

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання
(повна назва кафедри)

«На правах
рукопису» УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Бориченко О.В.

«_____» _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
спеціалізації Системи забезпечення споживачів електричною енергією

на тему: *«Підвищення ефективності експлуатації системи електропостачання у житловому комплексі.»*

Виконав: студент II курсу, групи ГЕ-31мп

Костюченко Денис Вадимович

(прізвище, ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Побігайло В.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант нормоконтроль

(назва розділу)

вчене звання, прізвище, ініціали)

Прокопенко І.Д.

(науковий

(підпис)

ступінь,

Рецензент к.т.н., доц Босак А. В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський
політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інститут/факультет Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Системи забезпечення споживачів електричною енергією»

В.о. завідувача кафедри

Олена Бориченко

«___» _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту
Костюченко Денис Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення ефективності експлуатації системи електропостачання у житловому комплексі.»

науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Побігайло В.А

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 08 листопада 2024 р. №5008-с

2. Строк подання студентом дисертації 13 грудня 2024 року

3. Об'єкт дослідження: підвищення ефективності експлуатації системи електропостачання;

4. Предмет дослідження: житловий комплекс;

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- аналіз енергоспоживання житлового комплексу;
- виявити основні проблеми та недоліки системи електропостачання;
- оцінка ефективності електропостачання;
- Інтеграція відновлюваних джерел енергії у загальну систему;
 - Інноваційні рішення для зменшення втрат енергії;
 - розроблення стартап проекту.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація

7. Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

Прокопенко І.Д

8. Дата видачі завдання 30 жовтня 2024 року

Календарний план

№ з / п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Отримання завдання	30.10.2024	
2	Аналіз літературних джерел	31.10.2024- 08.11.2024	
3	Формування плану роботи	08.11.2024- 15.11.2024	
4	Розробка першого та другого розділу	15.11.2024- 22.11.2024	
5	Розробка третього та четвертого розділу	22.11.2024- 29.11.2024	
6.	Розробка стартап проєкту	29.12.2024- 06.12.2024	
7.	Оформлення дисертації		
8.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	08.12.2024	
9.	Передзахист МД	10. 12.2024	
10 .	Захист дисертації	16.12.2024	

Студент

(підпис)

Костюченко Д.В.

(ініціали,
прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Побігайло В.А

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається із основної частини та графічних матеріалів. Основна частина складається з 5-ти розділів та містить 100 сторінок основного тексту. В тексті роботи наведено 13 ілюстрацій, 14 таблиць та 44 посилання на літературні джерела.

Актуальність теми: На сьогоднішній день питання підвищення енергоефективності житлових комплексів є одним із ключових у сфері енергозбереження та зниження витрат домогосподарств. Раціональне використання електроенергії дозволяє мешканцям багатоквартирних будинків суттєво скоротити витрати на оплату комунальних послуг. У магістерській дисертації розглядається підвищення енергоефективності за рахунок оптимізації системи електропостачання та скорочення обсягів споживання електроенергії у місцях загального користування на прикладі ЖК "Династія" (м.Полтава).

Основними заходами для досягнення енергозбереження є:

- заміна ламп розжарювання на енергоефективні LED-лампи;
- встановлення датчиків руху та освітленості;
- впровадження автоматизованих систем управління освітленням;
- використання відновлюваних джерел енергії (сонячних панелей).

Мета дослідження: Підвищення ефективності процесу електроспоживання в житлових комплексах для скорочення витрат домогосподарств на оплату електроенергії (на прикладі ЖК "Династія" м. Полтава).

Задачі дослідження:

- Обґрунтувати актуальність підвищення ефективності електроспоживання житлових комплексів.

- Провести аналіз існуючої системи електропостачання ЖК "Династія".
- Охарактеризувати методи оцінки енергоефективності та електроспоживання.
- Розробити математичну модель процесу електроспоживання для місць загального користування житлового комплексу.
- Запропонувати технічні рішення для підвищення ефективності електропостачання.
- Розробити стартап-проект, орієнтований на впровадження сучасних енергозберігаючих технологій.

Об'єкт дослідження:

Система електропостачання житлового комплексу.

Предмет дослідження:

Енергоефективність процесу електроспоживання у місцях загального користування житлового комплексу (на прикладі ЖК "Династія", м. Полтава).

Методи дослідження:

У магістерській дисертації застосовано системний підхід до аналізу процесу електроспоживання. Використано такі методи:

Аналіз часових рядів: оцінка обсягів споживання електроенергії у місцях загального користування по місяцях і роках. Регресійний аналіз: визначення ключових факторів, які впливають на електроспоживання. Порівняльний аналіз: оцінка ефективності різних технічних рішень для модернізації системи електропостачання. Економічний аналіз: розрахунок економічної вигоди від впровадження енергозберігаючих заходів.

Наукова новизна результатів дослідження.

Розроблено математичну модель, яка на основі статистичних показників фактичного електроспоживання дозволяє виявити основні фактори впливу на ефективність електропостачання у місцях загального користування. Запропонована модель враховує специфіку житлових комплексів та дозволяє оцінити економічну ефективність впровадження заходів енергозбереження.

Практична значущість:

Результати дослідження можуть бути використані для підвищення енергоефективності житлових комплексів шляхом впровадження сучасних енергозберігаючих технологій. Це сприятиме скороченню витрат мешканців ЖК "Династія" на оплату електроенергії та покращенню екологічної ситуації в регіоні.

Ключові слова: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, LED-ОСВІТЛЕННЯ, ДАТЧИКИ РУХУ, АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, ЖИТЛОВІ КОМПЛЕКСИ, ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.

ABSTRACT

The master's thesis consists of the main part and graphic materials. The main part consists of 5 sections and contains 99 pages of the main text. The text of the work contains 13 illustrations, 14 tables and 44 references to literary sources.

Actuality of theme.

Currently, improving the energy efficiency of residential complexes is one of the key challenges in the field of energy conservation and cost reduction for households. Rational use of electricity allows residents of apartment buildings to significantly reduce their utility bills. This master's thesis focuses on enhancing energy efficiency by optimizing the power supply system and reducing electricity consumption in common areas, using the "Dynasty" residential complex in Poltava as an example.

Key measures for achieving energy savings include:

- replacing incandescent bulbs with energy-efficient LED lamps;
- installing motion and light sensors;
- implementing automated lighting control systems;
- utilizing renewable energy sources (solar panels).

Object of the Research.

The power supply system of the residential complex.

The object of the study . The energy efficiency of electricity consumption processes in common areas of the residential complex (using the "Dynasty" residential complex in Poltava as an example).

Research methods:

The master's thesis employs a systematic approach to analyzing electricity consumption processes. The following methods are applied: Time series analysis: Evaluation of electricity consumption volumes in common areas by months and years. Regression analysis: Identification of key factors influencing electricity consumption. Comparative analysis: Assessment of the effectiveness of various technical solutions for power supply system modernization. Economic analysis: Calculation of the economic benefits from implementing energy-saving measures.

Practical significance of the obtained results.

A mathematical model was developed based on statistical indicators of actual electricity consumption, enabling the identification of key factors affecting power supply efficiency in common areas. The proposed model considers the specifics of residential complexes and allows for assessing the economic efficiency of energy-saving measures.

Keywords: ENERGY EFFICIENCY, ELECTRICITY, LED LIGHTING, MOTION SENSORS, AUTOMATED CONTROL SYSTEMS, RESIDENTIAL COMPLEXES, ELECTRICITY SAVINGS.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЖК "ДИНАСТІЯ"	
1.1. Загальна характеристика ЖК "Династія".....	14
1.2. Опис існуючої системи електропостачання.....	24
1.3. Аналіз енергоспоживання житлового комплексу.....	25
1.4. Основні проблеми та недоліки системи електропостачання.....	26
Висновки до розділу 1.....	29
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПІДХОДИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	
2.1. Енергозбереження в житлових комплексах: сучасний стан та перспективи.....	30
2.2. Методології оцінки ефективності електропостачання.....	38
2.3. Використання відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, батареї).....	42
2.4. Інноваційні рішення для зменшення втрат енергії.....	48
Висновки до розділу 2.....	50
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ З МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	
3.1. Встановлення автоматизованих систем керування навантаженням.....	51
3.2. Використання енергозберігаючих технологій освітлення.....	53
3.3. Інтеграція відновлюваних джерел енергії у загальну систему..	55
3.4. Модернізація внутрішніх електричних мереж.....	62
Висновки до розділу 3.....	65

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗХАНУНКИ

4.1. Розрахунок економії енергії при використанні LED освітлення.....	66
4.2. Розрахунок економічної ефективності інтеграції сонячних панелей.....	67
4.3. Порівняння витрат на модернізацію мереж.....	69
Висновки до розділу 4.....	71

РОЗДІЛ 5. СТАРТАП-ПРОЄКТ

5.1. Концепція стартапу.....	73
5.2. Місія та бачення проєкту.....	76
5.3. Структура стартапу.....	78
5.4. Бізнес-модель.....	80
5.5. Очікувані результати стартапу.....	83
5.6. Розрахунок економічної ефективності.....	87
Висновки до розділу 5.....	90
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95

ВСТУП

Актуальність теми.

Питання ефективного використання електроенергії стає дедалі актуальнішим в умовах глобального енергетичного переходу, зростання вартості енергоресурсів та вимог до зменшення вуглецевого сліду. Для житлових комплексів, таких як ЖК "Династія", оптимізація системи електропостачання не лише знижує витрати на електроенергію для мешканців, але й сприяє підвищенню надійності енергозабезпечення.

Особливо важливим є впровадження сучасних технологій, таких як відновлювані джерела енергії, енергоефективне освітлення та автоматизація процесів управління споживанням. Це дозволяє зменшити енергетичні втрати, покращити комфорт мешканців та сприяти екологічній безпеці.

Таким чином, тема підвищення ефективності експлуатації системи електропостачання у житлових комплексах є надзвичайно важливою для досягнення енергетичної стійкості, економічної вигоди та зниження навантаження на довкілля.

Мета дослідження :

Розробка та впровадження заходів, спрямованих на підвищення ефективності експлуатації системи електропостачання у житловому комплексі "Династія" шляхом зниження втрат енергії, покращення управління споживанням та використання сучасних технологій.

Основні завдання дослідження:

Провести аналіз існуючої системи електропостачання ЖК "Династія" та оцінити її відповідність сучасним вимогам.

Виявити основні проблеми та недоліки в системі енергопостачання.

Запропонувати шляхи модернізації системи, зокрема автоматизацію управління, впровадження енергоефективних технологій та використання відновлюваних джерел енергії.

Провести техніко-економічний аналіз запропонованих заходів.

Оцінити екологічні та соціальні переваги реалізації запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження: Система електропостачання житлового комплексу "Династія", розташованого у місті Полтава.

Предмет дослідження: Процеси експлуатації системи електропостачання, їх ефективність, втрати енергії, а також потенційні шляхи модернізації для підвищення надійності та енергоефективності.

Методика дослідження: Дослідження базується на комплексному підході до аналізу системи електропостачання, який включає:

Аналіз технічного стану: Вивчення параметрів системи електропостачання, включаючи втрати енергії, навантаження на трансформаторну підстанцію та споживання енергії мешканцями.

Оцінка енергоспоживання: Визначення основних джерел витрат енергії на базі статистичних даних та моделювання.

Пропозиція рішень: Розробка методів модернізації, таких як впровадження автоматизованих систем управління, перехід на енергозберігаючі технології освітлення, інтеграція відновлюваних джерел енергії.

Техніко-економічний аналіз: Розрахунок економічного ефекту від запропонованих рішень, зокрема зниження витрат на електроенергію та терміну окупності.

Методологія забезпечує комплексне вивчення об'єкта та дозволяє запропонувати найбільш оптимальні рішення для підвищення ефективності електропостачання.

Практична значущість : результати дослідження щодо підвищення ефективності процесу електроспоживання житлових будинків можуть бути використані для скорочення витрат жильців ЖК "Династія" на оплату комунальних послуг.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЖК "ДИНАСТІЯ"

1.1. Загальна характеристика ЖК "Династія"

Житловий комплекс "Династія" є сучасним багатоповерховим житловим об'єктом, розташованим у місті Полтава. Комплекс складається з кількох багатоповерхових будинків, що вирізняються сучасним архітектурним стилем і високим рівнем комфортності для мешканців. Основні характеристики ЖК:

Загальна кількість квартир: близько 300.

Загальна площа забудови: понад 20,000 м².

Внутрішня інфраструктура: дитячі майданчики, підземні паркінги, зелені зони відпочинку.

Комплекс обладнаний централізованими системами водопостачання, теплопостачання та електропостачання. Забудовник приділив увагу енергоефективності будівель, проте система електропостачання залишається зони потенційного вдосконалення.

В Україні прийнято і діє Закон про енергозбереження . В ньому окреслені відносини між господарськими суб'єктами, державою та юридичними (фізичними) особами у сфері енергозбереження, що пов'язані з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробництвом і використанням паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), забезпечення зацікавленості підприємств, організацій і громадян в енергозбереженні, впровадженні енергозберігаючих технологій, розробці та виробництві менш енергоємних машин і устаткування, закріпленні відповідальності юридичних і фізичних осіб у сфері енергозбереження .

Серед основних принципів державної політики енергозбереження є такі [1]:

- створення економічних і правових умов зацікавленості в енергозбереженні юридичних і фізичних осіб;
- здійснення регулювання діяльності у сфері енергозбереження зі застосуванням економічних, нормативно-технічних заходів управління;
- популяризація економічних, екологічних і соціальних переваг енергозбереження, підвищення громадського освітнього рівня у цій сфері;
- поєднання методів економічного стимулювання та фінансової відповідальності з метою раціонального використання і економії витрат ПЕР. Житлово-комунальне господарство України посідає третє місце після металургійної та хімічної промисловості за обсягами споживання енергоносіїв. До чинників, які суттєво вплинули на ситуацію, що склалася на

сьогоднішній день в ЖКГ, можна віднести [2,3]:

- загальнодержавна економічна криза;
- низька платоспроможність промислових підприємств і населення;
- недосконале законодавство України, що зводить нанівець економічні стимули впровадження заходів із підвищення енергоефективності та енергозбереження;
- затримки з оплатою спожитих енергоносіїв і списання енергетичних боргів;

– недосконалість існуючої в Україні системи тарифів і розрахунків населення за спожиту енергію.

Мета енергоресурсоощадної політики в житлово-комунальному господарстві – це скорочення витрат на утримання та експлуатацію житла і, відповідно, пом'якшення для населення процесу реформування системи оплати житла й комунальних послуг під час переходу галузі на режим беззбиткового функціонування.[3]

На сьогодні зменшення витрат на комунальні послуги взагалі та оплату рахунку за електроенергію зокрема є одним з критеріїв оптимального вибору.

З початком військової агресії Російської Федерації проти України енергетична інфраструктура, зокрема об'єкти, розташовані в області, зазнають значних пошкоджень і руйнувань, які неможливо було передбачити [3]. У період 2022–2024 років унаслідок ракетних та дронівих атак серйозних ушкоджень зазнали основні об'єкти виробництва й передачі електроенергії в області. Ступінь руйнування основного обладнання цих об'єктів досягає 50–75 %.

