітроенергетики досягають LCOE $24 за МВт·год, а найефективніші сонячні електростанції - у межах $23-$29 за МВт·год. Збереження таких тенденцій може призвести до появи сонячних і вітрових станцій з LCOE нижче $20 за МВт·год до 2030 року. Автори дослідження пояснюють зниження собівартості вдосконаленням технологій, здешевленням виробництва обладнання та витратних матеріалів, а також державною підтримкою. Ініціатори проєктів у відновлюваній енергетиці прагнуть до масштабування, щоб знизити експлуатаційні витрати та отримати кращі умови від постачальників обладнання. Наприклад, LCOE для китайської сонячної енергетики становить $38 за МВт·год, що знизилося на 9 % із середини 2019 року завдяки впровадженню високопродуктивних монокристалічних сонячних панелей. Ціни на енергію нових сонячних станцій вже зрівнялися з вугільними, що свідчить про початок масштабної конкуренції в енергетичному секторі Китаю.

Європейська комісія офіційно представила проєкт Європейського закону про клімат (European Climate Law), який передбачає досягнення країнами Євросоюзу повної вуглецевої нейтральності до 2050 року. Основні положення цього документа були озвучені в Європейській «зеленій угоді» у грудні 2019 року. Законопроєкт встановлює юридично обов'язкові цілі для досягнення нульових викидів парникових газів до 2050 року.

Українське законодавство у сфері енергозбереження та підтримки «зеленої» енергетики включає кілька важливих законів і правил, які спрямовані на стимулювання розвитку відновлюваної енергетики та підвищення енергоефективності. Основні моменти такі:

1. Закон «Про енергозбереження» – визначає загальні принципи державної політики у сфері енергозбереження. Він спрямований на те, щоб заохотити людей і компанії до раціонального використання енергоресурсів.

2. Закон «Про альтернативні джерела енергії» – регулює, як можна використовувати відновлювані джерела енергії, такі як сонце, вітер, вода та біомаса. Це важливо для підтримки екологічних ініціатив і зменшення залежності від традиційних джерел енергії.

3. Закон «Про ринок електричної енергії» — створює умови для конкурентного ринку електроенергії, де виробники енергії з відновлюваних джерел можуть отримувати особливі умови для продажу своєї енергії.

4. Зелений тариф — це механізм, який дає змогу виробникам електроенергії з відновлюваних джерел отримувати вищу ціну за свою продукцію. Він стимулює інвесторів вкладати гроші в «зелену» енергетику.

5. Закон «Про енергоефективність» — встановлює основні напрями для підвищення енергоефективності в різних секторах економіки, закликаючи впроваджувати нові технології, які допомагають зменшити споживання енергії.

6. Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030 року – визначає, як Україна планує поступово збільшувати частку відновлюваних джерел у своєму енергобалансі, щоб відповідати сучасним екологічним

стандартам.

7. Податкові пільги та інвестиційні механізми – створюються для залучення інвестицій у проєкти з відновлюваної енергетики. Наприклад, компанії можуть отримати зниження податків або пільгові кредити на будівництво екологічно чистих енергетичних об’єктів.

Україна також прагне інтегруватися в європейське енергетичне співтовариство, тому постійно адаптує свої закони до стандартів ЄС, зокрема в рамках директив, що стосуються енергетики та клімату.

1.6 Висновки до розділу 1

Розглянуто сутність енергоефективності, її історичний розвиток та сучасні підходи до впровадження «зеленої» енергетики. Встановлено, що впровадження відновлюваних джерел енергії є важливим кроком до сталого розвитку, а також сприяє підвищенню економічної ефективності та зменшенню впливу на довкілля. Особливу увагу приділено аналізу сонячної, вітрової, геотермальної та біоенергетики, які демонструють високі перспективи інтеграції в оборонні та промислові підприємства.

2 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ОБОРОННО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

2.1 Загальна характеристика підприємства

Підприємство оборонно-промислового комплексу спеціалізується на високотехнологічних виробничих процесах і обслуговуванні обладнання. Основні сфери діяльності включають 3D-друк, механічну обробку, пайку електронних компонентів, а також офісну роботу, пов’язану з управлінням і плануванням виробництва.

На території підприємства розміщено сучасне виробниче та допоміжне обладнання:

- 5 принтерів BambuLab P1P, які забезпечують високу швидкість і якість 3D друку деталей і компонентів.

- 1 станок з ЧПУ Raptor 1515 для точного фрезерування та обробки матеріалів.

- 4 ремонтні станції, оснащені паяльниками та додатковим обладнанням для монтажу та ремонту електронних компонентів.

- Офісна кімната, обладнана комп'ютерами для управління виробничими процесами, проектування деталей та адміністративної роботи.

- Системи освітлення, електроопалення та вентиляції для забезпечення комфортних умов праці персоналу та нормальної роботи обладнання.

- Wi-Fi мережа, яка підтримує роботу 3D принтера та забезпечує зв'язок між різними виробничими площами.

- Зона обіду для співробітників, де працівники можуть відпочити під час перерв.

Виробничі процеси на підприємстві потребують великої кількості електроенергії, особливо враховуючи постійне використання 3D-принтерів,

ЧПУ-станка та обладнання для пайки. Це вимагає більш детального аналізу енергоефективності та глибокої розробки стратегій для оптимізації витрат на електроенергію.

Підприємство оборонно-промислового комплексу спеціалізується на високотехнологічних виробничих процесах і характеризуються високими рівнями енергоспоживання, які визначаються технологічними та інфраструктурними потребами. Основні види діяльності компанії включають 3D-друк, механічну обробку, пайку електронних компонентів і офісну роботу, кожна з яких має свій унікальний вплив на споживання електроенергії.

Одним із найбільш енергоємних процесів є 3D-друк. Принтер BambuLab P1P забезпечує високу швидкість і високу якість виробництва деталей, працюючи в поєднанні з екструдером з постійним нагріванням (при температурах до понад 200°C) і обігрівом робочої платформи. Ці фактори можуть призвести до значного споживання електроенергії, особливо під час багатогодинних або безперервних циклів виробництва.

Обробка на верстаті з ЧПК Raptor 1515 також є значним джерелом енерговитрат. Процеси високоточного фрезерування матеріалів вимагають роботи потужних двигунів і енерговитратних систем охолодження,

Ще одним великим споживачем енергії є пайка електронних компонентів. Паяльні станції, оснащені високотемпературними інструментами, працюють в режимі постійного нагріву, що збільшує загальні витрати електроенергії. Додаткове обладнання, таке як витяжки для димовидалення, також вимагає стабільного джерела живлення.

Офісна діяльність, хоча і менш енергоємна, ніж виробничі процеси, також збільшує загальне споживання енергії. Комп’ютери, які використовуються для контролю виробничих процесів, проектування деталей і управління, споживають велику кількість енергії, особливо під час виконання складних обчислень.

Освітлення підприємства, електроопалення, вентиляція та інші інфраструктурні системи є постійними джерелами енергоспоживання.

Системи опалення та кондиціонування забезпечують оптимальні умови праці людей і техніки, особливо в холодну пору року. В освітленні підприємства використовуються сучасні енергозберігаючі лампи, але через велику площу виробничого майданчика споживання електроенергії залишається великим.

Енергосистема підприємства побудована таким чином, щоб забезпечити стабільне енергопостачання всіх споживачів. Основним джерелом живлення є центральна електромережа, від якої енергія розподіляється до технічного обладнання та систем інфраструктури. Кожен вид обладнання підключається до окремої лінії електропередач за допомогою регуляторів напруги та пристроїв захисту, що знижує ризик перевантаження системи.

Тому основними напрямками зниження енергоспоживання компаній є підвищення енергоефективності технологічних процесів, впровадження сучасних інфраструктурних рішень та використання новітніх технологій для оптимізації витрат на енергію.

Схема будівлі з розташуванням верстатів наведена нижче(рис2.1)



Рисунок 2.1 — План схема підприємства

2.2 Аналіз поточного стану енергоспоживання

Розглянемо особливості енергоспоживання для кожної з цих категорій.

Для 3D друку специфічних деталей та вироблення поодиноких замовлень використовується принтер BambuLab P1P він зображений на

рисунку нижче(рис 2.2)



Рисунок 2.2 — 3D принтер Bambu Lab P1P BL0002U 38,6 x 38,9 x 45,8 см Чорний

Bambu Lab P1P є сучасним 3D-принтером, який поєднує високу продуктивність і доступну ціну. Цей принтер розроблений для ентузіастів та

досвідчених користувачів, орієнтованих на якісний та швидкий друк. Однією з ключових переваг моделі є її енергоефективність, що робить його привабливим вибором для користувачів, які прагнуть знизити витрати на електроенергію при інтенсивному використанні.

