

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

_____ Олена БОРИЧЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
освітня програма Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: «Розроблення моделі енергетичного кооперативу в житловому комплексі як інструменту підвищення енергетичної незалежності мешканців»

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ГН-41мп

_____ Рак Марія Павлівна _____
(прізвище, ім'я по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Чернявський А. В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Нормоконтроль провідний інженер Прокопенко І.Д. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

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

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2025 року

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

Інститут/факультет *Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту*

Кафедра *електропостачання*

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

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олена БОРИЧЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Рак Марії Павлівні**

1. Тема дисертації «Розроблення моделі енергетичного кооперативу в житловому комплексі як інструменту підвищення енергетичної незалежності мешканців», науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Чернявський Анатолій Володимирович, затверджений наказом по університету від 03 листопада 2025 р. №4749-с

2. Строк подання студентом дисертації: *17 грудня 2025 року*

3. Об'єкт дослідження: процес організації та функціонування енергетичного кооперативу в житловому комплексі типу ОСББ.

4. Предмет дослідження: методи, моделі та організаційно-технічні рішення, що забезпечують ефективне управління енергетичними потоками в межах енергетичного кооперативу.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати сучасний стан розвитку енергетичних кооперативів в Україні та Європі; зробити огляд нормативно-правової бази функціонування енергетичних кооперативів в Україні; оцінити потенціал використання відновлюваних джерел енергії у житлових комплексах типу ОСББ; розробити технічну структуру енергетичного кооперативу, що включає джерела генерації, системи

накопичення та розподілу енергії; виконати математичне групування споживачів електричної енергії для виокремлення типових груп споживачів методом кластерного аналізу, задля подальшого моделювання системи резервного живлення енергетичним кооперативом; розробити рекомендації щодо впровадження моделі енергетичного кооперативу у практику житлових комплексів України.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу – презентація до захисту дипломного проєкту.

7. Орієнтовний перелік публікацій: Чернявський А.В., Рак М.П. Доцільність створення енергетичного кооперативу у військовий час в Україні // Вісник XI Міжнародної науково-практичної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'25» – Київ, 2025. – Прийнято редакцією до друку в листопаді 2025 р.

8. Консультанти розділів дисертації:

Нормоконтроль

Прокопенко І.Д.

9. Дата видачі завдання: 01 вересня 2025 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів МД	Примітка
1	Аналіз сучасного стану та передумов створення енергетичних кооперативів	03.11-09.11	виконано
2	Теоретичні основи розроблення моделі енергетичного кооперативу	10.11-16.11	виконано
3	Аналіз динаміки ПЕР та оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії	17.11-23.11	виконано
4	Кластерне групування споживачів та розроблення заходів енергоефективності	24.11-30.11	виконано
5	Проектування резервної системи живлення для МЗК	01.12-07.12	виконано
6	Розробка рекомендацій, аналіз перспектив розвитку енергетичних кооперативів	08.12-17.12	виконано

Студент
Керівник

Марія РАК
Анатолій ЧЕРНЯВСЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської дисертації складається з 4 розділів та містить 119 сторінок тексту. В основному тексті роботи наведено 9 ілюстрацій, 20 таблиць та 68 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Децентралізація та енергоефективність є критично важливими для України в умовах енергетичної нестабільності і оскільки енергетичні кооперативи сприяють енергетичній незалежності громад, то їх моделювання в ОСББ зумовлює **актуальність дослідження**.

Метою дослідження є розроблення моделі та рекомендацій щодо створення енергетичного кооперативу в межах об'єднання співвласників багатоквартирного будинку, спрямованої на підвищення енергетичної незалежності мешканців шляхом раціонального використання енергоресурсів, впровадження відновлюваних джерел енергії та застосування енергоефективних технологій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- проаналізувати сучасний стан розвитку енергетичних кооперативів в Україні та Європі;
- зробити огляд нормативно-правової бази функціонування енергетичних кооперативів в Україні;
- оцінити потенціал використання відновлюваних джерел енергії у житлових комплексах типу ОСББ;
- розробити технічну структуру енергетичного кооперативу, що включає джерела генерації, системи накопичення та розподілу енергії;
- виконати математичне групування споживачів електричної енергії для виокремлення типових груп споживачів методом кластерного аналізу, задля подальшого моделювання системи резервного живлення енергетичним кооперативом;

- розробити рекомендації щодо впровадження моделі енергетичного кооперативу у практику житлових комплексів України.

Об'єктом дослідження є процес організації та функціонування енергетичного кооперативу в житловому комплексі типу ОСББ.

Предметом дослідження є методи, моделі та організаційно-технічні рішення, що забезпечують ефективне управління енергетичними потоками в межах енергетичного кооперативу.

Методи дослідження: синтез під час дослідження літературних даних; методи енергетичного моделювання для оцінки споживання електричної енергії та формування річного енергетичного балансу житлового комплексу; метод техніко-економічного обґрунтування для вибору параметрів відновлюваних джерел енергії; методи економічного аналізу, зокрема для розрахунків терміну окупності; аналітичні та розрахунково-графічні методи для побудови діаграм, схем та таблиць, що відображають розподіл енергоспоживання й ефективність запропонованих енергоефективних заходів.

Наукова новизна отриманих результатів. Дістала подальший розвиток техніко-економічна модель функціонування енергетичних кооперативів шляхом застосування кластерного аналізу споживачів електричної енергії житлового комплексу, що дозволяє виокремлювати типові групи навантаження під час формування енергетичного балансу кооперативу.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні алгоритму вибору та обґрунтування параметрів системи локальної генерації електроенергії для ОСББ, який може бути використаний при прийнятті рішень щодо впровадження відновлюваних джерел енергії. Запропонована методика дозволяє на основі профілю електроспоживання будинку визначити раціональну встановлену потужність ВДЕ, оцінити очікуване зменшення споживання електроенергії

з мережі та рівень енергетичної автономності, що може бути застосовано на практиці ОСББ та органами місцевого самоврядування.

Основні положення та висновки дисертаційної роботи були представлені під час XI Міжнародної науково-практичної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REIMS'25», де результати дослідження були схарактеризовані у форматі доповіді, підтверджуючи **апробацію результатів дисертації**.

Матеріали виконаної роботи знайшли відображення у **публікації**, що увійшла до збірника праць XI Міжнародної науково-практичної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REIMS'25».

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КООПЕРАТИВ, ЕНЕРГІЯ, МЕШКАНЦІ, ОБЛАДНАННЯ, ОСББ, РОЗВИТОК, СИСТЕМИ, СПОЖИВАННЯ.

ABSTRACT

The explanatory note to the master's thesis consists of 4 sections and contains 119 pages of text. The main text of the work contains 9 illustrations, 20 tables and 68 bibliographic names according to the list of references.

Decentralization and energy efficiency are critically important for Ukraine in conditions of energy instability, and since energy cooperatives contribute to the energy independence of communities, their modeling in an apartment building determines the relevance of the study.

The purpose of the study is to develop a model and recommendations for creating an energy cooperative within the association of co-owners of an apartment building, aimed at increasing the energy independence of residents through the rational use of energy resources, the introduction of renewable energy sources and the use of energy-efficient technologies.

To achieve the goal, it is necessary to solve the following tasks:

- analyze the current state of development of energy cooperatives in Ukraine and Europe;
- review the regulatory framework for the functioning of energy cooperatives in Ukraine;
- assess the potential for the use of renewable energy sources in residential complexes of the condominium type;
- develop a technical structure of an energy cooperative, including generation sources, energy storage and distribution systems;
- perform mathematical grouping of electricity consumers to identify typical groups of consumers using the cluster analysis method, for further modeling of the backup power supply system by an energy cooperative;
- develop recommendations for the implementation of the energy cooperative model in the practice of residential complexes in Ukraine.

The object of the study is the process of organizing and functioning of an energy cooperative in a residential complex of the condominium type.

The subject of the study is methods, models and organizational and technical solutions that ensure effective management of energy flows within the energy cooperative.

Research methods: synthesis during the study of literature data; energy modeling methods for assessing electricity consumption and forming the annual energy balance of a residential complex; a method of feasibility study for selecting parameters of renewable energy sources; methods of economic analysis, in particular for calculating the payback period; analytical and computational-graphic methods for constructing diagrams, schemes and tables that reflect the distribution of energy consumption and the effectiveness of the proposed energy-efficient measures.

Scientific novelty of the results obtained. The technical and economic model of the functioning of energy cooperatives was further developed by applying cluster analysis of electricity consumers of a residential complex, which allows for the identification of typical load groups during the formation of the cooperative's energy balance.

The practical significance of the results obtained lies in the development of an algorithm for selecting and justifying the parameters of a local electricity generation system for an apartment building, which can be used when making decisions on the introduction of renewable energy sources. The proposed methodology allows, based on the electricity consumption profile of the house, to determine the rational installed capacity of RES, to estimate the expected reduction in electricity consumption from the network and the level of energy autonomy, which can be applied in practice by apartment buildings and local governments.

The main provisions and conclusions of the dissertation were presented during the XI International Scientific, Practical and Educational-Methodological

Conference “Energy Management: State and Prospects for Development – PEMS’25”, where the results of the study were described in the format of a report, confirming the approval of the results of the dissertation.

The materials of the work were reflected in the publication, which was included in the collection of works of the XI International Scientific, Practical and Educational-Methodological Conference “Energy Management: State and Prospects for Development – PEMS’25”.

Keywords: CONDOMINIUM ASSOCIATION, CONSUMPTION DEVELOPMENT, ENERGY, ENERGY COOPERATIVE, EQUIPMENT, RESIDENTS, SYSTEMS.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	15
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРЕДУМОВ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КООПЕРАТИВІВ.....	19
1.1 Сучасний стан розвитку енергетичних кооперативів у світі та Європі ..	19
1.2 Стан і перспективи розвитку енергетичних кооперативів в Україні	25
1.3 Нормативно-правові засади функціонування енергетичних кооперативів	30
1.4 Економічні та соціальні передумови створення енергетичних кооперативів	34
1.5 Потенціал впровадження енергетичних кооперативів у житловому секторі та локальних громадах	37
Висновки до розділу 1	40
2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КООПЕРАТИВУ	42
2.1 Короткий опис об'єкту дослідження та аналіз динаміки ПЕР	42
2.2 Загальні принципи формування енергетичних кооперативів у житлових комплексах типу ОСББ	50
2.3 Технічна структура енергетичного кооперативу	54
2.4 Методологія побудови та реалізації змішаної техніко-економічної моделі енергетичного кооперативу	58
2.5 Визначення формату та розміру внесків учасників енергетичного кооперативу	64
Висновки до розділу 2	67
3 РОЗРОБЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ МОДЕЛІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КООПЕРАТИВУ В ОБ'ЄДНАННІ СПІВВЛАСНИКІВ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ	68
3.1 Оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії	68
3.2 Кластерне групування споживачів для оптимізації енергоспоживання..	74
3.3 Обґрунтування параметрів та розрахунок системи резервного електроживлення житлового комплексу з метою підвищення енергетичної незалежності на основі дахової фотоелектричної станції	82
Висновки до розділу 3	88

4 ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МОДЕЛІ.....	90
4.1 Рекомендації щодо створення та функціонування енергетичного кооперативу в межах ОСББ.....	90
4.2 Економічні та соціальні переваги впровадження моделі	93
4.3 Перспективи розвитку енергетичних кооперативів в Україні.....	96
4.4 Можливість продажу надлишків згенерованої енергії у мережу.....	100
Висновки до розділу 4	103
ВИСНОВКИ.....	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	107
ДОДАТКИ.....	117

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирних будинків

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси

ФЕС – фотоелектрична станція

СЕС – громадська енергетична спільнота

ІСА – Міжнародний кооперативний альянс

РЕС – спільнота відновлюваної енергії

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку енергетичного сектору України особливого значення набувають питання децентралізації енергопостачання, підвищення енергоефективності та забезпечення енергетичної незалежності громадян. Традиційна модель централізованого енергопостачання поступово втрачає свою ефективність через низку чинників: зростання тарифів на енергоресурси, зношеність інфраструктури, обмеженість доступу до джерел відновлюваної енергії та загальну нестабільність енергетичної системи, спричинену військовою агресією проти України. У цих умовах дедалі більшої актуальності набувають локальні енергетичні рішення, що дозволяють громадам і житловим об'єднанням підвищувати власну автономність.

Одним із найперспективніших напрямів розвитку локальної енергетики є створення енергетичних кооперативів – об'єднань споживачів, що спільно виробляють, накопичують і споживають енергію з відновлюваних джерел. Такий підхід відповідає європейській моделі розвитку енергетики, де кооперативи вже давно стали інструментом участі громад у процесі енергетичного переходу. У межах реалізації Європейського зеленого курсу саме енергетичні кооперативи розглядаються як важливий елемент децентралізованої енергетичної системи, що сприяє скороченню викидів вуглецю, розвитку громадської участі та підвищенню стійкості локальних енергосистем.

Для України, яка перебуває на шляху інтеграції до Європейського Союзу, впровадження моделей енергетичних кооперативів є не лише інноваційним, але й стратегічно важливим напрямом розвитку. Особливої уваги потребує їх застосування у сфері житлово-комунального господарства, де споживачі часто не мають реальних інструментів впливу на управління енергоресурсами. Саме в межах об'єднань співвласників

багатоквартирних будинків (ОСББ) можливе ефективне створення енергетичних кооперативів, які поєднують інтереси мешканців, сприяють зменшенню енергетичних витрат та забезпечують прозоре управління енергетичними потоками.

Розроблення моделі енергетичного кооперативу для ОСББ є актуальним завданням, яке поєднує технічні, економічні та соціальні аспекти. Така модель дозволить не лише оптимізувати споживання енергії, але й створити економічно обґрунтовані умови для переходу на відновлювані джерела енергії (ВДЕ). Змішаний підхід, який поєднує технічну й економічну складові, дає змогу оцінити доцільність створення кооперативу з урахуванням сучасних технологій – сонячних панелей, систем накопичення енергії, енергоефективного обладнання тощо, а також економічних механізмів взаєморозрахунків між учасниками.

Крім того, важливо враховувати національні тенденції розвитку енергетичної політики, зокрема ухвалення нормативно-правових актів, що сприяють децентралізації енергетики, розвитку ВДЕ та підтримці громадських ініціатив у сфері енергоменеджменту. Запровадження таких моделей сприятиме не лише підвищенню енергетичної незалежності окремих житлових комплексів, але й зміцненню енергетичної безпеки держави загалом. Децентралізація та енергоефективність є критично важливими для України в умовах енергетичної нестабільності і оскільки енергетичні кооперативи сприяють енергетичній незалежності громад, то їх моделювання в ОСББ зумовлює **актуальність дослідження**.

Метою дослідження є розроблення моделі та рекомендацій щодо створення енергетичного кооперативу в межах об'єднання співвласників багатоквартирного будинку, спрямованої на підвищення енергетичної незалежності мешканців шляхом раціонального використання енергоресурсів, впровадження відновлюваних джерел енергії та застосування енергоефективних технологій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- проаналізувати сучасний стан розвитку енергетичних кооперативів в Україні та Європі;
- зробити огляд нормативно-правової бази функціонування енергетичних кооперативів в Україні;
- оцінити потенціал використання відновлюваних джерел енергії у житлових комплексах типу ОСББ;
- розробити технічну структуру енергетичного кооперативу, що включає джерела генерації, системи накопичення та розподілу енергії;
- виконати математичне групування споживачів електричної енергії для виокремлення типових груп споживачів методом кластерного аналізу, задля подальшого моделювання системи резервного живлення енергетичним кооперативом;
- розробити рекомендації щодо впровадження моделі енергетичного кооперативу у практику житлових комплексів України.

Об'єктом дослідження є процес організації та функціонування енергетичного кооперативу в житловому комплексі типу ОСББ.

Предметом дослідження є методи, моделі та організаційно-технічні рішення, що забезпечують ефективне управління енергетичними потоками в межах енергетичного кооперативу

Методи дослідження: синтез під час дослідження літературних даних; методи енергетичного моделювання для оцінки споживання електричної енергії та формування річного енергетичного балансу житлового комплексу; метод техніко-економічного обґрунтування для вибору параметрів відновлюваних джерел енергії; методи економічного аналізу, зокрема для розрахунків терміну окупності; аналітичні та розрахунково-графічні методи для побудови діаграм, схем та таблиць, що відображають розподіл енергоспоживання й ефективність запропонованих енергоефективних заходів.

Наукова новизна отриманих результатів. Дістала подальший розвиток техніко-економічна модель функціонування енергетичних кооперативів шляхом застосування кластерного аналізу споживачів електричної енергії житлового комплексу, що дозволяє виокремлювати типові групи навантаження під час формування енергетичного балансу кооперативу.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні алгоритму вибору та обґрунтування параметрів системи локальної генерації електроенергії для ОСББ, який може бути використаний при прийнятті рішень щодо впровадження відновлюваних джерел енергії. Запропонована методика дозволяє на основі профілю електроспоживання будинку визначити раціональну встановлену потужність ВДЕ, оцінити очікуване зменшення споживання електроенергії з мережі та рівень енергетичної автономності, що може бути застосовано на практиці ОСББ та органами місцевого самоврядування.

Основні положення та висновки дисертаційної роботи були представлені під час XI Міжнародної науково-практичної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REIMS'25», де результати дослідження були схарактеризовані у форматі доповіді, підтверджуючи **апробацію результатів дисертації**.

Матеріали виконаної роботи знайшли відображення у **публікації**, що увійшла до збірника праць XI Міжнародної науково-практичної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REIMS'25».

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРЕДУМОВ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КООПЕРАТИВІВ

1.1 Сучасний стан розвитку енергетичних кооперативів у світі та Європі

Кооператив – це форма добровільного об'єднання громадян або юридичних осіб із метою спільного задоволення економічних, соціальних чи культурних потреб на основі взаємодопомоги, рівноправності членів і спільного володіння ресурсами [1]. Головною ознакою кооперативу є відсутність орієнтації на максимізацію прибутку: його діяльність спрямована насамперед на забезпечення потреб учасників, а не на отримання комерційної вигоди.

Кооперативний рух виник у середині XIX століття у відповідь на потребу споживачів і виробників об'єднуватися для досягнення спільних цілей [2]. Перші кооперативи з'явилися у Великій Британії (зокрема, Рочдейльське товариство справедливих піонерів у 1844 р.), і з часом їхні принципи – добровільність, демократичне управління, економічна участь членів, автономія та освіта – стали універсальними. Ці принципи лягли в основу сучасних міжнародних стандартів кооперації, які закріплені Міжнародним кооперативним альянсом (ІСА) [3].

В енергетиці кооперативна форма почала розвиватися у XX столітті, коли дрібні громади, особливо в сільських районах, почали створювати спільні підприємства для забезпечення себе електроенергією. У 1920–1930-х роках у США, Німеччині, Скандинавських країнах та Канаді з'явилися перші енергетичні кооперативи, які займалися локальним виробництвом і розподілом електроенергії. У Європі інтерес до таких ініціатив зріс наприкінці XX століття у зв'язку з розвитком ВДЕ та зростанням екологічної свідомості населення [4].

Енергетичний кооператив – це форма спільного володіння та управління енергетичними ресурсами, у якій громадяни або організації об'єднуються для спільного виробництва, споживання, зберігання або продажу енергії, переважно з відновлюваних джерел [5]. Основна мета таких кооперативів – зменшення енергетичної залежності, підвищення енергоефективності та забезпечення доступу до чистої енергії для членів громади.

На світовому рівні формування енергетичних кооперативів стало відповіддю на кілька взаємопов'язаних викликів: зростання цін на енергоресурси, обмеженість викопного палива, екологічні наслідки централізованого виробництва енергії та потребу підвищення енергетичної безпеки. Дослідження показують, що кооперативні моделі дозволяють зменшити залежність від великих енергетичних компаній і забезпечити більш справедливий розподіл економічних вигод між учасниками енергетичного процесу [6].

У рамках політики ЄС у сфері клімату та енергетики енергетичні кооперативи розглядаються як важливий елемент досягнення цілей Європейського зеленого курсу та пакета «Clean Energy for All Europeans». Відповідні директиви закріпили поняття Renewable Energy Communities та Citizen Energy Communities, що фактично створило правову основу для діяльності кооперативів у більшості країн ЄС [7].

Сучасні дослідження виокремлюють декілька типів енергетичних кооперативів залежно від функціонального призначення:

- кооперативи з виробництва електроенергії з ВДЕ (сонячні, вітрові, біоенергетичні);
- кооперативи, орієнтовані на постачання електроенергії кінцевим споживачам;
- багатфункціональні кооперативи, які поєднують генерацію, зберігання та розподіл енергії.

Окремі дослідження наголошують, що успішність кооперативів значною мірою залежить від гнучкості бізнес-моделі та здатності адаптуватися до регуляторних змін [8].

Ключові характеристики енергетичних кооперативів:

- демократичне управління – кожен член має один голос незалежно від розміру внеску;
- локальність – кооперативи діють на рівні громади чи муніципалітету;
- відновлюваність – акцент на використанні сонячної, вітрової, біоенергетики тощо;
- розподіл вигод – прибуток розподіляється між членами або інвестується в розвиток громади;
- прозорість – фінансова та управлінська діяльність здійснюється відкрито [9].

У сучасних умовах енергетичні кооперативи відіграють важливу роль у процесі децентралізації енергетичних систем. Традиційна централізована модель енергопостачання характеризується високою концентрацією потужностей і контролем з боку великих компаній. Кооперативна модель, навпаки, базується на децентралізованих малих і середніх джерелах енергії, які належать громадянам. Це сприяє:

- зменшенню залежності від монополій і великих постачальників;
- розвитку місцевих економік і створенню нових робочих місць;
- підвищенню енергетичної безпеки;
- зниженню екологічного навантаження на довкілля.

Енергетичні кооперативи є важливим інструментом реалізації Європейського зеленого курсу [10] і Директиви ЄС RED II [11], що передбачає створення енергетичних громад як учасників енергетичного ринку нарівні з традиційними компаніями.