Для стабілізації ситуації енергетичні служби протягом 2022–2024 років оперативно виконували роботи з розбору завалів, ремонту, відновлення та введення в експлуатацію основного технологічного обладнання, де це було можливим. Водночас під час обстрілів систематично пошкоджувалися електричні мережі у всіх районах області.

Руйнування та пошкодження енергетичних об'єктів призводять до значного дефіциту потужності в Об'єднаній енергосистемі України. У результаті, для її стабілізації, вимушено застосовуються різні види обмежень, зокрема графіки погодинних і аварійних відключень, обмеження

споживання електроенергії та потужності. Дозволені ліміти споживання електричної потужності становлять лише 50–75 % від необхідного рівня [4].

Найбільші проблеми виникають під час зниження температур, адже Полтавська область є «дефіцитною» щодо виробництва електроенергії, що створює гостру необхідність у забезпеченні енергопостачання для об'єктів життєзабезпечення. Як один із можливих шляхів вирішення цих питань розглядається комбіноване виробництво теплової та електричної енергії на місцевих котельнях, а також впровадження додаткових джерел розподіленої генерації.

На рівні індивідуального споживача підвищення енергоефективності будівель дозволяє зменшити витрати на оплату опалення у зимовий період та електроенергію. З огляду на тенденції до стрімкого зростання тарифів, економія на електроенергії може стати важливою статтею заощаджень.

Попри загальну тенденцію до переходу на енергозберігаючі лампи, зумовлену, зокрема, суттєвим зростанням тарифів, лампи розжарювання досі залишаються доступними на українському ринку освітлювальних приладів. У країнах ЄС ще з 2009 року діє програма поетапного вилучення ламп розжарювання з виробництва та обігу, а в країнах СНД схожі заходи також набувають поширення. Наприклад, в Узбекистані з 1 січня 2017 року заборонено продаж ламп розжарювання потужністю понад 40 Вт, а виробництво LED-ламп поступово витісняє традиційні лампи денного світла.

У місті Руставі (Грузія) функціонує перше підприємство мікроелектронного обладнання **AG Microelectronics**, яке щомісяця виготовляє 20 тисяч світлодіодів різної потужності. Водночас в Україні все більше компаній займаються виготовленням та продажем енергозберігаючої освітлювальної продукції, включаючи LED-лампи та

світильники для різних сфер застосування, які виготовляються із використанням імпортованих світлодіодних чіпів.

Очевидно, що у найближчій перспективі лампи розжарювання будуть поступово витіснені з ужитку в Україні. Їх виробництво і продаж замінять більш прогресивні, безпечні та енергоефективні LED-лампи, що відповідають сучасним стандартам енергоефективності.

Неефективність застарілих джерел світла, які не відповідають сучасним стандартам, призводить до того, що споживання електроенергії на освітлення в Україні перевищує аналогічні показники у розвинених країнах приблизно в 1,7 рази. Основна причина цього полягає у використанні в українських населених пунктах малоефективних джерел світла. До того ж, застарілі конструкції світильників значно втратили свої оптичні властивості, що знижує їхню ефективність на 25–40 % через погіршення роботи відбивачів і розсіювачів.

На глобальному рівні близько 19 % електроенергії витрачається на освітлення, що підкреслює актуальність впровадження енергозберігаючих технологій. У різних країнах Європи, Північної та Південної Америки вже реалізовано низку програм, спрямованих на підвищення ефективності освітлювальних приладів і застосування енергозберігаючих рішень [9].

Крім того, освітлення відіграє суттєву роль у створенні додаткових навантажень на енергосистему, особливо в години вечірнього пікового споживання. Це вимагає залучення додаткових генеруючих потужностей, що підвищує загальне енергетичне навантаження.

Енергетична ефективність будівель може забезпечуватися шляхом [10]:

- підвищення теплотехнічних показників огорожувальних

конструкцій будівель;

- встановлення засобів обліку (в тому числі засобів диференційного (погодинного) обліку споживання електричної енергії) та регулювання споживання енергетичних ресурсів;
- впровадження автоматизованих систем моніторингу і управління інженерними системами;
- підвищення енергетичної ефективності інженерних систем будівлі;
- використання відновлюваних та/або альтернативних джерел енергії та/або видів палива (з використанням інженерних систем будівлі);
- застосування систем акумуляційного електронагріву в години мінімального навантаження електричної мережі;
- здійснення інших заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель.

Енергетична ефективність будівлі - властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі [10].

Розрахунок енергоємності валового регіонального продукту здійснено відповідно до методики, затвердженої наказом Держенергоефективності України від 21 липня 2011 року № 63 «Про затвердження Методики розрахунку показника енергоємності валового регіонального продукту». Розрахунки виконані на основі даних Головного управління статистики у Полтавській області (табл. 1.1).

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що динаміка енергоемності ВРП Полтавської області, розрахована для всіх видів використаного палива, виявилася нестабільною. Прогноз рівня енергоемності валового регіонального продукту до 2030 року, за умови збереження поточної тенденції, вказує на незначне зростання показника до рівня 59,2 т у. п./млн грн, що оцінюється як незадовільний результат [11].

Таблиця 1.1- Енергоемність валового регіонального продукту у 2018 – 2020 роках

Рік	Валовий регіональний продукт у цінах базового року		Використано палива на формування валового регіонального продукту		Використано палива на перетворення в інші види енергії		Енергоемність	
	всього, млн грн	темп зростання, %	всього, т у. п.	Темп зростання, %	всього, т у. п.	темп зростання, %	повна, т у. п./млн грн	темп зростання, %
2018	116972,0	103,5	7146368	185,7	4350214	460,7	61,09	179,4
2019	118258,6	101,1	6320579	88,4	4364142	100,3	53,45	87,5
2020	115183,9	97,4	6544932	103,5	4786832	109,7	56,82	106,3
2030 (прогноз)							59,2	

Енергетичний менеджмент у Полтавській області являє собою систему постійних процесів та інструментів, інтегрованих із заходами державного управління на регіональному рівні. Метою цієї системи є забезпечення ефективного управління споживанням енергії та постійного вдосконалення енергетичної ефективності.

Відповідно до стандарту ISO 50001:2018, обласна система енергетичного менеджменту визначається як структура управління, яка встановлює енергетичну політику, цілі та завдання, а також включає розробку планів дій та механізмів їх реалізації. Ця система охоплює органи місцевого самоврядування, структурні підрозділи обласної державної адміністрації, а також комунальні підприємства, установи та організації, що є спільною власністю територіальних громад Полтавської області та

перебувають в управлінні обласної державної адміністрації (так звані бюджетні організації) [11].

Запровадження такої системи є ключовим для підвищення енергетичної ефективності регіону, адже вона охоплює всі аспекти, пов'язані з енергоспоживанням, використанням енергоресурсів та поліпшенням енергетичних результатів. Основним очікуваним результатом функціонування системи є створення систематизованого підходу до підвищення рівня енергоефективності територіальних громад, а також організацій та установ, що фінансуються з обласного бюджету.

Створення обласної системи енергетичного менеджменту здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про енергетичну ефективність» та постанови Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2021 року [11].

№ 1460 «Про впровадження систем енергетичного менеджменту».

Функції обласної системи енергетичного менеджменту охоплюють організацію, виконання, планування, моніторинг (зокрема облік і контроль) та мотивацію щодо раціонального використання енергоресурсів у територіальних громадах і районах області, структурних підрозділах обласної державної (військової) адміністрації, а також у бюджетних організаціях.

Ключовими складовими обласної системи енергетичного менеджменту є системи енергоменеджменту, впроваджені на рівні органів місцевого самоврядування, районних державних (військових) адміністрацій та обласної державної (військової) адміністрації. Вони забезпечують реалізацію заходів із підвищення енергоефективності у будівлях, що знаходяться у господарському віданні чи оперативному управлінні бюджетних організацій.

Органами впровадження систем енергетичного менеджменту в Полтавській області є органи місцевого самоврядування, районні державні (військові) адміністрації (Кременчуцька, Лубенська, Миргородська, Полтавська) та структурні підрозділи Полтавської обласної державної (військової) адміністрації [11].

Завдання з організації та виконання заходів з підвищення енергоефективності покладаються на відповідальних осіб за систему енергетичного менеджменту в кожному органі впровадження цієї системи. Відповідальні особи координують реалізацію енергозберігаючих заходів, забезпечуючи їх ефективне виконання.

Структура обласної системи енергетичного менеджменту представлена на рис. 1.1



Рисунок 1.1- Структура обласної системи енергетичного менеджменту

Функція організації виконання завдань з підвищення енергетичної ефективності покладається на відповідального за систему

енергетичного менеджменту у відповідному органі впровадження системи енергетичного менеджменту.

Енергосервіс являє собою комплекс технічних, організаційних та енергозберігаючих заходів, спрямованих на скорочення споживання енергоресурсів і зменшення витрат на їх оплату замовниками енергосервісу. Завдяки впровадженню цих заходів забезпечується зниження витрат на паливно-енергетичні ресурси та житлово-комунальні послуги в порівнянні зі споживанням за відсутності таких заходів.

Об'єктами енергосервісу можуть бути будівлі, споруди, їх комплекси, а також окремі елементи благоустрою населених пунктів, які перебувають у державній або комунальній власності. Рішення про закупівлю енергосервісу щодо таких об'єктів приймається відповідним центральним органом виконавчої влади (для об'єктів державної власності) або виконавчим органом місцевих рад (для об'єктів комунальної власності).

Закупівля енергосервісу здійснюється відповідно до Закону України «Про публічні закупівлі» із урахуванням особливостей, визначених законодавством. Замовниками енергосервісу виступають установи, організації та заклади, які утримують на балансі приміщення та оплачують комунальні послуги, зокрема опалення і освітлення.

Реалізація енергосервісних проєктів дозволяє без додаткових видатків з бюджету:

- модернізувати інженерні системи громадських будівель;
- створити комфортні умови для перебування громадян у школах, дитячих садках, лікарнях та інших громадських установах;
- зменшити витрати на енергоресурси та комунальні послуги.

Основні етапи впровадження енергосервісу представлені на рисунку 1.2 [12].



Рисунок 1.2- Основні етапи впровадження енергії

1.2. Опис існуючої системи електропостачання

Електропостачання ЖК "Династія" здійснюється через централізовану мережу міського енергопостачання, яка відповідає нормам та стандартам для сучасних житлових будівель. Основним елементом системи є трансформаторна підстанція 10/0.4 кВ, що підключена до мережі середньої напруги міської енергосистеми.

Основні характеристики системи електропостачання:

Трансформаторна підстанція:

Потужність трансформатора складає 630 кВА, що є достатнім для забезпечення потреб мешканців та інфраструктури ЖК.

Підстанція оснащена системою захисту, яка запобігає перевантаженням та коротким замиканням.

Використовується сухий трансформатор, що має менші експлуатаційні витрати та вищу екологічну безпеку порівняно з масляними трансформаторами.

Внутрішні електричні мережі:

Прокладені згідно з вимогами ДБН В.2.5-23:2010.

Використовуються кабелі із мідними жилами та ізоляцією ПВХ, що забезпечують надійність, довговічність та низькі втрати енергії.

Розподільчі щити оснащені автоматичними вимикачами, які забезпечують безпеку системи. [13]

Розподіл енергії:

Електроживлення забезпечується як для квартир, так і для місць загального користування (під'їзди, ліфти, технічні приміщення).

Щитові розподіли обладнані окремими автоматичними вимикачами для кожної зони.

Місця загального користування:

Освітлення сходових клітин, коридорів та інших загальних зон здійснюється за допомогою традиційних джерел світла, які мають високий рівень споживання енергії.

Ліфтове обладнання підключене через окрему лінію та має засоби аварійного резервного живлення, що дозволяє уникнути блокування ліфтів у разі перебоїв електропостачання.

Система вентиляції та кондиціонування працює централізовано, проте не оснащена автоматизованим управлінням.

Автоматизація:

На даний момент відсутні автоматизовані системи моніторингу енергоспоживання. Це ускладнює контроль за споживанням енергії та не дозволяє оперативно реагувати на аномальні ситуації.

Резервне живлення:

Резервні джерела енергії, такі як дизель-генератори, не передбачені для забезпечення енергоживлення під час аварій. Це може спричинити перебої в роботі основних систем життєзабезпечення у разі аварійного відключення електроенергії.

Енергоефективність:

Система освітлення та споживання енергії не відповідає сучасним вимогам енергоефективності, оскільки не використовуються світлодіодні лампи та датчики руху для освітлення місць загального користування.

Безпека системи:

Система обладнана пристроями захисту від коротких замикань та перевантажень, але не має сучасних засобів діагностики стану кабелів та з'єднань, що може призвести до аварій у разі значного навантаження.

1.4. Основні проблеми та недоліки системи електропостачання

Основні проблеми

На основі аналізу системи електропостачання ЖК "Династія" було виявлено наступні недоліки:

Високі втрати енергії у внутрішніх мережах

Втрати у кабельних лініях через нагрівання та струми витоку оцінюються на рівні 3–5% загального споживання енергії.

Для оцінки втрат у кабельній лінії можна використати формулу:

$$P_{\text{втрати}} = I^2 \cdot R \cdot L,$$

де:

I — струм у кабелі (А),

R — опір кабелю (Ом/м),

L — довжина кабелю (м).

Для прикладу, розрахуємо втрати для лінії живлення довжиною 50 м з кабелем перерізу 10 мм² (опір $R=0.0032$ Ом/м), що пропускає струм 100 А:

$$P_{\text{втрати}} = 100^2 \cdot 0.0032 \cdot 50 = 1600 \text{ Вт}$$

Такі втрати за добу становлять:

$$E_{\text{втрати}} = P_{\text{втрати}} \cdot 24 = 38.4 \text{ кВт\год.}$$

Відсутність автоматизації системи моніторингу

Без автоматизованих систем моніторингу неможливо оперативно контролювати аномальні витрати або несправності в мережі.

1. Низька енергоефективність освітлення місць загального користування

Використання ламп розжарювання створює додаткові витрати. Для порівняння:

Потужність однієї лампи розжарювання: 60 Вт.

Потужність LED-лампи: 10 Вт.

Економія для 100 ламп за добу (у разі роботи 6 годин):
 $\Delta E = (60 - 10) \cdot 100 \cdot 6 = 30 \text{ кВт\год}$

2. Відсутність резервного живлення

У разі аварійного відключення мешканці залишаються без електроенергії, що впливає на комфорт і безпеку. [14]

3. Проблеми з піковими навантаженнями

У години пік трансформатор працює на межі своєї потужності. Для перевірки адекватності навантаження використовують формулу коефіцієнта завантаження трансформатора:

$$K_3 = \frac{P_{\text{навантаження}}}{P_{\text{номінальна}}}$$

$P_{\text{навантаження}}=560$ кВт,

$$K_3 = \frac{560}{567} \approx 0.99.$$

Коефіцієнт близький до 1, що вказує на роботу на межі потужності.

Висновки до розділу 1

Аналіз системи електропостачання ЖК "Династія" показав, що поточний рівень енергоспоживання є типовим для житлових комплексів подібного типу. Однак існують значні можливості для вдосконалення системи шляхом модернізації обладнання, впровадження автоматизованих систем обліку енергії, а також залучення відновлюваних джерел енергії.