Принтер використовує технологію FDM (Fused Deposition Modeling) і має робочу область розміром 256 × 256 × 256 мм. Він підтримує друк з широкого спектра матеріалів, таких як PLA, ABS, PETG, TPU, нейлон тощо, що дозволяє використовувати його для різних завдань і проєктів. Завдяки вдосконаленим алгоритмам управління та високоефективним елементам, Bambu Lab P1P забезпечує швидкість друку до 500 мм/с, що значно перевищує можливості більшості конкурентів у цьому класі.

Особливої уваги заслуговують електричні характеристики пристрою. Принтер підтримує роботу від мережі з напругою 100-240 В (50/60 Гц), що забезпечує його універсальність для використання в різних країнах без додаткових адаптерів. Вбудований блок живлення забезпечує стабільне живлення пристрою, видаючи 24 В постійного струму для роботи внутрішніх компонентів. Максимальна потужність, яку споживає принтер під час друку, становить до 350 Вт. Це пов’язано з нагріванням екструдера та нагрівального столу, які є найбільш енерговитратними елементами під час роботи.

Екструдер здатний досягати температури до 300°C, що дозволяє працювати з різноманітними матеріалами, а нагрівальний стіл може нагріватися до 100°C. Завдяки ізоляційним матеріалам нагрівальний стіл мінімізує тепловтрати, що дозволяє зменшити енергоспоживання під час друку. Після досягнення робочої температури система переходить у більш енергоефективний режим, що дозволяє значно зменшити споживання електроенергії без втрати якості друку.

Однією з важливих функцій Bambu Lab P1P є автоматичне калібрування столу, що забезпечує точність друку без необхідності втручання користувача. Принтер також оснащений функцією енергозбереження - після завершення друку він автоматично переходить у режим очікування, що знижує

споживання електроенергії до 5-10 Вт. У режимі очікування принтер підтримує лише мінімальне споживання для живлення електроніки.

Окрім цього, принтер оснащений кількома рівнями захисту, включаючи захист від перенапруги, перегріву та короткого замикання, що підвищує безпеку роботи і допомагає запобігти надмірному споживанню енергії. В разі виявлення небезпечних умов принтер автоматично вимикається, запобігаючи пошкодженню обладнання.

Таким чином, Bambu Lab P1P є енергоефективним та високопродуктивним пристроєм, що робить його відмінним вибором для користувачів, які прагнуть отримати максимальну ефективність при мінімальних витратах. Це дозволяє використовувати його у професійних проєктах, де важлива як швидкість, так і якість друку.

Для плоских деталей такі як рами дронів, плоскі накладки та інші специфічні замовлення з більш міцного матеріалу використовується ЧПУ-станок Raptor 1515 він зображений на рисунку нижче(рис.2.3)



Рисунок 2.3 — RAPTOR TR 1515 Фрезерний верстат з ЧПУ 1500*1500*150 мм

Фрезерний верстат Raptor 1515 призначений для обробки деревини, пластику, композитних матеріалів та легких металів, таких як алюміній. Цей верстат забезпечує високу точність обробки завдяки своїй міцній конструкції та сучасній системі числового програмного управління. Основні технічні характеристики включають робочу область **1500 × 1500 мм**, висоту по осі Z до **200 мм**, що дозволяє обробляти великі заготовки.

Основними споживачами енергії на підприємствах, що використовують верстати типу Raptor 1515, є електродвигуни, які забезпечують рух шпинделя, осей X, Y та Z, а також системи охолодження та керування.

Шпиндель - є одним із основних енергоємних компонентів верстата. У моделі Raptor 1515 використовується шпиндель потужністю **1.5 кВт**, який здатен досягати швидкості обертання до **24 000 об/хв**. Шпиндель споживає значну кількість енергії, особливо при максимальних навантаженнях під час обробки твердих матеріалів. Середнє споживання потужності шпинделя в робочому режимі може становити **2-3 кВт/год**, залежно від типу матеріалу та швидкості обробки.

Електродвигуни осей X, Y та Z - ці двигуни забезпечують переміщення робочого інструмента вздовж робочої поверхні верстата. Середня потужність таких двигунів складає **0,5-1,5 кВт** на кожну вісь, що забезпечує високу точність позиціонування та швидкість обробки.

Системи керування та електроніка - хоча ці компоненти споживають значно менше енергії у порівнянні з основними двигунами, їхній вплив на загальне енергоспоживання також вартий уваги. Плата управління та програмне забезпечення потребують стабільного джерела живлення для безперебійної роботи, що в середньому становить близько **100-200 Вт**.

Система охолодження - у випадку обробки металів або інших матеріалів, які виділяють тепло під час фрезерування, використовуються системи охолодження для захисту інструментів та верстата від перегріву. Споживання потужності системи охолодження залежить від типу охолоджувального обладнання (водяного чи повітряного) і може коливатися в межах **0,2-0,5 кВт/год**.

Середнє споживання електроенергії фрезерного верстата Raptor 1515 в режимі інтенсивної роботи складає приблизно **5-7 кВт/год**. Найбільші витрати енергії припадають на шпиндель, особливо при високій швидкості обертання та обробці твердих матеріалів.

Тому для підприємств, які прагнуть знизити витрати на електроенергію, доцільно застосовувати наступні методи оптимізації:

Використання частотних перетворювачів для регулювання швидкості обертання шпинделя, що дозволяє знизити споживання енергії при обробці менш твердих матеріалів.

Планування виробничих процесів з урахуванням завантаженості обладнання, що дозволяє уникнути простоїв і неефективного використання енергоресурсів.

Регулярне обслуговування обладнання, зокрема систем охолодження та електродвигунів, що забезпечує їхню ефективну роботу та знижує енергоспоживання.

Впровадження автоматизованих систем моніторингу енергоспоживання, які дозволяють відстежувати витрати енергії в режимі реального часу та оперативно виявляти неефективності.

Таким чином, фрезерний верстат Raptor 1515, , є значним споживачем енергії. Однак застосування сучасних технологій управління та оптимізації процесів дозволяє мінімізувати енергетичні витрати, що сприяє підвищенню ефективності виробництва.

Також не слід забувати про допоміжне обладнання: комп’ютера, освітлення, паяльна станція, система вентиляції тощо. Вони не настільки важливі і в них не настільки велики специфічні потреби щодо електроенергії

Розглянемо основні проблеми, пов'язані з високим енергоспоживанням на прикладі двох видів обладнання: **3D-принтерів Bambu Lab P1P** та **фрезерних ЧПУ-верстатів Raptor 1515**.

Енергоспоживання 3D-принтерів (Bambu Lab P1P). 3D-принтери, такі як Bambu Lab P1P, широко використовуються у виробництві для виготовлення прототипів, деталей складних форм та елементів конструкцій. Однак вони споживають значну кількість електроенергії, особливо при роботі з матеріалами, що вимагають високих

температур. Основні споживачі енергії в принтері - це нагрівальний елемент екструдера (до 300°C) та нагрівальний стіл (до 100°C). Середнє споживання такого принтера може досягати **350 Вт**, що при тривалих сеансах друку призводить до суттєвих витрат енергії. Особливо це відчутно при масовому виробництві або безперервній роботі протягом декількох змін.

2. Енергоспоживання ЧПУ-верстатів (Raptor 1515). ЧПУ-верстати типу Raptor 1515 використовуються для високоточного фрезерування різних матеріалів, таких як метал, пластик та композити. Ці верстати мають високе енергоспоживання через потребу в потужних шпинделях (до 4 кВт) та електродвигунах для управління осями. Середнє енергоспоживання такого обладнання може досягати **5-7 кВт/год**, що створює додаткове навантаження на енергосистему підприємства. Значна частина енергії витрачається на підтримання стабільної роботи систем охолодження та управління, а також на утримання оптимальної швидкості обертання шпинделя (до 24 000 об/хв).