Німеччина є світовим лідером за кількістю та масштабами енергетичних кооперативів. Починаючи з 1990-х років, розвиток кооперативного руху тут отримав потужний імпульс завдяки державній політиці підтримки відновлюваних джерел енергії – програмі *Energiewende* («енергетичний перехід»). Тут функціонують сотні енергетичних кооперативів, які реалізують проекти сонячної та вітрової генерації, а також інвестують у мережеву інфраструктуру. Дослідження німецького досвіду показують, що кооперативи відіграли ключову роль у реалізації політики *Energiewende*, забезпечивши широку участь населення у фінансуванні та управлінні енергетичними проектами [12].

На сьогодні в Німеччині діє понад 900 енергетичних кооперативів, які забезпечують участь більш ніж 200 000 громадян. Більшість із них володіють сонячними або вітровими електростанціями, а деякі також керують біогазовими установками чи тепловими мережами. Типова потужність кооперативних електростанцій становить від кількох десятків до сотень кіловат. Особливістю німецьких кооперативів є високий рівень громадської участі. Мешканці, муніципалітети та місцеві підприємства спільно інвестують у проекти, отримуючи стабільний дохід від продажу енергії до мережі або споживання її для власних потреб. Така модель не лише стимулює розвиток ВДЕ, а й формує енергетичну демократію – коли громадяни є активними учасниками енергоринку, а не пасивними споживачами [13].

Данія – одна з перших країн Європи, де кооперативи стали рушійною силою розвитку вітрової енергетики. Ще у 1980-х роках понад 80 % вітрових турбін у країні належали саме енергетичним кооперативам. Законодавча база країни стимулювала громадянські інвестиції у вітрові станції, зокрема завдяки гарантії викупу енергії за «зеленим тарифом» [14].

Сьогодні в Данії діє понад 150 енергетичних кооперативів, які керують як невеликими локальними вітряками, так і великими

вітропарками. Відомим прикладом є кооператив Middelgrunden Wind Cooperative, який володіє 20 турбінами потужністю 40 МВт біля Копенгагена. Половина турбін належить муніципалітету, інша – понад 8000 громадян-учасників кооперативу [14].

Досвід Данії демонструє, що кооперативна модель не лише підтримує розвиток ВДЕ, а й забезпечує високий рівень соціального прийняття енергетичних проєктів – мешканці відчують причетність до процесу та підтримують інновації [14].

У Нідерландах кооперативи стали активними учасниками енергетичного ринку у 2010-х роках. Розвиток руху відбувся завдяки політиці уряду, спрямованій на енергетичний перехід до 2050 року. Сьогодні в країні діє понад 600 локальних енергетичних кооперативів, які об'єднують більш ніж 100 000 членів [14].

Більшість із них працюють у форматі сонячних кооперативів, встановлюючи фотоелектричні панелі на дахах громадських будівель, складів і житлових комплексів. Також активно розвиваються кооперативи, що управляють тепловими насосами, біомасовими котельнями та мікромережами [14].

Окрему роль відіграє платформа Hier orgewekt, яка об'єднує всі енергетичні громади країни, забезпечує обмін досвідом і підтримку з боку держави. Уряд стимулює громадян через податкові пільги та гранти на «спільні енергетичні проєкти» [15].

В Іспанії прикладом успішної кооперативної моделі є Som Energia, яка поєднує функції виробництва та постачання електроенергії з ВДЕ. Кооператив орієнтований не лише на економічну вигоду, а й на етичні та екологічні принципи, що підтверджує можливість поєднання ринкових механізмів і соціальної відповідальності [16]. А французька модель Enercoop демонструє альтернативний підхід, у якому кооперативи виступають повноцінними учасниками енергетичного ринку, постачаючи

електроенергію споживачам і реінвестуючи прибуток у розвиток нових проєктів ВДЕ [17].

Польща, як і Україна, лише протягом останнього десятиліття почала активно розвивати енергетичні кооперативи. Основним каталізатором стала адаптація європейського законодавства у сфері відновлюваної енергетики. У 2020 р. уряд Польщі прийняв нормативні акти, що врегульовують створення *spółdzielnia energetyczna* – енергетичних спілок [18].

Польські енергетичні кооперативи зазвичай діють у сільській місцевості, де забезпечують електроенергією кілька десятків господарств чи домогосподарств. Найчастіше використовуються сонячні електростанції потужністю 0,5–2 МВт та біогазові установки, які переробляють аграрні відходи [18].

Держава надає підтримку у вигляді дотацій та податкових пільг, а муніципалітети – у вигляді земельних ділянок чи технічного сприяння. Важливо, що в Польщі кооперативи отримують право на прямий продаж енергії своїм членам, що створює справжній локальний ринок [18].

Енергетичні кооперативи є фундаментальним елементом децентралізованої енергетики. Їхня діяльність дозволяє:

- підвищити енергетичну незалежність місцевих громад завдяки власній генерації;
- знизити втрати електроенергії через короткий шлях постачання від джерела до споживача;
- підвищити гнучкість енергосистеми, що особливо важливо при інтеграції ВДЕ;
- формувати соціальну довіру та відповідальність громадян за енергетичні ресурси;
- сприяти сталому розвитку через скорочення викидів і стимулювання місцевої економіки.

У країнах ЄС енергетичні кооперативи вже не сприймаються як альтернативна форма господарювання – вони стали повноцінними учасниками енергетичного ринку. Європейське законодавство визнає за ними право виробляти, зберігати, споживати та продавати енергію, брати участь у ринках допоміжних послуг і балансування.

У наукових роботах Ганчевої Л. підкреслюється, що енергетичні кооперативи створюють додаткову соціальну цінність, зокрема через підвищення рівня довіри між членами громади, формування навичок колективного управління та залучення громадян до процесів прийняття рішень [19].

Отже, енергетичні кооперативи є одним із найуспішніших прикладів поєднання соціальної взаємодії, економічної ефективності та екологічної стійкості. Досвід країн ЄС – насамперед Німеччини, Данії, Нідерландів і Польщі – свідчить, що розвиток енергетичних кооперативів значно сприяє децентралізації енергетичного сектору, залученню громадян до енергетичного переходу та підвищенню рівня енергетичної безпеки.

Ці приклади є надзвичайно цінними для України, яка прагне інтегруватися до європейського енергетичного простору. Впровадження кооперативних підходів у житлових комплексах, зокрема у форматі ОСББ, може стати ефективним інструментом підвищення енергетичної незалежності громадян і розвитку сталої енергетики на локальному рівні.

1.2 Стан і перспективи розвитку енергетичних кооперативів в Україні

В Україні поняття «енергетичний кооператив» перебуває на стадії формування, однак вже сьогодні можна спостерігати перші реальні приклади функціонування таких об'єднань. Одним із найбільш відомих є Споживче товариство «Сонячне місто» у місті Славутич, яке виробляє

електроенергію з відновлюваних джерел і реалізує її в мережу за «зеленим» тарифом [20].

Ще одним прикладом є Берездівський енергетичний кооператив, орієнтований на виробництво пелет із сільськогосподарських відходів та заміщення традиційного твердого палива у сільській місцевості [21]. Ці ініціативи демонструють потенціал кооперативних моделей у сфері енергетики, хоча їхня кількість поки що обмежена, а діяльність часто залежить від підтримки міжнародних донорів та громадського сектору.

Інша ініціатива – освітній проєкт Школа Енергетичної Кооперації, яка була запущена львівською бізнес-школою у співпраці з ГО Greencubator (підтримка USAID) і направлена на підготовку громад до створення енергетичних кооперативів [22]. Ці приклади демонструють, що в Україні є потенціал запуску кооперативних форм у сфері енергетики, хоча кількість таких ініціатив поки невелика, проте сам факт таких ініціатив, їхня видимість і підтримка з боку громадського сектору та донорів – позитивний сигнал для подальшого розвитку.

Незважаючи на наявність таких прикладів, розвиток енергетичних кооперативів в Україні стримується низкою перешкод. Однією з ключових проблем є нечітка нормативно-правова база. Діяльність кооперативів регулюється загальними положеннями Закону України «Про кооперацію», який не деталізує особливості діяльності саме енергетичних об'єднань [1].

Відсутність чіткого визначення прав та обов'язків членів, а також механізмів управління виробленою електроенергією створює невизначеність і ускладнює залучення інвесторів та громадян. Крім того, високі стартові інвестиції та обмежений доступ до фінансових інструментів є значним бар'єром, адже капітальні витрати на обладнання для генерації та накопичення енергії є доволі високими, а термін окупності довгий [23]. Складність вибору організаційно-правової форми кооперативу

та недостатній досвід громад у самоорганізації і плануванні бізнес-моделей також обмежують розвиток ініціатив.

Водночас, потенціал для розвитку енергетичних кооперативів в Україні є значним. Країна володіє високим ресурсним потенціалом відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної генерації та дахових PV-систем, що дозволяє забезпечити локальну енергетичну автономність навіть на рівні невеликих громад чи житлових комплексів. Зростаюча потреба у підвищенні енергетичної незалежності на рівні громад стає особливо актуальною в умовах воєнних ризиків, коли стабільність централізованих систем постачання не завжди гарантована [24]. Підтримка міжнародних донорів, розвиток освітніх платформ і акселераторів у сфері енергетичних кооперативів створюють сприятливе середовище для поширення цих ініціатив [25].

Особливу увагу слід приділити житловому сектору, де централізовані системи опалення та електропостачання залишаються домінуючими. Потенціал дахової сонячної генерації у житлових будинках України оцінюється дуже високо – деякі дослідження вказують на можливість інтеграції понад 200 ГВт потужності [23]. Проте фактичний рівень автономності житлового сектору залишається низьким: більшість будинків використовують централізоване опалення та купують електроенергію за тарифами, а власних генераційних установок або систем накопичення практично не має. Участь у кооперативі дозволяє підвищити рівень автономності та зменшити витрати, але її впровадження стикається з фінансовими, технологічними та правовими перешкодами.

Виділимо перешкоди, що стоять на заваді розвитку енергетичних кооперативів в Україні:

- нечітка чи фрагментарна нормативно-правова база. Наприклад, законодавство України недостатньо адаптоване до поняття «енергетичний

кооператив»): відзначено, що визначення в законодавстві недостатньо деталізовано [26];

- складність вибору організаційно-правової форми кооперативу. Є різні види кооперативів (виробничі, обслуговуючі, споживчі) з різними вимогами та цілями, що створює незрозуміння в учасників [27];

- високі стартові інвестиції та відсутність ширших фінансових інструментів. Згідно з дослідженнями, для кооперативів характерні великі капітальні витрати на обладнання, недостатня довіра між сусідами, відносно довгий період окупності [28];

- брак досвіду самоорганізації громад і низький рівень обізнаності серед споживачів. Багато громад не мають навичок створення кооперативів, планування бізнес-моделі чи підготовки проєкту [29];

- адміністративно-технічні перепони. Складність при підключенні до мережі, оформлення дозволів, перегляд тарифів, слабка законодавча підтримка [26].

Разом із перешкодами виокремимо можливості існування енергетичних кооперативів в Україні:

- Україна має високий потенціал ВДЕ, зокрема сонячної генерації та дахових систем – що створює ресурсну базу для кооперативів [30];

- підвищення енергетичної незалежності на рівні громад набуває особливого значення, враховуючи воєнні ризики і потребу в стійкості енергосистеми. В повідомленні Держенергоефективності зазначено: «Енергетичні кооперативи – це можливість для громад власноруч забезпечувати свої потреби в енергоресурсах» [31];

- підтримка з боку міжнародних донорів, розвиток освітніх платформ і акселераторів у сфері енергетичних кооперативів (наприклад, тренінги, школа кооперації) створює умови для росту [32];

- можливість застосування кооперативної моделі в житловому секторі (ОСББ) та малих громадах;

- законодавчі ініціативи та рух до впровадження енергетичних спільнот у контексті євроінтеграції створюють перспективну нормативну рамку [26].

Житловий сектор України зазнає значного впливу централізованих систем постачання, зокрема з теплоенергетики та електропостачання. Тож досліджуючи житловий комплекс у форматі ОСББ – важливо оцінити, наскільки житлові будинки можуть мати власну генерацію чи участь у кооперативі для підвищення незалежності та врахувати наступне:

- за дослідженнями, потенціал дахової сонячної генерації в Україні оцінюється дуже високо: наприклад, одне з досліджень вказує на потенціал понад 200 ГВт встановленої потужності для дахової PV-інтеграції [30];

- проте, з точки зору житлового сектору, рівень автономності (тобто частка споживання, покритого власною генерацією чи кооперативом) наразі є дуже низьким. Більшість житлових будинків використовують централізоване опалення, електроенергію купують за тарифами, і не мають власних генераційних установок чи систем накопичення;

- відсутність значної кількості житлових кооперативів чи ОСББ, які реалізували будинкову генерацію чи кооперативну модель, означає, що ступінь енергетичної незалежності в таких будинках залишається обмеженим;

- якщо житловий комплекс створить чи приєднається до кооперативу, який встановлює сонячні модулі, накопичувачі або здійснює енергоефективні заходи – це може підвищити рівень автономності до значно вищих значень залежно від масштабу та можливостей;

- важливо, що житлові будинки у форматі ОСББ часто мають обмежені ресурси для інвестування, технологічні, монтажні та правові перепони – що обмежує швидке зростання рівня автономності.

У підсумку, можна констатувати, що хоча потенціал для підвищення енергетичної незалежності житлового сектору України через кооперативні моделі є значним, реальний рівень поки що залишається низьким. Це підтверджує наявність простору для впровадження та розвитку моделей, таких як енергетичний кооператив у житловому комплексі ОСББ.

1.3 Нормативно-правові засади функціонування енергетичних кооперативів

Україна перебуває на шляху трансформації своєї енергетичної системи та інтеграції до європейських енергетичних ринків. У цьому контексті правове забезпечення діяльності енергетичних кооперативів та енергетичних громад набуває особливої актуальності.

По-перше, важливим нормативним актом є Закон України «Про ринок електричної енергії», який регулює відносини на ринку електроенергії: умови доступу до мереж, права та обов'язки виробників і споживачів [33].

По-друге, для галузі ВДЕ важливим є Закон України «Про альтернативні джерела енергії», який створює умови для електрогенерації з ВДЕ, включно з «зеленим тарифом» та механізмами стимулювання [34].

В Україні підтримка кооперативів у рамках ВДЕ можлива і відомо, що енергетичний кооператив може мати сумарну встановлену потужність до 150 кВт та бути створеним за участю не менше ніж 10 осіб або муніципального підприємства [35].

Також важливі зміни внесено в Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо відновлення та «зеленої»

трансформації енергетичної системи» № 3220-IX від 30 червня 2023 р., який передбачає комплексне переосмислення функціонування ринку, стимулювання виробництва електроенергії з ВДЕ, введення механізмів ринкової премії та гнучкої системи підтримки [36].

Крім того, діяльність житлових об'єднань, ОСББ та інших форм споживачів енергії регулюється через програми підтримки – наприклад, Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України повідомляє про співпрацю з фондом декарбонізації та механізмами фінансування енергоефективних проєктів у будинках [37].

Водночас, слід зазначити, що попри наявність нормативно-правової бази, для функціонування саме «енергетичних кооперативів» чи «енергетичних громад» в Україні ще не сформовано повністю спеціалізованого правового режиму. Наприклад, у оглядах зазначається, що хоча законодавство допускає кооперативи (зокрема через норму про ВДЕ), питання організаційно–правової форми, прав спільного виробництва та споживання, а також взаємодії з системою розподілу залишаються недостатньо врегульованими [38].

Отже, українська правова база створює основи для розвитку кооперативів у сфері ВДЕ і житлово-енергетичного сектору, проте потребує подальшого вдосконалення та адаптації до моделей, які вже застосовуються в Європі.

У Європейському Союзі створено нормативну платформу для розвитку енергетичних громад та співтовариств, до яких належать «спільноти відновлюваної енергії» (RECs) і «громадські енергетичні спільноти» (CECs).

Директива RED II (2018/2001/EU) встановлює поняття «renewable energy community» (REC) та містить обов'язкові умови для держав-членів щодо створення сприятливого правового середовища. Зокрема, згідно з пунктом 22.2 RED II: держави-члени мають забезпечити, щоб REC мали

право виробляти, споживати, зберігати і продавати відновлювану енергію; умови участі мають бути недискримінаційними [39].

Директива ІЕМД 2019/944 ЄС вводить поняття «citizens energy community» (СЕС), яка охоплює ширший спектр діяльності: не лише виробництво ВДЕ, але й постачання, накопичення, послуги з енергоефективності, зарядні станції для електромобілів [40].

Ці директиви визначають, що основна мета таких спільнот – не максимізація прибутку, а соціальні, екологічні та економічні вигоди для учасників чи місцевих громад [41].

Крім того, державам-членам доручено створювати «enabling framework» – сприятливий правовий, адміністративний та фінансовий режим для розвитку енергетичних громад: прозорі процедури, доступ до мереж, співпраця з операторами розподілу, підтримка для вразливих споживачів [39].

Це створює правову основу, за якою спільноти можуть виступати не просто споживачами, а активними учасниками енергетичного ринку – виробляти, обмінювати, накопичувати енергію, здійснювати послуги. Цей розвиток визнає, що майбутня енергетика буде децентралізованою, цифровою і громадською.

Порівняємо українські та європейські правові умови щодо енергетичних кооперативів у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика українських та європейських правових умов щодо енергетичних кооперативів

<i>Критерії</i>	<i>Європейський підхід</i>	<i>Український підхід</i>
Юридична інтеграція спільнот	Чітко визначено поняття REC та CEC, з обов'язковим створенням сприятливого режиму для участі громадян	Діяльність кооперативів допускається, але спеціалізований режим «енергетичних кооперативів/спільнот» не повністю визначений.
Діяльність: виробництво, споживання, накопичення, продаж	В REC/CEC дозволено: виробляти, споживати, зберігати і продавати енергію; надавати послуги; доступ до мереж, прозорі умови	В Україні: є механізми ВДЕ для кооперативів до 150 кВт
Орієнтація на прибуток	Основна ціль соціальна/екологічна/економічна користь для членів, не максимізація фінансової вигоди	В Україні відсутня чітка вимога щодо соціальної орієнтації кооперативів; більше уваги – комерційній генерації
Спрощені процедури/доступ до мереж	Директиви вимагають: недискримінаційні умови, доступ до ринку, фінансові інструменти	В Україні: процедура підключення, дозвільні питання, фінансування для кооперативів залишаються бар'єром
Фінансування/інструменти підтримки	Є різноманітні інструменти – гранти, пільги, правові стимули; національні держави створюють рамки.	Україна надає кредити для ОСББ/кооперативів, наприклад, програма «доступні кредити» для альтернативних джерел

З цього порівняння видно: правова база в Європі є більш спеціалізованою та розвинутою у контексті енергетичних громад, тоді як в Україні – на стадії адаптації. Українські ініціативи створюють базу, але потребують подальшого розвитку в частині юридичного визначення, процедурності, доступу до фінансування та інтеграції з ринками.

Таким чином, для успішного впровадження моделей енергетичних кооперативів у житлових комплексах України (наприклад, у форматі ОСББ) важливо враховувати європейський досвід правового регулювання та адаптувати його під українські реалії – з урахуванням масштабів,

специфіки житлового сектору, технічних можливостей та чинних нормативів.

1.4 Економічні та соціальні передумови створення енергетичних кооперативів

Енергетичні кооперативи не лише функціонують як юридичні суб'єкти, а й є економічно та соціально зумовленими явищами, що виникають у контексті глибоких трансформацій енергетичних систем. В економічному вимірі енергетичні кооперативи представляють собою механізм колективного інвестування в локальні джерела енергії, що дозволяє членам об'єднувати ресурси для реалізації проєктів із відновлюваних джерел енергії, оптимізувати витрати на енергію та створювати нові економічні вигоди на місцевому рівні. Це особливо важливо в умовах, коли централізовані енергетичні інфраструктури стикаються з високими операційними витратами, нерівномірним доступом до ресурсів і високою залежністю від зовнішніх постачальників, що підсилюється ризиками, зокрема військовими загрозами та коливаннями цін на традиційні енергоносії. У цьому контексті енергетичні кооперативи сприяють підвищенню енергетичної безпеки та стабільності на рівні громад, що має важливе значення для сталого розвитку територій [42, 43].

Економічна доцільність кооперативної моделі полягає у здатності зменшувати індивідуальні витрати членів на придбання обладнання для генерації та зберігання енергії шляхом колективних закупівель і спільних інвестицій. Такий підхід знижує фінансовий бар'єр для доступу до дорогих технологій ВДЕ, оскільки вклад кожного учасника стає меншою частиною значних капітальних витрат, і водночас створює економію на масштабі. Порівняно з індивідуальною установкою таких систем, кооперативні проєкти можуть мати нижчі питомі витрати на одиницю встановленої

потужності, що робить їх більш привабливими для домогосподарств та малого бізнесу [44].

Разом із тим економічні вигоди не обмежуються лише зниженням витрат. У довгостроковій перспективі енергетичні кооперативи можуть бути джерелом доходів для своїх учасників. Наприклад, у випадку виробництва електроенергії з відновлюваних джерел учасники кооперативів можуть продавати надлишок електроенергії в мережу за «зеленим» тарифом або через механізми розподілу енергії на місцевому рівні, що дозволяє отримувати прибуток і водночас сприяти стабілізації локального ринку енергоресурсів. Це особливо актуально в умовах зростання попиту на чисту енергію та розширення ринкових можливостей для незалежних виробників [45].

Соціальна складова є ще одним важливим чинником передумов створення енергетичних кооперативів. Кооперативи сприяють посиленню громадської участі в енергетичних процесах, зменшенню енергодоступу та енергетичної бідності, особливо серед вразливих категорій населення. Вони заохочують спільну власність на енергетичні ресурси та технології, стимулюють колективну відповідальність за експлуатацію та обслуговування обладнання, а також сприяють формуванню енергетичної культури серед громадян. Це створює передумови для більшої соціальної згуртованості та активної участі місцевих громад у прийнятті рішень щодо енергетичного майбутнього своїх територій [46].