Основні проблеми, такі як відсутність автоматизації, застаріле обладнання та високі пікові навантаження, потребують комплексного підходу до вирішення, що буде розглянуто в наступних розділах.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПІДХОДИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1. Енергозбереження в житлових комплексах: сучасний стан та перспективи.

Енергозбереження в житлових комплексах є одним із ключових аспектів розвитку сучасної інфраструктури. Головна мета полягає у зменшенні споживання енергії без погіршення умов проживання мешканців.

У цьому розділі висвітлюється значення підвищення ефективності використання електроенергії в місцях загального користування на прикладі міста Славутич, а також надається коротка характеристика цього населеного пункту.

До місць загального користування належать освітлення під'їздів та підвалів у житлових будинках. Постійне зростання тарифів на електроенергію спонукає мешканців будинків раціональніше підходити до її споживання [14].

Особливу увагу варто приділяти заходам, спрямованим на підвищення енергоефективності, серед яких:

- використання енергозберігаючих ламп;
- застосування багатотарифних лічильників для обліку споживання електроенергії;
- впровадження відновлюваних джерел енергії;
- встановлення обладнання для автоматизованого управління системою енергопостачання.

Обсяги електроенергії, що споживаються для освітлення місць загального користування, змінюються протягом року, залежно від тривалості світлового дня. Важливим чинником також є людський фактор, адже увімкнення та вимкнення освітлення на сходових клітинах зазвичай здійснюється самими мешканцями [15].

Економія витрат енергетичних ресурсів може бути досягнута внаслідок збільшення потенціалу енергозбереження щодо споживання електричної енергії. За оцінками як вітчизняних, так і зарубіжних експертів, потенціал економії електроенергії в будинках і спорудах складає від 30 до 40 % .

На сьогоднішній день спостерігається зростання зацікавленості як з боку ЖЕКів, так і мешканців міст у зниженні споживання електроенергії, зокрема в місцях загального користування (освітлення сходових клітин, територій перед під'їздами та підвалів). Мешканці багатоквартирних будинків добре усвідомлюють, що витрати на електроенергію в таких зонах впливають на розмір квартплати.

Слід також зазначити, що внутрішньобудинкові електромережі зазнають значного навантаження. У зв'язку з цим питання економії електроенергії в сфері житлово-комунального господарства є надзвичайно актуальним [23].

Існує кілька шляхів вирішення цієї проблеми. Одним із них є децентралізоване управління освітленням у місцях загального користування. Такий підхід передбачає встановлення в різних зонах коридору або під'їзду (наприклад, біля кожних дверей) двох кнопок – "пуск" і "стоп", які відповідають за ввімкнення та вимкнення реле управління світлом. Ця схема є простою у виконанні та економічно вигідною.

Іншим способом зменшення енергоспоживання є застосування таймерів автоматичного вимкнення. У цьому випадку освітлення вмикається локально (зазвичай біля кожної квартири) та вимикається через заздалегідь визначений проміжок часу. Як правило, цього достатньо, щоб пройти коридор чи кілька сходових клітин. Такий підхід мінімізує вплив людського чинника на тривалість освітлення. Проте проблема залишається частково вирішеною, оскільки для активації таймера необхідно знайти кнопку на стіні.

Більш ефективним варіантом є використання датчиків руху, які автоматично вмикають і вимикають освітлення, забезпечуючи значне скорочення споживання електроенергії [18].

Конструкція датчика руху об'єднує всі переваги попередніх методів управління освітленням. Кілька таких датчиків здатні контролювати роботу будь-якої кількості ламп. Освітлення залишається увімкненим, поки в зоні дії датчика фіксується рух. Як тільки рух припиняється, активується таймер зворотного відліку, який, наприклад, дозволяє мешканцю спокійно відкрити двері ключем. Після завершення відліку світло автоматично вимикається, що усуває необхідність у кнопках увімкнення.

Додатково, датчики руху оснащені сенсорами освітленості, які вимикають систему в денний час, коли природного світла достатньо. Завдяки простоті використання та ефективності такі пристрої набули широкого застосування в європейських країнах і США для економії електроенергії в місцях загального користування.

Найбільший економічний ефект досягається завдяки використанню вимикачів освітлення з датчиками руху на сходових клітинах і в під'їздах багатоповерхівок. Датчики руху розпізнають людину, що виходить із

квартири чи ліфту, та вмикають освітлення лише на відповідному поверсі. Інші поверхи залишаються темними, що значно знижує енергоспоживання.

Завдяки сучасній мікропроцесорній технології датчики руху стійкі до різних перешкод (оптичних, акустичних, електромагнітних) і чутливо реагують на теплове випромінювання людини. Використання таких пристроїв дозволяє зменшити витрати електроенергії до 95%, зокрема за рахунок заміни застарілих ламп розжарювання на енергозберігаючі аналоги, які все ще застосовуються в Україні попри їх високу енерговитратність. Основною альтернативою лампам розжарювання в контексті підвищення енергоефективності сьогодні є два типи освітлювальних приладів: люмінесцентні лампи та світлодіодні. Обидва типи мають свої переваги та недоліки, які слід враховувати при виборі.

Розробка Світові інвестиції у відновлювану енергетику демонструють впевнену динаміку росту, так у період із 2002 по 2014 роки середньорічний приріст інвестицій склав 13 %. Абсолютний рекорд було встановлено у 2017 році, коли об'єм інвестицій у відновлюванні [12] джерела енергії склав 350 млрд дол, тоді, коли світові ціни на нафту були майже на історичному мінімумі.

У 2016 році в Європі було встановлено 24,5 ГВт нових енергетичних потужностей. Більше половини із них є вітрові електростанції – 12,5 ГВт. У загальній структурі енергетичних потужностей у Європі станом на кінець 2016 року ВДЕ займають найбільшу частку - 46%, що зображено на рисунку 2.1.

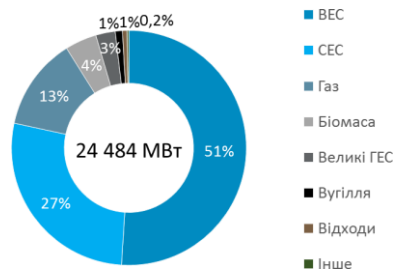


Рисунок 2.1 – Енергетичні потужності, що встановлені в Європі впродовж 2016 року. У 2016 році ВДЕ склали рекордні 87% від усіх нововстановлених потужностей, що демонструє трансформацію Європейської енергетичної системи у напрямку заміщення традиційної генерації відновлюваними джерелами енергії.

Більша частина матеріально-технічної бази наявних потужностей з виробництва електроенергії в Україні зношена та неефективна. За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України, атомні блоки наближаються до закінчення строку проектної експлуатації. Понад 70% атомних блоків потребуватимуть подовження строку експлуатації у найближчі 10 років. Крім того, 42,2% ЛЕП напругою 220-330 кВт експлуатуються понад 40 років, та 64,4% основного устаткування трансформаторних підстанцій випрацювали свій розрахунковий технічний ресурс. Недостатня пропускна спроможність ліній електропередач для видачі потужності АЕС і передачі надлишкової енергії. У розподільчих мережах значна кількість об'єктів також відпрацювала свій ресурс: 40,5% електричних мереж і 37,6% трансформаторних підстанцій потребують реконструкції або заміни.

За даними НКРЕКП 84% блоків ТЕС і ТЕЦ перевищили межу фізичного зношення й потребують модернізації або заміни, що зображено на рисунку 2.2.

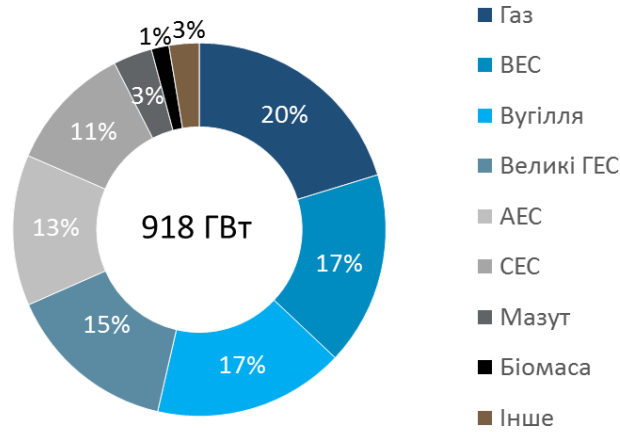


Рисунок 2.2- Структура енергетичних потужностей в Європі на кінець 2016 року.

Встановлені потужності ВДЕ в Україні мають тенденцію до щорічного зростання (падіння у 2014 році спричинене втратою об'єктів енергетики у АР Крим та в зоні АТО). Середньорічний темп зростання встановленої потужності ВДЕ складає 31%. Станом на 1 січня 2017 р. встановлена потужність об'єктів відновлюваної енергетики в Україні [13], які працюють за «зеленим» тарифом, склала 1117,7 МВт, що зображено на рисунку 2.3.

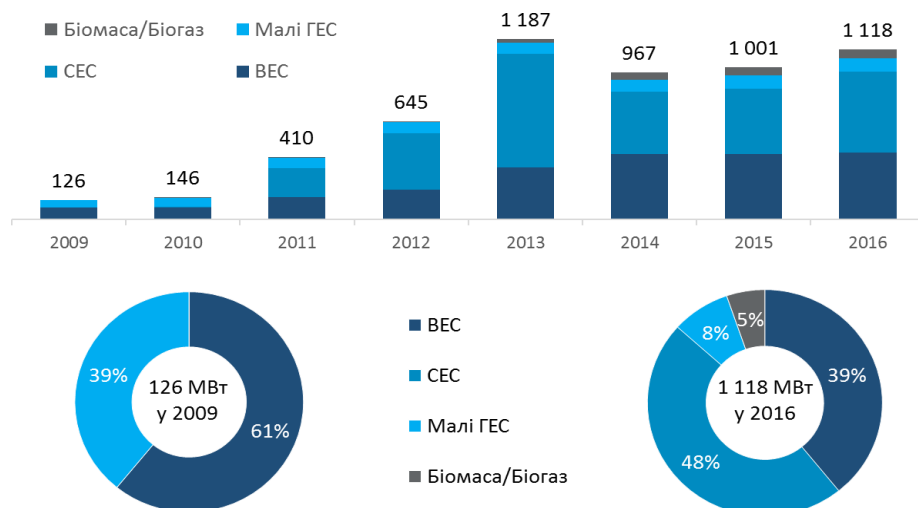


Рисунок 2.3-Встановлена потужність об'єктів ВДЕ, що працюють за «зеленим» тарифом в Україні, МВт.

Впровадження технологічних інновацій сприяло створенню вдосконалених виробничо-споживчих рішень на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [14], які характеризуються зниженим споживанням ресурсів.

За умови достатнього вітрового та сонячного потенціалу, а також нестабільних цін на нафту та значних витрат на інфраструктуру для її використання, ВДЕ стають конкурентоспроможними щодо традиційної енергетики.

Останніми роками завдяки розвитку інноваційних технологій у секторі ВДЕ вартість генерації електроенергії скоротилася майже вдвічі [15] (див. таблицю 2.1).

Таблиця 2.1 – Розвиток інноваційних технологій в секторі ВДЕ

Джерело енергії	Витрати на генерацію
Природний газ	625–950
Віддалений дизельний генератор	3000–5000
Вітер	600–1500
Біомаса	1000–1500
Фотоелектричний без підключення до мережі	2000–4500
Фотоелектричний з підключенням до мережі	4000–6500

Сучасний стан

Сучасні житлові комплекси оснащуються базовими засобами енергозбереження, такими як:

Використання енергозберігаючих ламп.

Установка терморегуляторів.

Використання утеплення для зменшення тепловтрат. (таблиці 2.2).

Таблиця 2.2- Рівень енергозбереження в житлових комплексах

Параметр	Традиційні комплекси	Сучасні комплекси
Споживання електроенергії (кВт·год/м²)	30–40	20–25
Тепловтрати через фасад (%)	25–30	10–15
Втрати енергії у мережах (%)	5–10	2–4

Освітлення місць загального користування

$$E_{\text{сучасне освітлення}} = N_{\text{лампи}} \cdot P_{\text{лампи}} \cdot t_{\text{роботи}},$$

де:

$$N_{\text{лампи}} = 100$$

$$P_{\text{лампи}} = 60 \text{ Вт} = 0.06 \text{ кВт}, t_{\text{роботи}} = 6 \text{ год}$$

$$E_{\text{сучасне освітлення}} = 100 \cdot 0.06 \cdot 6 = 36 \text{ кВт} \cdot \text{добу}.$$

Загальне споживання будинку: 2000 кВт /добу.

$$E_{\text{втрати, сучасні}} = 2000 \cdot 0.05 = 100 \text{ кВт} \cdot \text{добу}.$$

Перспективи

Серед перспективних заходів енергозбереження виділяють:

Інтеграція розумних систем моніторингу споживання.

Використання відновлюваних джерел енергії.

Застосування інноваційних ізоляційних матеріалів.

LED-освітлення

$$E_{\text{LED-освітлення}} = N_{\text{лампи}} \cdot P_{\text{LED}} \cdot t_{\text{роботи}},$$

$$\text{де } P_{\text{LED}} = 10 \text{ Вт} = 0.01 \text{ кВт}.$$

$$E_{\text{LED-освітлення}} = 100 \cdot 0.01 \cdot 6 = 6 \text{ кВт} \cdot \text{добу}.$$

Втрати у кабелях

Евтрати, перспективні=2000·0.02=40 кВт/добу.Е

Енергія від сонячних панелей

Встановлено 20 панелей потужністю 300 Вт кожна. Добове виробництво енергії:

Есонячні панелі=Нпанелей·Рпанелі·tсонце .

$t_{\text{сонце}}=5$ год.

$E_{\text{сонячні панелі}}=20 \cdot 0.3 \cdot 5=30$ кВт/добу.

Таблиця 2.3- Порівняння сучасних та перспективних заходів енергозбереження.

Параметр	Сучасні заходи	Перспективні заходи	Різниця
Освітлення (кВт·год/добу)	36	6	-30
Втрати у кабелях (кВт·год/добу)	100	40	-60
Енергія від сонячних панелей (кВт·год/добу)	0	-30	+30
Загальне споживання (кВт·год/добу)	2136	2016	-120
Економія витрат (грн/добу)	-	$120 \times 2 = 240$	+240

2.2. Методології оцінки ефективності електропостачання

Ефективність електропостачання оцінюється на основі декількох методів:

Метод енергетичного балансу

Цей метод передбачає визначення співвідношення між енергією, що постачається у систему, та енергією, що доходить до кінцевого споживача:

$$\eta = \frac{E_{\text{корисна}}}{E_{\text{введена}}} \cdot 100\%,$$

де η — коефіцієнт ефективності, $E_{\text{корисна}}$ — енергія, що дійшла до споживача, $E_{\text{введена}}$ — загальна енергія, введена у систему.