В зимовий період підігрів приміщення здійснює електричний котел Bosch Tronic Heat 3500 12 UA ErP, з потужністю опалення 11,88 кВт. Оснащений циркуляційним насосом, який працює значно енергоефективніше у порівнянні з попередніми моделями. Пристрій містить три нагрівальні елементи по 4 кВт кожен та має три режими потужності. Робочий тиск становить 3 бари, а максимальна температура нагріву води досягає 85°C. Вбудований 7-літровий мембранний компенсаційний бак забезпечує стабільну роботу системи. Зображений на рис(2.4)



Рисунок 2.4 — Електричний котел Bosch Tronic Heat 3500 12 UA ErP

Вентиляція здійснюється різними елементами, в промисловій зоні стоїть Вентилятор ВЦ14-46а-2

На підприємстві використовується сучасне світлодіодне освітлення**,** що забезпечує високу енергоефективність та довговічність. Різні моделі для різних приміщень. Які зображені на малюнку нижче(рис.2.5)



Рисунок 2.5 — Промисловий світлодіодний світильник HB-YC-CS-100W

Тип ламп: Світлодіодні лампи (LED).

Середня потужність однієї лампи: 100 Вт.

Кількість ламп у приміщенні: 8 шт.

Середній час роботи: 10 годин на добу.

Більш економні але менш потужні лампи розташовані в офісній, зоні відпочинку і ремонтній частині будівлі. Зображені на рисунку (рис.2.6)



Рисунок 2.6 — Світлодіодна лампа

Тип ламп: Світлодіодні лампи (LED).

Середня потужність однієї лампи: 20 Вт.

Кількість ламп у приміщенні: 10 шт.

Середній час роботи: 14 годин на добу.

Ремонтно-збірна станція виповнена компанією MSG, Верстак MS570 - це зручне робоче місце для обслуговування будь-якої електроніки та багатьох інших робіт Стіл адаптований та підходить для діагностики та ремонту електронних компонентів з допомогою паяльної станції контролера. Верстак поставляється з двома лабораторними блоками живлення та будь-якими діагональними кріпленнями для монітора.

Відмінною рисою всіх робіт з ремонту електроніки є необхідність дуже яскравого спрямованого освітлення. Верстак оснащений світлодіодними ліхтарями загальною потужністю 60 Вт, що виробляють не менше 750 люкс освітленості в робочій зоні, що відповідає стандартам для високоточних монтажних робіт, він зображений на рисунку нижче(рис2.7)



Рисунок 2.7 — MS570 – Стіл для ремонту

Зведемо усі доступні нам дані за споживтям електроенергії в таблиці.(2.1)

Таблиця 2.1 Зведені дані електроспоживання підприємства

Прилад	Кількість	Енергоспоживання кВт*год	Середні кількість годин роботи	Повне енергоспоживання кВт*год	Всього за день	Всього за місяць кВт	Всього за рік кВт
Bambu Lab P1P	5	0,35	18	1,75	31,5	945	11497,5
ЧПК Raptor 1515	1	7	9	7	63	1890	22995
Освітлення майстерні	8	0,1	12	0,8	9,6	288	3504
Освітлення не промислових зон	20	0,02	14	0,4	5,6	168	2044
Ремонтно-збірні станції	4	0,5	10	2	20	600	7300
Ноутбук	3	0,18	14	0,54	7,56	226,8	2759,4
Опалення	1	11,88	10	11,88	118,8	3564	16632
Вентиляція	1	0,37	9	0,37	3,33	99,9	1215,45
Кондиціонер	2	0,9	8	1,8	14,4	432	2160
Інше	1	0,5	14	0,5	7	210	2555
				27,04	**280,79**	**8423,7**	**72122,4**

2.3 Оцінка ефективності використання енергетичних ресурсів

Ефективність використання енергетичних ресурсів на підприємстві оцінюється шляхом аналізу співвідношення між корисною енергією та загальною кількістю спожитої енергії. Основним показником є коефіцієнт корисної дії (ККД), який визначається як відсоток енергії, яка безпосередньо використовується для виконання корисної роботи, порівняно із загальним споживанням енергії. Формула для розрахунку ККД виглядає так:

$$\text{ККД} = \frac{\text{Корисна енергія}}{\text{Загальна спожита енергія}} \times 100\%. \qquad (2.1)$$

До основних показників енергоефективності відносяться також питомі енерговитрати, що визначають кількість витраченої електроенергії на одиницю продукції, а також індекс енергоефективності, який показує співвідношення фактичних і нормативних витрат енергії. Якщо індекс енергоефективності IE<1, це означає високу енергоефективність.

Втрати енергії на підприємстві можуть бути викликані технологічними, тепловими та електричними факторами. Технологічні втрати виникають через старе або неефективне обладнання, теплові втрати через недостатню ізоляцію нагрівальних елементів, а електричні втрати через неякісну електропроводку або На енергоефективність впливають технічні, організаційні та інфраструктурні фактори. Технічні параметри включають ефективність технологічних пристроїв, ступінь їх зносу і якість ізоляції нагрівальних елементів. Організаційні фактори стосуються планування графіків роботи, щоб уникнути простоїв, а також рівня кваліфікації персоналу. Фактори інфраструктури пов’язані зі станом електромережі та якістю систем керування.

Підвищити енергоефективність можна шляхом використання сучасних енергозберігаючих пристроїв, встановлення частотних перетворювачів для регулювання роботи двигунів, впровадження систем автоматичного моніторингу енергоспоживання та оптимізації виробничих процесів.

Резерви енергозбереження на підприємстві визначаються як різниця між фактичним і оптимальним споживанням енергії. Формула їхнього оцінювання:

$$R = E_{\text{фактичне}} - E_{\text{оптимальне}}, \tag{2.2}$$

де R – резерв енергозбереження, $E_{\text{фактичне}}$ – фактичне споживання енергії, а $E_{\text{оптимальне}}$, — потенційно можливе споживання при дотриманні енергоефективності.

Застосування теоретичних основ на практиці включає, наприклад, покращення теплоізоляції платформ 3D-принтерів для зменшення тепловтрат або встановлення частотних перетворювачів на верстатах з ЧПК для оптимізації роботи двигунів. Такі дії не тільки зменшують споживання енергії, але й підвищують загальну ефективність виробництва.

ККД 3D-принтера Bambu Lab P1P

Споживана потужність: 350 Вт.

Енергія, що йде на нагрів екструдера та платформи: ~300 Вт.

Втрати: ~50 Вт (втрачається через неефективну ізоляцію, тепловипромінювання).

$$\text{ККД} = \frac{300}{350} \times 100 \approx 85,7\% \tag{2.1}$$

ККД фрезерного верстата Raptor 1515

Споживана потужність: до 7 кВт/год.

Корисна енергія на обробку матеріалів: ~5,8 кВт/год (ефективність роботи шпинделя).

Втрати: ~1,2 кВт/год (на охолодження, електродвигуни осей).

$$\text{ККД} = \frac{5,8}{7} \times 100 \approx 82,9\% \tag{2.2}$$

Оцінка втрат у системі освітлення

Сучасні світлодіодні лампи мають ефективність близько 90%. Втрати через проводку та розподільчі пристрої оцінюються у 10%.

Аналіз ефективності використання енергетичних ресурсів підприємства показав, що основними напрямками енергоспоживання є робота найсучаснішого обладнання, такого як 3D-принтери та верстати з ЧПК, а також інфраструктура освітлення. , системи вентиляції та електрики. опалення. Енергоефективність технологічних процесів визначається коефіцієнтом корисної дії, який для більшості пристроїв компанії становить від 82 до 86%, що є прийнятним показником, але потребує подальшої оптимізації..

Втрати енергії виявлено у кількох ключових аспектах:

Теплові втрати в системах нагріву екструдерів і платформ 3D-принтерів.

Електричні втрати через роботу двигунів шпинделів і осей ЧПУ-верстатів на максимальних потужностях.

Інфраструктурні втрати, пов’язані з освітленням та низькою енергоефективністю окремих зон.

Оцінка резервів енергозбереження дозволила виявити потенційне

зниження споживання енергії до 10–15% за рахунок впровадження таких заходів:

- модернізації обладнання, зокрема теплоізоляції та частотних перетворювачів;
- оптимізації виробничих графіків для уникнення простоїв;
- інтеграції автоматизованих систем моніторингу та управління енергоспоживанням.

Загалом, впровадження рекомендованих технічних та організаційних рішень дозволить підприємству не лише знизити витрати на електроенергію, але й підвищити надійність технологічних процесів і зробити виробництво екологічно стійким.