Важливим елементом соціальної та економічної передумови є також формування довіри до кооперативної моделі як до способу спільного вирішення енергетичних проблем. Недовіра до нових форм взаємодії та недостатня обізнаність про переваги кооперативів можуть стримувати ініціативи на ранніх етапах їх становлення, тому успішні приклади та позитивні кейси стають ключовими для поширення моделі серед громад. У відповідь на це зростає роль не лише державних програм, але й неурядових

та міжнародних ініціатив, які пропонують грантові механізми, навчання та консультаційну підтримку для місцевих ініціатив у сфері енергетики. Так, на міжнародному рівні існують грантові програми, які фінансово підтримують розробку бізнес-планів для енергетичних ініціатив, включно з кооперативами, що може суттєво полегшити початкові етапи розвитку таких проєктів [47].

Незважаючи на потенційні вигоди, економічна привабливість енергетичних кооперативів значною мірою залежить від загальної економічної ситуації та умов ринкового середовища. Наприклад, стабільні правила тарифоутворення, доступ до довгострокового фінансування, податкові стимули або державні гарантії можуть зробити кооперативні проєкти більш привабливими для інвесторів і членів громад. В умовах, коли державна підтримка є обмеженою чи непередбачуваною, важливою передумовою стає також здатність кооперативу самостійно розробляти привабливі бізнес-моделі, які здатні адаптуватися до ринкових змін [44].

Енергетичні кооперативи також відіграють роль каталізатора економічної активності на місцевому рівні. Інвестиції в проєкти ВДЕ сприяють створенню робочих місць, особливо на етапі встановлення та обслуговування обладнання, а також стимулюють розвиток суміжних секторів, таких як енергоефективний сервіс та технології розподілу енергії. Це має позитивний ефект на локальній економіці, особливо в сільській місцевості та малих громадах, де економічні можливості можуть бути обмежені [44].

Таким чином, економічні та соціальні передумови створення енергетичних кооперативів тісно переплітаються і формують комплексний контекст, у якому такі ініціативи можуть не лише виникати, але й розвиватися як сталий елемент локальних енергетичних систем. Вони поєднують економічну доцільність, соціальну згуртованість і ширші перспективи енергетичної безпеки, що робить їх важливою складовою

трансформації сучасних енергетичних систем у бік децентралізації та сталого розвитку [42].

1.5 Потенціал впровадження енергетичних кооперативів у житловому секторі та локальних громадах

Сучасні тенденції децентралізації енергетичних систем і активний розвиток відновлюваних джерел енергії відкривають нові можливості для впровадження енергетичних кооперативів безпосередньо у житловому секторі та локальних громадах. У містах і селищах кооперативи виступають як механізм мобілізації локальних ресурсів задля задоволення власних енергетичних потреб, одночасно підсилюючи автономність і стабільність енергопостачання. Енергетичні спільноти, до яких належать і кооперативи, здатні об'єднувати мешканців багатоквартирних будинків, ОСББ, об'єднані територіальні громади та інші локальні суб'єкти для спільної генерації, споживання та управління енергією, що сприяє ефективнішому розподілу і використанню ресурсів прямо там, де вони потрібні найбільше. Такі моделі в Європі вже показують, що співпраця локальних споживачів і виробників енергії може сприяти зниженню витрат на електроенергію та підвищенню прийняття ВДЕ технологій серед населення [48].

Потенціал житлового сектору особливо очевидний у контексті дахових сонячних фотомодулів, малих вітрових установок чи локальних систем теплопостачання, встановлених на будівлях і у дворах житлових комплексів. Недавні оцінки потенціалу дахових PV-систем в Україні свідчать про колосальні ресурси: сумарна потужність може перевищувати сотні гігаватів, що дає змогу значною мірою забезпечувати електричну енергію на місцях і знижувати залежність від централізованої генерації. Такий технічний потенціал, у поєднанні з технічними можливостями

локальних громад, створює основу для масового впровадження кооперативних моделей енергогенерації [30].

У житловому секторі кооперативи можуть функціонувати як платформи колективного самоспоживання: мешканці спільно фінансують і володіють джерелами енергії, які генерують електроенергію для будинку або мікрорайону, та ділять надлишки між учасниками. Такий підхід дозволяє зменшити витрати домогосподарств на електроенергію, оскільки частина виробленої енергії використовується напряму, а не купується на ринку за вищою ціною. Найбільш успішні приклади в Європі показують, що члени енергетичних клубів або кооперативів можуть досягати значної економії за рахунок узгодження виробництва і споживання енергії на локальному рівні [49].

Ключовим фактором, що визначає здатність кооперативів реалізувати свій потенціал у житловому секторі, є соціальна згуртованість і готовність мешканців співпрацювати. У громадах, де існує висока ступінь довіри між сусідами, кооперативні моделі мають більші шанси на успіх, оскільки рішення щодо інвестицій, експлуатації обладнання та розподілу вигод приймаються колективно. Ця соціальна складова є не менш важливою, ніж технічні або економічні аспекти, оскільки вона формує мотивацію до співучасті у спільних проєктах і забезпечує довгострокову стабільність діяльності кооперативу. Для успішної реалізації таких ідей інколи потрібні освітні ініціативи, тренінги та менторська підтримка, які проводяться як на місцевому рівні, так і за участю неурядових організацій та міжнародних проєктів, що розвивають екосистему кооперації [50].

Впровадження кооперативних моделей у житлових комплексах має також значний економічний ефект для громад у цілому. Поряд із зниженням витрат на енергію, спільні проєкти сприяють створенню нових робочих місць у сфері монтажу, обслуговування і управління енергетичними системами, а також стимулюють розвиток місцевих

підприємств, що обслуговують ці технології. Локальна генерація енергії може стати джерелом стабільного доходу для громади, якщо надлишок виробленої електроенергії реалізується у мережу або через інші механізми локального ринку. Такий економічний мультиплікатор створює стимул для громад до активнішої участі в енергетичному переході, а також відкриває можливості для диверсифікації локальних економік [48].

Особлива увага у цьому контексті приділяється локальним громадам, де кооперативи можуть не лише забезпечувати енергію, а й слугувати важливим інструментом посилення енергонезалежності та сталої самодостатності. Енергетична самостійність громад зменшує їхню вразливість до зовнішніх шоків, наприклад, коливань цін на енергоносії або перебоїв у постачанні, що є особливо актуальним для України в умовах тривалої війни та відновлення після криз. Саме тому органи місцевого самоврядування і громадські ініціативи зацікавлені у створенні моделей енергетичних спільнот, що дозволяють значною мірою локалізувати енергетичні процеси та підвищити рівень адаптації до зовнішніх викликів [51].

Разом із цим реалізація потенціалу кооперативів у житловому секторі та громадах не позбавлена викликів, серед яких технічна складність проєктів, питання інтеграції з національною енергетичною мережею та необхідність стимулювання інвестицій у довгострокові проєкти. Для подолання цих бар'єрів потрібна не лише базова технічна підтримка, але й сприятливі нормативно-правові умови, доступ до фінансових інструментів і міжсекторальне партнерство між громадами, бізнесом і владою. Саме інтегроване врядування і спільне планування можуть розблокувати масштабний потенціал енергетичних кооперативів, забезпечивши їхню ефективну інтеграцію до житлового сектору та локальних економік [52].

Таким чином, потенціал впровадження енергетичних кооперативів у житловому секторі та локальних громадах України є значним, оскільки він

поєднує економічну вигідність, локальну енергонезалежність, соціальну активність та екологічну стійкість. Реалізація цього потенціалу вимагатиме комплексних дій з боку громад, держави та міжнародних партнерів, але водночас відкриває шлях до більш стійкої, демократичної та ефективної моделі енергетичного майбутнього [48, 50].

Висновки до розділу 1

Аналіз сучасного стану розвитку енергетичних кооперативів у світі та Європі демонструє їхню високу ефективність як інструменту децентралізації енергетичних систем, підвищення енергонезалежності громад та стимулювання розвитку відновлюваних джерел енергії. Світовий досвід, зокрема приклади Німеччини, Данії, Нідерландів, Іспанії та Польщі, показує, що кооперативні моделі дозволяють громадянам активно брати участь у виробництві, споживанні та управлінні енергією, створюючи соціальну цінність, економічну вигоду та екологічну стійкість. Основні характеристики успішних енергетичних кооперативів включають демократичне управління, локальність, акцент на відновлювані джерела енергії, прозорість та справедливий розподіл вигод серед учасників.

В Україні розвиток енергетичних кооперативів перебуває на ранньому етапі. Попри наявність перших успішних ініціатив, таких як «Сонячне місто» у Славутичі чи Берездівський енергетичний кооператив, їх кількість обмежена. Основними перешкодами розвитку є нечітка нормативно-правова база, високі стартові інвестиції, недостатній досвід громад у самоорганізації та складності адміністративного і технічного характеру. Водночас Україна має значний потенціал розвитку енергетичних кооперативів завдяки високому ресурсному потенціалу ВДЕ, потребі у підвищенні енергетичної незалежності громад, підтримці міжнародних донорів та розвитку освітніх платформ і акселераторів.

Нормативно-правові засади функціонування енергетичних кооперативів в Україні поступово формуються, проте залишаються недостатньо деталізованими у порівнянні з європейськими стандартами. Українська правова база створює можливості для розвитку кооперативів у сфері ВДЕ та житловому секторі, проте потребує подальшої адаптації та вдосконалення процедур доступу до мереж, фінансування та інтеграції з енергетичними ринками.

Економічні та соціальні передумови створення енергетичних кооперативів підтверджують їхню доцільність як механізму колективного інвестування у локальні джерела енергії, що знижує витрати учасників, забезпечує додатковий дохід та стимулює розвиток місцевих економік. Кооперативи формують соціальну згуртованість, підвищують рівень енергоосвіченості громадян та сприяють розвитку довіри і колективної відповідальності.

Особливий потенціал енергетичних кооперативів в Україні спостерігається у житловому секторі та локальних громадах. Впровадження кооперативних моделей у форматі ОСББ або на рівні місцевих громад дозволяє забезпечити автономність, знизити витрати на енергію, створювати додаткові робочі місця, а також сприяти сталому розвитку та енергетичній безпеці, тож успішна реалізація таких моделей потребує комплексного підходу.

Таким чином, енергетичні кооперативи є ефективним інструментом децентралізації енергетики та стимулювання розвитку відновлюваних джерел енергії, а їхній розвиток в Україні має значний потенціал завдяки ресурсним, економічним і соціальним умовам. Впровадження кооперативних моделей у житловому секторі та локальних громадах сприятиме підвищенню енергонезалежності, економічній ефективності та соціальній згуртованості, що є важливою складовою сталого розвитку енергетичної системи України.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КООПЕРАТИВУ

2.1 Короткий опис об'єкту дослідження та аналіз динаміки ПЕР

Об'єктом даного дослідження є житловий комплекс, до складу якого входять п'ять багатоповерхових житлових будинків, розташованих у місті Бровари за адресами: вул. Симона Петлюри 36, 36А, 36Б. На рисунку 2.1 наведено його загальний вигляд у графічному зображенні.



Рисунок 2.1 – Житловий комплекс, вул. Симона Петлюри 36, 36А, 36Б

Житловий комплекс, розташований на вулиці Симона Петлюри у місті Бровари, складається з п'яти будинків, зведених у 2013–2015 роках компанією-забудовником «Атлант». Комплекс належить до категорії житла економ-класу та орієнтований на проживання родин. Архітектурні рішення та планування будівель виконані відповідно до типових підходів до проєктування житла цього сегмента.

На сьогодні житловий фонд комплексу становить 600 квартир, у яких проживає більш ніж 1500 мешканців, має стандартну для житла економ-класу інфраструктуру, орієнтовану на комфортне проживання сімей. Планування квартир та допоміжних приміщень виконане з урахуванням базових побутових потреб мешканців. Усі квартири оснащені індивідуальними санвузлами та кухнями, що забезпечує повну автономність у веденні щоденного побуту.

У будинках передбачені необхідні технічні приміщення та допоміжні зони, які забезпечують функціонування інженерних систем, зокрема електропостачання, водопостачання та водовідведення. Внутрішня інфраструктура комплексу сформована відповідно до вимог житлової забудови цього класу та має на меті забезпечити базові потреби мешканців без елементів комерційної чи розширеної інфраструктури.

Прибудинкова територія виконує функції загального користування, включаючи зони для відпочинку дітей та пересування мешканців, а також наземний не критий паркінг. Забезпечується доступ до дитячих майданчиків та мінімальної кількості елементів благоустрою, характерних для економ-сегмента житла.

Тобто, житловий комплекс на вул. Симона Петлюри є типовим прикладом сучасної житлової забудови економ-класу, орієнтованої на проживання родин та облаштованої відповідно до базових вимог комфортності, без розширених сервісних можливостей чи спеціалізованих зон. Структура комплексу та чисельність мешканців створюють передумови для застосування спільних енергетичних рішень, що робить його придатним для моделювання роботи енергетичного кооперативу.

З огляду на використання енергетичних ресурсів та поточні відключення електроенергії – мешканці будинку мають великий запит з приводу організації незалежного енергоживлення ліфтів та

функціонування системи опалення, оскільки будинок багатопверховий та сімейний, тож ці аспекти є надзвичайно важливими для мешканців.

Натомість цього року було проведено утеплення будинку та модифікацію ІТП, тож системи опалення, гарячого водопостачання та холодного водопостачання працюють на відмінному рівні, що підтверджують мешканці. Проте залежність від енергоживлення у базових для громади речах дуже негативно відображається на житті родин у цьому ЖК, тож основний напрямок дослідження у роботі енергетичного кооперативу з технічної точки зору буде спрямовано на підвищення енергетичної незалежності для місць та пристроїв загального користування.

Аналіз динаміки споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та змін тарифів за останні три роки дозволяє оцінити тенденції енергоспоживання будинку, визначити ключові чинники зростання витрат та сформувані обґрунтовані підходи до підвищення енергоефективності. Дослідження цих показників є необхідним для розроблення ефективної стратегії управління енергетичними ресурсами та планування впровадження відновлюваних джерел енергії. Зобразимо помісячне споживання електричної енергії на рис. 2.2 та зведемо дані у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Споживання електричної енергії у 2022-2024 роках по місяцях

Місяць		Споживання електричної енергії, кВт·год		
		2022	2023	2024
1	Січень	314 652	268 482	339 729
2	Лютий	269 702	230 127	273 607
3	Березень	240 300	231 215	245 215
4	Квітень	197 894	190 413	190 413
5	Травень	183 413	178 374	185 046
6	Червень	182 759	176 812	176 812
7	Липень	170 848	163 211	167 302
8	Серпень	169 624	174 920	163 211
9	Вересень	212 030	204 014	204 045
10	Жовтень	254 436	244 816	244 745
11	Листопад	359 602	306 836	306 836
12	Грудень	344 619	294 052	310 634
Σ		2 899 879	2 663 272	2 807 595

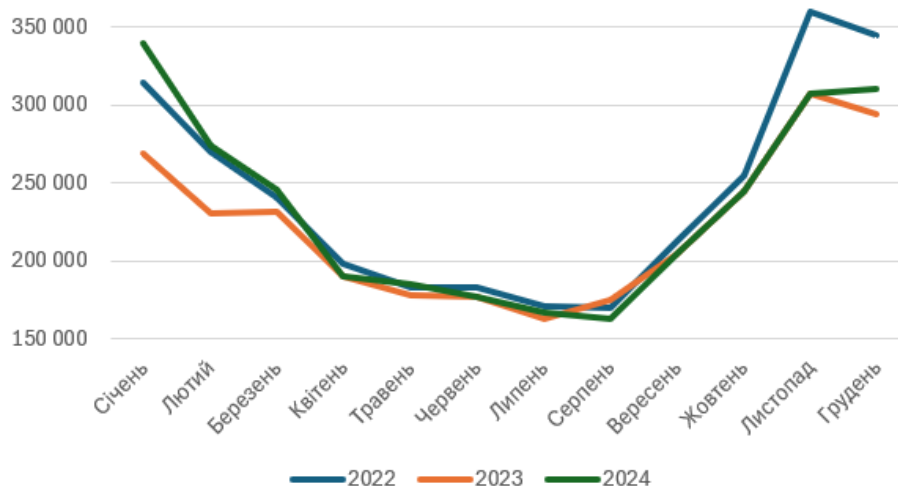


Рисунок 2.2 – Споживання електричної енергії у 2022-2024 роках

Основне призначення води в житловому комплексі полягає в забезпеченні санітарно-гігієнічних потреб мешканців, виконанні технічних функцій та використанні для приготування їжі. У літній період

– з червня до вересня – обсяги споживання холодної води зазвичай дещо знижуються, оскільки частина мешканців перебуває за межами дому (на дачах чи в літніх таборах). Відповідні показники споживання подані в таблиці 2.2, а графік зобразимо на рис. 2.3.

Таблиця 2.2 – Водоспоживання у 2022-2024 роках по місяцях

Місяць		Водоспоживання, м ³		
		2022	2023	2024
1	Січень	8 958	9 112	9 287
2	Лютий	8 323	8 731	8 876
3	Березень	8 945	8 899	9 061
4	Квітень	8 340	8 327	8 728
5	Травень	8 120	8 309	8 452
6	Червень	7 605	7 683	7 829
7	Липень	7 302	7 965	7 618
8	Серпень	7 489	7 544	7 703
9	Вересень	7 861	8 241	8 148
10	Жовтень	8 210	8 374	8 523
11	Листопад	8 795	8 742	9 195
12	Грудень	9 450	9 067	9 238
Σ		99 398	100 994	102 658



Рисунок 2.3 – Водоспоживання у 2022-2024 роках

Зобразимо графік помісячного споживання теплової енергії на опалення на рис. 2.4 та зведемо дані у табл. 2.3.

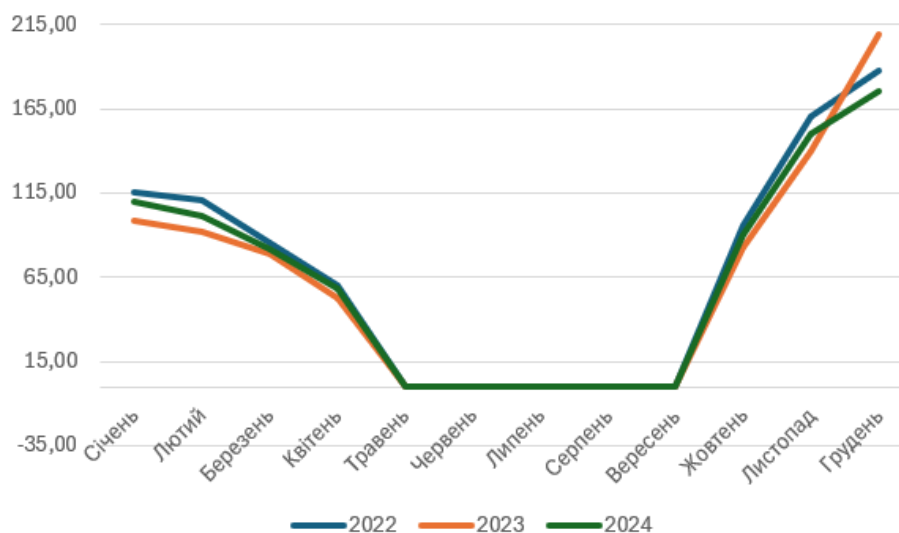


Рисунок 2.4 – Помісячний графік споживання теплової енергії на опалення у 2022-2024 роках

Таблиця 2.3 – Споживання теплової енергії на опалення у 2022-2024 роках по місяцях

Місяць		Споживання теплової енергії на опалення, Гкал		
		2022	2023	2024
1	2	3	4	5
1	Січень	115,50	98,40	110,20
2	Лютий	110,30	92,10	101,50
3	Березень	85,70	78,50	82,00
4	Квітень	60,20	52,30	58,60
5	Травень	0,00	0,00	0,00
6	Червень	0,00	0,00	0,00
7	Липень	0,00	0,00	0,00
8	Серпень	0,00	0,00	0,00
9	Вересень	0,00	0,00	0,00
10	Жовтень	95,60	82,40	90,00
11	Листопад	160,10	140,20	150,50
12	Грудень	187,70	209,30	175,60
Σ		815,10	753,20	768,40

Так само відобразимо помісячне споживання теплової енергії на ГВП на рис. 2.5 та зведемо дані у табл. 2.4.

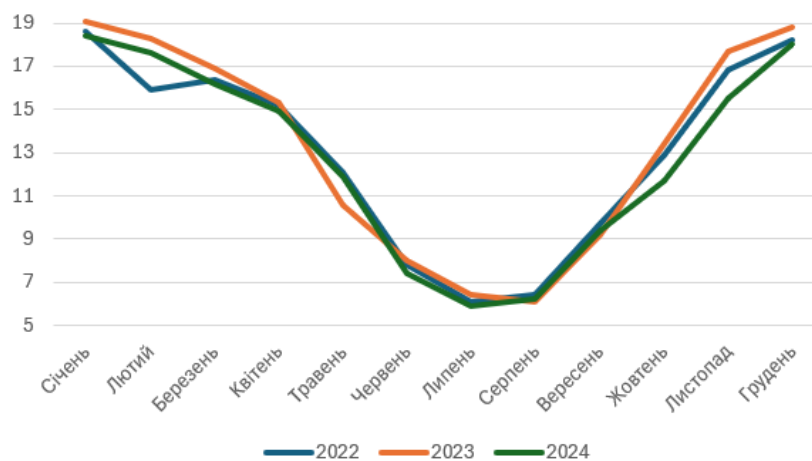


Рисунок 2.5 – Помісячний графік споживання теплової енергії на ГВП у 2022-2024 роках

Таблиця 2.4 – Споживання теплової енергії на ГВП у 2022-2024 роках по місяцях

Місяць		Споживання теплової енергії на ГВП, Гкал		
		2022	2023	2024
1	2	3	4	5
1	Січень	18,6	19,1	18,4
2	Лютий	15,9	18,3	17,6
3	Березень	16,4	16,9	16,2
4	Квітень	15,2	15,3	14,9
5	Травень	12,1	10,6	11,9
6	Червень	7,8	8	7,4
7	Липень	6,1	6,4	5,9
8	Серпень	6,4	6,1	6,2
9	Вересень	9,7	9,2	9,4
10	Жовтень	12,9	13,4	11,7
11	Листопад	16,8	17,7	15,5
12	Грудень	18,2	18,8	18
Σ		156,10	159,80	153,10

Аналіз динаміки споживання чотирьох основних видів енергоресурсів – електричної енергії, холодної води, гарячої води та теплової енергії для опалення – за трирічний період свідчить про загалом стабільну та нормативну роботу інженерних систем будівлі.