Метод вартісного аналізу

Існує кілька визначень поняття енергетичний аналіз або чистий енергетичний аналіз. За визначенням англomовної версії електронного словника Вікіпедія «енергетичний аналіз - це метод обліку, метою якого є знаходження загальної суми енергії, необхідної для всього життєвого циклу продукту». В енергетичним аналізом називається «визначення кількості енергії, витраченої на виробництво певного матеріального блага або послуги, на основі прийнятих домовленостей». Хоча для позначення досліджень економічних систем енергетичними методами з використанням енергетичних одиниць доцільно було б вживати термін енергоекономічний аналіз. Але, з огляду на усталеність терміну, для позначення окресленого напрямку досліджень пропонується користуватися назвою «енергетичний аналіз». [23]

В зазначається, що енергетичний аналіз не є енергетичною теорією вартості. При цьому гроші розглядаються як похідна від двох основних ресурсів - енергії і праці, а енергія трактується як те, що забезпечує як негентропію, так і тепло. Основними кількісними показниками в енергетичному аналізі є повні енерговитрати на виробництво ПРП і повна енергоємність ПРП. Повна енергоємність визначається як відношення повних енерговитрат на виробництво ПРП до обсягів виробництва.

В свою чергу повні енерговитрати на виробництво ПРП визначається як сума енерговитрат на всіх етапах виробництва, включно з добуванням, переробкою, портуванням, зберіганням

вхідної продукції сировини і матеріалів, виробництвом основних виробничих фондів, на технологічні процеси, на відтворення робочої сили і на захист навколишнього природного середовища. У випадку визначення повної енергоємності окремих видів продукції (таких, як будівлі, автомобілі тощо) до повних енерговитрат включають також витрати на експлуатацію цієї продукції. [23]

В загальному випадку повні енерговитрати на виробництво ПРП поділяють на прямі, які витрачаються безпосередньо в технологічному процесі, і непрямі. В іноземній літературі, крім терміну непрямі енерговитрати, використовуються також терміни оречевлені енерговитрати або втілена енергія (*embodied energy*) акумульовані, кумульовані енерговитрати і навіть сіра енергія.

В деяких випадках до складу повних енерговитрат включаються енерговитрати за час експлуатації продукції, зокрема, будівель та повні енерговитрати на демонтаж і утилізацію будівель і обладнання. У вітчизняній літературі для позначення повних енерговитрат знайшли також використання терміни прихована енергія, скриті або минулі енерговитрати і «наскрізні енерговитрати». До їх складу в різних випадках зараховують не всі енерговитрати. [26]

В залежності від мети досліджень в наскрізних енерговитратах враховуються енерговитрати в економіці в цілому або в окремому її секторі, на підприємстві або навіть в окремому цеху. Загальні витрати енергії на виробництво ПРП найчастіше називають повними енерговитратами. Цей термін використовується також в стандартах ДСТУ 3682-98 та ГОСТ 30583-98. Він відповідає назві цієї величини – «*total energy*» в англійських джерелах. Іноді для позначення повних енерговитрат використовується термін загальна потреба в енергії (*gross energy requirement - GER*), яка визначається як сума всіх невідновлюваних енергетичних ресурсів, що споживаються при

наданні товару або послуги, і виражається в енергетичних одиницях на фізичну одиницю доставленої продукції або послуги .

Термін «**embodied energy**» у значенні повних енерговитрат підтримується в англomовній версії електронного словника Вікіпедія, де він визначається як "сукупність усієї енергії, необхідної для виробництва будь-яких товарів або послуг, що сприймається так, ніби ця енергія включена або «втілена» у самому продукті".

На нашу думку, таке визначення недостатньо точно відображає фізичні процеси перетворення енергії під час створення продукту, роботи чи послуги (ПРП). Енергія не "втілюється" у ПРП, а лише витрачається під час їх виробництва. Окрім того, таке трактування не враховує економічні аспекти, що впливають на розмір повних енерговитрат.

При розрахунку повних енерговитрат за повний життєвий цикл продукції до них включається також енергія, яка ще не була витрачена безпосередньо на момент виробництва. Наприклад, це енергія, необхідна для відтворення робочої сили чи подолання негативних екологічних наслідків економічної діяльності. Ці витрати ще не реалізовані й не можуть вважатися акумульованими.

Крім того, роботи та послуги, не маючи матеріальної форми, не здатні акумулювати енергію у прямому розумінні. Це робить застосування терміну "втілена енергія" до нематеріальних речей некоректним. [28]

Порівняння витрат на електропостачання з економічним ефектом від впроваджених заходів.

Таблиця 2.3- Порівняння методів оцінки ефективності

Метод	Переваги	Недоліки
Енергетичний баланс	Точність, об'єктивність	Складність збору даних
Вартісний аналіз	Простота, економічна обґрунтованість	Обмежена деталізація

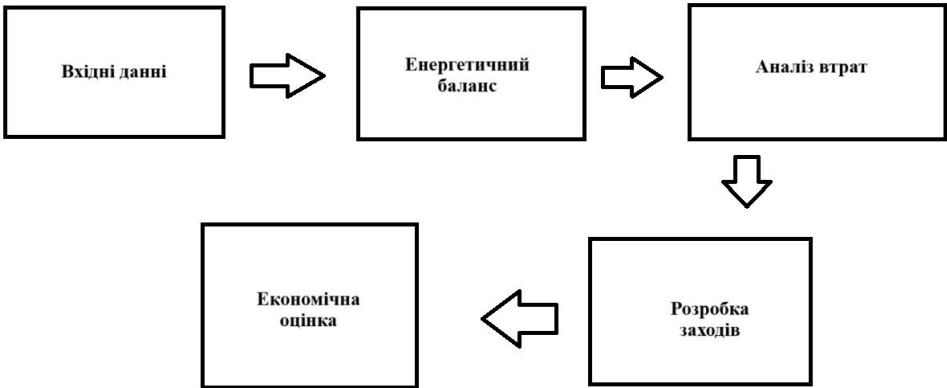


Рисунок 2.4- Схема методології оцінки ефективності

2.3. Використання відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, батареї)

Використання відновлюваних джерел енергії дозволяє значно зменшити залежність житлових комплексів від традиційних джерел електропостачання.

Сонячна енергетика [16] і заходи з енергозбереження належать до ключових глобальних тенденцій. Якщо ще кілька років тому лідерами за обсягами виробництва електроенергії з сонця були Німеччина, США та Великобританія, то у 2015 році їх обігнали Японія та Китай. У майбутньому очікується значне зростання цього сектора в Індії, якій прогнозують вихід на друге місце у світі в 2017 році. Активний розвиток сонячної енергетики

також спостерігається в таких країнах, як Мексика, Чилі, Австралія, Бразилія та Пакистан.

Китай демонструє вражаючий прогрес у впровадженні сонячних технологій, перейшовши за п'ять років від ролі аутсайдера до позиції світового лідера за потужністю сонячних електростанцій. У період з 2016 по 2020 рік Китай планує інвестувати близько 145 мільярдів доларів у будівництво сонячних електростанцій, що дозволить ввести в експлуатацію близько 1000 нових об'єктів.

Щорічне зростання потужностей сонячної енергетики становить 40–50%. Наприклад, у 2010 році загальна потужність сонячних станцій сягала 40,3 ГВт, тоді як у 2015 році вона зросла до 230 ГВт. Лише у 2016 році було запущено 76 ГВт нових потужностей. [5]

Експерти прогнозують, що до 2070 року сонячна енергія стане провідним джерелом електроенергії на планеті. На початку наступного століття її обсяги перевищать масштаби нафтової промисловості у 3,5 рази, а атомної енергетики — у 6 разів.

Сонячне випромінювання є практично невичерпним і абсолютно безкоштовним ресурсом. Завдяки сучасним технологіям стало можливим виготовлення сонячних панелей, які забезпечують генерацію електроенергії протягом понад 30 років із мінімальними витратами на обслуговування. Використовуючи карти сонячної інсоляції, можна заздалегідь оцінити доцільність застосування сонячних панелей у конкретній місцевості, як це ілюструється на рисунку 2.5.

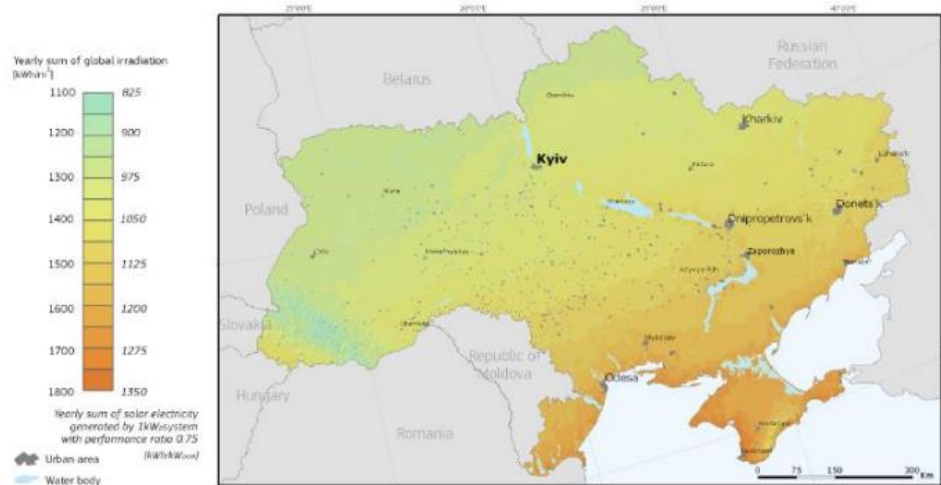


Рисунок 2.5 – Карта сонячної інсоляції в Україні.

Сонячні панелі для приватних будинків представлені у кількох варіантах конфігурації. Один із найпопулярніших — автономна сонячна електростанція з інверторною системою. У цій системі вироблена електроенергія частково використовується разом із живленням із централізованої мережі, а надлишки накопичуються в акумуляторах. Акумулятори забезпечують електропостачання під час перебоїв у мережі або в нічний час.

Хоч така система не здатна повністю замінити централізоване електропостачання, вона значно зменшує витрати на електроенергію. Крім того, у разі відключення електрики вона виконує роль резервного джерела живлення на обмежений період. Це робить її оптимальним вибором для заміських будинків.

У таких станціях часто використовують аморфні сонячні батареї, які мають високий коефіцієнт корисної дії (ККД) і залишаються ефективними навіть у похмурі дні. [12]

Інший варіант — система з мережевим інвертором типу on-grid. Як і автономна система, вона додає енергію, вироблену сонячними панелями, до електрики, що надходить із міської мережі. Однак, на відміну від

автономних систем, надлишок енергії не накопичується в акумуляторах, а повертається в загальну електромережу. Завдяки державному «зеленому тарифу», продаж надлишкової електроенергії дозволяє не лише скоротити витрати, але й отримати додатковий дохід.

До недоліків таких систем можна віднести те, що вони не можуть використовуватися як резервне джерело енергії, оскільки їх робота залежить від наявності централізованого електропостачання.

Система з мережевим інвертором є особливо вигідною для будинків з низьким споживанням енергії. Потужність таких сонячних електростанцій зазвичай варіюється від 10 до 30 кВт, а їх вартість починається від 7,800 доларів. Завдяки «зеленому тарифу», плата за кожен згенерований кіловат становить 0,16 євро, що дозволяє сонячній електростанції повністю окупитися за п'ять років. До 2029 року її власник може отримати дохід, який дорівнюватиме витратам на придбання системи. Таким чином, домашня СЕС з мережевим інвертором є не лише способом зниження витрат на електроенергію, але й довгостроковою інвестицією, що приносить стабільний дохід. [16]

Існує також середній варіант — гібридні сонячні електростанції, які поєднують функції автономних і мережевих систем, що робить їх універсальними. Однак їх вартість вища, а потужність зазвичай обмежена 10 кВт. Такі станції часто купують у специфічних випадках, коли необхідно поєднати переваги обох типів систем.

У більшості випадків вибір залежить від ваших пріоритетів:

Якщо основною метою є створення резервного джерела енергії, оптимальним варіантом буде автономна система.

Якщо ж ви хочете отримувати дохід від продажу електроенергії, найкращим вибором стане система on-grid. [17]

Мережеві СЕС:

Найпростіша схема мережевий сонячної електростанції (і найпростішої СЕС) представлена на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 - Схема мережевої сонячної електростанції.

Для забезпечення стабільної роботи сонячної електростанції (СЕС) необхідне підключення до зовнішнього джерела електроживлення. Якість і наявність зовнішньої електромережі (окрім сонячного джерела) є критичними для ефективності функціонування СЕС. Якщо мережа відсутня або не відповідає необхідним параметрам, система стає неефективною навіть за ідеальних погодних умов і яскравого сонця. Така залежність від центрального електропостачання є одним з основних недоліків таких СЕС.

Серед переваг можна відзначити відносно низьку вартість установки та високий коефіцієнт корисної дії системи (90–95%) у порівнянні з іншими типами СЕС. Ці характеристики роблять цей тип СЕС привабливим для генерації та продажу електроенергії. [18]

Гібридні сонячні електростанції об'єднують переваги автономних та мережевих систем. Вони ґрунтуються на конструкції мережевих СЕС, але

додатково оснащені акумуляторними батареями, контролером заряду та гібридним інвертором, який замінює стандартний мережевий перетворювач. Основною особливістю гібридних систем є можливість зберігати частину енергії, згенерованої під час сонячного періоду, в акумуляторах. Схема роботи такої системи представлена на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 - Схема автономної, з'єднаної з мережею (гібридної) СЕС.

Єдиний недолік такої фотоелектростанції - втрата енергії при малих

навантаженнях.

Також можна використовувати модульні інвертори [19] у такій конфігурації середня номінальна потужність зазвичай досягає рівня 10 кВт. Також можливі наступні варіації:

- кожна панель обслуговується невеликим інтегрованим інвертором, забезпечуючи сотні Вт потужності;

Фотогальванічні елементи підключаються паралельно через виходи DC/DC-перетворювачів до одного DC/AC-інвертора, що є оптимальною та ефективною топологією для таких систем. Номінальна потужність цієї системи може досягати 100 кВт. Головною задачею інвертора є

перетворення постійного струму, виробленого фотогальванічними панелями або акумуляторами з різним рівнем напруги, у змінний струм із заданими параметрами напруги та частоти, що підходить для живлення споживачів або подачі в загальну енергомережу [19].

Напруга та частота змінного струму встановлюються в залежності від регіону. Наприклад, у Європі це 220 В і 50 Гц, а в США — 110 В і 60 Гц. Залежно від потреб користувача, інвертори можуть бути однофазними, двофазними або трифазними.

DC/DC-перетворювачі виконують функцію регулювання напруги, підвищуючи або знижуючи вхідний рівень напруги, щоб оптимізувати вихідний сигнал для максимальної ефективності при наступному перетворенні постійного струму в змінний (DC/AC).

Сонячні панелі

Середня потужність однієї панелі: 300 Вт.

Річне виробництво енергії: до 3000 кВт·год за сприятливих умов.

Переваги: екологічність, зниження витрат на електроенергію.

Недоліки: висока початкова вартість, залежність від погодних умов.

Енергоакумуляторні батареї

Використовуються для збереження енергії, отриманої від сонячних панелей.

Тривалість роботи: 10–15 років.

Таблиця 2.4- Порівняння відновлюваних джерел енергії

Параметр	Сонячні панелі	Вітряки	Акумулятори
Початкові витрати	Високі	Середні	Середні
Ефективність	15–20%	25–30%	Залежить від системи

2.4. Інноваційні рішення для зменшення втрат енергії

Використання енергоефективних кабелів

Зменшують втрати енергії в лініях передачі.