2.4 Ідентифікація проблем енергоефективності

Аналіз поточного стану енергоспоживання підприємства виявив низку проблем, які негативно впливають на енергоефективність. Основні з них такі:

Відсутність запасного варіанту електропостачання

На підприємстві не передбачено альтернативного джерела енергії для забезпечення стабільної роботи обладнання у разі перебоїв з електропостачанням. Це створює ризики зупинки виробничих процесів, що призводить до простоїв, браку і підвищує загальні витрати на енергопостачання. Вирішенням цієї проблеми стане впровадження сонячних панелей, які забезпечать автономне електропостачання частини виробничих потужностей.

Неефективне освітлення

Хоча підприємство використовує сучасне світлодіодне освітлення, система розподілу світлових потоків і зонування освітлення залишаються не оптимальними. У майстерні використовуються малоефективні лампи з слабкою люменпередачою за використану електроенергію

Людський фактор

Через недостатній контроль, і високу завантаженість підприємства за дотриманням енергоефективних стандартів співробітники не слідкують через що виникають додаткові витрати електроенергії. Наприклад, залишене ввімкненим обладнання у неробочий час або нераціональне використання енергоресурсів.

Повторне виробництво через брак

Через технологічні помилки, перебої з електроенергією або низьку якість виготовлення окремих деталей відбувається повторне виробництво. Це значно збільшує енергоспоживання, адже процеси 3D-друку, механічної обробки та пайки є енергоємними.

2.5 Висновки з аналізу та обґрунтування необхідності впровадження «зеленої» енергетики

Аналіз енергоспоживання підприємства оборонно-промислового комплексу виявив низку проблем, що негативно впливають на його енергоефективність. Серед основних проблем виділено високе енергоспоживання технологічного обладнання (3D-принтерів, ЧПУ-верстатів і паяльних станцій), відсутність запасного джерела електропостачання, неефективну систему освітлення, залежність від людського фактора та значні втрати електроенергії через повторне виробництво унаслідок браку продукції. Такі проблеми не лише збільшують витрати на електроенергію, але й створюють ризики для безперервності виробничих процесів.

Необхідність впровадження «зеленої» енергетики

Для вирішення цих проблем і зменшення екологічного впливу підприємства доцільним є впровадження систем «зеленої» енергетики, зокрема сонячних панелей. Це забезпечить підприємству енергетичну незалежність, дозволяючи уникнути простоїв виробництва через перебої з електропостачанням. Крім того, використання сонячних панелей допоможе знизити операційні витрати, оскільки частина енергоспоживання буде покриватися з відновлюваних джерел. Ураховуючи постійне зростання тарифів на електроенергію, це стане значним економічним полегшенням для

підприємства.

Окрім економічних переваг, впровадження «зеленої» енергетики сприятиме екологічній стійкості підприємства. Зменшення викидів парникових газів відповідатиме сучасним вимогам до сталого розвитку та підвищить екологічну репутацію компанії. Це також створить додаткові конкурентні переваги, оскільки екологічна відповідальність стає важливим фактором для багатьох замовників.

Сонячні панелі мають відносно короткий період окупності, який становить близько п’яти років. Після цього підприємство зможе значно економити на витратах за електроенергію, забезпечуючи стабільність своїх фінансових показників. Додатково, впровадження таких систем може супроводжуватися податковими пільгами чи субсидіями, що сприятиме зменшенню стартових інвестиційних витрат.

Загалом, впровадження станції на базі «зеленої» енергетики дозволить підприємству зменшити загальне енергоспоживання на 20–30%, знизити виробничі витрати, підвищити стабільність енергопостачання та відповідати сучасним екологічним стандартам. Це є стратегічно важливим кроком для вирішення існуючих проблем енергоефективності та забезпечення сталого розвитку підприємства в довгостроковій перспективі.

2.6 Висновок до розділу 2

Проаналізовано енергоспоживання підприємства оборонно-промислового комплексу, в тому числі використання 3D-принтерів, верстатів з ЧПК, паяльного обладнання, офісних систем та інфраструктури. Встановлено, що основними проблемами є висока енергоємність технологічного обладнання, недостатня автоматизація енергоменеджменту та висока вартість електроенергії. Це підтверджує необхідність модернізації системи енергозабезпечення підприємства.

3 РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНЦІЇ НА БАЗІ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕНЕРГЕТИКИ

3.1 Проєкт гібридної сонячної електростанції

Проект передбачає впровадження гібридної сонячної електростанції Solar Plant Hybrid Premium 30 для промислового підприємства. Це рішення базується на сучасних енергетичних технологіях, що поєднують генерацію енергії від сонячних панелей та резервування за допомогою акумуляторних батарей. Головною метою проекту є забезпечення часткового покриття енергоспоживання підприємства та створення резервного джерела енергії для критичних процесів, що дозволить мінімізувати вплив можливих перебоїв в енергопостачанні.

Особливості проекту: Система забезпечуватиме генерацію потужністю **30 кВт**, що є достатнім для часткового задоволення потреб підприємства. Завдяки гібридній структурі, вона здатна працювати в декількох режимах: з мережею, в автономному режимі, або ж комбіновано, що підвищує гнучкість та ефективність. Акумуляторні батареї ємністю до 40 кВт·год дозволять зберігати енергію для використання під час пікових навантажень або перебоїв у постачанні електроенергії.

Реалізація проекту спрямована не лише на економічну вигоду через зниження витрат на електроенергію, але й на підвищення автономності що є найважливішим фактором у сьогоденні, а також підвищення екологічної відповідальності підприємства. Використання відновлюваних джерел енергії сприятиме зменшенню викидів парникових газів, що відповідає сучасним стандартам сталого розвитку.

Розробка інженерних рішень є ключовим етапом, який забезпечує ефективність роботи сонячної електростанції. Для досягнення оптимальних результатів будуть застосовані такі інженерні рішення:

Схема розміщення обладнання: Сонячні панелі встановлюватимуться

на криші виробничого приміщення, яке має оптимальну орієнтацію на південь. Вибір кута нахилу (30–35°) враховує географічне розташування підприємства та рівень сонячної інсоляції в регіоні. Інвертор та акумулятори будуть розміщені в окремому технічному приміщенні, обладнаному системою вентиляції, для запобігання перегріву та продовження терміну служби обладнання.

3.2 Інженерні особливості:

При впровадженні сонячної електростанції (СЕС) на підприємстві важливо врахувати низку технічних і інженерних аспектів, щоб забезпечити її ефективну роботу, інтеграцію з існуючою енергосистемою та довговічність.

Перш за все, потрібно правильно розмістити сонячні панелі. Їх оптимальний кут нахилу в більшості регіонів України становить 30–35°, що дозволяє максимально використовувати сонячну енергію протягом року. Орієнтація панелей на південь гарантує найкращий результат генерації. Водночас важливо враховувати, що місце для встановлення має бути вільним від затінення, аби уникнути втрат потужності.

Для інтеграції СЕС із існуючою енергетичною інфраструктурою підприємства слід використовувати сучасні інверторні системи, які перетворюють постійний струм, вироблений панелями, у змінний струм, що відповідає стандартам електромережі. Це дозволить забезпечити сумісність із внутрішньою мережею підприємства. Також потрібно враховувати енергетичний баланс: система повинна працювати безперебійно, навіть у моменти низької генерації, що потребує співпраці з централізованим постачанням енергії.

Акумуляторна система є важливим компонентом для роботи СЕС, особливо в періоди нічного споживання або низької сонячної активності. Використання акумуляторів ємністю 51,2 кВт·год забезпечує достатню енергію для покриття потреб підприємства вночі. Літій-іонні акумулятори є

оптимальним вибором завдяки їхньому тривалому терміну служби (до 15 років) та мінімальним витратам на обслуговування.

Не менш важливим є забезпечення безпеки системи. Для цього необхідно встановити захист від перенапруги, заземлення, а також систему моніторингу, яка дозволить відстежувати стан обладнання в реальному часі та своєчасно реагувати на можливі несправності. Ці заходи знижують ризики пошкодження обладнання під час нестабільності в мережі або природних явищ, таких як блискавка.

Монтажні роботи потребують особливої уваги до механічної стійкості конструкції, яка повинна витримувати пориви вітру та навантаження від снігу. Також важливо оптимізувати кабельні з’єднання, щоб уникнути втрат енергії під час її передачі.

Загалом інженерні особливості впровадження СЕС на підприємстві спрямовані на створення системи, яка буде працювати ефективно, надійно та з мінімальними витратами на обслуговування. Грамотний підхід до проєктування та реалізації дозволяє не лише знизити витрати на енергоресурси, але й зробити підприємство більш стійким до зовнішніх енергетичних ризиків.