1. Споживання теплової енергії на опалення

Графік показує виражену сезонність: максимуми в зимові місяці та мінімальні значення в міжсезоння. Показники щороку залишаються в межах норми, без різких стрибків, що свідчить про:

- коректну роботу індивідуального теплового пункту;
- відсутність значних тепловтрат;
- стабільність температурного режиму в житлових приміщеннях.

2. Споживання теплової енергії на ГВП

Динаміка також є передбачуваною: взимку витрати зростають, а влітку значно знижуються через використання бойлерів мешканцями та сезонну відсутність частини населення.

Графік підтверджує, що показники лишаються у допустимих межах, а річні відхилення не перевищують природного коливання 5-10 %, що вважається нормою для житлового фонду.

3. Споживання холодної води

Спостерігається помітне сезонне зменшення влітку та стабільність у зимовий період. Така тенденція відповідає типовим умовам житлових будинків.

Будь-які річні відхилення не суттєві, що вказує на:

- відсутність великих витоків у системі;
- стабільну поведінку споживачів;
- коректну роботу вузла обліку.

4. Споживання електричної енергії

На відміну від інших ресурсів, електроспоживання показує тенденцію до зростання і у 2025 році. Це може бути зумовлено:

- збільшенням кількості побутових електроприладів;
- переходом мешканців на часткове електрообігрівання в міжсезоння;
- використанням електричних бойлерів;
- заміною техніки на менш енергоефективну або її інтенсивнішим застосуванням.

Графік демонструє, що показники все ще залишаються в межах допустимих величин, але мають чітку потребу в оптимізації.

Усі види споживання – тепла енергія на опалення, ГВП та холодна вода – знаходяться в межах норми та мають природні сезонні коливання, що підтверджує ефективну роботу інженерних систем будівлі. Єдиним ресурсом, який потребує додаткової уваги, є електроенергія, оскільки її споживання має тенденцію до системного зростання. Це свідчить про потенціал для пошуку рішення, модернізації обладнання та впровадження комплексу енергоефективних заходів.

2.2 Загальні принципи формування енергетичних кооперативів у житлових комплексах типу ОСББ

Формування енергетичних кооперативів у житлових комплексах типу ОСББ обумовлене низкою соціально-економічних чинників, які визначають необхідність переходу від індивідуального споживання енергоресурсів до колективних моделей управління та виробництва енергії. У ході аналізу сучасних тенденцій житлового сектору України та ЄС встановлено, що ключовими рушійними факторами є: зростання вартості енергоресурсів, зниження енергетичної стабільності, підвищена

залежність від централізованих мереж, а також необхідність модернізації інфраструктури існуючих житлових будинків.

Для житлових комплексів економ-класу, до яких належить і комплекс на вул. Симона Петлюри, проблема ефективного використання енергії є особливо актуальною. Висока щільність проживання, значні спільні навантаження на інженерні мережі, обмеженість території та відсутність розширеної інфраструктури роблять впровадження енергетичних кооперативів потенційно ефективним інструментом оптимізації витрат та підвищення безпеки постачання енергії.

ОСББ має унікальний статус колективного управління майном, що вже передбачає механізми спільного прийняття рішень, акумулювання коштів і реалізації інвестиційних програм. Це робить ОСББ природним інституційним підґрунтям для створення енергетичного кооперативу як окремої, але пов'язаної юридичної особи.

Ключовими соціально-економічними передумовами створення енергетичного кооперативу є:

- недостатня енергоефективність житлових будівель, що зумовлює високі витрати на електропостачання та теплопостачання;
- нестабільність енергопостачання, що стала ще більш відчутною в умовах воєнних дій та обмежень в енергосистемі;
- готовність мешканців до спільних інвестицій, спричинена бажанням зменшити витрати та підвищити автономність;
- наявність успішних європейських прикладів, які підтверджують ефективність колективних енергетичних рішень у багатоквартирних будинках;
- поступова трансформація українського енергоринку, що створює можливості для локальної генерації та власного споживання.

Таким чином, соціально-економічні фактори формують стійкий запит на моделі колективної енергетичної безпеки, серед яких енергетичний кооператив є однією з найбільш адаптивних та керованих.

Ефективність енергетичного кооперативу значною мірою залежить від управлінської моделі та процедур прийняття рішень. Аналіз європейських та українських підходів до енергетичних громад показав, що найбільш дієвими є моделі, засновані на поєднанні демократичного управління та економічної відповідальності учасників.

Ключові принципи, які можуть бути адаптовані для житлових комплексу типу ОСББ:

- принцип «один учасник – один голос». Він забезпечує рівноправність членів кооперативу незалежно від площі квартири чи обсягу споживаної енергії. Така система сприяє довірі та стабільності в прийнятті рішень [53];

- прозора система фінансування і звітності. Всі витрати, доходи та інвестиційні рішення мають бути відкритими для мешканців. Це відповідає природі ОСББ та підвищує легітимність кооперативу [9];

- колективна відповідальність за інфраструктуру. Усі учасники несуть частку відповідальності за технічний стан обладнання, забезпечуючи сталість його функціонування [54];

- гнучка модель участі. Членство у кооперативі може бути добровільним, а внески – диференційованими залежно від рівня споживання чи бажання долучатися до спільних проєктів [9];

- принцип довгострокового планування. Енергетичний кооператив не може бути проєктом на 1–2 роки, він повинен формувати енергетичну стратегію житлового комплексу на десятиліття вперед, враховуючи поступове оновлення інфраструктури [55];

- інтеграція з ОСББ як базовою керуючою структурою. Кооператив не замінює ОСББ, а доповнює його функціями, створюючи додаткові механізми енергетичного управління.

Ця розроблена система принципів дозволяє сформувати управлінську модель, яка не лише відповідає українським правовим нормам, а й узгоджується з успішними практиками локальних енергетичних громад у ЄС.

Організаційна структура енергетичного кооперативу повинна забезпечувати збалансований розподіл управлінських функцій, технічної відповідальності та фінансового контролю. На основі аналізу кооперативів у Німеччині, Данії, Польщі та локальних українських прикладів сформовано орієнтовну структуру, адаптовану для обраного ОСББ.

Доцільно виділити такі ключові органи управління:

- загальні збори кооперативу – найвищий керівний орган, який затверджує стратегію розвитку, бюджет, тарифи та внутрішні правила користування енергетичною інфраструктурою, звіт управління;
- правління кооперативу – виконавчий орган, відповідальний за реалізацію технічних проєктів, контроль за роботою енергетичних систем, укладення договорів з постачальниками обладнання та сервісних послуг, взаємодію з ОСББ. Доцільно, щоб правління складалося з 3–5 осіб, обраних зі складу мешканців, переважно тих, хто має технічні чи управлінські компетенції;
- технічна комісія (енергетичний комітет) – консультативний орган, що здійснює моніторинг показників генерації та споживання, контроль за технічним станом обладнання, аналіз потреб у модернізації систем, планування оптимізаційних заходів;
- ревізійна комісія – орган фінансового контролю, який забезпечує прозорість діяльності кооперативу.

Проведений аналіз соціально-економічних передумов, управлінських принципів та організаційної структури дає змогу сформулювати концептуальну основу для подальшої розробки технічної та економічної моделі кооперативу. В умовах нашого ОСББ, енергетичний кооператив постає як ефективний інструмент самоорганізації мешканців і підвищення їх енергетичної автономності, що підтверджує доцільність застосування цієї моделі.

2.3 Технічна структура енергетичного кооперативу

Технічна структура енергетичного кооперативу для житлового комплексу із 600 квартирами повинна забезпечувати баланс між надійністю енергопостачання, економічною ефективністю та гнучкістю інтеграції різних технологій відновлюваної енергетики. У сучасних умовах розвитку локальних енергетичних систем ключовими є три складові: джерела генерації, системи накопичення та розподіл енергії, а також ефективна схема взаємодії між усіма учасниками енергоспоживання.

Для житлових комплексів міського типу, як і для будівель загального користування, сонячні електростанції є найбільш доцільним джерелом генерації, оскільки не потребують значних площ на землі й можуть бути розміщені на дахах будинків або прибудинковій території, як от сонячна електростанція на даху корпусу 22 університету КПІ [56].

Для комплексу з п'яти будинків сумарна доступна площа дахів становить 3500 м² (не враховуючи простір, що зайнятий). Це дозволяє розглянути можливість встановлення фотоелектричних модулів, що здатні покривати, наприклад:

- денне споживання спільних потреб будинків (ліфти, освітлення, насосне обладнання);
- частку побутового споживання квартир;
- виробляти надлишки для накопичення або продажу в мережу.

Сонячна генерація вирізняється відносно високою передбачуваністю та мінімальними експлуатаційними витратами, що робить її базовим елементом енергетичного кооперативу.

Застосування малих вітротурбін у міському середовищі обмежується низькими середньорічними швидкостями вітру у нашому регіоні, а також вимогами до шуму та вібрацій. Незважаючи на це, невеликі установки потужністю до 5–10 кВт можуть бути використані як додаткове джерело нічної генерації у інших, більш вигідних для цього, регіонах країни. Однак у щільній міській забудові роль вітроенергетики зазвичай залишається хіба що допоміжною [57].

Для збалансування генерації та споживання ключове значення мають батарейні системи накопичення енергії.

Для обраного комплексу можна розглянути встановлення батарейної системи, яка дозволить:

- згладжувати піки споживання;
- зберігати надлишкову сонячну генерацію;
- забезпечувати резервне живлення у випадку аварійних відключень;
- працювати разом із інверторами у режимі мікромережі.

Внутрішня структура кооперативу передбачає розділення потоків енергії на:

- енергію спільних потреб, що забезпечує роботу інженерних систем будинків;
- індивідуальне споживання мешканців, що контролюється через розумні лічильники;
- потоки до/з мережі з можливістю продажу або закупівлі енергії.

Розподіл базується на багаторівневій системі електричних шаф та інверторів, які дозволяють пріоритезувати власну генерацію перед закупівлею енергії з мережі.

Функціонування енергетичного кооперативу передбачає інтеграцію трьох ключових блоків:

- генерація – вся енергія надходить у внутрішню мікромережу кооперативу, де інвертори управляють видачею потужності залежно від поточного навантаження;
- споживачі – кожна квартира обладнується інтелектуальним лічильником, який фіксує споживання у режимі реального часу та системою пріоритетного живлення від внутрішньої мікромережі;
- електрична мережа виконує роль джерела балансуєчої електроенергії у часи недостатньої генерації та каналу для передачі надлишків.

Загальна логіка роботи технічної системи полягає у наступному:

- сонячна генерація покриває поточне навантаження будинків;
- надлишки надходять до акумуляторної системи зберігання;
- у періоди пікових навантажень або ввечері – батарея віддає енергію;
- лише після вичерпання внутрішніх ресурсів система отримує енергію з мережі;
- при надлишковій генерації – енергія може експортуватися;
- при аваріях кооператив може короткостроково працювати автономно.

Технічна структура енергетичного кооперативу в житловому комплексі з 600 квартирами дозволяє створити стійку, гнучку та економічно ефективну локальну енергетичну систему. Оптимальною конфігурацією є поєднання сонячної генерації, систем накопичення та розумного розподілу енергії. Така система забезпечує підвищення

енергетичної незалежності, зниження експлуатаційних витрат та можливість часткової автономної роботи мікромережі, що особливо актуально в умовах енергетичної нестабільності.

Важливо чітко розуміти технічну структуру енергетичного кооперативу у ОСББ, яка і стане основою роботи кооперативу, тож зобразимо її на рис. 2.6. у вигляді блок-схеми.



Рисунок 2.6 – Технічна структура енергетичного кооперативу у ОСББ

Нижче розглянемо детальніше кожен складову схеми:

- дахова ФЕС (сонячні панелі) – генерує електроенергію з сонячної енергії. Це основне джерело відновлюваної енергії для будинку;
- інвертор – перетворює постійний струм, який виробляють сонячні панелі, у змінний струм, придатний для використання в ЖК та передачі в мережу;
- локальна група МЗК – споживачі електроенергії всередині будинку: ліфти, освітлення місць загального користування, насосні системи. Вони отримують електроенергію безпосередньо від інвертора для забезпечення потреб будинку;
- система накопичувачів – акумулятори або батареї, що зберігають надлишкову електроенергію для подальшого використання у періоди низької генерації;
- надлишкова електроенергія – електроенергія, що залишилася після забезпечення потреб локальної групи МЗК та системи накопичувачів;
- продаж у мережу – надлишкова електроенергія може бути продана зовнішньому енергопостачальнику, що дозволяє ОСББ отримувати додатковий дохід.

2.4 Методологія побудови та реалізації змішаної техніко-економічної моделі енергетичного кооперативу

Побудова змішаної техніко-економічної моделі енергетичного кооперативу для житлового комплексу у форматі ОСББ здійснюється з урахуванням особливостей багатоквартирного споживання електроенергії, можливостей локальної генерації з відновлюваних джерел та умов взаємодії з зовнішньою електричною мережею. Запропонована методологія ґрунтується на поєднанні енергетичного балансового підходу,

оптимізаційних методів та економічної оцінки ефективності, що дозволяє комплексно оцінити роботу кооперативу в різних режимах.

На першому етапі здійснюється збір та систематизація вихідних даних, необхідних для моделювання роботи енергетичного кооперативу. До них належать:

- погодинні або типові добові профілі електроспоживання житлового комплексу з урахуванням місць загального користування;
- кліматичні дані регіону (інсоляція, сезонність);
- технічні характеристики сонячної електростанції, інверторів та системи накопичення електроенергії;
- тарифні умови споживання та передачі електроенергії;
- обмеження на підключення до мережі та допустимі режими роботи.

Таким чином формується базовий набір параметрів, який відображає реальні умови функціонування ОСББ.

Наступною частиною технічної моделі є подобове енергетичне балансування, яке описує співвідношення між виробництвом, споживанням, накопиченням та передачею електроенергії. Для цього виконується розрахунок енергетичного балансу:

- обсягу генерації сонячною електростанцією;
- власного споживання електроенергії в межах кооперативу;
- обміну електроенергією із зовнішньою мережею.

Такий підхід дозволяє оцінити рівень самозабезпечення та самоспоживання, а також вплив акумуляторної системи на згладжування пікових навантажень.

На наступному етапі розглядаються різні режими функціонування енергетичного кооперативу, наприклад:

- режим максимізації власного споживання;
- режим мінімізації пікового навантаження на мережу;

- режим підвищеної економічної ефективності у пікові тарифні періоди;
- режим часткової або повної автономної роботи.

Моделювання мікромережі дозволяє оцінити стійкість системи, роботу інверторів та акумуляторів, а також здатність кооперативу забезпечувати критичні навантаження у разі аварійних ситуацій.

Оптимізаційна задача полягає у визначенні таких значень технічних параметрів, за яких досягається мінімальна залежність від зовнішньої мережі на певну категорію споживачів або загалом при економічно доцільних витратах. Цільовою функцією моделі є мінімізація обсягу споживання електроенергії з мережі або мінімізація сукупних витрат на електропостачання за розрахунковий період.

До змінних оптимізації належать:

- встановлена потужність сонячної електростанції;
- ємність системи накопичення електроенергії;
- режими керування зарядом та розрядом акумуляторів.

Обмеженнями моделі є технічні характеристики обладнання, профілі навантаження та нормативні вимоги до підключення.

Економічна складова моделі передбачає оцінку строку окупності, фінансової економії та рівня зменшення витрат для мешканців житлового комплексу. На основі результатів енергетичного моделювання визначаються:

- річна економія електроенергії з мережі;
- зниження витрат на електропостачання місць загального користування;
- очікуваний економічний ефект для типових квартир;
- можливість рефінансування коштів з плати за використання електроенергії на потреби МЗК на інвестиції та внески енергетичного кооперативу.

Запропонована методологія дозволяє послідовно перейти від аналізу вихідних даних до формування оптимальної конфігурації енергетичного кооперативу. Змішана математично-технічна модель забезпечує комплексну оцінку енергетичних та економічних показників, а отримані результати використовуються у розділі 3 для практичних розрахунків та обґрунтування параметрів енергетичного кооперативу для конкретного житлового комплексу.

Методологія побудови змішаної техніко-економічної моделі енергетичного кооперативу для нашого ЖК передбачає комплексний підхід, що включатиме:

1. оцінку електроспоживання;
2. кластерне групування споживачів;
3. розрахунок потенційної генерації ВДЕ та резервного живлення;
4. економічну оцінку ефективності впровадження системи.

Розглянемо детальніше кожний етап.

1. Оцінка електроспоживання

Для різних видів споживачів розрахуємо номінальну потужність, коефіцієнт реактивного навантаження, активне та реактивне навантаження за наступними формулами.

Номінальна потужність групи споживачів:

$$p_{n,j} = p_{ni} \cdot n_i, \quad (2.1)$$

де p_{ni} – номінальна потужність одного приладу, кВт;

n_i – кількість однотипних приладів, шт.

Коефіцієнт реактивного навантаження:

$$tg\varphi_i = \sqrt{\frac{1}{k_b^2} - 1}, \quad (2.2)$$

де k_b – коефіцієнт використання встановленої потужності.

Активне та реактивне навантаження:

$$P_{П. j} = k_{в} \cdot P_{н. j} \quad (2.3)$$

$$Q_{П. j} = P_{П. j} \cdot tg \varphi_i \quad (2.4)$$

Споживання електричної енергії розраховується за формулою:

$$W = P_{вст} \cdot n \cdot k_{в} \cdot T_{роб}, \quad (2.5)$$

де $P_{вст}$ – встановлена потужність одиниці обладнання, кВт;

n – кількість обладнання категорії, шт;

$T_{роб}$ – тривалість роботи обладнання на місяць/рік.

Цей етап дозволить нам дізнатись плановане електроспоживання різними видами електроустаткування та отримати дані для підбору інвертора, сонячних панелей та системи накопичувачів.

2. Кластерне групування споживачів

Алгоритм кластеризації методом ієрархічного агломеративного групування:

1. обчислюється евклідова відстань між об'єктами:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad (2.6)$$

де x_i – значення першої ознаки (параметра) для споживача i ;

x_j – значення першої ознаки для споживача j ;

y_i – значення другої ознаки для споживача i ;

y_j – значення другої ознаки для споживача j .

2. визначається пара об'єктів із мінімальною відстанню; об'єкти об'єднуються у кластер;
3. використовується правило «найближчого сусіда» для додавання нових об'єктів у кластери;
4. перераховується матриця міжкластерних відстаней та повторюється ітерація до стабілізації кластерів.

Результатом є формування груп споживачів з подібними характеристиками, що дозволяє оптимізувати режим роботи обладнання та планувати резервне живлення або автономне живлення для обраної групи.

Цей етап дозволить нам зробити категорії споживачів відповідно до їх електроспоживання та критичності навантаження, що допоможе зробити вибір споживачів у категорію, яка буде підключена до автономного живлення від ФЕС.

3. Розрахунок потенційної генерації ВДЕ

Визначення можливої пікової потужності ФЕС:

$$P_{PV} = P_{max}n, \quad (2.7)$$

де P_{max} – максимальна потужність одного модуля;

n – загальна кількість модулів.

Далі перевіряємо, чи потужності обраного інвертора вистачає для наявної системи сонячних панелей:

$$0,8P_{інв} < P_{PV} < 1,2P_{інв}, \quad (2.8)$$

де $P_{інв}$ – номінальна потужність обраного інвертора.

Вираховуємо річну виробничу потужність ФЕС:

$$W_{річне} = P_{pv} \cdot T \quad (2.9)$$

4. Економічна оцінка

Визначаємо грошову економію:

$$E = W_{річне} \cdot T \quad (2.10)$$

Визначаємо простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{E} \quad (2.11)$$

2.5 Визначення формату та розміру внесків учасників енергетичного кооперативу

Економічна модель енергетичного кооперативу у житловому комплексі на 600 квартир має забезпечувати фінансову стійкість, прогнозованість грошових потоків, справедливий розподіл витрат між учасниками та прозорий механізм формування тарифів. У цьому підрозділі розглядаються джерела фінансування проєкту, структура витрат, розраховується орієнтовний термін окупності інвестицій, а також аналізуються можливі моделі взаєморозрахунків між членами кооперативу.

Фінансування енергетичного кооперативу може формуватися з кількох джерел, що відрізняються за рівнем доступності, вартістю капіталу та впливом на структуру власності. Для житлового комплексу на 600 квартир найпоширеніший варіант розподілу інвестицій – пайовий внесок, тобто кожна квартира платить $1/600$ частину необхідної суми.

Така інвестиція є невеликою та абсолютно реальною у довгостроковій перспективі, проте не всі мешканці зможуть одразу внести її. Що важливо, так це існування програми «ГрінДІМ», умови якої ми зараз розглянемо детальніше [58].

У травні 2024 року Фонд енергоефективності запустив нову програму «ГрінДІМ», метою якої є заохочення багатоквартирних будинків до впровадження відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергетика чи теплові насоси. У рамках цієї ініціативи ОСББ та ЖБК можуть облаштовувати у своїх будинках сонячні електростанції та системи на основі теплових насосів.

Фонд підтримує такі проєкти, надаючи учасникам грантове фінансування, яке не потребує повернення. Розмір гранту становить 70%

від вартості обладнання, проведення енергоаудиту та сертифікації енергоефективності будівлі.

У разі подання заявки та її схвалення у цій програмі загальна сума інвестицій значно зменшиться, як і внесок з 1 квартири, що вже менше. А також задля пришвидшення встановлення ФЕС доцільно взяти кредит у державній програмі «Кредит 5-7-9%» з низькою річною ставкою. І не варто забувати про можливість інвестування як з боку українських організацій, так і закордонних партнерів.

Цей проєкт економічно вигідний, якщо оцінювати його виключно через прямі фінансові вигоди, а також:

- він забезпечує енергетичну незалежність;
- гарантує живлення критичних систем під час відключень;
- дозволяє вводити внутрішні кооперативні тарифи, які повністю змінюють модель.