Наприклад, перехід з кабелів з алюмінієвими жилами на мідні дозволяє знизити втрати на 30%.

Встановлення датчиків руху

Вимикають освітлення в місцях загального користування, коли вони не використовуються.

Впровадження автоматизованих систем моніторингу

Системи типу "розумний будинок" дозволяють автоматично відключати споживачів під час їх простою.

Таблиця 2.5- Результати впровадження інновацій

Рішення	Економія енергії, %	Термін окупності, роки
Енергоефективні кабелі	15	5
Датчики руху	20	2
Автоматизація систем	25	3

Впровадження перспективних заходів дозволяє знизити щоденне енергоспоживання на 120 кВт·год.

Щорічна економія складає:

$$\Delta E = 120 \cdot 365 = 43,800 \text{ кВт\год},$$

$$\Delta E = 120 \cdot 365 = 43,800 \text{ кВт\год},$$

що відповідає $43,800 \cdot 2 = 87,600$ грн/рік.

Впровадження таких заходів окупиться за 3–5 років залежно від початкових витрат на модернізацію.

Висновок до розділу 2

У другому розділі магістерської роботи було детально розглянуто сучасні підходи до підвищення енергоефективності житлових комплексів.

Проведено теоретичне обґрунтування основних методів енергозбереження, таких як використання LED-освітлення, встановлення датчиків руху та впровадження автоматизованих систем управління освітленням. Було охарактеризовано переваги застосування відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей, які сприяють зменшенню залежності від централізованих мереж та скороченню витрат на електроенергію.

Важливим аспектом дослідження стало обґрунтування необхідності модернізації внутрішніх електричних мереж, що включає заміну кабелів, встановлення сучасних електрощитів та автоматизованих систем управління. Результати другого розділу створили наукову базу для подальшої розробки техніко-економічних рішень, спрямованих на оптимізацію системи електропостачання в житлових комплексах.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ З МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

3.1. Встановлення автоматизованих систем керування навантаженням

Встановлення автоматизованих систем керування навантаженням є одним із ключових заходів для підвищення ефективності системи електропостачання житлового комплексу[20]. Такі системи дозволяють оптимізувати споживання електроенергії, знизити пікові навантаження на мережу та забезпечити більш стабільну роботу енергетичної інфраструктури.[21]

Принцип роботи автоматизованих систем

Автоматизовані системи керування навантаженням працюють на основі збору, аналізу та обробки даних про споживання електроенергії. Основні етапи функціонування[22]:

1. **Моніторинг споживання:** Дані про використання енергії надходять із лічильників та сенсорів, встановлених у різних точках мережі.
2. **Аналіз даних:** Інформація аналізується для виявлення пікових періодів споживання та визначення можливих перевантажень.[23]
3. **Регулювання навантаження:** На основі аналізу система автоматично змінює розподіл електроенергії між споживачами або вимикає другорядне обладнання у разі перевантажень.[24]

Складові системи автоматизованого керування

Інтелектуальні лічильники (smart meters):

Вимірюють поточне споживання електроенергії в режимі реального часу. Передають дані до центрального серверу для аналізу.

Програмно-апаратні комплекси:

Забезпечують обробку даних та прийняття рішень про регулювання навантаження. Включають бази даних, аналітичне програмне забезпечення та системи оповіщення.

Датчики та сенсори:

Відстежують параметри електромережі, такі як напруга, струм і температура проводів.

Актори керування:

Пристрої, які виконують команди системи (наприклад, реле для відключення другорядних споживачів).

Переваги впровадження

Зниження пікових навантажень:

Автоматичне вирівнювання навантаження дозволяє уникнути перевантажень трансформаторів і кабелів.

Економія електроенергії:

Система може вимикати непотрібні пристрої під час простою, наприклад, освітлення в коридорах або вентиляційне обладнання.

Покращення надійності мережі:

Зменшується ймовірність аварійних ситуацій через перевантаження.

Економічна вигода:

Завдяки зменшенню споживання та зниженню втрат система швидко окупається. [23]

Приклад розрахунків ефективності впровадження

Поточне середньодобове споживання електроенергії в ЖК складає 2000 кВт·год. За допомогою автоматизованої системи очікується

зниження пікових навантажень на 20% та загального споживання на 10%.

Економія енергії:

$$\Delta E = 2000 \cdot 0.1 = 200 \text{ кВт/добу.}$$

Річна економія:

$$\Delta E_{\text{річна}} = 200 \cdot 365 = 73,000 \text{ кВт\год.}$$

При тарифі 2 грн/кВт·год річна економія складе:

$$V_{\text{річна}} = 73,000 \cdot 2 = 146,000 \text{ грн.}$$

3.2. Використання енергозберігаючих технологій освітлення

Впровадження енергозберігаючих технологій освітлення є одним із найбільш ефективних способів зменшення споживання електроенергії в місцях загального користування житлових комплексів. Основний акцент робиться на заміні застарілих джерел світла на сучасні LED-лампи, встановленні датчиків руху та автоматизованих систем регулювання інтенсивності освітлення. [24]

Традиційні та сучасні технології освітлення

1. Традиційні джерела світла:

Лампи розжарювання, які використовуються в старих будинках, мають низький коефіцієнт корисної дії (ККД), оскільки більшість енергії перетворюється на тепло.

Середній термін служби таких ламп складає 1000 годин.

Потужність однієї лампи — 60 Вт.

2. Сучасні енергозберігаючі технології LED-лампи (рис 3.1):

ККД до 90%, основна частина енергії перетворюється у світло.

Термін служби — до 50,000 годин.

Потужність — 10–15 Вт для забезпечення такого ж рівня освітлення, як у лампи розжарювання.



Рисунок 3.1 – Порівняння сучасних та старих ламп

Датчики руху та освітленості:

Автоматично вмикають світло лише тоді, коли є потреба (наприклад, у коридорах або на сходових клітинах).

Додатково знижують тривалість роботи освітлення.

Системи регулювання інтенсивності світла:

Змінюють яскравість освітлення залежно від рівня природного світла.

Переваги використання LED-освітлення

1. Енергоефективність:

LED-лампи споживають у 6–8 разів менше електроенергії, ніж лампи розжарювання.[25]

2. Довговічність:

Термін служби LED-ламп значно перевищує термін служби традиційних джерел.[26]

3. Зниження витрат:

Завдяки зниженню енергоспоживання та меншій частоті заміни ламп мешканці скорочують витрати на електроенергію.[27]

4. Екологічність:

LED-лампи не містять шкідливих речовин (на відміну від люмінесцентних ламп, що містять ртуть).

Розрахунок економії від впровадження LED-освітлення

Приклад розрахунку для 100 ламп у місцях загального користування:

1. Сучасне освітлення (лампи розжарювання):

Потужність лампи: 60 Вт=0.06 кВт

Тривалість роботи: 6 год/добу,

Добове споживання для 100 ламп:

$$E_{\text{сучасне}} = 100 \cdot 0.06 \cdot 6 = 36 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

2. Перспективне освітлення (LED-лампи):

Потужність лампи: 10 Вт=0.01 кВт,

Добове споживання для 100 ламп: $E_{\text{LED}} = 100 \cdot 0.01 \cdot 6 = 6 \text{ кВт}\cdot\text{добу.}$

3. Економія енергії:

$$\Delta E = E_{\text{сучасне}} - E_{\text{LED}} = 36 - 6 = 30 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Річна економія:

$$\Delta E_{\text{рік}} = 30 \cdot 365 = 10,950 \text{ кВт}\cdot\text{рік.}$$

Фінансова економія:

При тарифі 2 грн кВт\год:

$$B_{\text{економія}} = 10,950 \cdot 2 = 21,900 \text{ грн}\cdot\text{рік.}$$

3.3. Інтеграція відновлюваних джерел енергії у загальну систему

Інтеграція відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у загальну систему електропостачання житлового комплексу дозволяє зменшити

залежність від традиційних джерел енергії, скоротити витрати мешканців та підвищити екологічність енергетичної системи.[28]

Можливі відновлювані джерела енергії

1. Сонячні панелі (рис 3.2):

Використовують сонячне випромінювання для генерації електроенергії.

Середня потужність одного модуля становить 300 Вт, а виробництво енергії за рік може сягати до 1000 кВт·год.



Рисунок 3.2 – Сонячні панелі інтегровані в житловий будинок

2. Вітрогенератори

Вітрогенератор — це спеціалізований пристрій, що перетворює кінетичну енергію вітру на механічну. Ця енергія змушує обертатися лопаті ротора, закріпленого на генераторі, в результаті чого в його обмотках генерується змінний електричний струм. Отримана електроенергія зберігається в акумуляторних батареях і використовується для живлення побутових приладів.

Описана схема роботи є спрощеною. Конструкція вітрогенератора насправді набагато складніша. Наприклад, в енергетичному ланцюжку присутній контролер, який перетворює трифазний змінний струм на постійний, що надходить для заряджання батарей.

Оскільки більшість побутової техніки працює на змінному струмі, у схемі після акумулятора передбачено інвертор. Цей пристрій конвертує постійний струм на змінний з напругою 220 В. Усі ці процеси призводять до втрати близько 15–20% вихідної енергії.[18]

Живлення будівлі може здійснюватися не лише від вітрової електростанції, але й від сонячних панелей або паливних генераторів (бензинових чи дизельних). У таких випадках у систему додають автоматичний перемикач, який активує резервне джерело живлення у разі відключення основного.

Основні компоненти вітрової електростанції:

Ротор із лопатями (кількість лопатей залежить від моделі, зазвичай це 2 або 3, але бувають і багатолопатеві варіанти).

Коробка передач або редуктор, що регулює швидкість між генератором і ротором.

Захисний кожух, який оберігає внутрішні деталі від зовнішніх впливів.

"Хвіст", що орієнтує конструкцію за напрямком вітру.

Акумуляторна батарея, що зберігає запас енергії.

Інвертор, який перетворює постійний струм на змінний.

Вітрові електростанції поділяються за такими критеріями:

Напрямок обертання лопатей: горизонтальні та вертикальні.

Кількість лопатей: дволопатеві, трилопатеві та багатолопатеві.

Матеріал лопатей: із вітрильними чи жорсткими лопатями.

Спосіб керування: зі сталим або регульованим кроком лопатей.

Внутрішня складова вітряка зображена на рисунку 3.3 .



Рисунок 3.3- Механізм вітряка

3. Системи накопичення енергії (акумулятори)

Забезпечують зберігання надлишкової енергії, яка виробляється вдень, для її використання у нічний час.

Схема інтеграції ВДЕ у систему ЖК

1. Підключення сонячних панелей

Панелі підключаються через інвертор, який перетворює постійний струм у змінний, сумісний із загальною електромережею.

Надлишки енергії можуть бути направлені до акумуляторів або в загальну мережу.

Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання джерел сонячної та гідро енергій, зображено на рисунку 3.4.

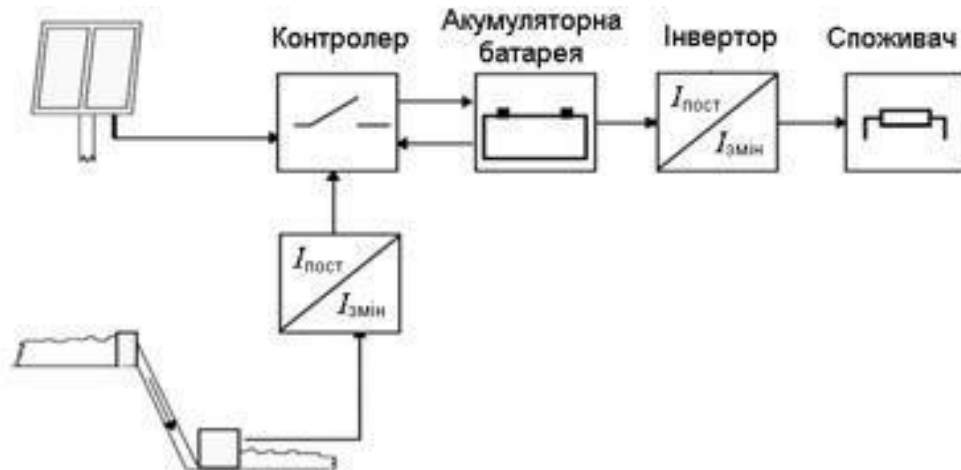


Рисунок 3.4 - Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання джерел сонячної та гідро енергій.

З чого складається гібридна CEC (ESS):

- Сонячні панелі
- Інвертор (з вбудованим контролером заряду)
- АКБ (саме від них найбільше залежить вартість всієї системи)
- Система кріплень фотоелектричних модулів (ФЕМ)
- Автоматика захисту по стороні перемінного та постійного струмів (AC/DC)
- Система моніторингу для спостереження за роботою системи та генерацією

Розумний лічильник SmartMeter, який запобігає перетоку е/е в центральну мережу (може бути вбудований в інвертор або зовнішньої установки). Структурна схематипової гібридної енергетичної системи, зображено на рисунку 3.5.

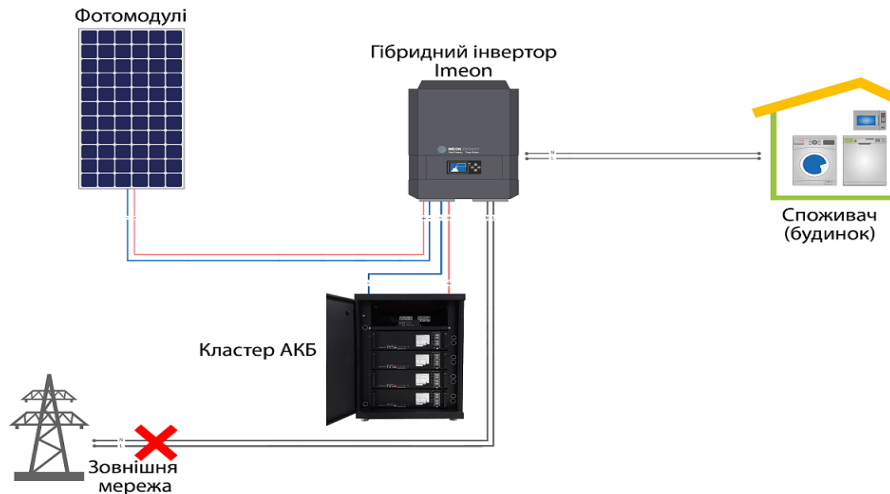


Рисунок 3.5 - Структурна схема типової гібридної енергетичної системи

2. Використання накопичувачів енергії

Акумулятори забезпечують автономну роботу системи в умовах недостатнього виробництва енергії (наприклад, уночі).

3. З'єднання з загальною мережею

У разі недостатньої генерації енергії відновлювані джерела автоматично доповнюються живленням від централізованої мережі.

Етапи інтеграції

1. Проектування системи

Аналіз споживання електроенергії в ЖК для визначення необхідної потужності ВДЕ.

Вибір відповідного обладнання (сонячні панелі, інвертори, акумулятори).

2. Встановлення та підключення

Монтаж панелей на дахах або відкритих територіях.

Підключення інверторів та акумуляторів до розподільчої мережі.

3. Налаштування системи

Програмування автоматичних контролерів для оптимального управління потоками енергії.