3.3 Вибір обладнання:

3.3.1 Сонячні панелі:

Монокристалічна сонячна панель LR5-72HTH-585M використовується в мережевих системах, гібридних системах або автономних сонячних електростанціях. Має потужність 585 Вт, що є дуже високим показником для 2024 року. ККД сонячної панелі дуже високий і в поєднанні з інвертором становить 22,5%, що дозволяє ефективно її використовувати.

Для створення моделі були використані найкращі матеріали та комплектуючі фотоелектричного ринку. 144 високоякісних силіконових елемента вбудовані в раму з композитного сплаву товщиною 35 мм у 24 ряди. Перетворюючи енергію сонця в постійний електричний струм з максимальною напругою 44,06 В і потужністю 13,17 А, вони характеризуються низьким ступенем нагрівання, тим самим підвищуючи ефективність кожного елемента. Поверхня панелі надійно захищена загартованим склом товщиною 3,2 мм.

Для досягнення потужності 30 кВт потрібно встановити 52 таких панелей, зображений на рисунки нижче(рис3.2)

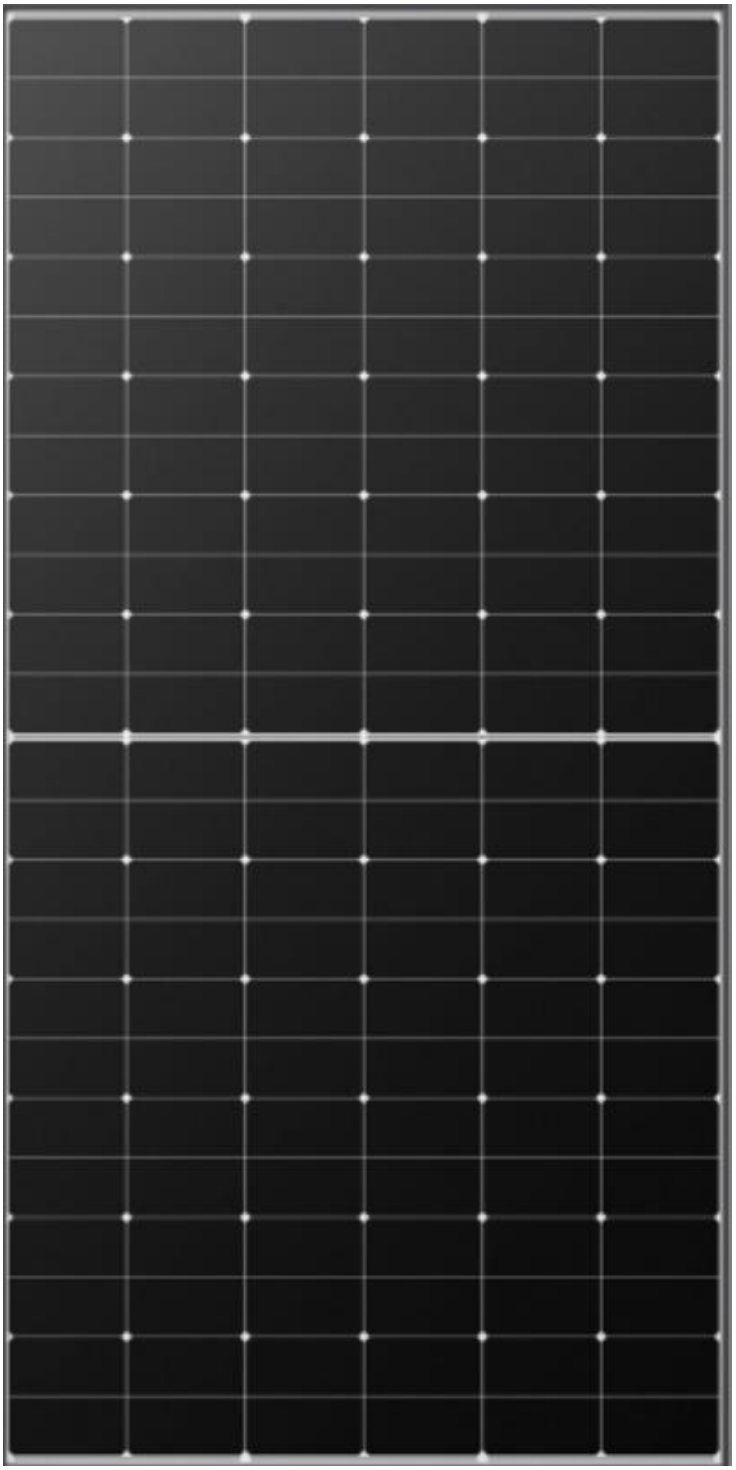


Рисунок 3.1 — Сонячна панель Longi Solar LR5-72HTH-585M

3.3.2 Інвертор:

Гібридний інвертор Deye SUN-30K-SG01HP3-EU-BM3, який підтримує роботу з мережею та акумуляторами, зображений на рисунки нижче(рис3.2)



Рисунок 3.2 — гібридний інвертор Deye SUN-30K-SG01HP3-EU-BM3,

Гібридний трифазний інвертор **Deye SUN-30K-SG01HP3-EU-BM3** - це сучасний пристрій, який забезпечує інтеграцію сонячних електростанцій у промислові та комерційні об'єкти з максимальною ефективністю. Його потужність 30 кВт дозволяє покривати значну частину енергетичних потреб підприємства. Інвертор підтримує роботу як у мережевому режимі, так і в автономному, забезпечуючи резервне живлення за допомогою акумуляторних

батарей. Це особливо важливо для підприємств, які потребують безперервного енергопостачання для критичних процесів.

Висока ефективність досягається завдяки трьом незалежним MPPT-трекерам, які оптимізують вироблення енергії, навіть якщо панелі розташовані під різними кутами або в умовах неоднорідного освітлення. Інвертор підтримує роботу з високовольтними акумуляторами (160–800 В), що робить його сумісним із сучасними літій-іонними батареями. Додатково передбачено інтелектуальну систему моніторингу, яка дозволяє контролювати генерацію та споживання енергії в реальному часі через мобільний додаток або веб-інтерфейс.

Пристрій розроблений для експлуатації в різноманітних умовах, зокрема, завдяки ступеню захисту IP65, він може встановлюватися як у приміщенні, так і зовні. Інвертор також має можливість масштабування - до десяти пристроїв можна підключати паралельно для збільшення загальної потужності системи. Завдяки таким особливостям **Deye SUN-30K-SG01HP3-EU-BM3** є оптимальним вибором для підприємств, що прагнуть забезпечити енергоефективність та стабільне постачання електроенергії за рахунок використання відновлюваних джерел.

3.3.3 Акумуляторна система:

Акумуляторний модуль високовольтний LiFePo4 Deye Bos- G5 потужністю 5.12кВт·год (6000 циклів заряду - розряду, 10 років гарантії)

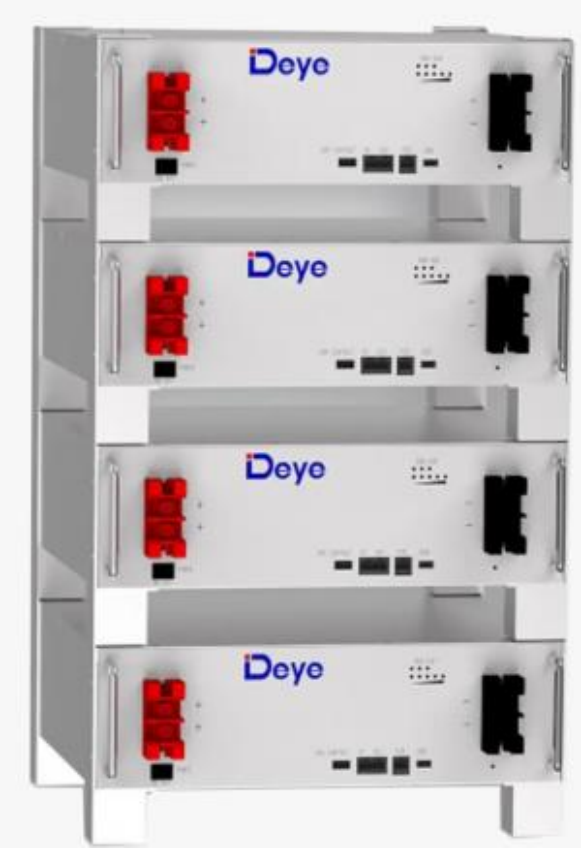


Рисунок 3.3 — Акумуляторний модуль високовольтний LiFePo4 Deye Bos- G5

Комплект акумуляторів LiFePo4 Deye Bos-G на 51,20 кВт·год вирізняється високою надійністю та ефективністю завдяки використанню сучасних літій-залізо-фосфатних технологій. Основою системи є контролер BMS Deye Bos-G, до якого послідовно підключено 10 акумуляторних модулів із ємністю 5,12 кВт·год кожен. Кожен модуль функціонує при напрузі 51,2 В і силі струму 100 А, забезпечуючи стабільну роботу навіть при великих енергетичних навантаженнях.