Середня квартплата для квартир площею 60–70 м² у більшості українських міст становить близько 1000 грн/місяць. Ці кошти традиційно витрачаються на:

- електроживлення ліфтів;
- освітлення під'їздів та прибудинкової території;
- роботу систем вентиляції, насосів та іншого обладнання;
- обслуговування спільних електромереж.

У разі встановлення ФЕС значна частина цих витрат переходить на власне виробництво електроенергії будинком. Тому мешканці можуть спрямовувати ту ж суму (≈ 1000 грн/міс) не «на утримання», а як пайовий внесок у енергетичний кооператив, фактично інвестуючи в роботу та окупність сонячної станції. Переваги такої моделі наведено далі.

- Самоокупність: кошти, які мешканці і так щомісяця сплачують як квартплату, перетворюються з витрат у інвестицію, що покриває будинкові енергопотреби;

- зменшення або повне обнулення платежів за електроенергію для спільного майна. Після запуску ФЕС витрати на освітлення, ліфти та інше обладнання різко зменшуються – надалі мешканці сплачують лише мінімальні експлуатаційні витрати;

- гарантована стабільність платежів – внесок у кооператив не залежить від коливань тарифів на електроенергію – він фіксований і передбачуваний;

- створення енергетичної незалежності будинку – власна ФЕС дозволяє знизити залежність від енергоринку та можливих відключень;

- накопичення коштів на модернізацію – кооператив може поступово формувати фонд для оновлення обладнання, закупівлі акумуляторів, розширення ФЕС тощо.

Ці кошти здатні:

- покривати кредит на встановлення ФЕС;
- оплачувати сервіс і техобслуговування станції;
- компенсувати можливі періоди зменшеної генерації;
- формувати резервний ремонтний фонд.

Таким чином, мешканці не збільшують витрати – вони перерозподіляють вже наявні кошти на користь енергонезалежності будинку.

Запровадження внесків в енергетичний кооператив на рівні середньої квартплати становить економічно доцільний підхід, що дозволяє встановити та обслуговувати сонячну електростанцію без додаткового фінансового навантаження на мешканців. Фактично, завдяки власній ФЕС будинок покриває енергопотреби спільного майна, а внески мешканців перетворюються з постійних витрат на житлово-комунальні послуги в інвестицію у сталий та енергоефективний розвиток.

Висновки до розділу 2

Аналіз динаміки споживання електричної енергії, холодної води, теплової енергії на опалення та гаряче водопостачання за 2022–2024 роки показав стабільну та нормативну роботу інженерних систем будівлі. Споживання теплової енергії та води має виражений сезонний характер і перебуває в межах допустимих коливань, що свідчить про ефективну роботу ІТП та відсутність значних втрат. Водночас виявлено тенденцію до зростання електроспоживання, що визначає електроенергію як пріоритетний ресурс для оптимізації та підвищення енергетичної незалежності комплексу.

Обґрунтовано доцільність створення енергетичного кооперативу на базі ОСББ як інституційно та економічно ефективної форми колективного управління енергоресурсами. Проаналізовано ключові соціально-економічні передумови, принципи управління та організаційну структуру кооперативу, які відповідають як українським реаліям, так і європейським практикам енергетичних громад.

Запропоновано технічну структуру енергетичного кооперативу, що базується на використанні дахової сонячної електростанції, системи накопичення електроенергії та локальної мікромережі з пріоритетом живлення місць загального користування.

Розроблено методологію побудови змішаної техніко-економічної моделі енергетичного кооперативу, яка поєднує оцінку електроспоживання, кластерне групування споживачів, розрахунок потенційної генерації ВДЕ та економічну оцінку ефективності. Запропонований підхід дозволяє перейти від аналізу вихідних даних до обґрунтування оптимальної конфігурації системи та формує основу для практичних розрахунків, наведених у наступному розділі.

3 РОЗРОБЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ МОДЕЛІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КООПЕРАТИВУ В ОБ'ЄДНАННІ СПІВВЛАСНИКІВ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ

3.1 Оцінка енергоефективності споживачів електричної енергії

Для проведення аналізу електроспоживання виконаємо розрахунок навантаження житлового комплексу за один типовий місяць – жовтень 2024 року, а також визначимо загальний обсяг споживання за весь 2024 рік. У ході оцінки виокремимо три ключові групи споживачів електроенергії:

- силове обладнання: електроприлади з високою встановленою потужністю, такі як ліфти, насоси тощо;
- освітлення: системи штучного освітлення, що забезпечують комфорт та видимість у приміщеннях будинків та місцях загального користування;
- побутове обладнання: різноманітні побутові пристрої, що використовуються мешканцями, зокрема холодильники, комп'ютерна техніка, пральні машини тощо.

Дослідження споживання за 2024 рік дозволяє сформувати цілісне уявлення про структуру та тенденції електроспоживання в житловому комплексі, що є важливою основою для подальшого планування заходів з енергоощадності, оптимізації витрат та підвищення загальної енергоефективності об'єкта.

Для визначення річного навантаження ЖК за 2024 рік виконаємо повірочний розрахунок. На першому етапі, відповідно до необхідної методики, обчислюється загальна номінальна потужність за заданою формулою:

$$p_{n,j} = 5 \cdot p_{ni} \cdot n_i, \quad (3.1)$$

де p_{ni} – номінальна потужність приладу, кВт;

n_i – кількість однотипних приладів, шт.

Застосуємо формулу 3.1 для типового розрахунку на прикладі електричної плити:

$$P_{н.і} = 5 \cdot 10 \cdot 120 = 6000 \text{ кВт}$$

За формулою 3.2 визначимо коефіцієнт реактивного навантаження:

$$tg \varphi_i = \sqrt{\frac{1}{k_B^2} - 1}, \quad (3.2)$$

де k_B – коефіцієнт використання встановленої потужності.

$$tg \varphi_i = \sqrt{\frac{1}{0,4^2} - 1} = 2,29$$

Визначимо активну та реактивну потужність:

$$P_{п.і} = k_B \cdot P_{н.і} \quad (3.3)$$

$$Q_{п.і} = P_{п.і} \cdot tg \varphi_i \quad (3.4)$$

$$P_{п.і} = 0,4 \cdot 6000 = 2400 \text{ кВт};$$

$$Q_{п.і} = 2400 \cdot 2,29 = 5496 \text{ квар.}$$

Розрахуємо значення групового коефіцієнта використання:

$$K_B = \frac{\sum_{j=1}^n P_{п.і}}{\sum_{j=1}^n P_{н.і}} \quad (3.5)$$

$$K_B = \frac{\sum_{j=1}^n P_{п.і}}{\sum_{j=1}^n P_{н.і}} = \frac{2400}{6000} = 0,4$$

Аналогічно проведемо розрахунки для всіх приладів у ЖК та занесемо результати у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Навантаження ЖК за жовтень 2024 року

	Найменування	N, шт	P _н , кВт	P _Σ , кВт	K _в	tgφ	Розрахункове навантаження	
							P _p , кВт	Q _p , квар
Побутове обладнання	Плита електрична	600	7,5	4500	0,4	2,29	1800	4122
	Посудомийна машина	100	2	200	0,4	2,29	80	183,2
	Мікрохвильова піч	500	0,7	350	0,4	2,29	140	320,6
	Холодильник побутовий	600	0,55	330	0,4	2,29	132	302,28
	Кавомашина	70	1	70	0,3	3,18	21	66,78
	Чайник	600	0,7	420	0,25	3,87	105	406,35
	Пральна машина	600	1,5	900	0,3	3,18	270	858,6
	Комп'ютери	400	0,5	200	0,3	3,18	60	190,8
	Принтери	150	0,1	15	0,2	4,9	3	14,7
Силове обладнання	Система насосів	5	20	100	0,5	1,7	50	85
	Ліфтова установка (пасажирська)	5	9,2	46	0,2	1,7	9,2	15,64
	Ліфтова установка (грузова)	5	13	65	0,1	9,95	6,5	64,675
Освітлення	Лампи люмінесцентні у місцях загального користування	800	0,035	28	0,8	0,75	22,4	16,8

Для визначення ключових споживачів електроенергії виконаємо розрахунок використання електричної енергії за один типовий місяць (обрано жовтень) та за весь 2024 рік, а отримані результати внесемо відповідно до таблиць 3.2 і 3.3.

Споживання електричної енергії розраховується за формулою:

$$W = P_{вст} \cdot n \cdot k_{в} \cdot T_{роб}, \quad (3.6)$$

де $P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність одиниці обладнання, кВт;

n – кількість обладнання категорії, шт;

$T_{\text{роб}}$ – тривалість роботи обладнання на місяць.

Таблиця 3.2 – Розрахункові значення витрат за жовтень 2024 року

№	Найменування	Кількість, шт	Потужність, кВт	Загальна потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Середня потужність, кВт	Тривалість роботи на місяць, год	Загальне споживання, кВт·год
Побутове обладнання								
1	Плита електрична	600	7,5	4500	0,4	1800	30	54000
2	Посудомийна машина	100	2	200	0,4	80	15	1200
3	Мікрохвильова піч	500	0,7	350	0,4	140	25	3500
4	Холодильник побутовий	600	0,55	330	0,4	132	720	95040
5	Кавомашина	70	1	70	0,3	21	15	315
6	Чайник	600	0,7	420	0,25	105	20	2100
7	Пральна машина	600	1,5	900	0,3	270	40	10800
8	Комп'ютери	400	0,5	200	0,3	60	60	3600
9	Принтери	150	0,1	15	0,2	3	10	30
Разом: 170585								
Силове обладнання								
10	Система насосів	5	20	100	0,5	50	720	36000
11	Ліфтова установка (пасажирська)	5	9,2	46	0,2	9,2	720	6624
12	Ліфтова установка (грузова)	5	13	65	0,1	6,5	20	130
Разом: 42754								
Освітлення								
13	Лампи люмінесцентні у місцях загального користування	800	0,035	28	0,8	22,4	570	12768
Разом: 12768								
Загальне споживання: 226107								

Таблиця 3.3 – Розрахункові значення витрат за 2024 рік

№	Найменування	Кількість, шт	Потужність, кВт	Загальна потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Середня потужність, кВт	Тривалість роботи на місяць, год	Загальне споживання, кВт·год
Побутове обладнання								
1	Плита електрична	600	7,5	4500	0,4	1800	390	702000
2	Посудомийна машина	100	2	200	0,4	80	210	16800
3	Мікрохвильова піч	500	0,7	350	0,4	140	315	44100
4	Холодильник побутовий	600	0,55	330	0,4	132	8730	1152360
5	Кавомашини	70	1	70	0,3	21	205	4305
6	Чайник	600	0,7	420	0,25	105	250	26250
7	Пральна машина	600	1,5	900	0,3	270	510	137700
8	Комп'ютери	400	0,5	200	0,3	60	760	45600
9	Принтери	150	0,1	15	0,2	3	135	405
Разом: 2129520								
Силове обладнання								
10	Система насосів	5	20	100	0,5	50	8700	435000
11	Ліфтова установка (пасажирська)	5	9,2	46	0,2	9,2	8700	80040
12	Ліфтова установка (грузова)	5	13	65	0,1	6,5	270	1755
Разом: 516795								
Освітлення								
13	Лампи люмінесцентні у місцях загального користування	800	0,035	28	0,8	22,4	7200	161280
Разом: 161280								
Загальне споживання: 2807595								

Графічне відображення результатів розрахунку споживання електроенергії за жовтень 2024 року та за весь 2024 рік наведено у вигляді кругових діаграм (рисунки 3.1 та 3.2). Такі візуалізації дають змогу чітко простежити, яку частку в загальній структурі енергоспоживання займають окремі групи обладнання.

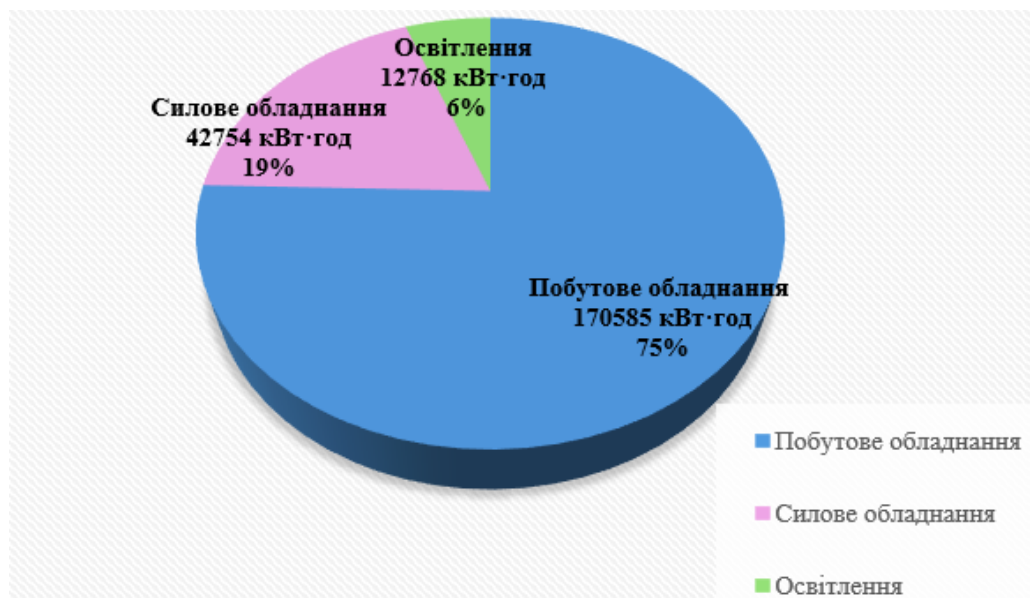


Рисунок 3.1 – Кругова діаграма розподілу розрахункових значень витрат за жовтень 2024 року

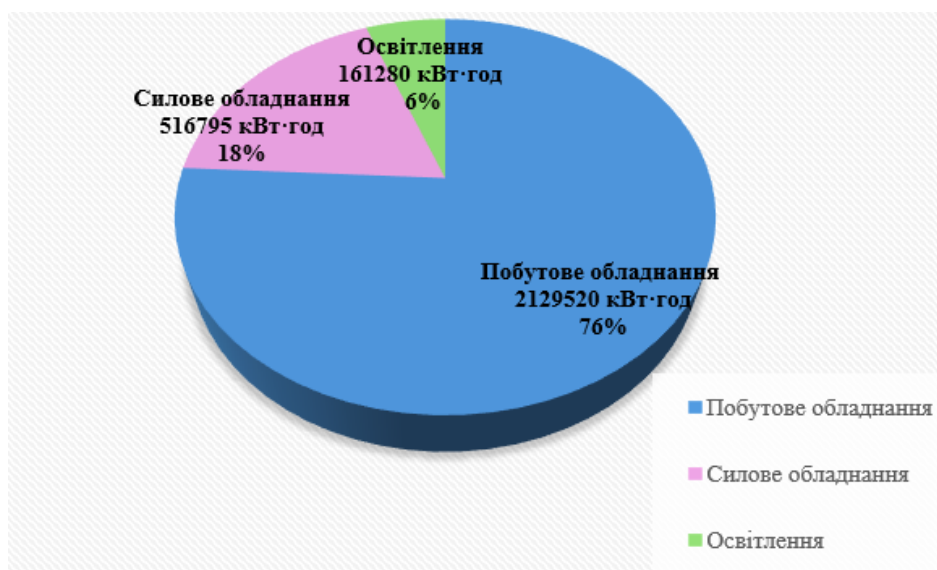


Рисунок 3.2 – Кругова діаграма розподілу розрахункових значень витрат за 2024 рік

Проведений аналіз структури електроспоживання дає змогу сформулювати наступні висновки.

- освітлення: частка системи освітлення перевищує 5 % від загального обсягу споживання електроенергії. До цієї групи належать люмінісцентні, що забезпечують освітлення приміщень загального користування та технічних зон ЖК;

- силове обладнання: близько 18 % загального споживання припадає на роботу силових установок. Основними елементами цієї категорії є ліфти, система насосів;

- побутові електроприлади: найбільшу частку – майже 76 % – становить споживання різних побутових і допоміжних пристроїв. До цієї групи входять холодильники, комп'ютери, пральні машини, дрібна техніка та інше обладнання повсякденного користування у межах ЖК.

3.2 Кластерне групування споживачів для оптимізації енергоспоживання

Кластерний аналіз є одним із ключових інструментів сучасної аналітики даних, що дозволяє виконувати математичне групування об'єктів за їхніми подібними характеристиками. У контексті дослідження електроспоживання кластеризація застосовується для виокремлення типових груп споживачів, які демонструють схожі параметри роботи електрообладнання, профілі навантаження, пікові характеристики та добові/тижневі закономірності. На відміну від традиційних методів класифікації, кластерний аналіз не потребує заздалегідь визначених категорій – групи формуються автоматично, виключно на основі математичної близькості між об'єктами.

Сутність кластерного аналізу полягає в тому, що кожен споживач електроенергії розглядається як точка у багатовимірному просторі ознак (наприклад, середнє навантаження, максимальна потужність, коефіцієнт

використання, індекс обладнання, час пікових навантажень тощо). Алгоритм кластеризації об'єднує об'єкти таким чином, щоб елементи всередині одного кластера були максимально подібними, а відмінності між кластерами були максимально вираженими. Це дозволяє виявляти закономірності, які не видно з вихідних даних, і проводити подальшу техніко-економічну інтерпретацію цих груп.

Практична цінність кластерного аналізу для дослідження полягає в можливості оптимізувати режими електроспоживання, формувати індивідуальні енергетичні стратегії для різних груп, прогнозувати навантаження та ухвалювати управлінські рішення на основі поведінкових шаблонів. Наприклад, споживачі з високою нерівномірністю навантаження можуть вимагати спеціальних заходів щодо згладжування піків, тоді як споживачі з постійним базовим навантаженням можуть бути кандидатами для застосування систем компенсації реактивної потужності. Кластеризація дозволяє також визначати групи, які найбільше впливають на максимальне навантаження мережі, що є критично важливим для планування модернізації інфраструктури, оптимізації графіків генерації та управління енергоресурсами.

У даному дослідженні кластерний аналіз застосовано для поділу споживачів електроенергії, дані яких попередньо структуровано в Microsoft Excel. У якості основних характеристик були використані такі параметри, як:

- загальна споживана потужність за рік обладнанням;
- критичність навантаження по шкалі від 1 до 3, де 1- найменш критичне, а 3 – найбільш критичне).

Ці параметри формують достатній простір ознак, у якому кожен споживач є окремим вектором. Саме на основі цих значень і виконується їх математичне групування.

Для обчислення ступеня подібності між об'єктами застосовано евклідову відстань, що є класичним критерієм близькості у методі k-середніх. Формула обчислення евклідової відстані між двома споживачами і та j у n-вимірному просторі має вигляд:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad (3.7)$$

де x_i – значення першої ознаки (параметра) для споживача і;

x_j – значення першої ознаки для споживача j;

y_i – значення другої ознаки для споживача і;

y_j – значення другої ознаки для споживача j.

Евклідова метрика дозволяє кількісно оцінити відстань між точками у просторі, що, у свою чергу, є основою формування кластерів: споживачі, які мають найменшу взаємну відстань, потрапляють до одного кластера.

Метод k-середніх працює через ітеративну процедуру:

- вибирається кількість кластерів k;
- випадковим чином обираються початкові центроїди;
- кожен споживач призначається до найближчого центроїда за величиною евклідової відстані;
- центроїди перераховуються як середнє значення усіх точок у кластері;
- процес повторюється, доки центроїди не перестануть змінюватися.

Отже, загальні параметри щодо характеристики обладнання набувають наступного вигляду, що занесено у табл. 3.4, а відповідна діаграма розсіювання змінних X т У зображена на рисунку 3.3.

Таблиця 3.4 – Характеристика обладнання для кластерного аналізу

Характеристика	Плита електрична	Посудомийна машина	Мікрохвильова піч	Холодильник побутовий	Кавомашина	Чайник	Пральна машина	Комп' ютери	Принтери	Система насосів	Ліфтова установка (пасажирська)	Ліфтова установка (грузова)	Лампи люмінесцентні у місцях загального користування
Критичність навантаження	1	1	2	2	1	2	1	2	1	3	3	3	3
Кількість спожитої електроенергії за рік, кВт год	702 000	16 800	44 100	1 152 360	4 305	26 250	137 700	45 600	405	435 000	80 040	1 755	161 280

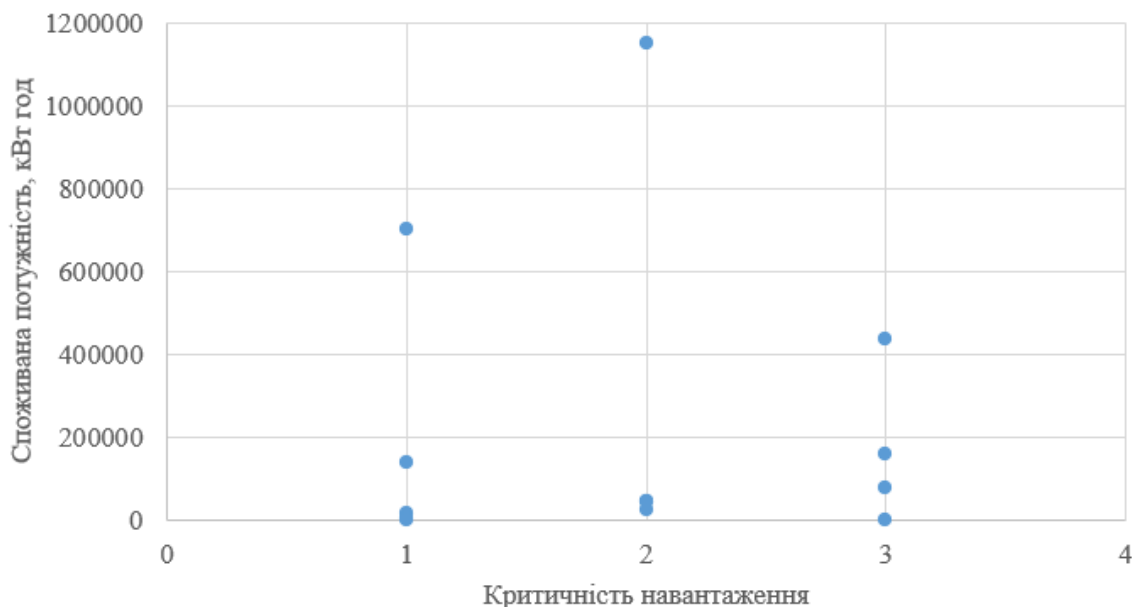


Рисунок 3.3 – Діаграма розсіювання змінних X та Y

Після формування вихідної вибірки споживачів електроенергії та визначення їхніх ключових параметрів, було виконано поетапну процедуру кластеризації з використанням методу ієрархічного агломеративного групування. Даний підхід передбачає поступове об'єднання об'єктів у кластерні структури на основі міри їхньої подібності. У якості метрики подібності обрано евклідову відстань.