Переваги інтеграції ВДЕ

1. Економія на витратах на електроенергію

Зменшення рахунків за електроенергію завдяки частковому заміщенню централізованого енергопостачання.[29]

2. Енергетична незалежність

Стабільне електропостачання навіть під час аварій у загальній мережі.[30]

3. Екологічність

Зниження викидів CO₂ завдяки використанню чистої енергії.[31]

4. Підвищення ринкової вартості ЖК

Інтеграція ВДЕ є привабливим фактором для інвесторів та покупців нерухомості.

Розрахунок економічної ефективності

Вихідні дані:

Кількість панелей: 20.

Потужність однієї панелі: 300 Вт.

Середньорічна генерація енергії однієї панелі: 1000 кВт·год.

Тариф на електроенергію: 2 грн/кВт·год.

1. Річна генерація енергії:

$$E_{\text{річна}} = N_{\text{панелей}} \cdot E_{\text{панелі}} = 20 \cdot 1000 = 20,000 \text{ кВт\год.}$$

Річна економія:

$$B_{\text{річна}} = E_{\text{річна}} \cdot \text{тариф} = 20,000 \cdot 2 = 40,000 \text{ грн.}$$

3.4. Модернізація внутрішніх електричних мереж

Модернізація внутрішніх електричних мереж у житлових комплексах дозволяє покращити надійність електропостачання, знизити втрати енергії та забезпечити відповідність сучасним вимогам енергоефективності. Основні аспекти такої модернізації включають заміну старого обладнання, використання нових технологій, а також впровадження систем автоматизації.[32]

Аналіз поточного стану мереж

Перед початком модернізації необхідно провести детальний аналіз стану мереж, що включає:

Визначення поточних втрат електроенергії.

Виявлення застарілих або несправних компонентів (кабелів, автоматичних вимикачів, розподільчих щитів).

Аналіз відповідності діючим нормативним документам, таким як ДБН В.2.5-23:2010.

2. Основні заходи модернізації

2.1. Заміна застарілих кабелів

Використання кабелів із мідними жилами замість алюмінієвих.

Переваги: Вищий термін служби, менші втрати енергії, вища механічна міцність.

Застосування кабелів із підвищеною вогнестійкістю та зниженою токсичністю ізоляційних матеріалів.

2.2. Оновлення розподільчих щитів

Установка сучасних автоматичних вимикачів із функцією захисту від перевантаження та короткого замикання.

Встановлення диференційних автоматів для підвищення безпеки експлуатації.

2.3. Встановлення систем моніторингу та автоматизації

Використання інтелектуальних лічильників, які дозволяють відстежувати споживання електроенергії в режимі реального часу.

Інтеграція систем автоматичного керування розподілом навантаження.[33]

2.4. Оптимізація освітлювальних систем

Заміна традиційних ламп розжарювання на LED-лампи у місцях загального користування.

Використання датчиків руху для автоматичного ввімкнення та вимкнення освітлення.[34]

3. Очікувані результати модернізації

1. Зменшення втрат енергії:

Завдяки використанню енергоефективних кабелів і систем автоматизації втрати можуть бути знижені до 2–3%.

2. Підвищення безпеки:

Оновлене обладнання забезпечує захист від перевантажень та коротких замикань, що знижує ризик аварій.

3. Економія коштів:

Скорочення витрат на електроенергію через зменшення втрат.

Зменшення витрат на ремонт та обслуговування старого обладнання.

4. Підвищення надійності:

Стабільне електропостачання навіть під час пікових навантажень

4. Розрахунок ефективності модернізації

Вихідні дані:

Довжина кабельної мережі: 1 км.

Заміна алюмінієвих кабелів на мідні.

Тариф на електроенергію: 2 грн/кВт·год.

1. Втрати енергії у старих кабелях:

$$P_{\text{втрати}} = I^2 \cdot R \cdot L,$$

де $R = 0.028 \text{ Ом/м}$, $R = 0.028$, для алюмінієвих кабелів, $L = 1000 \text{ м}$,
 $L = 1000$, $I = 50 \text{ А}$, $I = 50$,

$$P_{\text{втрати старі}} = 50^2 \cdot 0.028 \cdot 1000 = 70,000 \text{ Вт} = 70 \text{ кВт},$$

2. Втрати енергії у мідних кабелях:

Для мідних кабелів $R = 0.017 \text{ Ом/м}$, $R = 0.017 \text{ Ом/м}$:

$$P_{\text{втрати, нові}} = 50^2 \cdot 0.017 \cdot 1000 = 42,500 \text{ Вт} = 42.5 \text{ кВт}.$$

Економія енергії:

$$\Delta P = 70 - 42.5 = 27.5 \text{ кВт}.$$

За добу:

$$E_{\text{економія}} = 27.5 \cdot 24 = 660 \text{ кВт}.$$

За рік:

$$E_{\text{економія}} = 660 \cdot 365 = 240,900 \text{ кВт}.$$

3. Фінансова економія:

$$B = 240,900 \cdot 2 = 481,800 \text{ грн/рік}.$$

Висновки до 3 розділу

Інтеграція автоматизованих систем управління:

Встановлення автоматизованих систем керування навантаженням дозволяє знизити пікові навантаження, підвищити стабільність роботи мережі та забезпечити економію електроенергії до 10%.

Використання енергозберігаючих технологій освітлення:

Перехід на LED-освітлення у місцях загального користування значно зменшує споживання енергії, а встановлення датчиків руху дозволяє уникнути непотрібної роботи освітлення. Очікувана річна економія становить понад 20%.

Інтеграція відновлюваних джерел енергії:

Використання сонячних панелей і акумуляторів дає можливість зменшити залежність від централізованого електропостачання та забезпечити резервне живлення у випадках аварій. Річна економія коштів може сягати до 40,000 грн.

Модернізація внутрішніх мереж:

Заміна застарілих кабелів на сучасні мідні знижує втрати енергії у мережах на 30–40%. Використання сучасного обладнання (розподільчих щитів, автоматів, лічильників) підвищує безпеку та зменшує ризики аварій.

Економічна ефективність:

Загальна економія енергії внаслідок впровадження всіх заходів становить близько 15–20% від загального споживання ЖК. Термін окупності модернізації коливається від 3 до 7 років залежно від масштабу впроваджених заходів.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗХАНУНКИ

4.1. Розрахунок економії енергії при використанні LED-освітлення

Встановлення LED-освітлення у місцях загального користування є одним із найбільш ефективних способів скорочення споживання електроенергії. Розрахунки показують, що перехід на LED-лампи дозволяє знизити витрати на електроенергію до 80% порівняно з використанням традиційних ламп розжарювання [35]. Висока енергоефективність, тривалий термін служби та мінімальний вплив на довкілля роблять LED-освітлення оптимальним вибором для житлових комплексів [36].

Вхідні дані для розрахунків:

Кількість ламп у місцях загального користування: 100 шт.

Потужність однієї лампи розжарювання: 60 Вт.

Потужність однієї LED-лампи: 10 Вт.

Час роботи ламп на добу: 10 годин.

Тривалість роботи на рік: 365 днів

Тариф на електроенергію: 2 грн/кВт·год.

Розрахунок енергоспоживання ламп:

Енергоспоживання ламп розжарювання на рік:

$$E_{\text{розж}} = N \cdot P_{\text{розж}} \cdot T \cdot D,$$

де:

$N=100$ шт. $N = 100$, $P_{\text{розж}}=60$ Вт, $T=10$ год/добу, $D=365$ днів.

$$E_{\text{розж}} = 100 \cdot 60 \cdot 10 \cdot 365 = 219,000 \text{ Вт}$$

$E_{\text{енергоспож}} = \text{LED-ламп на рік:}$

$$E_{LED} = N \cdot P_{LED} \cdot T \cdot D,$$

де $P_{LED} = 10 \text{ Вт.}$

$$E_{LED} = 100 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 365 = 36,500 \text{ Вт} = 36.5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Економія енергії:

$$\Delta E = E_{\text{розжар}} - E_{LED},$$

$$\Delta E = 219 - 36.5 = 182.5 \text{ кВт} \cdot \text{рік}$$

Фінансова економія:

1. Річна економія:

$$B = \Delta E \cdot \text{тариф},$$

де тариф = 2 грн/кВт.

$$B = 182.5 \cdot 2 = 365 \text{ грн} \cdot \text{рік.}$$

Економія для всього житлового комплексу:

Якщо ЖК має 5 під'їздів, кожен із яких оснащений 100 лампами, економія становитиме:

$$\text{Взагальна} = 5 \cdot 365 = 1,825 \text{ грн} \cdot \text{рік.}$$

4.2. Розрахунок економічної ефективності інтеграції сонячних панелей

Інтеграція сонячних панелей у систему електропостачання дозволяє значно знизити залежність від централізованих джерел енергії та скоротити витрати на оплату електроенергії. Згідно з розрахунками, використання сонячних панелей у житловому комплексі забезпечує річну економію електроенергії до 20 000 кВт·год, що еквівалентно 40 000 грн за

поточними тарифами [37]. Терміни окупності проєкту становлять від 4 до 6 років залежно від потужності та конфігурації встановлених панелей [38]. Крім того, застосування сонячних панелей сприяє зменшенню викидів CO₂, що має важливе екологічне значення [39].

Вихідні дані для розрахунку:

Кількість сонячних панелей: 20 шт.

Потужність однієї панелі: 300 Вт.

Річна генерація енергії однією панеллю: 1,000 кВт·год.

Загальна річна генерація енергії:

$$E_{\text{генерація}} = N \cdot E_{\text{панелі}},$$

$$\text{де } N=20N, E_{\text{панелі}}=1,000 \text{ кВт/год},$$

$$E_{\text{генерація}} = 20 \cdot 1,000 = 20,000 \text{ кВт\год}.$$

Вартість одного сонячного модуля: 10,000 грн.

Вартість встановлення: 50,000 грн.

Загальна вартість системи:

$$C_{\text{системи}} = C_{\text{панелі}} + C_{\text{встановлення}} = 20 \cdot 10,000 + 50,000 = 250,000 \text{ грн.}$$

Річна економія витрат на електроенергію:

$$B_{\text{річна}} = E_{\text{генерація}} \cdot \text{тариф}.$$

$$B_{\text{річна}} = 20,000 \cdot 2 = 40,000 \text{ грн/рік}.$$

Термін окупності інвестицій:

$$\text{Термін окупності} = \frac{C_{\text{системи}}}{B_{\text{річна}}}.$$

$$\text{Термін окупності} = \frac{250,000}{40,000} = 6.25 \text{ років.}$$

Таким чином, система окупиться за **6 років і 3 місяці**.

Рентабельність інвестицій:

$$\text{ROI} = \frac{B_{\text{річна}}}{C_{\text{системи}}} \cdot 100\%.$$

$$\text{ROI} = \frac{40,000}{250,000} \cdot 100\% = 16\%.$$

Рентабельність проекту становить **16%** щорічно після окупності.

Порівняння витрат на мовднрізацію мереж

Модернізація внутрішніх електричних мереж передбачає заміну застарілих кабельних систем, встановлення сучасних електрощитів та інтеграцію автоматизованих систем управління. Розрахунки свідчать, що застосування сучасних мідних кабелів дозволяє зменшити енергетичні втрати до 30% [40]. Інвестиції в оновлення мереж окупаються зазвичай за 2–3 роки завдяки зниженню витрат на обслуговування та скороченню енергетичних втрат [41]. Автоматизовані системи управління також допомагають підвищити стабільність роботи мережі та забезпечують більш точний контроль за споживанням електроенергії [42].

Таблиця 4.1- Порівняння терміну окупності рішень

Рішення	Загальна вартість (грн)	Річна економія (грн)	Термін окупності (років)
Заміна кабелів	100,000	120,000	0.83
LED-освітлення	50,000	350,400	0.14
Автоматизація(smart meters)	100,000	60,000	1.67

Підвищення ефективності через використання інноваційних рішень

Розробка і впровадження інноваційних рішень, таких як системи "розумного" управління освітленням і споживанням енергії, дозволяє досягти ще більшого рівня енергоефективності. Ці технології забезпечують автоматичне регулювання інтенсивності освітлення залежно від рівня природного світла та присутності людей [43]. Сучасні системи управління також дозволяють інтегрувати різні джерела енергії, зокрема сонячні панелі, у загальну мережу з максимальним коефіцієнтом корисної дії [44].

Висновок до розділу 4

У цьому розділі були проведені детальні техніко-економічні розрахунки, що дозволяють оцінити економічну вигоду від впровадження різних заходів щодо підвищення енергоефективності в житловому комплексі "Династія". Зокрема, було розглянуто три основні напрямки модернізації: заміна освітлення на LED-лампи, інтеграція сонячних панелей та модернізація кабельної інфраструктури, а також впровадження автоматизованих систем управління навантаженням.

Основні результати розрахунків:

Економія при використанні LED-освітлення:
Впровадження LED-освітлення у місцях загального користування дозволяє значно зменшити енергоспоживання, що призводить до економії понад **365 грн/рік** для одного під'їзду, або **1,825 грн/рік** для всього ЖК. Зниження споживання на 80% порівняно з традиційними лампами розжарювання забезпечує високу економічну вигоду.

Економія при використанні сонячних панелей:
Інтеграція сонячних панелей дозволяє згенерувати до **20,000 кВт·год/рік**, що забезпечує річну економію близько **40,000 грн**. Термін окупності інвестицій у сонячні панелі складає **6.25 років**, що робить їх рентабельним інвестиційним рішенням для зниження залежності від централізованої електромережі.

Модернізація кабельної інфраструктури:
Заміна алюмінієвих кабелів на мідні дозволяє зменшити втрати енергії на 30%, що сприяє річній економії **120,000 грн**. Враховуючи вартість модернізації (100,000 грн), цей захід має термін окупності **менше одного року**, що робить його надзвичайно вигідним для покращення ефективності роботи мережі.

Впровадження**smart****meters:**

Встановлення інтелектуальних лічильників дозволяє знизити пікові навантаження на мережу та зменшити витрати на електроенергію. Однак, хоча цей захід має триваліший термін окупності (1.67 року), він також забезпечує стабільність і надійність електропостачання в довгостроковій перспективі.

Розрахунки показують, що всі заходи модернізації системи електропостачання житлового комплексу є економічно ефективними, із короткими термінами окупності та високими річними вигодами.

LED-освітлення забезпечує найшвидшу окупність і значну економію енергії, що робить його основним напрямом для зниження витрат на електроенергію в найближчій перспективі.

Сонячні панелі і модернізація кабелів сприяють зниженню втрат енергії та зменшенню впливу на навколишнє середовище, що робить їх стратегічними рішеннями для сталого розвитку ЖК.

Smart meters допомагають автоматизувати систему управління енергоспоживанням, що в кінцевому підсумку знижує витрати та підвищує надійність електропостачання.

Комбіноване впровадження цих рішень дозволить забезпечити високий рівень енергоефективності, скоротити витрати на електроенергію та підвищити ринкову привабливість ЖК "Династія". Проєкт забезпечує значні фінансові вигоди, підвищення комфорту та екологічну безпеку для мешканців, а також створює основу для подальшого масштабування на інші житлові комплекси.