Зарядний струм системи становить 50 А, що дозволяє швидко заряджати комплект - усього за 2 години, що особливо важливо в умовах частих перебоїв із постачанням електроенергії. Це робить систему зручною і готовою до використання навіть у критичних ситуаціях.

Окрім цього, акумулятори мають вражаючий термін служби до 15 років і понад 6000 циклів заряду/розряду, що забезпечує тривалу експлуатацію без необхідності заміни. У разі потреби в збільшенні запасу енергії система дозволяє паралельно підключати до 64 акумуляторних модулів, що дає змогу накопичувати до 327 кВт·год електроенергії. Для цього необхідно використання двох входів інвертора, кожен із яких може обслуговувати до 32 модулів. Ця система є оптимальним рішенням для підприємств, які прагнуть забезпечити енергонезалежність та економічну ефективність.

3.3.4 Системи моніторингу:

Програмне забезпечення, що дозволяє відстежувати в реальному часі виробництво та споживання енергії, а також діагностувати несправності. Все це облаштовано у спеціальному пристрої моніторингу (рис3.4)



Рисунок 3.4 — Пристрій моніторингу інверторів Deye Logger Stick WiFi

Пристрій моніторингу інверторів Deye Logger Stick WiFi є сучасним рішенням для дистанційного контролю роботи сонячних електростанцій на базі інверторів Deye. Цей пристрій забезпечує збір, передачу та аналіз даних про виробництво енергії, стан обладнання, а також дозволяє оперативно реагувати на будь-які збої чи проблеми в роботі системи.

Основні характеристики та функції Deye Logger Stick WiFi:

Зв'язок з інвертором: Пристрій підключається безпосередньо до інвертора через порт RS485, що забезпечує стабільний обмін даними між інвертором і системою моніторингу.

Передача даних через Wi-Fi: Logger Stick використовує бездротове з’єднання для передачі інформації на сервер хмарного зберігання. Це дозволяє відстежувати стан системи з будь-якого місця за допомогою мобільного додатку або веб-інтерфейсу.

Моніторинг у реальному часі: Пристрій надає можливість отримувати актуальну інформацію про виробництво енергії, потужність споживання, рівень заряду батарей, а також інші параметри роботи системи.

Інтуїтивно зрозуміле ПЗ: Deye Logger Stick WiFi працює із хмарною платформою SmartLogger, дозволяючи користувачам переглядати дані в реальному часі, аналізувати історичну інформацію про продуктивність системи та отримувати повідомлення про помилки..

Попередження про помилки: коли з інвертором виникає проблема, наприклад зниження продуктивності або збій, Logger Stick надсилає повідомлення на мобільний пристрій користувача, що дозволяє швидко реагувати на проблему.

Переваги використання: Можливість віддаленого контролю та моніторингу роботи системи; Зручний доступ до статистики та звітів через мобільний додаток; Підвищення ефективності управління фотоелектричною станцією завдяки своєчасному повідомленню про несправності; Підвищення стабільності та надійності системи завдяки аналізу даних у реальному часі.

Deye Logger Stick WiFi - незамінний пристрій для підприємств і приватних користувачів, які хочуть максимально автоматизувати управління фотоелектричною станцією, знизити витрати на її обслуговування і забезпечити безперебійну роботу системи.

3.4 Висновок до розділу 3

Запропоновано проект гібридної сонячної електростанції, яка поєднує в собі використання сонячних панелей, інверторів, акумуляторних систем і систем моніторингу. Проект спрямований на зменшення залежності підприємства від зовнішнього енергопостачання, зменшення витрат на енергію та мінімізацію впливу на навколишнє середовище. Інженерні рішення забезпечують гнучкість і ефективність системи в умовах змінного енергоспоживання.

4 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Гібридна сонячна електростанція на 30кВт – комплект, який забезпечить потреби підприємства вдень та вночі завдяки використанню літій-залізо- фосфатних акумуляторних батарей. Сонячна електростанція дозволяє продавати надлишки електроенергії станції в місцеву мережу за державною програмою по Зеленому тарифу. Загальна вартість проєкту зведена в таблиці нижче(табл4.1)

Таблиця 4.1 – Вартість впровадження сонячної електростанції

Товар	Назва	Кіль кість	Ціна за 1 шт	Сума
Сонячна панель	Сонячна панель Longi Solar LR5-72HTH-585M, (585Вт, монокристал, ККД 22.6%, 9BB, Half-Cell, PERC,	52 шт.	$ 110,00	$5 720,00
Гібридний інвертор	Гібридний інвертор Deye SUN-30K-SG01HP3-EU-BM3, 30кВт,	1 шт	$4 700,00	$4 700,00
Контролер акумулятора	BMS Контролер Deye Bos-G 120-750Vdc	1 шт.	$ 950,00	$ 950,00
Акумулятор на батарея	Акумуляторний модуль високовольтний LiFePo4 Deye Bos- G5 потужністю 5.12кВт·год	6 шт	$1 250,00	$7 500,00
Система кріплень	Алюмінієва рейка, з'єднувач, шпилька, болт Т-подібний із гайкою, прижими	52 шт.	$ 29,00	$1 508,00

Продовження таблиці 4.1

Електрофурнітура	Набір конекторів MC4, кабель соларний (TOP Cable, 6mm), щитова 24 позиційна, автомат 50А, перемички, стяжки, гофри, наконечники, ОПН	1 шт.	$1 100,00	$1 100,00
Монтажні та пуско-налагоджувальні роботи	Робота по встановленню та запуску сонячної електростанції "під ключ"	1 шт.	$2 700,00	$2 700,00
Моніторинг роботи інвертора та сонячної станції	Deye Logger Stick WiFi	1 шт.	$ 50,00	$ 50,00
Всього				24228 $

Враховуючи, що підприємство працює в умовах різного споживання електроенергії залежно від сезону, а також різної продуктивності сонячної електростанції, виконуємо більш детальний аналіз ефективності проекту. Що наведено на графіку знизу(рис4.1)

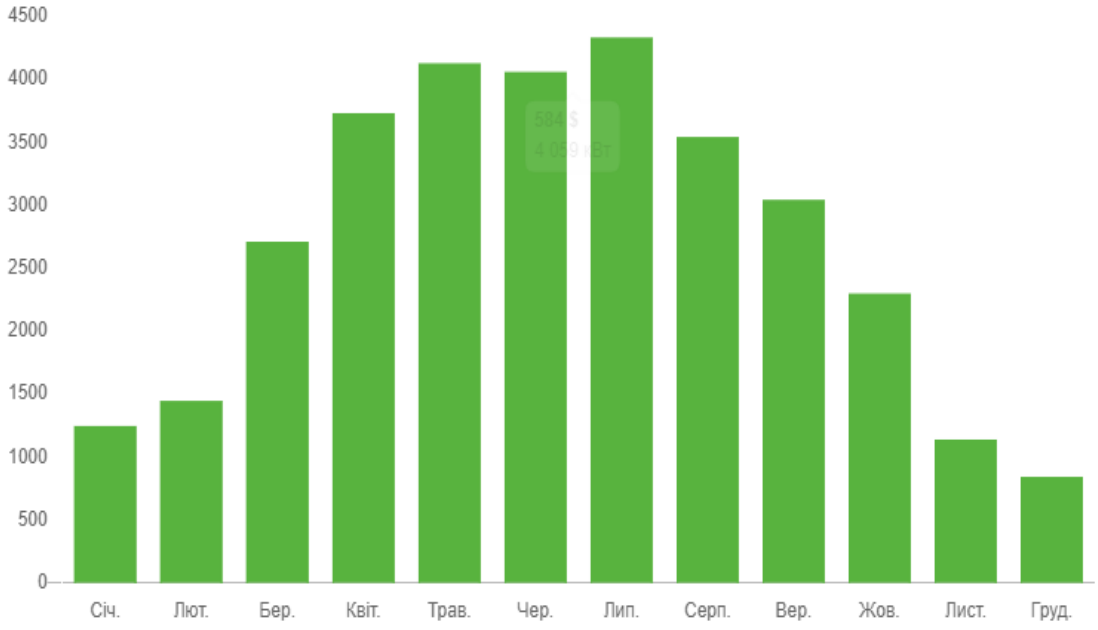


Рисунок 4.1 — Графік генерації електростанції

Споживання електроенергії підприємством:

Взимку, у період опалювального сезону, через підвищені витрати на обігрів, споживання може зрости Це дає взимку в пікових напругах до 30 кВт·год.