На першому етапі формується матриця попарних відстаней, у якій елемент D_{ij} відображає ступінь подібності між об'єктами. Чим меншим є значення D_{ij} , тим ближчими (подібними з точки зору енергетичних характеристик) вважаються відповідні об'єкти.

Для ідентифікації того, які об'єкти необхідно об'єднувати першими, застосовано критерій мінімальної відстані. На кожній ітерації аналізується вся матриця відстаней, після чого вибирається пара об'єктів із найменшим значенням D_{ij} . Саме ці об'єкти об'єднуються в один кластер, оскільки їхні параметри є найбільш подібними порівняно з іншими парами.

У ході дослідження також застосовано метод «найближчого сусіда». Цей метод використовується у випадку, коли до вже сформованого кластера необхідно приєднати наступні об'єкти. Згідно з підходом «найближчого сусіда», відстань між новим об'єктом та кластером визначається як мінімальна з усіх відстаней між цим об'єктом та будь-яким елементом кластера.

Застосування даного методу дозволяє уникнути спотворення структури кластера та зберігає логічність групування, оскільки кожного разу приєднується саме той об'єкт, що знаходиться найближче до сформованої групи.

Таким чином, кожна ітерація кластерного аналізу містить такі кроки:

1. обчислення всіх евклідових відстаней між парами об'єктів;
2. визначення мінімального значення серед них;
3. групування об'єктів, між якими знайдено мінімальну відстань;
4. перерахунок міжкластерних відстаней за правилом найближчого сусіда;
5. побудова нової матриці відстаней для наступної ітерації.

Усього для наявної вибірки виконано 11 послідовних ітерацій, на кожній з яких поступово відбувається об'єднання окремих об'єктів та груп у більші кластери. Це дозволяє послідовно простежити процес формування кластерної структури та визначити логічні групи споживачів електроенергії за їх енергетичними характеристиками.

Нижче наведені перша та остання таблиці розрахунків кластерного аналізу (див. табл. 3.5-3.6), покрокові результати кожної ітерації кластеризації зображено у додатку А.

Таблиця 3.5 – Перша ітерація

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	685,001	660,037	461,228	697,987	676,01	564,035	658,053	267,001	622,006	81,553	702	541,036
2	685,001	0	42,433	1152,117	10,012	26,042	111,507	44,334	16,395	418,107	63,24	16,5	144,485
3	660,037	42,433	0	1108,259	39,799	17,851	92,1	42,345	1,5	389,401	34,446	42,346	115,681
4	461,228	1152,117	1108,259	0	1126,11	1014,66	1,014,660	1,106,760	717,36	1,072,320	991,08	1,150,605	991,08
5	697,987	10,012	39,799	1126,11	0	133,396	133,395	41,295	430,696	75,738	156,976	2,55	156,976
6	676,01	26,042	17,851	1014,66	133,396	0	111,45	25,845	408,751	53,795	135,031	24,495	135,031
7	564,035	111,507	92,1	1,014,660	133,395	111,45	0	92,1	297,301	57,664	23,586	135,945	23,586
8	658,053	44,334	42,345	1,106,760	41,295	25,845	92,1	0	389,401	34,446	115,681	43,845	115,681
9	267,001	16,395	1,5	717,36	430,696	408,751	297,301	389,401	0	433,246	159,526	433,246	159,526
10	622,006	418,107	389,401	1,072,320	75,738	53,795	57,664	34,446	433,246	0	273,72	433,246	273,72
11	81,553	63,24	34,446	991,08	156,976	135,031	23,586	115,681	159,526	273,72	0	80,04	81,24
12	702	16,5	42,346	1,150,605	2,55	24,495	135,945	43,845	433,246	433,246	80,04	0	159,526
13	541,036	144,485	115,681	991,08	156,976	135,031	23,586	115,681	159,526	273,72	81,24	159,526	0

Таблиця 3.6 – Одинадцята ітерація

	1-2-3-5-6-9-12-8-10	4	7-13-11
1-2-3-5-6-9-12-8-10	0	1108	136
4	1108	0	1015
7-13-11	136	1015	0

У результаті проведеного кластерного аналізу на основі двох ключових параметрів було сформовано три чітко виражених класи споживачів електричної енергії. У межах кожного кластера розташовані об'єкти з подібними характеристиками режиму роботи та рівня енергоспоживання, що дозволяє аналізувати їх як однорідні групи.

Кластер 1-2-3-5-6-9-12-8-10

До цього кластера увійшли переважно побутові та офісні прилади з середньою або низькою критичністю навантаження, такі як плити, мікрохвильові печі, комп'ютери, принтери, посудомийні машини, чайники та насоси. Характеризується середньою споживаною потужністю, але великою кількістю елементів у групі, що формує значне сумарне навантаження.

Кластер 4

Окремо виділений побутовий холодильник як важливий споживач із високою потужністю. Його ізоляція обумовлена великим відхиленням по споживаній потужності від інших приладів та значною критичністю (харчові продукти ризиковано залишати без охолодження на тривалий час).

Кластер 7-13-11

До цієї групи увійшли пральна машина, люмінесцентні лампи у місцях загального користування та пасажирський ліфт. Характеризується підвищеною критичністю навантаження, оскільки забезпечує безперебійну роботу ключових функцій будинку (освітлення, ліфт, прання).

Аналіз кластерів показав, що для підвищення загальної енергонезалежності будівлі, з огляду роботи енергетичного кооперативу як загальної структури на користь мешканців ОСББ, найбільш доцільним є створення резервної системи живлення для об'єктів із підвищеною критичністю у МЗК. Насамперед це стосується ліфтів, освітлення місць загального користування та насосів, оскільки їх безперебійна робота

забезпечує безпеку, комфорт і життєздатність основних функцій будинку навіть у разі перебоїв із основним енергопостачанням. Інші прилади з низькою критичністю можуть працювати від основної мережі без резервного живлення.

3.3 Обґрунтування параметрів та розрахунок системи резервного електроживлення житлового комплексу з метою підвищення енергетичної незалежності на основі дахової фотоелектричної станції

Енергетична незалежність та енергетична ефективність – це цілковито різні терміни, тож нерідко те, що енергетично незалежно – взагалі не енергоефективно. У наших реаліях доводиться обирати та шукати оптимальне рішення, яке водночас буде підвищувати і енергетичну ефективність, і енергетичну незалежність.

Реалізувати перехід будинку на повністю автономне забезпечення енергією – можливо, проте не доцільно з огляду на затрати. Водночас, ідея енергетичного просвітництва та пропаганда ощадливого користування електроенергією може дати позитивні результати на рівні оплати щомісячних квитанцій кожної квартири.

Натомість в умовах віялових/аварійних відключень все частіше постає питання про створення резервної системи живлення для місць та пристроїв загального користування. У нашому ЖК такими пристроями є: насоси водопостачання та опалення, ліфти та система освітлення місць загального користування.

Найбільш ефективним варіантом ВДЕ для енергетичного кооперативу, що ми розглядали вище, є сонячна електростанція на дахах ЖК у поєднанні з акумуляторною системою, яка і буде створювати резервне живлення у разі відключень.

Для визначення моделі та кількості сонячних панелей, інвертора та акумуляторної системи необхідно розуміти максимальне наявне

навантаження обраних пристроїв, додатково необхідно врахувати, що резервна система живлення наразі забезпечуватиме енергетичну незалежність під час відключень, а надалі, під час нормальної роботи обладнання ця система допоможе заощаджувати кошти мешканців.

Дослідження проведемо з використанням сертифікованого аналізатору якості електроенергії EVM PQ3+ (сертифікат перевірки типу № UA.TR.001 138-19 Rev.0 від 12.06.2019 р. дійсний до 12.06.2029, сертифікат відповідності № UA.TR.001 29 198-19 від 16.10.2019 р., виданий ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ») протягом доби. Цей прилад дозволяє одночасно проводити вимірювання та одночасну реєстрацію всіх параметрів якості електричної енергії згідно вимог ДСТУ EN50160, оновлена версія якого затверджена з 8 грудня 2023 року [59].

Варто зазначити, що заміри проведемо тільки для пасажирського ліфта, оскільки грузовий не перебуває у частому використанні мешканцями і більшість часу відключений від мережі або у ремонтному стані.

За добу вимірювання найбільші значення струмів ліфту фіксувалися близько 16:35, що зображено на рис. Б.1. Характер навантаження імпульсний. Надалі детально проаналізуємо проміжок часу з 15:00 до 17:00 на рис. Б.2.

Отримані дані зведемо у таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Максимальне значення струму в момент максимального навантаження

<i>Струм по фазах</i>	<i>Максимальне значення струму, А</i>
I1	19,7
I2	22,9
I3	19,0

Отримані дані по активній потужності з рис. Б.3 зведемо у таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Максимальне значення струму в момент максимального навантаження

<i>Активна потужність по фазах</i>	<i>Максимальне значення активної потужності , кВт</i>
P1	3,0
P2	3,2
P3	3,9
P сумарне	9,1

Отримані дані по повній потужності графіку на рис Б.4 зведемо у таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Максимальне значення струму в момент максимального навантаження

<i>Повна потужність по фазах</i>	<i>Максимальне значення повної потужності , кВА</i>
S1	4,6
S2	4,9
S3	4,3
S сумарне	13,7

Активна енергія спожита ліфтом за добу, коли проводились вимірювання зображена на рис. Б.5 і становить $\Delta W_{\text{сум}} = 7,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}$.

Також проаналізуємо пускові режими насосів на рис. Б.6 та зведемо всі дані у табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Максимальне значення струму в момент максимального навантаження

<i>Вид насосу</i>	<i>Максимальне значення пускового струму, А</i>
Насос холодного водопостачання (з частотним перетворювачем)	4,8
Насос гарячого водопостачання ГВП 1 зона (без частотного перетворювача)	10,3
Насос гарячого водопостачання ГВП 2 зона (без частотного перетворювача)	46,0
Насос підживлення опалення (без частотного перетворювача) 1/одразу 2	17,6/46,8
9 секція ГВП (з частотним перетворювачем)	7,8

Після визначення необхідних технічних параметрів для встановлення резервної системи живлення для ліфтових установок, освітлення місць загального користування та системи насосів необхідно обрати інвертор, сонячні панелі та зобразити принципову схему роботи нашого резервного живлення.

Розглянемо варіант облаштування дахової сонячної електростанції, що включатиме 110 фотомодулів Longi Solar, зовнішній вигляд яких зображено на рис. В.1. Технічні параметри обраної моделі подано в таблиці 3.11. Генерація працюватиме через гібридний мережевий інвертор, який забезпечить інтеграцію системи в електромережу будинку, а принципова схема ФЕС зображена на рис. В.2.

Таблиця 3.11 – Характеристики сонячної панелі Longi Solar LR4-72HPH 450Вт [60]

Параметр	Значення
Максимальна потужність	450Вт
Напруга холостого ходу	49,3 В
Напруга при максимальній потужності	41,5 В
Струм короткого замикання	11,6 А
Струм при максимальній потужності	10, 85 А
Тип модулів	Монокристалічні
Розмір панелі	2094 x 1038 x 35 мм

Дах будівлі має пласку конструкцію, тому сонячні модулі розміщуватимуться з орієнтацією на південь під кутом 37° . З огляду на загальну кількість панелей визначимо можливу пікову потужність станції, скориставшись відповідною розрахунковою формулою:

$$P_{PV} = P_{max}n, \quad (3.8)$$

де P_{max} – максимальна потужність одного модуля;

n – загальна кількість модулів;

$$P_{PV} = 450 \cdot 110 = 49,5 \text{ кВт.}$$

Систему підключимо до гібридного мережевого інвертора, характеристики якого наведено в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Технічні параметри гібридного інвертора Deye SUN-50K-SG01HP3-EU-VM4

<i>Параметр</i>	<i>Значення</i>
Тип інвертора	Гібридний
Клас потужності, Вт	50000-65000
Максимальна ефективність, %	97,6
Кількість МРРТ трекерів, шт	4
Розміри, мм	527×894×294
Ступінь захисту	IP65

Перевіримо, чи потужності інвертора вистачає для наявної системи сонячних панелей, виконавши відповідну перевірку за умовою:

$$0,8P_{інв} < P_{PV} < 1,2P_{інв}, \quad (3.9)$$

де $P_{інв}$ – номінальна потужність інвертора

$$0,8 \cdot 50000 < 49500 < 1,2 \cdot 50000$$

$$40000 < 49500 < 60000$$

Отже, умова (3.9) дотримана, і потужності обраного інвертора достатньо для забезпечення стабільної роботи нашої мережі.

Для обчислення загальної вихідної потужності фотоелектричної системи сонячних панелей (див. рис. В.3) було використано програмне

забезпечення Global Solar Atlas, створене за підтримки Групи Світового Банку [61].

Загальні інвестиційні витрати на встановлення дахової ФЕС подано в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Перелік та суми складових інвестицій для встановлення дахової ФЕС

Найменування статті витрат	Загальні інвестиції, грн
Вартість сонячних панелей	324500
Вартість інвертора	194000
Транспортні витрати	4000
Підключення системи	10000
АКБ Ritar 30 kWh 307.2 В LiFePO4	283946
<i>Всього</i>	<i>532500</i>

Вважаймо, що середня річна тривалість сонячних днів становить 2200 годин. Тоді річна виробнича потужність системи одного з п'яти будинків дорівнює:

$$W_{\text{річне}} = P_{pv} \cdot T \quad (3.10)$$

$$W_{\text{річне}} = 49,5 \cdot 2200 = 108900 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Визначимо грошову економію:

$$E = W_{\text{річне}} \cdot T \quad (3.11)$$

$$E = 108900 \cdot 4,32 = 470448 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Для усього ЖК з 5 будинків це становитиме:

$$E = 470448 \cdot 5 = 2352240 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Визначимо простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{5 \cdot 532500}{2352240} = 1,12 \text{ роки}$$

Висновки до розділу 3

У розділі 3 було розроблено та проаналізовано модель енергетичного кооперативу для житлового комплексу у форматі ОСББ з метою підвищення рівня енергоефективності та енергетичної незалежності об'єкта. На основі детального аналізу структури електроспоживання за типовий місяць та за 2024 рік загалом сформовано кількісне уявлення про навантаження житлового комплексу та визначено ключові групи споживачів електричної енергії.

Проведені розрахунки показали, що домінуючу частку електроспоживання становлять побутові електроприлади мешканців, які формують понад три чверті загального обсягу споживаної електроенергії. Водночас силове обладнання та системи освітлення місць загального користування, незважаючи на меншу частку у структурі споживання, відіграють критично важливу роль з точки зору безпеки та функціонування житлового комплексу, що обґрунтовує необхідність їх пріоритетного резервування.

Застосування кластерного аналізу дозволило математично обґрунтовано згрупувати споживачів електроенергії за рівнем енергоспоживання та критичністю навантаження. У результаті було виділено три основні кластери, що відрізняються режимами роботи та значущістю для життєзабезпечення будинку. Отримані результати підтвердили доцільність спрямування ресурсів енергетичного кооперативу насамперед на забезпечення безперебійного живлення об'єктів із підвищеною критичністю, зокрема ліфтів, систем насосів та освітлення місць загального користування.

На основі експериментальних вимірювань параметрів електроспоживання ліфтових установок та насосного обладнання було визначено реальні пікові та пускові навантаження, що дозволило коректно підібрати склад і параметри резервної системи електроживлення.

Обґрунтовано вибір дахової фотоелектричної станції у поєднанні з гібридним інвертором та акумуляторною системою як технічно та економічно доцільного рішення для умов житлового комплексу.

Розрахунки показали, що встановлення фотоелектричної системи потужністю 49,5 кВт на одному будинку забезпечує значний річний обсяг генерації електричної енергії та дозволяє досягти відчутної економії коштів мешканців. Для всього житлового комплексу очікуваний економічний ефект перевищує 2,3 млн грн на рік, а простий термін окупності інвестицій становить близько 1,4 року, що свідчить про високу інвестиційну привабливість запропонованого рішення.

Таким чином, результати розділу підтверджують, що впровадження енергетичного кооперативу на базі ОСББ із використанням дахової фотоелектричної станції та системи накопичення електроенергії є ефективним інструментом підвищення енергетичної стійкості, економічної доцільності та надійності електропостачання житлових будинків в умовах сучасних викликів енергетичної системи України.

4 ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МОДЕЛІ

4.1 Рекомендації щодо створення та функціонування енергетичного кооперативу в межах ОСББ

Створення енергетичного кооперативу в межах ОСББ є ефективним механізмом управління спільними енергетичними ресурсами та реалізації проєктів з відновлюваної енергетики, таких як дахові фотоелектричні станції ФЕС. Кооперативна модель дозволяє забезпечити прозорість фінансування, рівний доступ до результатів проєкту та довгострокову економічну стабільність для всіх учасників. Далі розглянемо структуровані рекомендації щодо організації та подальшого функціонування такого кооперативу, а також ці рекомендації стануть у нагоді для підвищення обізнаності мешканців будинку про енергетичний кооператив.

Крок 1. Прийняття рішення співвласниками

Першим етапом є скликання загальних зборів ОСББ із включенням питання щодо створення енергетичного кооперативу. Рішення приймається більшістю голосів відповідно до вимог Закону України «Про об'єднання співвласників багатоквартирного будинку» [62]. На етапі обговорення визначаються основні цілі кооперативу, виходячи з колективного голосування – зниження витрат будинку, впровадження ФЕС, продаж надлишкової електроенергії тощо.

Крок 2. Формування ініціативної групи

Обирається робоча група з 3–7 осіб, яка готує необхідні документи:

- проєкт статуту;
- положення про управління кооперативом;
- фінансову модель внесків;
- попередній техніко-економічний аналіз майбутньої ФЕС.

Крок 3. Розроблення та затвердження статуту

Статут визначає:

- права й обов'язки членів кооперативу;
- порядок внесення пайових внесків;
- розподіл прибутків;
- процедуру вступу та виходу;
- роботу правління та ревізійної комісії.

Документ має бути збалансованим, аби уникнути юридичних конфліктів у майбутньому.

Крок 4. Державна реєстрація кооперативу

Кооператив реєструється як юридична особа в органах державної реєстрації, отримує ЄДРПОУ, відкриває рахунок у банківській установі та стає суб'єктом господарювання, здатним укладати договори на закупівлю обладнання або продаж електроенергії.

Крок 5. Фінансове формування кооперативу

Збори затверджують модель внесків. Є наступні варіанти на розгляд мешканців ЖК:

- фіксований щомісячний внесок (наприклад 1000 грн, як аналог квартплати);
- одноразовий пайовий внесок;
- змішана система (частина – одноразово, частина – щомісячно), і це найбільш оптимальний варіант у нашому випадку.

Розміри внесків мають відповідати вартості обладнання, витратам на монтаж і обслуговування ФЕС, а в подальшому відповідати і іншим проектам енергокооперативу.

Крок 6. Реалізація проекту ФЕС та введення в експлуатацію

Кооператив укладає договори з підрядниками, здійснює закупівлю обладнання, інженерне проектування, монтаж та юридичне оформлення ФЕС. Після тестового запуску оформлюється паспорт станції, підписуються договори з оператором системи розподілу.

Крок 7. Початок роботи кооперативу

Після запуску ФЕС кооператив виконує три головні функції:

- забезпечення електроенергією ОСББ – пріоритетне покриття потреб будинку (ліфти, освітлення, насоси);
- операції з надлишками енергії – продаж у мережу за чинними механізмами (ринковий тариф або Net Billing);
- однією з важливих функцій кооперативу є інформаційно-просвітницька робота, спрямована на підвищення рівня енергетичної грамотності мешканців будинку. А також кооператив виступає не тільки як експлуатуюча організація, а й як центр розвитку нових енергетичних ініціатив.

Кооператив функціонує на засадах відкритості та прозорості.

Ключові органи управління:

- загальні збори учасників – найвищий орган, який ухвалює стратегічні рішення;
- правління – виконавчий орган (3-5 осіб), відповідальний за фінанси, закупівлі, технічну експлуатацію;
- ревізійна комісія – контролює витрати та діяльність правління.

Оскільки кооператив діє в межах одного будинку, важливо забезпечити постійну координацію з правлінням ОСББ щодо:

- розподілу електроенергії;
- покриття загальнобудинкових потреб;
- узгодження кошторису витрат;
- спільного планування модернізацій.

Основні статті бюджету кооперативу плануються такими:

- закупівля та монтаж ФЕС;
- технічне обслуговування обладнання;
- облік виробленої та спожитої електроенергії;
- можливі платежі оператору системи розподілу;
- амортизаційні відрахування та резервний фонд.

Кооператив зобов'язаний дотримуватись фінансової прозорості та вести регулярну звітність для членів:

- щомісячну фінансову;
- енергетичну (генерація, споживання, продаж у мережу);
- річний аудит (внутрішній або зовнішній).

Це підвищує довіру мешканців та гарантує правильне використання коштів. Чудовим рішенням буде запровадження формату, де кожен мешканець зможе у будь-який час побачити ці дані на екрані свого телефону.

Запровадження енергетичного кооперативу в межах ОСББ є дієвим інструментом енергетичної автономії будинку та зниження експлуатаційних витрат. Кооперативна форма дозволяє централізовано та прозоро управляти ФЕС, забезпечувати справедливий розподіл витрат і доходів та розвивати довгострокові енергетичні проєкти без додаткового фінансового навантаження на мешканців. Це сучасна та ефективна модель, що відповідає європейським практикам енергетичної демократії та стійкого розвитку.