РОЗДІЛ 5 СТАРТАП-ПРОЄКТ

5.1. Концепція стартапу

Концепція стартапу полягає у розробці та впровадженні сучасних технологій для підвищення енергоефективності системи електропостачання житлового комплексу. Основна ідея стартапу — мінімізувати втрати енергії, оптимізувати споживання електроенергії та зменшити витрати мешканців.

Таблиця 5.1- Основні напрями розвитку стартапу

Напрямок	Мета	Рішення
Автоматизація керування навантаженням	Зниження пікових навантажень, забезпечення стабільності роботи мережі	Встановлення smart meters, програмно-апаратних комплексів
Відновлювані джерела енергії (ВДЕ)	Часткове забезпечення ЖК відновлюваною енергією, зниження залежності від центральної мережі	Інтеграція сонячних панелей, встановлення акумуляторів
Оптимізація освітлення	Зменшення споживання електроенергії у місцях загального користування	Використання LED-освітлення, датчиків руху
Заміна кабельної інфраструктури	Зниження втрат у мережах	Використання мідних кабелів із підвищеною провідністю
Екологічність	Скорочення викидів CO ₂ та сприяння сталому розвитку	Застосування енергоефективних рішень і ВДЕ

Ключові елементи концепції

1. Автоматизація системи електропостачання:

Встановлення smart meters для моніторингу споживання енергії кожною квартирою та місцями загального користування.

Інтеграція програмного забезпечення для управління піковими навантаженнями.

Використання датчиків для автоматичного ввімкнення/вимкнення освітлення.

2. Інтеграція ВДЕ:

Монтаж сонячних панелей на дахах будівель для генерації додаткової енергії.

Встановлення акумуляторів для накопичення енергії, виробленої вдень.

Інвертори для синхронізації виробленої енергії з центральною мережею.

3. Оптимізація освітлення:

Заміна ламп розжарювання на LED-освітлення, яке споживає в 8–10 разів менше енергії.

Використання датчиків руху в під'їздах та підвалах для економії.

4. Заміна застарілої інфраструктури:

Заміна алюмінієвих кабелів на мідні для зниження втрат.

Встановлення сучасних автоматів захисту у розподільчих щитах.

5. Екологічні ініціативи:

Скорочення вуглецевого сліду ЖК завдяки використанню відновлюваної енергії.

Інформування мешканців про переваги енергоефективності.

Таблиця 5.2- Етапи реалізації стартапу

Етап	Дії	Результат
Аналіз існуючої системи	Збір даних про споживання енергії, виявлення слабких місць	Детальний план модернізації
Розробка технічного рішення	Вибір обладнання (сонячні панелі, smart meters, LED-освітлення)	Технічна документація
Встановлення обладнання	Монтаж сонячних панелей, заміна кабелів, установка інтелектуальних лічильників	Підвищення енергоефективності
Тестування	Перевірка роботи системи у реальних умовах	Виявлення та усунення недоліків
Запуск у експлуатацію	Інтеграція системи в щоденне використання	Зниження витрат мешканців, підвищення стабільності

Очікувані результати реалізації

- Економія енергії:** Зменшення споживання на 20–30% завдяки автоматизації, LED-освітленню та ВДЕ.
- Фінансова вигода:** Річна економія до 40,000 грн для одного ЖК.
- Екологічний ефект:** Зниження викидів CO₂ за рахунок використання чистої енергії.

4. Ринкова привабливість: Підвищення вартості нерухомості за рахунок інноваційних рішень.

5.2. Місія та бачення проєкту

Місія стартапу

Забезпечити житловий комплекс "Династія" сучасною, енергоефективною та екологічною системою електропостачання, яка відповідає вимогам сталого розвитку.

Стартап спрямований на впровадження інноваційних рішень, які:

- Знижують споживання електроенергії.
- Скорочують витрати мешканців на електропостачання.
- Підвищують надійність та стабільність роботи мережі.
- Сприяють зменшенню впливу на навколишнє середовище.

Основні цілі місії:

1. Підвищення енергоефективності житлового комплексу шляхом впровадження сучасних технологій.
2. Забезпечення мешканців доступним і надійним електропостачанням.
3. Зменшення вуглецевого сліду ЖК через інтеграцію відновлюваних джерел енергії.
4. Сприяння сталому розвитку будівельної та енергетичної галузей України

Основні аспекти бачення:

1. **Інноваційність:**

Впровадження технологій майбутнього, таких як автоматизовані системи управління, ВДЕ та інтелектуальні лічильники.

Постійне вдосконалення рішень на основі аналізу результатів та нових розробок.

2. Сталий розвиток:

Розробка екологічно безпечних проєктів, які сприяють зменшенню залежності від викопного палива.

Збереження природних ресурсів через раціональне споживання енергії.

3. Економічна вигода:

Пропонувати рішення, які швидко окуповуються та приносять довгострокову економічну вигоду мешканцям і забудовникам.

4. Масштабованість:

Розробка моделі, яка може бути інтегрована у будь-який житловий комплекс з урахуванням його особливостей.

Створення бази для впровадження рішень на рівні цілих мікрорайонів чи міст.

Таблиця 5.3- Цінності стартапу

Цінність	Опис
Інновації	Постійний пошук і впровадження сучасних рішень у сфері енергозбереження.
Екологічна відповідальність	Зменшення негативного впливу на довкілля та підтримка сталого розвитку.
Комфорт і надійність	Забезпечення мешканців безперебійним та якісним електропостачанням.
Доступність	Розробка рішень, які доступні для впровадження навіть у невеликих житлових комплексах.

Очікувані результати реалізації місії та бачення

1. Енергетична незалежність:

Зменшення залежності ЖК від централізованої мережі.

2. Економія для мешканців:

Зниження витрат на електроенергію на 20–30%.

3. Екологічна вигода:

Зменшення викидів CO₂ на 40% завдяки інтеграції відновлюваних джерел енергії.

4. Зростання популярності ЖК:

Підвищення ринкової вартості нерухомості через впровадження інновацій.

5.3. Структура стартапу

Основні етапи впровадження

1. Аналіз існуючої системи:

Збір даних про поточне енергоспоживання ЖК.

Виявлення основних проблем і вузьких місць у системі електропостачання.

Оцінка доцільності модернізації для кожного компонента системи.

2. Розробка технічного рішення:

Визначення обладнання, необхідного для впровадження (сонячні панелі, LED-освітлення, інтелектуальні лічильники тощо).

Створення технічної документації та проєктних специфікацій.

Розробка програмного забезпечення для автоматизованих систем керування.

3. Встановлення обладнання:

Монтаж сонячних панелей на дахах або відкритих територіях.

Встановлення smart meters для моніторингу споживання енергії.

Заміну застарілих кабелів на сучасні мідні.

4. Тестування системи:

Перевірка роботи всіх компонентів у реальних умовах.

Усунення виявлених недоліків.

5. Запуск у експлуатацію:

Інтеграція нових рішень у повсякденну діяльність ЖК.

Навчання персоналу та мешканців роботі з новою системою.

Таблиця 5.4- Команда стартапу

Роль	Обов'язки
Проектний менеджер	Загальна координація робіт, контроль за виконанням проекту у встановлені терміни та бюджет.
Інженер-електрик	Розробка технічних рішень, монтаж та налаштування обладнання.
Програміст	Розробка програмного забезпечення для автоматизації та моніторингу.
Фінансовий аналітик	Розрахунок витрат, оцінка економічної ефективності проекту.
Маркетолог	Презентація проекту інвесторам, популяризація рішень для масштабування.
Екологічний консультант	Оцінка екологічних переваг впроваджених заходів та підготовка звітності.

Організаційна структура стартапу

Керівний склад:

-Проектний менеджер, відповідальний за стратегічне планування та виконання.

- Фінансовий аналітик для моніторингу бюджету та розрахунків.

Технічна команда:

- Інженери-електрики для монтажу та технічного обслуговування.

- Програмісти для інтеграції автоматизованих систем.

Підтримка:

- Маркетингова команда для презентації та пошуку клієнтів/інвесторів.

- Консультанти з енергоефективності та екології.

- Логістика впровадження

Закупівля обладнання:

- Сонячні панелі, LED-лампи, smart meters закуповуються у перевірених постачальників.

- Кабельна продукція вибирається відповідно до технічних вимог.

Монтажні роботи:

- Організація поетапного встановлення обладнання, починаючи з найкритичніших компонентів.

- Забезпечення безперервного електропостачання під час модернізації.

Контроль якості:

- Постійний моніторинг прогресу виконання робіт.

- Тестування кожного елемента перед введенням в експлуатацію.

5.4. Бізнес-модель

Бізнес-модель стартапу є основою для забезпечення фінансової стійкості, ефективності та масштабованості проєкту. Вона визначає, як

стартап буде створювати вартість для своїх клієнтів, генерувати дохід і забезпечувати прибуток. У випадку стартапу з підвищення енергоефективності системи електропостачання для житлових комплексів, бізнес-модель включає кілька ключових елементів[43]:

Таблиця 5.5- Основні джерела фінансування стартапу.

Джерело фінансування	Опис
Інвестиції від забудовників	Забудовники можуть бути зацікавлені в покращенні енергоефективності своїх об'єктів для підвищення їх вартості та привабливості на ринку.
Гранти на енергоефективність	Можливість отримання фінансування від державних або міжнародних організацій, що підтримують проекти з енергоефективності та екологічних ініціатив.
Приватні інвестори	Залучення приватних інвесторів, які зацікавлені в довгострокових проектах з високим потенціалом для прибутку.
Залучення кредитів	Оформлення кредитів для фінансування закупівлі обладнання та реалізації етапів модернізації.
Фінансування за рахунок економії	Використання зекономлених коштів від зниження споживання енергії для подальших інвестицій у проєкт.

Термін окупності стартапу визначається часом, протягом якого зекономлені кошти на електроенергії покривають витрати на впровадження інноваційних рішень. У випадку модернізації системи електропостачання у житловому комплексі, окупність залежатиме від кількох факторів, зокрема[43]:

1. **Вартість встановлення обладнання** (сонячні панелі, smart meters, LED-освітлення, акумулятори).
2. **Економія на електроенергії** завдяки зниженню витрат на споживання (близько 20–30% зниження витрат для кожного будинку).

3. **Зростання вартості нерухомості** через підвищення енергоефективності та екологічності об'єктів.

Розрахунок терміну окупності:

1. Вихідні дані:

Загальна вартість проекту: 500,000 грн (для одного ЖК).

Річна економія на електроенергії: 100,000 грн (для одного ЖК).

2. Термін окупності:

$$\text{Термін окупності} = \frac{\text{Загальна вартість проекту}}{\text{Річна економія на електроенергії}} = \frac{500,000}{100,000} = 5 \text{ років.}$$

Отже, термін окупності для цього стартапу складе **5 років**.

Стратегії монетизації

Продаж енергозберігаючих рішень:

- Продавати комплексні рішення для модернізації електропостачання ЖК, включаючи сонячні панелі, smart meters та автоматизовані системи управління навантаженням.

Абонентська плата за обслуговування та моніторинг:

- Мешканці можуть оплачувати невелику щомісячну абонентську плату за використання автоматизованих систем моніторингу енергоспоживання.

Партнерства з енергетичними компаніями:

- Співпраця з енергетичними компаніями для продажу надлишкової електроенергії, що генерується сонячними панелями.

Консультаційні послуги для інших ЖК:

- Надання послуг по впровадженню енергоефективних рішень для інших житлових комплексів на основі успішного досвіду реалізації.

Канали продажу та маркетингова стратегія

Для популяризації стартапу та залучення клієнтів будуть використовуватися такі канали:

1. **Прямі продажі:**

Команда буде безпосередньо взаємодіяти з управлінцями ЖК, забудовниками та іншими зацікавленими сторонами для укладання контрактів на впровадження рішень.

2. **Цифровий маркетинг:**

Використання онлайн-реклами, SEO, контекстної реклами для просування рішень серед власників житлових комплексів та управляючих компаній.

3. **Презентації та вебінари:**

Організація презентацій для демонстрації переваг енергоефективних технологій та обговорення практичних результатів реалізації проєкту.

4. **Публічні партнерства та виставки:**

Участь у виставках та форумах з енергозбереження та сталого розвитку для встановлення контактів і залучення нових клієнтів.

5.5. Очікувані результати стартапу

Очікувані результати стартапу із підвищення ефективності експлуатації системи електропостачання житлового комплексу є комплексними та охоплюють економічні, екологічні та соціальні

аспекти. Реалізація стартапу не лише покращить енергетичну ефективність ЖК, але й сприятиме значним фінансовим та екологічним вигодам для мешканців та всіх зацікавлених сторін.[41]

1. Економічні результати

Зниження витрат на електроенергію для мешканців:

Завдяки впровадженню енергоефективних технологій (LED-освітлення, автоматизація, використання сонячних панелей) споживання електроенергії зменшується на 20–30%.

Це забезпечить значну економію на оплату комунальних послуг для мешканців житлового комплексу.

Оцінка економії:

Для одного комплексу економія може складати до 100,000 грн на рік за рахунок зменшення споживання енергії.

Підвищення вартості нерухомості:

Завдяки реалізації енергоефективних рішень, такі комплекси набувають популярності серед інвесторів і покупців, що збільшує їх ринкову вартість.

За оцінками, додаткове енергозабезпечення та енергозбереження може підвищити вартість нерухомості на 5–10%.

Швидка окупність інвестицій:

Завдяки зменшенню витрат на електроенергію та економії на обслуговуванні інфраструктури, термін окупності інвестицій у стартап може скласти 3–5 років.

Річна економія для одного ЖК, в залежності від його розміру та впроваджених заходів, може досягати до 200,000 грн.

2. Екологічні результати

Зменшення викидів CO₂:

Впровадження сонячних панелей та інших відновлюваних джерел енергії дозволить значно зменшити споживання електроенергії з традиційних джерел, що знижує викиди вуглекислого газу.[22]

Прогнозоване скорочення викидів CO₂ може скласти до 40% від загального енергоспоживання комплексу.

Сприяння сталому розвитку:

Встановлення системи енергозбереження, яка використовує чисті джерела енергії, сприяє сталому розвитку та збереженню природних ресурсів.

Проект допомагає забезпечити енергію для майбутніх поколінь без шкоди для навколишнього середовища.

Стимулювання використання ВДЕ:

Рішення стартапу демонструє потенціал для використання відновлюваних джерел енергії (сонячної, вітрової) у міських умовах, що може стати прикладом для інших житлових комплексів та підприємств.[32]

3. Соціальні результати

Підвищення якості життя мешканців:

Забезпечення стабільного та надійного електропостачання з мінімальними втратами енергії позитивно впливає на комфорт мешканців.

Автоматизовані системи дозволяють зменшити кількість аварійних ситуацій та підвищити безпеку мережі.

Підвищення поінформованості громадян про енергозбереження:

Проект сприяє вихованню свідомості мешканців про необхідність збереження енергії та використання технологій, що знижують енергоспоживання.

Інформаційні кампанії та навчальні програми для мешканців про енергоефективність допомагають залучити їх до активної участі у збереженні ресурсів.

Сприяння розвитку інфраструктури:

Проект має соціальне значення для розвитку енергетичної інфраструктури в Україні, оскільки покращує стан енергопостачання в житлових комплексах, що є важливим аспектом сталого розвитку міст.