Влітку, завдяки зниженим енерговитратам, споживання зменшується та становлячи 16 кВт·год.

Загальне річне споживання було розраховано в таблиці (табл.2.1)

На основі таблиці про споживання енергії обладнання зробимо додаткові розрахунки та висновки щодо економічної ефективності використання сонячної станції.

4.1 Розрахунок енергоспоживання

Розрахуємо загальне споживання рік, враховуючи місячні дані:

Зимовий період

$$E_{зима} = 7991,7 \cdot 4 = 31966,8кВт \cdot год \quad (4.1)$$

Літня пора

$$E_{літо} = 4751,7 \cdot 4 = 19006,8кВт \cdot год \quad (4.2)$$

Інші місяці

$$E_{інше} = 4427,7 \cdot 4 = 17710,8кВт \cdot год. \quad (4.3)$$

Загальне річне споживання:

$$E_{рік} = E_{інше} + E_{літо} + E_{зима} \quad (4.4)$$

$$E_{рік} = 31966,8 + 19006,8 + 17710,8 = 72122,4кВт \cdot год. \quad (4.5)$$

Згідно із даними взяти з відкритих джерел , сонячна станція на 30кВт·год генерує помісячно різну кількість електро енергії, що **32 307 кВт·год на рік**.

Таблиця 4.2 - Продуктивність сонячної станції

Місяць	Продуктивність кВт*год
Січень	892
Лютий	1390
Березень	2920
Квітень	3630
Травень	4380
Червень	4280
Липень	4310
Серпень	3950
Вересень	2920
Жовтень	2110
Листопад	874
Грудень	651
Всього за рік	**32307**

4.2 Розрахунок покривання потреб підприємства

Скористаємося даними які в нас вже є для проведення розрахунків оцінки, а саме скільки відсотків місячного споживання покриває сонячна станція, на нашому підприємстві.

Для аналізу покриття енергетичних потреб підприємства сонячною станцією використовується обчислення місячного балансу генерації та споживання електроенергії. Це дозволяє оцінити, наскільки встановлена сонячна станція зменшить витрати на централізовану енергію та підвищить енергонезалежність підприємства.

Формули для розрахунків

Основні показники визначаються за такими формулами:

1. **Покриття потреб (у відсотках):**

$$P = \frac{G}{C} \times 100\%, \quad (4.6)$$

де:

- P - частка покриття потреб підприємства (%),
- G - генерація сонячної станції за місяць (кВт·год),
- C - споживання підприємства за місяць (кВт·год).

2. **Дефіцит енергії, що потребує закупівлі:**

$$D = C - G, \quad (4.7)$$

де:

- D - кількість енергії, що необхідно отримати з зовнішніх джерел (кВт·год).

3. **Потенційний дохід від надлишкової енергії:** У разі надлишкової генерації сонячної станції:

$$R = (G - C) \times T_z, \quad (4.8)$$

- R - дохід від продажу надлишкової енергії за "зеленим тарифом" (грн),
- Tz - вартість 1 кВт·год за "зеленим тарифом".

4.3 Розрахунок балансу для всього року

Підставимо місячні дані генерації та споживання для кожного періоду року (зима, літо, міжсезоння) з метою отримання загальної картини.

Зимовий період (грудень, січень, лютий):

Розрахунок покриття для січня:

$$P_{\text{січень}} = \frac{892}{7991,7} \times 100\% \approx 11,2\%.$$

Дефіцит:

$$D_{\text{січень}} = 7991{,}7 - 892 = 7099{,}7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Літній період (червень, липень, серпень):

Розрахунок покриття для червня:

$$P_{\text{червень}} = \frac{4280}{4751,7} \times 100\% \approx 90\%.$$

Дефіцит:

$$D_{\text{червень}} = 4781{,}7 - 4280 = 471{,}7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Міжсезоння (весна, осінь):

Розрахунок покриття для червня:

$$P_{\text{травень}} = \frac{4380}{4427,7} \times 100\% \approx 98,9\%.$$

Дефіцит:

$$D_{\text{травень}} = 4427,7 - 4380 = 47,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

4.4 Аналіз річного балансу

Річне споживання:

$$C_{\text{рік}} = 7991,7 \times 3 + 4751,7 \times 3 + 4427,7 \times 6 = 72122,4$$

Річна генерація: Згідно з даними, сонячна станція виробляє в середньому

$$\boldsymbol{G_{\text{рік}} = 32307} \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Покриття річного споживання:

$$P_{\text{рік}} = \frac{G_{\text{рік}}}{C_{\text{рік}}} \times 100\% = \frac{32307}{72122,4} \times 100\% \approx 44,8\%.$$

Річний дефіцит:

$$D_{\text{рік}} = C_{\text{рік}} - G_{\text{рік}} \quad (4.9)$$

$$\boldsymbol{D_{\text{рік}} = 72\,122.4 - 32\,307 = 39815.4}\ \text{кВт} \cdot \text{год}$$

Річна вартість електроенергії без станції:

$$S_{\text{рік}} = \text{C}_{\text{рік}} * g = 72\,122{,}4 * 10{,}63 \approx 766\,662\,\frac{\text{грн}}{\text{рік}} \quad (4.10)$$

Де:

S - вартість електроенергії

g – середня вартість за 1кВт для підприємства, грн

Покрита кількість кВт·год:

$$\boldsymbol{S}_{\text{генерації}} = \mathbf{32\ 307} \cdot \mathbf{10,63} \approx \mathbf{343\ 245}\,\frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

4.5 Період окупності

Вартість станції на момент розрахунків становить 920 664 грн

$$T_{\text{окуп}} = \frac{920\ 664}{343\ 245} = 2.68 \text{ роки}$$

- Станція забезпечує до 90% потреб улітку, 10–12% взимку та 45–50% у міжсезоння.
- Економія становить понад 343 тис. грн на рік.
- Окупність проєкту - 2,7 роки.

4.6 Висновок до розділу 4

Проведено розрахунки економічної ефективності впровадження сонячної електростанції. Встановлено, що проєкт є фінансово доцільним, із прийнятним періодом окупності та значною економією енергоресурсів у довгостроковій перспективі. Використання «зеленої» енергетики сприяє підвищенню стабільності енергозабезпечення підприємства та зменшенню впливу зовнішніх цінових коливань на енергоносії.

ВИСНОВОК

У ході роботи було проведено глибокий аналіз енергоспоживання оборонного підприємства та запропоновано конкретні рішення для підвищення його енергоефективності. Основним досягненням стало моделювання впровадження сонячної електростанції та оцінка її економічної доцільності.

Ми провели розрахунок генерації енергії сонячною станцією на 30 кВт та співставили ці дані із реальним споживанням підприємства по місяцях. Аналіз показав, що станція здатна покрити **44% річного енергоспоживання**, зокрема більшу частину в літній період. Це дозволяє підприємству зменшити витрати на електроенергію та знизити залежність від централізованих постачальників, особливо в умовах енергетичної нестабільності.

Розрахунки продемонстрували, що термін окупності проєкту складає близько **2,7 років**, що є чудовим показником для подібних ініціатив. Окрім того, запровадження сонячної енергетики дає можливість заощаджувати близько **343 тисяч гривень на рік**, що в довгостроковій перспективі значно покращує фінансову стійкість підприємства.

Крім фінансових вигоди, запропоноване рішення має екологічну цінність. Використання відновлюваної енергії дозволяє знизити викиди парникових газів та зробити діяльність підприємства більш дружньою до навколишнього середовища.

Таким чином, проведене дослідження доводить, що модернізація енергетичної інфраструктури оборонного підприємства є не лише економічно вигідною, а й стратегічно необхідною. Отримані результати можуть бути використані для реалізації подібних проєктів, спрямованих на підвищення енергоефективності в інших галузях.