4.2 Економічні та соціальні переваги впровадження моделі

Впровадження енергетичного кооперативу на базі ОСББ формує комплекс економічних та соціальних вигод, які проявляються як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі. Модель передбачає спільне інвестування у генеруючі установки (насамперед дахові ФЕС), їх колективну експлуатацію та розподіл отриманих вигод між мешканцями будинку. Це створює ефекти, які виходять далеко за межі простої економії на електроенергії.

Основна економічна вигода – скорочення статті витрат ОСББ на електропостачання місць загального користування (МЗК).

ФЕС кооперативу забезпечуватиме пріоритетне покриття:

- освітлення під'їздів і прибудинкової території;
- роботу ліфтів;
- системи насосів;
- систем відеонагляду та охорони, інших інженерних систем будинку у майбутньому.

У результаті рахунки ОСББ за електроенергію зменшуються, що напряду впливає на розмір щомісячних внесків мешканців. Досвід українських ОСББ, які вже встановили дахові СЕС, демонструє зниження витрат на електроенергію МЗК у середньому на 40% залежно від встановленої потужності та профілю споживання [63].

Енергетичний кооператив забезпечує передбачуваність витрат на електроенергію та зменшує залежність від коливань тарифів. Це дозволяє:

- планувати ремонти та модернізацію інфраструктури будинку;
- уникати форсованих підвищень тарифу на утримання будинку;
- формувати резервні фонди.

Хоча продаж у мережу не є основною функцією ФЕС та залежить від погодних умов, сезонності й режиму споживання, певні надлишки можуть генерувати додатковий дохід. Отримані кошти можуть спрямовуватися на:

- компенсацію частини витрат мешканців;
- фінансування нових проєктів енергоефективності (світлодіодне освітлення, встановлення датчиків руху, модернізація інженерних мереж).

Таким чином, кооператив створює економічний механізм, який працює на зменшення комунального навантаження на домогосподарства.

Колективна генерація зменшує залежність ОСББ від центральних

постачальників електроенергії та підвищує стійкість до кризових ситуацій – перебоїв, пікових навантажень, аварій.

У поєднанні з акумуляцією енергії модель може сформувати локальну систему енергетичної безпеки.

Однією з функцій кооперативу є просвітницька діяльність, що включає:

- інформування мешканців щодо можливостей зменшення споживання енергії;
- популяризацію енергоефективних рішень у побуті;
- проведення консультацій, зустрічей, тренінгів;
- залучення мешканців до прийняття рішень та планування енергетичного розвитку.

Це створює культуру відповідального споживання та сприяє формуванню активної громади.

Будинки з власними системами генерації мають вищу інвестиційну привабливість.

Наявність енергетичного кооперативу здатна:

- підвищити ринкову ціну квартир;
- зробити будинок привабливішим для орендарів;
- збільшити конкурентоздатність житлового комплексу.

У разі розвитку проєкту кооператив може:

- ставати партнером місцевих органів влади у програмах енергоефективності;
- залучати грантові кошти;
- створювати нові робочі місця (технічне обслуговування, адміністрування, аналітика);
- ініціювати інші «зелені проєкти (велогенератори, зелена територія, зарядні станції для електромобілів).

Запровадження енергетичного кооперативу в межах ОСББ забезпечує збалансовану комбінацію економічних та соціальних переваг. Економічний ефект проявляється у зниженні вартості комунальних послуг та стабілізації витрат, а соціальний – у зміцненні громади, розвитку енергетичної культури та підвищенні рівня енергетичної безпеки. Така модель формує сучасний підхід до управління житловими будинками та відповідає принципам сталого розвитку та європейської енергетичної політики.

4.3 Перспективи розвитку енергетичних кооперативів в Україні

Розвиток енергетичних кооперативів в Україні є перспективним напрямом модернізації енергетичного сектору та підвищення стійкості місцевих громад. Ця модель повністю відповідає європейським підходам до енергетичної трансформації, сприяє децентралізації виробництва електроенергії, підвищує енергетичну безпеку та залучає громадян до участі в енергетичних процесах. У контексті післявоєнної відбудови кооперативи можуть відігравати ключову роль у створенні локальних енергетичних систем, здатних забезпечити автономність та гнучкість споживачів.

Європейський зелений курс визначає стратегічний напрям розвитку енергетики ЄС: зменшення викидів CO₂, розширення використання ВДЕ та підтримка енергетичних громад. Положення директив RED II та RED III передбачають [64]:

- залучення громадян до виробництва та управління енергією;
- децентралізоване розміщення генеруючих потужностей;
- розвиток локальних енергетичних ринків та спільнот;
- підтримку мікрогенерації на рівні житлових будинків.

Україна, як країна-кандидат на вступ до ЄС, гармонізує власну енергетичну політику з європейськими вимогами. Становлення енергетичних кооперативів в ОСББ та житлових комплексах є прямою відповіддю на ці зобов'язання, забезпечуючи виконання ключових положень Європейського зеленого курсу.

Потенціал розвитку енергетичних кооперативів охоплює наступні напрями:

- широка база для створення кооперативів. В Україні діє майже 40 тисяч ОСББ, які мають можливість встановлювати сонячні електростанції на дахах, фасадах, технічних поверхах і прибудинкових територіях [65];

- підвищення енергетичної безпеки. Повномасштабна війна продемонструвала вразливість централізованої енергетики, тому локальні енергетичні спільноти стають інструментом підвищення стійкості на рівні міст і районів;

- інтеграція в національні програми. Кооперативи можуть бути включені до «ГрінДІМ», програм Фонду енергоефективності, державних ініціатив відновлення енергетики та локальних проєктів децентралізації;

- створення локальних енергетичних хабів. Кооперативи можуть стати основою майбутніх smart-grid-кластерів – систем, де виробництво, накопичення та споживання енергії управляються на рівні мікромережі.

SWOT-аналіз є важливим інструментом для комплексної оцінки потенціалу створення енергетичного кооперативу, оскільки дозволяє системно визначити внутрішні переваги та обмеження, а також зовнішні фактори, що можуть сприяти або перешкоджати реалізації проєкту, тож зобразимо аналіз у форматі табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – SWOT-аналіз перспектив розвитку енергетичних кооперативів в Україні

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Децентралізація енергопостачання; • Зменшення витрат на енергію для громад; • Відповідність Європейському зеленому курсу; • Підвищення енергетичної безпеки на локальному рівні; • Соціальна згуртованість та спільне управління ресурсами. 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Недостатня обізнаність мешканців про кооперативну енергетику • Нестабільність механізмів продажу надлишкової енергії • Невизначеність деяких нормативно-правових механізмів • Відсутність досвіду управління енергетичними проєктами в багатьох ОСББ
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Доступ до грантів і міжнародної фінансової підтримки; • Масштабування кооперативів на рівень міст і громад; • Розвиток smart-grid технологій і накопичувачів; • Участь кооперативів у ринках енергетичних послуг; • Посилення ролі громад у місцевому самоврядуванні. 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Зміни у тарифній та регуляторній політиці; • Можливі технічні обмеження операторів систем розподілу; • Економічні коливання та зростання вартості обладнання; • Низький рівень довіри мешканців до колективних інвестицій; • Збільшення ризиків під час перебоїв у мережі або воєнних загроз.

Матриця ризиків розвитку енергетичних кооперативів в Україні систематизує основні технічні, економічні та нормативні ризики, що можуть впливати на ефективність і стійкість діяльності кооперативів. Вона дозволяє оцінити ймовірність настання кожного ризику та його потенційний вплив, що є важливим для планування та управління проєктами локальної енергетики та наведена у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Матриця ризиків розвитку енергетичних кооперативів в Україні (за винятком військових ризиків)

Ризик	Ймовірність	Вплив	Сумарний рівень ризику	Стратегії реагування
Нестабільність регуляторної політики	Середня	Високий	Високий	Моніторинг змін, участь у консультаціях, адаптивні моделі бізнес-планування.
Недостатня фінансова спроможність ОСББ	Висока	Середній	Високий	Залучення грантів, поетапні інвестиції, ко-фінансування.
Технічні обмеження мереж та відмови у збільшенні потужності	Середня	Середній	Середній	Технічні обстеження, узгодження з ОСР, можливість використання накопичувачів.
Низька залученість мешканців	Висока	Середній	Високий	Комунікаційні кампанії, просвітництво, прозора фінансова звітність.
Коливання цін на обладнання	Середня	Середній	Середній	Довгострокові контракти, диверсифікація постачальників.
Зниження генерації через погодні умови	Висока	Низький	Середній	Встановлення систем моніторингу, оптимізація розташування панелей, часткове резервування.
Підвищення операційних витрат	Низька	Середній	Низький	Планування технічного обслуговування, створення ремонтного резерву.

Щоб розвивати цей напрямок, подальші дослідження у сфері енергетичних кооперативів мають бути спрямовані на:

- економічне моделювання ефективності кооперативів у різних типах будинків та мікромережах;
- порівняння сценаріїв роботи з використанням накопичувачів енергії та без них;
- вивчення моделей інтеграції кооперативів до локальних енергетичних ринків;
- соціологічний аналіз поведінкових бар'єрів, що перешкоджають участі громадян;
- розробку правових рішень для гармонізації з директивами RED II/RED III;
- розвиток цифрових платформ, які дозволять автоматизувати облік, прогнозування та управління спільною генерацією.

4.4 Можливість продажу надлишків згенерованої енергії у мережу

В контексті впровадження дахової ФЕС у багатоквартирному будинку цікавим є не лише покриття внутрішніх енергоспоживань (ліфти, освітлення, насоси тощо), а й потенційна реалізація надлишків виробленої електроенергії у загальну енергомережу. Такий підхід вимагає розуміння сучасних механізмів, що діють в Україні, а також – реального досвіду житлових або комерційних будинків, які вже скористалися цією можливістю.

Нині в Україні для власників сонячних установок (не лише приватних домогосподарств, а й підприємств, ОСББ чи кооперативів) офіційно затверджено статус Активний споживач, що дозволяє продавати надлишкову електроенергію [66].

Основним механізмом для реалізації надлишків стала схема Net Billing. За умовами Net Billing надлишки, які передаються у мережу, «зараховуються» не лише як кВт·год, а можуть нараховуватися у гривнях на спеціальний рахунок – ці кошти можна використати пізніше для оплати спожитої з мережі електроенергії або, за певних умов, вивести [67].

Технічно для участі потрібне: встановлення двозонного або двонаправленого лічильника (або інша схема обліку, що фіксує подачу в мережу та споживання з неї), укладення договору з постачальником, реєстрація генератора, дотримання вимог до підключення інвертора та синхронізації з мережею [68]

Отже, українське законодавство і практика поступово дають можливість багатоквартирним будинкам або кооперативам виступати як «генератори + споживачі» і реалізовувати надлишки на загальних умовах або шляхом взаємозаліку/кредитів за механізмом Net Billing.

Для юридичних осіб, ОСББ, кооперативів та інших непобутових споживачів на сьогодні зелений тариф не застосовується до нових сонячних установок. Це означає, що продаж електроенергії відбувається на загальних ринкових умовах.

Продаж надлишкової електроенергії, виробленої даховими ФЕС у житлових комплексах або ОСББ, не може розглядатися як стабільне та прогнозоване джерело доходу. Це зумовлено як технічними, так і економічними чинниками, що безпосередньо впливають на обсяг надлишкової генерації та можливість її реалізації в мережу.

Передусім, такі системи орієнтовані на покриття власного споживання будинку. Енергія від ФЕС у першу чергу використовується для забезпечення роботи ліфтів, насосів, систем вентиляції та освітлення місць загального користування, а також іншого інженерного обладнання. Лише після повного покриття цих потреб можуть формуватися надлишки. Однак фактичне споживання будинку суттєво змінюється упродовж доби

та між сезонами, що унеможливує точне прогнозування обсягу електроенергії, яка потенційно може бути продана.

Додатковим фактором непередбачуваності є залежність генерації ФЕС від погодних умов. Потужність сонячної генерації в Україні коливається у декілька разів між зимовими та літніми періодами. Взимку надлишки майже відсутні, а влітку – формуються лише за умов низького навантаження будинку або тривалих сонячних періодів. Такі природні коливання роблять виробництво нестабільним і не дозволяють розглядати продаж енергії як регулярний процес.

У випадку використання механізмів Net Billing або продажу електроенергії на ринку додатковою змінною стає її ціна. Тарифи для побутових споживачів та малі виробники орієнтуються на ринкову модель, у межах якої ціна може змінюватися щогодини. У певні періоди (особливо нічні) вартість електроенергії може суттєво знижуватися, а іноді навіть бути нижчою за собівартість виробництва. Така волатильність цін формує високий рівень економічної невизначеності та не дозволяє робити достовірні прогнози доходів від продажу.

Також варто враховувати технічні обмеження операторів систем розподілу (ОСР). В окремих випадках ОСР може встановлювати ліміти на зворотний потік електроенергії або вводити обмеження на максимальну потужність генерації, дозволену для видачі в мережу. Такі вимоги суттєво зменшують потенційний обсяг надлишків, які можуть бути реалізовані, навіть якщо вершинні періоди генерації дозволяють їх формування.

Узагальнюючи викладене, продаж надлишкової електроенергії дахових ФЕС у житлових будівлях слід розглядати не як основний елемент бізнес-моделі, а як додаткову можливість підвищити економічну ефективність системи. ФЕС у житловому секторі насамперед спрямована на зменшення витрат будинку на електроенергію, тоді як дохід від продажу надлишків є змінним, нестабільним і залежним від багатьох зовнішніх

чинників. Тому точний прогноз прибутку є неможливим: будь-які розрахунки можуть мати лише орієнтовний характер і повинні ґрунтуватися на усереднених статистичних даних попередніх років. Продаж у мережу варто розцінювати як бонус, а не як гарантоване джерело доходу.

Висновки до розділу 4

У розділі сформовано практичні рекомендації щодо впровадження енергетичного кооперативу в межах ОСББ та окреслено перспективи розвитку цієї моделі в Україні. Розглянута поетапна схема створення кооперативу демонструє, що організаційні та юридичні механізми дозволяють реалізувати проекти локальної генерації без порушення чинного законодавства та з урахуванням інтересів співвласників багатоквартирного будинку.

Показано, що кооперативна форма управління енергетичними ресурсами забезпечує прозоре фінансування, колективну відповідальність і ефективну експлуатацію дахових фотоелектричних станцій. Пріоритетне спрямування згенерованої електроенергії на покриття потреб місць загального користування дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати ОСББ та стабілізувати фінансове навантаження на мешканців.

Економічні та соціальні ефекти впровадження моделі проявляються у зменшенні витрат на електропостачання, підвищенні передбачуваності платежів, формуванні резервних фондів і зростанні інвестиційної привабливості житлового комплексу. Соціальна складова моделі сприяє підвищенню рівня енергетичної обізнаності мешканців, розвитку культури відповідального споживання та зміцненню внутрішньої самоорганізації громади.

Аналіз перспектив розвитку енергетичних кооперативів в Україні підтвердив їх відповідність європейським підходам децентралізації енергетики та вимогам директив RED II/RED III. SWOT-аналіз і матриця ризиків показали, що попри наявність регуляторних та фінансових обмежень, потенціал масштабування кооперативної моделі є значним, особливо в умовах відновлення енергетичної інфраструктури та розвитку локальних мікромереж.

Окремо встановлено, що можливість продажу надлишків електроенергії в мережу за механізмом Net Billing має допоміжний характер і не може розглядатися як стабільне джерело доходу. Основна економічна доцільність впровадження дахових ФЕС у житловому секторі полягає у скороченні власного споживання електроенергії з мережі, тоді як реалізація надлишків виконує роль додаткового компенсаційного інструменту.

Узагальнюючи, енергетичний кооператив у межах ОСББ є практично реалізованою, економічно доцільною та соціально обґрунтованою моделлю, що сприяє підвищенню енергетичної стійкості житлових будинків, зменшенню залежності від централізованого електропостачання та формуванню основ для розвитку децентралізованої енергетики в Україні.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розроблено комплексну модель енергетичного кооперативу для житлового комплексу як ефективний інструмент підвищення енергетичної незалежності мешканців. Дослідження охопило аналіз динаміки споживання енергоресурсів, технічний розрахунок генерації від дахової фотоелектричної станції, оцінку економічної доцільності, ризиків та організаційних аспектів створення кооперативу.

1. Проведений аналіз європейського та українського досвіду розвитку енергетичних кооперативів підтвердив, що їхнє функціонування є ефективним інструментом енергетичної децентралізації, підвищення енергетичної стійкості та демократизації ринку енергії.

2. Досвід країн ЄС показав, що успіх енергетичних кооперативів визначається не лише економічними чинниками, а й соціальною довірою, локальною згуртованістю та сприятливим нормативно-правовим середовищем.

3. В Україні існує значний потенціал для розвитку кооперативного руху, особливо у сфері використання відновлюваних джерел енергії у житловому секторі, однак його реалізація обмежена фрагментарністю законодавства, складністю доступу до фінансування та недостатньою участю громадян у прийнятті енергетичних рішень.

4. Порівняння українського законодавства з європейськими директивами показало наявність прогалин у правовому забезпеченні діяльності енергетичних громад, що стримує масштабування кооперативного руху та обмежує потенціал децентралізації енергетики.

5. Аналіз житлового комплексу на вул. Симона Петлюри показав стабільні показники споживання теплової енергії та води, високий рівень електроспоживання та ризики для функціонування критичних систем під

час відключень електроенергії, що обґрунтовує необхідність впровадження локальної мікромережі та кооперативної моделі управління енергоресурсами.

6. Використання кластерного аналізу дозволило математично обґрунтовано виділити групи споживачів електроенергії за рівнем навантаження та критичністю, що визначає пріоритети у забезпеченні безперебійного живлення для ліфтів, насосів та систем освітлення місць загального користування.

7. Розроблена технічна модель енергетичного кооперативу включає дахову фотоелектричну станцію потужністю 49,5 кВт, гібридний інвертор та акумуляторну систему, що забезпечує енергетичну автономність будинку, економію коштів мешканців та високий рівень інвестиційної привабливості (термін окупності близько 1,4 року).

8. Впровадження моделі енергетичного кооперативу у межах ОСББ забезпечує прозоре фінансування, колективну відповідальність, ефективне використання згенерованої електроенергії та формування соціально-орієнтованої культури відповідального споживання серед мешканців.

Загалом, розроблена модель та рекомендації щодо створення енергетичного кооперативу підтверджують її практичну реалізацію та економічну доцільність, сприяють підвищенню енергетичної стійкості житлових комплексів, зменшенню залежності від централізованого електропостачання та формуванню основ для розвитку децентралізованої енергетики в Україні, що відповідає стратегічним завданням повоєнної відбудови та інтеграції до європейського енергетичного простору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про кооперацію : Закон України від 10.07.2003 № 1087-IV / Верховна Рада України: Законодавство України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1087-15#Text> (дата звернення: 05.11.2025).
2. Енциклопедія історії України: Т. 5: Кон – Кю. / Редкол.: В. А. Смолій (голова) та ін. НАН України. Інститут історії України. – Київ: В-во "Наукова думка", 2008. С.120.
3. Уркевич В.Ю. Становлення сільськогосподарських кооперативів в умовах ринкової економіки України: деякі правові аспекти: Монографія. Харків: ТОВ «Одісей», 2004. С. 31.
4. Енергетичні кооперативи: американська модель. *Екосфера*. URL: <https://ekosphaera.org/energetychni-kooperatyvy-amerykanska-model/> (дата звернення: 07.11.2025).
5. Енергетичні кооперативи: енергонезалежність для громад / А. Мартинюк та ін. *Heinrich Böll Stiftung*. URL: https://ua.boell.org/sites/default/files/2019-11/Енергетичні-кооперативи_енергонезалежність-для-громад.pdf (дата звернення: 09.12.2025).
6. Terminologies and concepts of energy cooperations in Europe: A systematic review of characteristics, potentials, and challenges / A. Arias et al. *Energy Research & Social Science*. 2025. Vol.122. P.104012. URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104012> (date of access: 17.11.2025).
7. Citizen Cooperatives. *EU Covenant of Mayors*. URL: <https://eu-mayors.ec.europa.eu/en/node/46> (date of access: 04.12.2025).
8. Success factors of citizen energy cooperatives in north western Germany: a conceptual and empirical review / К. Ahlemeyer et al. *Energy, Sustainability and Society*. 2022. Vol. 12, no. 1.

URL: <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00354-4> (date of access: 13.11.2025).

9. Енергетичні кооперативи: енергонезалежність для громад / А. Мартинюк та ін. *Heinrich Böll Stiftung*.

URL: https://ua.boell.org/sites/default/files/2019-11/Енергетичні-кооперативи_енергонезалежність-для-громад.pdf (дата звернення: 09.11.2025).

10. Європейський Зелений Курс. *Представництво України при Європейському Союзі*. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobotnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>

(дата звернення: 09.12.2025).

11. Directive - 2018/2001 - EN. *EUR-Lex*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj> (date of access: 10.11.2025).

12. Do energy communities need to be local? A comparative study of two energy cooperatives in Europe - *Zeitschrift für Vergleichende Politikwissenschaft*. *SpringerLink*.

URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12286-024-00601-2> (date of access: 14.11.2025).

13. Пантелеймоненко А., Грицюк Т. Енергетичні кооперативи: досвід Німеччини. *Полтавський державний аграрний університет*.

URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/nppdaa/6.2/36.pdf> (дата звернення: 11.11.2025).

14. Семів С. та ін. Європейський досвід діяльності кооперативів у сфері відновлювальної енергетики. *Креативний простір*. 2021. № 6. С.82-84.

URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/nppdaa/6.2/36.pdf> (дата звернення: 11.11.2025).

15. HIER opgewekt 2026. *HIER*.

URL: https://www.hier.nu/hieropgewekt?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=HIER%20opgewekt&utm_id=1534670371

&gad_source=1&gad_campaignid=1534670371&gbraid=0AA
AAADPaPU1-
tTuudJguenOhhnGabwWWD&gclid=EAIAIQobChMIqPny2LHwkAMV
k8tEBx0PgZ07EAAAYASAAEgK0xfD_BwE (date of access: 13.11.2025).