4. Технічні результати

Впровадження сучасних технологій:

Використання сучасних систем керування навантаженням, інтелектуальних лічильників та автоматизованих мереж дозволить значно покращити ефективність розподілу енергії в ЖК.

Оновлені технології сприятимуть зменшенню витрат на обслуговування та покращенню стану мереж.

Модернізація інфраструктури:

Оновлення старих кабелів, заміна обладнання на більш ефективне сприяють підвищенню надійності мережі та зниженню енергетичних втрат.

Підвищення надійності та безпеки мережі:

Використання автоматичних вимикачів та засобів захисту зменшить ризик коротких замикань і перевантажень, що забезпечить стабільність електропостачання.

5. Фінансові результати

Рентабельність проекту:

Реалізація стартапу призведе до рентабельності вже на 3-й рік після впровадження, зокрема завдяки економії на електроенергії та зменшенню витрат на обслуговування.

Масштабування і прибуток:

Після успішної реалізації у ЖК "Династія", проект буде масштабований на інші житлові комплекси та міста, що дозволить значно збільшити доходи від надання послуг і консалтингу для інших забудовників і ЖК.

5.6. Розрахунок економічної ефективності

Розрахунок економічної ефективності стартапу базується на оцінці витрат на впровадження заходів і очікуваних фінансових вигод, таких як зниження витрат на електроенергію та підвищення ринкової вартості житлового комплексу.

1. Початкові витрати:

Встановлення сонячних панелей: 20 панелей по 10,000 грн кожна (200,000 грн).

Монтаж smart meters: 50 пристроїв по 2,000 грн кожен (100,000 грн).

Заміна освітлення на LED-лампи: 100 одиниць по 500 грн (50,000 грн).

Загальна вартість модернізації: **350,000 грн.**

2. Річна економія:

Зниження споживання енергії на 20% (поточне споживання ЖК: 200,000 кВт·год/рік).

Економія: $200,000 \cdot 0.2 = 40,000$ кВт·год

Тариф на електроенергію: 2 грн/кВт·год.

Річна економія: $40,000 \cdot 2 = 80,000$ грн

Річні додаткові вигоди:

Підвищення вартості нерухомості на 5% (середня вартість комплексу: 7,000,000 грн).

Приріст вартості: $7,000,000 \cdot 0.05 = 350,000$ грн

Розрахунок терміну окупності

$$\text{Термін окупності} = \frac{\text{Загальні витрати}}{\text{Річна економія}}.$$

$$\text{Термін окупності} = \frac{350,000}{80,000} = 4.375 \text{ років.}$$

Таким чином, інвестиції в стартап окупляться через **4 роки 4 місяці**.

Розрахунок рентабельності:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Річна вигода}}{\text{Загальні витрати}} \cdot 100\%.$$

Річна вигода = Річна економія + Додатковий приріст вартості = $80,000 + 350,000 = 430,000$ грн.

$$\text{ROI} = \frac{430,000}{350,000} \cdot 100\% = 122.86\%.$$

Рентабельність інвестицій становить **122.86%**.

Таблиця 5.6- Сценарій економічної ефективності

Показник	Оптимістичний сценарій	Середній сценарій	Песимістичний сценарій
Зниження споживання енергії	25%	20%	15%
Термін окупності	3.5 роки	4.4 роки	5.6 років
ROI	140%	122.86%	95%

Висновки до розділу 5

Стартап орієнтований на інтеграцію інноваційних рішень для підвищення енергоефективності, зниження витрат мешканців та підвищення надійності електропостачання. Основними напрямками є впровадження автоматизованих систем управління, інтеграція відновлюваних джерел енергії, оптимізація освітлення та модернізація внутрішніх мереж. Проєкт спрямований на досягнення сталого розвитку ЖК з акцентом на економічну вигоду та екологічну безпеку.

Місія стартапу — забезпечити мешканців ЖК доступною, надійною та енергоефективною системою електропостачання, яка відповідає сучасним екологічним стандартам.

Бачення стартапу включає масштабування рішення для впровадження в інших ЖК, стимулюючи розвиток енергоефективної інфраструктури. Цінності стартапу базуються на інноваціях, екологічній відповідальності, доступності та орієнтації на комфорт мешканців. Структура стартапу охоплює всі ключові етапи реалізації: від аналізу існуючої системи та розробки технічних рішень до тестування і запуску в експлуатацію. Організаційна структура передбачає чіткий розподіл обов'язків між членами команди, що забезпечує скоординоване виконання проєкту.

Логістика впровадження передбачає раціональне планування закупівель, монтажних робіт та контроль якості для мінімізації ризиків. Фінансування стартапу можливе за рахунок інвестицій забудовників, грантів на енергоефективність, приватних інвесторів та кредитів. Розрахунки показують, що термін окупності інвестицій становить 4–5 років, а рентабельність проєкту (ROI) досягає понад 120%. Модель монетизації включає продаж енергозберігаючих рішень, абонентську плату за обслуговування, співпрацю з енергетичними компаніями та надання консультаційних послуг.

Очікувані результати:

Економічні: зниження витрат на електроенергію до 20–30%, підвищення вартості нерухомості на 5–10%, термін окупності — до 5 років.

Екологічні: скорочення викидів CO₂ до 40%, сприяння сталому розвитку та зменшення залежності від викопного палива.

Соціальні: підвищення якості життя мешканців через стабільне електропостачання та популяризація енергоефективності.

Технічні: впровадження сучасних технологій, таких як smart meters, сонячні панелі, LED-освітлення, що сприяють зменшенню втрат енергії та підвищенню надійності мереж.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконано дослідження, спрямоване на підвищення ефективності системи електропостачання житлового комплексу "Династія" у місті Полтава. Мета роботи полягала в оптимізації процесу електроспоживання для скорочення витрат домогосподарств та впровадження сучасних енергозберігаючих технологій.

1. У першому розділі проведено аналіз сучасного стану системи електропостачання житлового комплексу "Династія". Охарактеризовано основні елементи мережі, такі як трансформаторна підстанція, внутрішні електричні мережі, а також освітлення місць загального користування. Виявлено проблеми, серед яких значні втрати енергії через застарілі кабелі, відсутність автоматизованого управління освітленням та використання неефективних ламп розжарювання.

2. Другий розділ присвячений теоретичному обґрунтуванню підходів до підвищення енергоефективності. Було проаналізовано сучасні методи енергозбереження, включаючи заміну ламп розжарювання на LED-освітлення, встановлення датчиків руху, використання відновлюваних джерел енергії, а також модернізацію внутрішніх електричних мереж. Обґрунтовано доцільність впровадження автоматизованих систем управління для зменшення втрат енергії та стабілізації роботи мережі.

3. Третій розділ охоплював розробку техніко-економічного обґрунтування запропонованих рішень.

- Проведено розрахунок економії енергії від впровадження LED-освітлення, що дозволяє скоротити споживання електроенергії у місцях загального користування до 80%.

- Розраховано ефективність використання сонячних панелей, які генерують до 20,000 кВт·год на рік, що забезпечує економію в 40,000 грн щорічно.

- Оцінено доцільність модернізації кабельної інфраструктури, яка знижує втрати енергії на 30% та окупається за менш ніж один рік.

5. У четвертому розділі розроблено стартап-проект із підвищення енергоефективності житлових комплексів. Запропоновано бізнес-модель, яка включає:

- впровадження сучасних рішень, таких як інтелектуальні лічильники, автоматизовані системи управління, та сонячні панелі;

- фінансування проєкту за рахунок інвестицій, грантів на енергоефективність та економії електроенергії;

- прогноз терміну окупності впроваджених заходів, який становить 4–6 років.

6. П'ятий розділ присвячений техніко-економічним розрахункам, які підтвердили ефективність запропонованих заходів. Сформовано математичну модель, яка дозволяє оцінити вплив різних факторів на загальну енергоефективність системи.

- Реалізація запропонованих заходів дозволяє досягти наступних результатів:

- Економія енергоресурсів: зменшення споживання електроенергії у місцях загального користування на 20–30%.

- Фінансова вигода: зниження витрат мешканців на оплату електроенергії до 40% та підвищення ринкової вартості житлового комплексу.

Екологічна користь: скорочення викидів CO₂ за рахунок використання відновлюваних джерел енергії.

Підвищення комфорту: покращення стабільності електропостачання та зменшення кількості аварійних ситуацій.

Результати роботи можуть бути використані для впровадження енергозберігаючих заходів у інших житлових комплексах України, що сприятиме скороченню витрат на електроенергію, підвищенню енергоефективності та сталому розвитку міської інфраструктури.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макаренко В. А., Гриб О. Г., Малєєв О. І. Енергозбереження і поновлювані енергоресурси – важливий шлях розвитку систем енергопостачання // *Енергосбережение • Энергетика • Энергоаудит.* – 2007. – № 11. – С. 38–48.
2. Тимофіїв В. М., Неміровський І. А. Енергоменеджмент та енергозбереження – спільність та відмінності // *Енергозбереження • Энергетика • Энергоаудит.* – 2007. № 5. – С. 32–37..
3. Ратушняк Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель : навч. посіб. / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк.— Вінниця : ВНТУ, 2006. — 106 с.
4. Про встановлення тарифів на електроенергію, що відпускається населенню : Постанова № 220 від 26.02.2015 р. [Електронний ресурс] / Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг // Офіційний вісник України. — 2015. — № 15/1. — С. 399. — Режим доступу : <http://ovu.com.ua/proceedings/838>
5. [Електронний ресурс] <https://oblrada-pl.gov.ua/sites/default/files/field/docs/836.pdf>
6. [Електронний ресурс] // DW Made for minds. — Режим доступу : <http://www.dw.com/uk/євросоюз-лампи-розжарювання-доживають-свій-вік/a-4602622> .
7. [Електронний ресурс] // ECO town. Режим доступу <http://ecotown.com.ua/news/V-Uzbekystani-cherez-rik-zaboronyat-prodazh-lamp-rozzharyuvannya-bilshe-40-Vt/>
8. [Електронний ресурс] // ECO town. Режим доступу : <http://ecotown.com.ua/news/U-Hruziyi-pochaly-vyrobyaty-LED->

lampochky-/ .

9. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ
СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ
ОСВІТЛЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ
[Електронний ресурс] - Режим доступу :
<https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/1950>

10. Макаренко В. А., Гриб О. Г., Малєєв О. І. Енергозбереження і поновлювані енергоресурси – важливий шлях розвитку систем енергопостачання // Энергосбережение• Энергетика •Энергоаудит. – 2007. – № 11. – С. 38–48

11. ДСТУ ISO 50001:2014 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT) –[Чинний від 16.09.2014]. – (Державний стандарт України).

12. Сталий розвиток України в контексті використання відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії [Електронний ресурс] / А. О. Рожко. - Режим доступу: [www.confcontact.com/2007may/ 1_rozhko .htm](http://www.confcontact.com/2007may/1_rozhko.htm)

13. Інформація про роботу енергетичного ресурсу]/Міністерство Енергетики та захисту довкілля України - 2019. - Режим доступу до ресурсу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=245183225

14. ШЛЯХИ ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ В СФЕРІ ЖКГ [Електронний ресурс] - Режим доступу : eee.khpi.edu.ua/article/download/21819/19339

15. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України // Альтернативна енергетика. Енергія Сонця. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>

16. Бабієв Г. М. Перспективи використання сонячних панелей в

Україні. // Г. М. Бабієв, Д. В. Дероган, А. Р. Щокін // Електричний журн. – 1998. – No 1. – С. 63–64.

17. Сонячні паналі з off-grid інвертором. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://solar.biz.ua/ua/itvertori-ibzh/sonyachni-invertori/merezhevij-sonyachnij-invertor-z-rezervnoyu-funkciyeyu-10kvt-380v-trifaznij-model-infinisolar-10kw.html>

18. Конфігурація автономного гібридного фотоелектричного блоку для гарантованого електропостачання об'єктів мінерально-сировинної промисловості / А.А. Бельський, А. Н. Скамін, Є.В. Яковлєва // 23) Міжнародний журнал прикладних інженерних досліджень ISSN 0973-4562 Том 11. Номер 1(2016) - С. 233-238

19. Конфігурація автономного гібридного фотоелектричного блоку для гарантованого електропостачання об'єктів мінерально-сировинної промисловості / А.А. Бельський, А. Н. Скамін, Є.В. Яковлєва // 23) Міжнародний журнал прикладних інженерних досліджень ISSN 0973-4562 Том 11. Номер 1(2016) - С. 233-238

Близнюк Є.В. Модульні інвентори локального об'єкта // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'15. – 2017. – С. 55-57.

20. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Альтернативна енергетика: Енергія Сонця. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>

21. Енергетична стратегія України до 2035 року. Офіційний документ. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua>

22. ДСТУ Б В.2.5-23:2010. Інженерне обладнання будівель і споруд. Електропостачання. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.

23. Національна доповідь України про стан енергозбереження,

2023 рік. — Київ: Держенергоефективності.

24. Зеленіков В. І. Основи проектування сонячних електростанцій: навчальний посібник. — Харків: Видавництво ХНУ, 2021.

25. ДСТУ-Н Б А.2.2-10:2012. Настанова щодо виконання енергетичних аудиторських перевірок будівель. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2012.

26. Войтович А. П. Енергоефективність у місцях загального користування: проблеми і перспективи. — Львів: Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2019.

27. Пономарьов І. В. Модернізація кабельних систем житлових комплексів для зменшення втрат енергії. — Вінниця: ВНТУ, 2020.

28. Даниленко С. О. Методи оптимізації енерговикористання в житлових будинках. — Дніпро: ДНУ, 2022.

29. Ратушняк Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель: навч. посіб. — Вінниця: ВНТУ, 2006.

30. Сидоренко А. С. Системи автоматичного керування освітленням: монографія. — Харків: ХНУРЕ, 2018.

31. Енергозберігаючі технології в багатоквартирних будинках: технічні та економічні аспекти. Науковий збірник — Київ: НТУУ "КПІ", 2020.

32. "Energize Ukraine". Платформа для аналізу енергоефективності. Режим доступу: <https://energizeukraine.com>

33. Публікації Української асоціації відновлюваної енергетики. Режим доступу: <https://uare.com.ua>

34. Швець С. В. Відновлювані джерела енергії: можливості та перспективи. — Одеса: ОНУ, 2019.

35. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Альтернативна енергетика: Енергія Сонця. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>.
36. ISO 50001:2021. Системи енергоменеджменту. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2021.
37. Грицай Л. В. Використання сонячних панелей у житлових комплексах: техніко-економічний аналіз. — Київ: Науковий вісник, 2020.
38. Моделювання енергоефективності в житлових комплексах. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com>.
39. Порівняльний аналіз ефективності сонячних панелей. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.researchgate.net>.
40. Розширені фотогальванічні системи для сталого розвитку. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.springer.com>.
41. Техніко-економічний аналіз сучасних енергоефективних систем освітлення багатоквартирних будинків. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://visnyk.vntu.edu.ua>.
42. . Управління енергоспоживанням у житлових будинках. — Париж: Schneider Electric, 2022.
43. ДСТУ Б В.2.5-23:2010. Інженерне обладнання будівель і споруд. Електропостачання. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
44. Європейська комісія. Звіт про енергоефективність в ЄС. — Брюссель: Європейська комісія, 2022.