Це рішення стало першим кроком на шляху до більш раціонального використання ресурсів і впровадження сучасних енергетичних технологій.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Біоенергетика | держенергоефективності україни. *Welcome to Держенергоефективності України | Держенергоефективності України*. URL: https://saee.gov.ua/uk/ae/bioenergy (дата звернення: 23.11.2024).
2. Вітроенергетика | держенергоефективності україни. *Welcome to Держенергоефективності України | Держенергоефективності України*. URL: https://saee.gov.ua/uk/ae/windenergy (дата звернення: 23.11.2024).
3. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. На заміну ДСТУ ISO 50001:2014 ; чинний від 2020-09-15. Вид. офіц. 2020.
4. Економічна правда. У Великобританії створять перший фонд інвестицій у водневу галузь. *Економічна правда*. URL: https://www.epravda.com.ua/projects/greendeal/2020/07/9/662789/. (дата звернення: 23.11.2024).
5. Економічна правда. Уряд Австралії виділив понад $190 млн на водневі проекти. *Економічна правда*. URL: https://www.epravda.com.ua/projects/greendeal/2020/05/7/660243/ (дата звернення: 23.11.2024).
6. Енергія сонця | держенергоефективності україни. *Welcome to Держенергоефективності України | Держенергоефективності України*. URL: https://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy (дата звернення: 23.11.2024).
7. Енергоефективність - Офіційний сайт Запорізької міської ради. *Запорізька міська рада - офіційний веб-сайт*. URL: https://zp.gov.ua/uk/page/energoefektivnist (дата звернення: 23.11.2024).
8. Паризька кліматична угода - можливість для України бути у світовому тренді низьковуглецевого та сталого енергетичного розвитку, - Держенергоефективності. *Урядовий портал*. URL:

https://www.kmu.gov.ua/news/249209857 (дата звернення: 23.11.2024).

9. Про альтернативні джерела енергії. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15 (дата звернення: 23.11.2024).

10. Про енергозбереження. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр#Text (дата звернення: 23.11.2024).

11. Про ринок електричної енергії. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text (дата звернення: 23.11.2024).

12. European climate law. *Climate Action*. URL: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en (date of access: 23.11.2024).

13. Hanna M. Let the sunshine in: opening the market for more renewable energy in Asia. *Google*. URL: https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/let-sunshine-opening-market-more-renewable-energy-asia/ (date of access: 06.12.2024).

14. Irons H. Енергетична криза 1970-х років. *Друкарня*. URL: https://drukarnia.com.ua/articles/energetichna-kriza-1970-kh-rokiv-bAIy0 (дата звернення: 06.12.2024).

15. Kat. What is demand response?. *Turn your energy into profit*. URL: https://sympower.net/articles/what-is-demand-response (date of access: 23.11.2024).

16. LibreTexts. Геотермальна енергія. *LibreTexts*. URL: https://ukrayinska.libretexts.org/Біологія/Екологія/Наука_про_навколишнє_середовище_(Ha_and_Schleiger)/05:_Енергія/5.03:_Відновлювана_енергетика/5.3.04:_Геотермальна_енергія (дата звернення: 23.11.2024).

17. None N. National hydrogen energy roadmap. Office of Scientific and Technical Information (OSTI), 2002. URL: https://doi.org/10.2172/1215838 (date of access: 23.11.2024).

18. SCADA система, что это такое - ИНДАСОФТ-УКРАИНА. *ИНДАСОФТ-УКРАИНА*. URL: https://indusoft.com.ua/blog/2019/10/29/scada-systema-chto-jeto-takoe/ (дата звернення: 23.11.2024).

19. Smart Grid в Україні: що це таке, навіщо потрібне і коли з'явиться. *Mind.ua*. URL: https://mind.ua/publications/20259406-smart-grid-v-ukrayini-shcho-ce-take-navishcho-potribne-i-koli-z-yavitsya (дата звернення: 23.11.2024).

20. World energy outlook 2024 – analysis - IEA. *IEA*. URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024 (date of access: 23.11.2024).

21. Вентилятор вц14-46а 2 с дв 0,37квт 1500об купить цена - укрвентсистемы. *Укрвентсистемы*. URL: https://ukrvent.ua/ventilyator-ts14-46a-2-1dn-1-pr0-on-st3-1081-z-dv-0-37-1500-80-u2_63 (дата звернення: 23.11.2024).

22. Про затвердження Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та плану заходів з його виконання. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-p#Text (дата звернення: 23.11.2024).

23. Bambu lab P1P 3D printer. *Bambu Lab EU*. URL: https://eu.store.bambulab.com/products/p1p?srsltid=AfmBOoqRCR_vdKlJI0A65phlrw3a3RgDknv5g2H0SeVxSxXmesXuiBEF (date of access: 23.11.2024).

24. "RAPTOR TR 1515" фрезерний верстат із ЧПК від виробника з доставкою в київ, одесу, львів, харків і в україні.верстат із ЧПК. *Фрезерні верстати з ЧПУ RAPTOR CNC*. URL: https://raptorcnc.com.ua/ua/p2079603555-raptor-1515-frezernyj.html?srsltid=AfmBOoo_A9alRDZBYVK0spcNygfXNDyQpKhwaWE4vTpJNQZ1irm0TkZ_ (дата звернення: 23.11.2024).

25. Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П. Отримання водню з застосуванням вітроелектричних установок // Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях [заг. ред. В.В. Скорохода, Ю.М. Солоніна]

– К.: «Видавництво «КІМ», 2015. – С. 98-105.

26. Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П. Основні напрями розвитку сучасних вітро-водневих технологій // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції „Відновлювана енергетика XXI століття”, 12-16 вересня 2011, АР Крим. – С. 99-103.

27. Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П. Дослідження виробництва водню з використанням вітрової установки // Матеріали XIV Міжнародної конференції “Відновлювана енергетика XXI століття”. – АР Крим, 2013. – С. 100-104.

28. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.

29. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії. Під заг. ред. Шидловського А.К. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007. – 559 с.

30. Волошин М.Д. Конспект лекцій з дисципліни "Електрохімічна технологія неорганічних речовин": Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2012. – 87 с.

31. Кудря С.О., Рєпкін О.О., Яценко Л.В., Ткаленко М.Д., Шинкаренко Л.Я., Пепелов О.В. Напрями розвитку водневої енергетики та водневої економіки в Україні / Матеріали XX-ої міжнародної науковопрактичної конференції “Відновлювана енергетика та енергоефективність XXI століття”, м. Київ, 15-16 травня 2019 р., С. 58-65.

32. Украина: эффективность малой энергетики. Издание Энергетического Центра ЕС в Киеве. 1996.– 280 с.

33. Асланян Г.С. Проблематичность становления водородной энергетики. Теплоенергетика. №4. 2006. – С. 66-73.

34. ZHANG, H. L., et al. Concentrated solar power plants: Review and design methodology. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2013, 22: 466-481

35. TURNEY, Damon; FTHENAKIS, Vasilis. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15.6: 3261-3270.

36. WINTER, C.-J.; SIZMANN, Rudolf L.; VANT-HULL, Lorin L. (ed.). *Solar power plants: fundamentals, technology, systems, economics*. Springer Science & Business Media, 2012.

37. PAVLOVIĆ, Tomislav M., et al. A review of concentrating solar power plants in the world and their potential use in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, 16.6: 3891-3902.

38. DOMINGUEZ, R.; BARINGO, L.; CONEJO, A. J. Optimal offering strategy for a concentrating solar power plant. *Applied Energy*, 2012, 98: 316-325.

39. Главком. Вперше в історії у Нідерландах почали опалювати житловий будинок воднем. *ГЛАВКОМ*. URL: https://glavcom.ua/new_energy/news/vpershe-v-istoriji-u-niderlandah-pochali-opalyuvati-zhitloviy-budinok-vodnem-674764.html (дата звернення: 08.12.2024).

40. Недава Д. Створення додатку для дистанційного керування, контролю та моніторингу будинку. *Молода наука-2022*, м. Запоріжжя. Запоріжжя, 2022. С. 15. URL: https://web.znu.edu.ua/NIS//2022/tom_5.pdf.

41. Недава Д. Управління енерговикористанням вуличного освітлення. *Молода наука-2023*, м. Запоріжжя. Запоріжжя, 2023. С. 309–310. URL: https://sites.znu.edu.ua/stud-sci-soc//2023/tom_5_2023_r__k_.pdf.

ДОДАТОК А

Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи
«Підвищення енергоефективності підприємства оборонно-промислового комплексу впровадженням станції на базі «зеленої» енергетики»