16. Somenergia. *Som Energia*.
URL: <https://www.somenergia.coop/es/> (date of access: 12.11.2025).

17. Coopératives d'énergie renouvelable, citoyenne et
solidaire. *Enercoop*. URL: <https://www.enercoop.fr/> (date of access:
14.11.2025).

18. Lokalna energia dla lokalnych potrzeb. *Spółdzielnia energetyczna |
Lokalna energia dla lokalnych potrzeb*. URL: [https://spoldzielnia-
energetyczna.pl/](https://spoldzielnia-energetyczna.pl/) (date of access: 14.11.2025).

19. Gancheva L. Energy Cooperatives and Communities to Foster
Social Innovation in the EU – a Bulgarian Case Study – Prospects and
Barriers. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*.
2024. Vol. 18, no. 1. P. 1453–1464. URL: [https://doi.org/10.2478/picbe-2024-
0119](https://doi.org/10.2478/picbe-2024-0119) (date of access: 17.12.2025).

20. Муниципальний енергетичний кооператив. *Сонячне Місто*.
URL: <https://solartown.com.ua/> (дата звернення: 14.11.2025).

21. ТОВ Берездівський енергетичний кооператив. *Opendatabot*.
URL: <https://opendatabot.ua/c/42683881> (дата звернення: 11.11.2025).

22. Перша в Україні Школа Енергетичної Кооперації. *Бізнес-
школа УКУ*. URL: [https://lvbs.com.ua/news/persha-v-ukrayini-shkola-
energetychnoyi-kooperatsiyi-nabir-vidkryto/](https://lvbs.com.ua/news/persha-v-ukrayini-shkola-energetychnoyi-kooperatsiyi-nabir-vidkryto/) (дата звернення: 14.11.2025).

23. Developing energy communities in Ukraine. *Ecoaction*.
URL: [https://en.ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2025/04/Developing-
energy-communities-Ukraine2025s.pdf](https://en.ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2025/04/Developing-energy-communities-Ukraine2025s.pdf) (date of access: 14.11.2025).

24. About the Project - Civil Society Energy for Resilient
Ukraine. *Citizen energy for Ukraine*.

URL: <https://citizenenergy.com.ua/en/about-project-civil-society-energy-resilient-ukraine> (date of access: 01.12.2025).

25. Можливість для громад створити енергетичні кооперативи. *Дніпропетровське Інвестиційне агентство*.

URL: <https://dia.dp.gov.ua/mozhlivist-dlya-gromad-stvoriti-energetichni-kooperativi/> (дата звернення: 17.11.2025).

26. Удосконалення законодавчих і регуляторних умов розвитку "зелених" енергетичних спільнот в Україні. *Укрінформ*.

URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-presshall/3893573-udoskonalenna-diazakonodavcih-i-regulatornih-umov-rozvitku-zelenih-energeticnih-spilnot-v-ukraini.html> (дата звернення: 15.11.2025).

27. Пастух А. Створення енергетичних кооперативів в Україні: юридичні аспекти. *UABIO*. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2016/02/Pastuh_18_02_2016.pdf (дата

звернення: 15.11.2025).

28. Trypolska G., Riabchyn O. Experience and Prospects of Financing Renewable Energy Projects in Ukraine. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2022. Vol. 12, no. 1. P. 134–143.

URL: <https://doi.org/10.32479/ijeep.11999> (date of access: 12.12.2025).

29. Можливість для громад створити енергетичні кооперативи. *Дніпропетровське Інвестиційне агентство*.

URL: <https://dia.dp.gov.ua/mozhlivist-dlya-gromad-stvoriti-energetichni-kooperativi/> (дата звернення: 17.11.2025).

30. High-Resolution Rooftop-PV Potential Assessment for a Resilient Energy System in Ukraine. *arXiv*. URL: <https://arxiv.org/abs/2412.06937> (date of access: 17.11.2025).

31. Створення енергетичних кооперативів – шлях до енергонезалежності та самостійності об'єднаних територіальних громад в Україні. *Офіційний сайт Держенергоефективності*.

URL: <https://saee.gov.ua/news/stvorennia-energeticnix-kooperativiv-sliax-do-energonezaleznosti-ta-samostiinosti-objednanix-teritorialnix-gromad-v-ukrayini> (дата звернення: 18.11.2025).

32. LvBS спільно з Greencubator анонсує «Школу Енергетичної Кооперації». *Бізнес-школа УКУ*. URL: <https://lvbs.com.ua/news/lvbs-spilno-z-greencubator-anonsuye-shkolu-energetychnoyi-kooperatsiyi/> (дата звернення: 14.11.2025).

33. Про ринок електричної енергії : Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII : станом на 28 серп. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 12.11.2025).

34. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 № 555-IV : станом на 9 лют. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення: 13.11.2025).

35. Establishing Solar Energy Cooperatives in Ukraine: Regional Considerations and a Practical Guide. *MDPI*. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/14/3623> (date of access: 16.11.2025).

36. Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та "зеленої" трансформації енергетичної системи України : Закон України від 30.06.2023 № 3220-IX : станом на 30 черв. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3220-20#Text> (дата звернення: 12.11.2025).

37. How HOAs and Housing Cooperatives Can Receive Support for Energy Efficiency Projects. *Офіційний сайт Держенергоефективності*. URL: <https://saee.gov.ua/en/news/how-hoas-and-housing-cooperatives-can-receive-support-for-energy-efficiency-projects> (date of access: 08.11.2025).

38. Energy communities as a tool for decentralization and sustainability of the Ukrainian energy system | Energy Partnership Ukraine. *The German-Ukrainian Energy Partnership*. URL: <https://energypartnership-ukraine.org/news/business-round-table-on-the-energy-sector-in-ukraine/default-title/> (date of access: 19.11.2025).

39. Implementing European Union Provisions and Enabling Frameworks for Renewable Energy Communities in Nine Countries: Progress, Delays, and Gaps / M. Krug et al. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, no. 11. P. 8861. URL: <https://doi.org/10.3390/su15118861> (date of access: 12.12.2025).

40. Directive - 2019/944 - EN. *EUR-Lex*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/944/oj/eng> (date of access: 14.11.2025).

41. Mainstreaming Community Energy: Is the Renewable Energy Directive a Driver for Renewable Energy Communities in Germany and Italy? / M. Krug et al. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, no. 12. P. 7181. URL: <https://doi.org/10.3390/su14127181> (date of access: 12.12.2025).

42. Яценко В. В. Економічні та соціальні аспекти створення автономних енергетичних регіонів в Україні / В. В. Яценко, К. О. Могильна // *Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал*. – 2023. – № 4 (74). – С. 150-157. – Бібліогр.: 17 назв.

43. Economic and energy security of Ukraine in conditions of war / О. Кубатко et al. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2023. No. 4 (96). P. 39–47. URL: <https://doi.org/10.32782/bsnau.2023.4.7> (date of access: 11.11.2025).

44. Вострякова В. Енергетичні кооперативи як механізм забезпечення сталого енергетичного розвитку громад. *Економіка та суспільство*. 2022. № 42. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-42-66> (дата звернення: 01.12.2025).

45. Енергетичні кооперативи. Що таке енергетичний кооператив? | Solar Garden. *Solar Garden*.

URL: <https://www.solargarden.com.ua/enerhetychni-kooperatyvy/> (дата звернення: 14.11.2025).

46. Соціально-економічні аспекти розвитку електроенергетики в домогосподарствах України та ЄС / О. Кубатко та ін. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-98> (дата звернення: 10.12.2025).

47. Грант до €45 000 на підтримку енергетичних ініціатив для МСБ та кооперативів. *GrantMarket*. URL: <https://grant.market/opp/enercom> (дата звернення: 01.12.2025).

48. Energy communities. *JRC Smart Electricity Systems*. URL: <https://ses.jrc.ec.europa.eu/energy-communities> (date of access: 28.11.2025).

49. Duggins T. Energy clubs offer chance to reduce electricity bills by up to 30%. *the Guardian*. URL: <https://www.theguardian.com/money/2025/oct/18/green-energy-clubs-savings-electricity-bills-energy-local-better-deal> (date of access: 04.12.2025).

50. Нотатки публічного діалогу "Перспективи розвитку зелених енергетичних спільнот в Україні" 27.1. *Citizen energy for Ukraine*. URL: <https://citizenenergy.com.ua/en/events/notatky-publicnoho-dialohu-perspektyvy-rozvytku-zelenykh-enerhetychnykh-spilnot-v-ukrayini> (дата звернення: 03.12.2025).

51. Скоробогатова Н. Енергонезалежність місцевих громад: міжнародний досвід та перспективи розвитку в Україні. *Журнал європейської економіки*. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1884> (дата звернення: 01.12.2025).

52. Енергетичні спільноти як інструмент розвитку децентралізованої генерації та стійкості української енергосистеми. *Екодія*. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp->

content/uploads/2025/06/analit-dovidka-i-rekomend-energo-2-2025s.pdf (дата звернення: 03.12.2025).

53. Енергетичні кооперативи: досвід Німеччини та Австрії. *FEAO*. URL: https://feao.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/FEAO_Energy_cooperatives.pdf (дата звернення: 20.11.2025).

54. Kaletnik G., Diuk A. Development of cooperation in the energy sphere of organizational and economic socialization of entrepreneurial management in the rural area. *Ekonomika APK*. 2020. Vol. 313, no. 11. P. 19–29. URL: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202011019> (date of access: 12.12.2025).

55. Trypolska G., Kubatko O., Kurbatova T. Improving organizational and economic mechanisms for the formation of energy cooperatives in the private household sector of Ukraine. *Scientific bulletin of the International Association of scientists. Series: Economy, management, security, technologies*. 2025. URL: <https://doi.org/10.56197/2786-5827/2025-4-3-6> (date of access: 12.12.2025).

56. Сонячна електростанція на даху. *КПІ ім. Ігоря Сікорського*. URL: <https://kpi.ua/2019-kr37-1> (дата звернення: 21.11.2025).

57. Wind energy. *Urban Green-blue Grids*. URL: <https://urbangreenbluegrids.com/measures/wind/> (date of access: 14.11.2025).

58. ГрінДІМ. Фонд Енергоефективності. URL: <https://eefund.org.ua/greendim/> (дата звернення: 02.12.2025).

59. Про прийняття національних стандартів, скасування національних стандартів, змін та поправок до них. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0330774-23#Text> (дата звернення: 01.12.2025).

60. Характеристики Longi Solar 450 Вт. *АЛТОН*.
URL: <https://alton.com.ua/solnechnaya-batareya-monokristallicheskaya-longi-solar-450-vt.html> (дата звернення: 29.11.2025).

61. Global Solar Atlas. *Global Solar Atlas*.
URL: <https://globalsolaratlas.info/map> (date of access: 28.11.2025).

62. Про об'єднання співвласників багатоквартирного будинку : Закон України від 29.11.2001 № 2866-III : станом на 10 листоп. 2023 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2866-14#Text> (дата звернення: 12.12.2025).

63. Енергонезалежність для ОСББ: досвід київської багатоповерхівки з сонячними панелями. *Texty.org.ua*.
URL: <https://texty.org.ua/fragments/112665/enerhonezalezhnist-dlya-osbb-dosvid-kyuyivskoyi-bahatopoverhivky-z-sonyachnymy-panyelyamy/> (дата звернення: 02.12.2025).

64. Renewable Energy Directive. *Energy*.
URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en (date of access: 03.12.2025).

65. ОСББ: як створити і чи потрібно саме зараз?. *Re:House*.
URL: <https://rehouse.org.ua/counsellor/osbb-yak-stvoryty-i-chy-potribno-same-zaraz> (дата звернення: 03.12.2025).

66. Термін «Активний споживач». *Офіційний вебпортал парламенту України*.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/term/60728/sp:dark> (дата звернення: 28.11.2025).

67. Net billing – підтримка відновлюваної енергетики після “зеленого” тарифу. *Decentralization*.
URL: <https://decentralization.gov.ua/en/news/16213> (дата звернення: 29.11.2025).

68. Що таке NetBilling? *Solar invest group*.
URL: <https://www.sig.energy/shho-take-netbilling/> (дата звернення:
02.12.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Друга ітерація кластерного аналізу

	1	2	3-9	4	5	6	7	8	10	11	12	13
1	0	685	660	461	698	676	564	658	622	82	702	541
2	685	0	42	1152	10	26	112	44	418	63	17	144
3-9	660	42	0	1108	40	18	297	42	389	34	42	116
4	461	1152	1108	0	1126	1015	1015	1107	1072	991	1151	991
5	698	10	40	1126	0	133	133	41	76	157	3	157
6	676	26	18	1015	133	0	111	26	54	135	24	135
7	564	112	297	1015	133	111	0	92	58	24	136	24
8	658	44	42	1107	41	26	92	0	34	116	44	116
10	622	418	389	1072	76	54	58	34	0	274	433	274
11	82	63	34	991	157	135	24	116	274	0	80	81
12	702	17	42	1151	3	24	136	44	433	80	0	160
13	541	144	116	991	157	135	24	116	274	81	160	0

Таблиця А.2 – Третя ітерація кластерного аналізу

	1	2	3-9	4	5-12	6	7	8	10	11	13
1	0	685	660	461	699	676	564	658	622	82	541
2	685	0	42	1152	13	26	112	44	418	63	144
3-9	660	42	0	1108	42	18	297	42	389	34	116
4	461	1152	1108	0	1126	1015	1015	1107	1072	991	991
5-12	699	13	42	1126	0	129	136	43	433	80	160
6	676	26	18	1015	129	0	111	26	54	135	135
7	564	112	297	1015	136	111	0	92	58	24	24
8	658	44	42	1107	43	26	92	0	34	116	116
10	622	418	389	1072	433	54	58	34	0	274	274
11	82	63	34	991	80	135	24	116	274	0	81
13	541	144	116	991	160	135	24	116	274	81	0

Таблиця А.3 – Четверта ітерація кластерного аналізу

	1	2	3-6-9	4	5-12	7	8	10	11	13
1	0	685	660	461	699	564	658	622	82	541
2	685	0	26	1152	13	112	44	418	63	144
3-6-9	660	26	0	1108	42	297	42	54	34	135
4	461	1152	1108	0	1126	1015	1107	1072	991	991
5-12	699	13	42	1126	0	136	43	433	80	160
7	564	112	297	1015	136	0	92	58	24	24
8	658	44	42	1107	43	92	0	34	116	116
10	622	418	54	1072	433	58	34	0	274	274
11	82	63	34	991	80	24	116	274	0	81
13	541	144	135	991	160	24	116	274	81	0

Таблиця А.4 – П'ята ітерація кластерного аналізу

	1	2	3-6-9	4	5-12	7-13	8	10	11
1	0	685	660	461	699	564	658	622	82
2	685	0	26	1152	13	136	44	418	63
3-6-9	660	26	0	1108	42	297	42	54	34
4	461	1152	1108	0	1126	1015	1107	1072	991
5-12	699	13	42	1126	0	160	43	433	80
7-13	564	136	297	1015	160	0	116	274	24
8	658	44	42	1107	43	116	0	34	116
10	622	418	54	1072	433	274	34	0	274
11	82	63	34	991	80	24	116	274	0

Таблиця А.5 – Шоста ітерація кластерного аналізу

	1	2	3-6-9	4	5-12	7-13-11	8	10
1	0	685	660	461	699	564	658	622
2	685	0	26	1152	13	136	44	418
3-6-9	660	26	0	1108	42	297	42	54
4	461	1152	1108	0	1126	1015	1107	1072
5-12	699	13	42	1126	0	160	43	433
7-13-11	564	136	297	1015	160	0	116	274
8	658	44	42	1107	43	116	0	34
10	622	418	54	1072	433	274	34	0

Таблиця А.6 – Сьома ітерація кластерного аналізу

	1	2-5-12	3-6-9	4	7-13-11	8	10
1	0	685	660	461	564	658	622
2-5-12	685	0	26	1126	136	43	418
3-6-9	660	26	0	1108	297	42	54
4	461	1126	1108	0	1015	1107	1072
7-13-11	564	136	297	1015	0	116	274
8	658	43	42	1107	116	0	34
10	622	418	54	1072	274	34	0

Таблиця А.7 – Восьма ітерація кластерного аналізу

	1	2-3-5-6-9-12	4	7-13-11	8	10
1	0	660	461	564	658	622
2-3-5-6-9-12	660	0	1108	136	42	54
4	461	1108	0	1015	1107	1072
7-13-11	564	136	1015	0	116	274
8	658	42	1107	116	0	34
10	622	54	1072	274	34	0

Таблиця А.8 – Дев'ята ітерація кластерного аналізу

	1	2-3-5-6-9-12	4	7-13-11	8-10
1	0	26	461	564	622
2-3-5-6-9-12	26	0	1108	136	48
4	461	1108	0	1015	1072
7-13-11	564	136	1015	0	274
8-10	622	48	1072	274	0

Таблиця А.9 – Десята ітерація кластерного аналізу

	1-2-3-5-6-9-12	4	7-13-11	8-10
1-2-3-5-6-9-12	0	1108	136	54
4	1108	0	1015	1072
7-13-11	136	1015	0	274
8-10	54	1072	274	0

Додаток Б

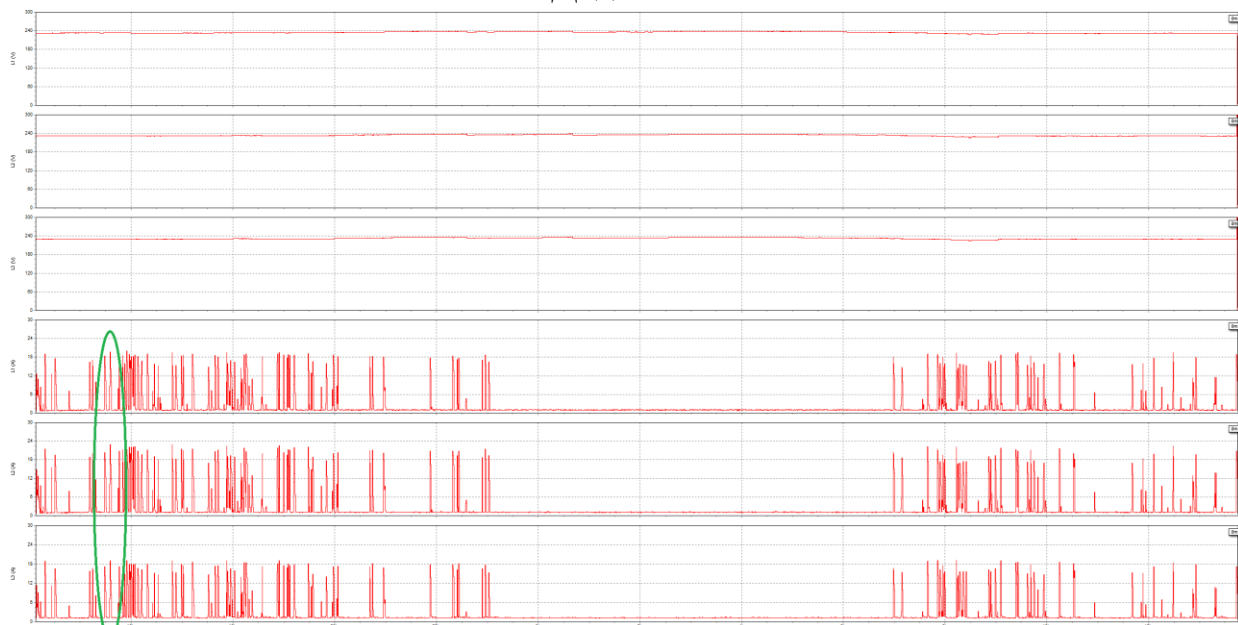


Рисунок Б.1 – Імпульсні навантаження струмів ліфту за добу

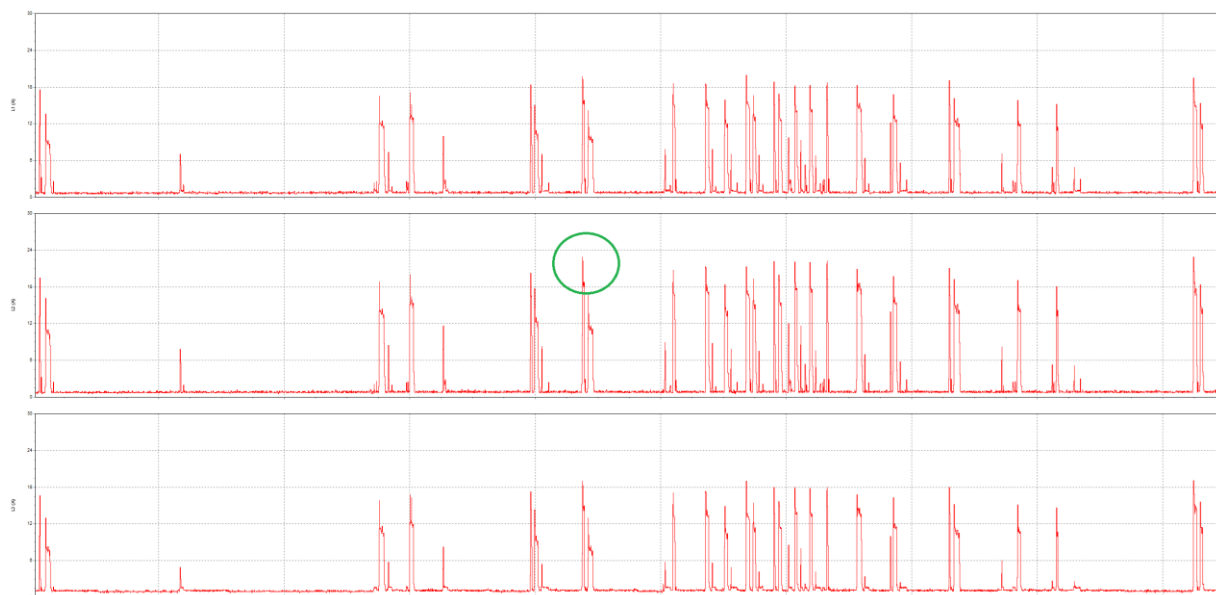


Рисунок Б.2 – Імпульсні навантаження струмів ліфту у період з 15:00 до 17:00



Рисунок Б.3 – Пікові значення активної потужності у період з 15:00 до 17:00



Рисунок Б.4 – Пікові значення повної потужності у період з 15:00 до 17:00

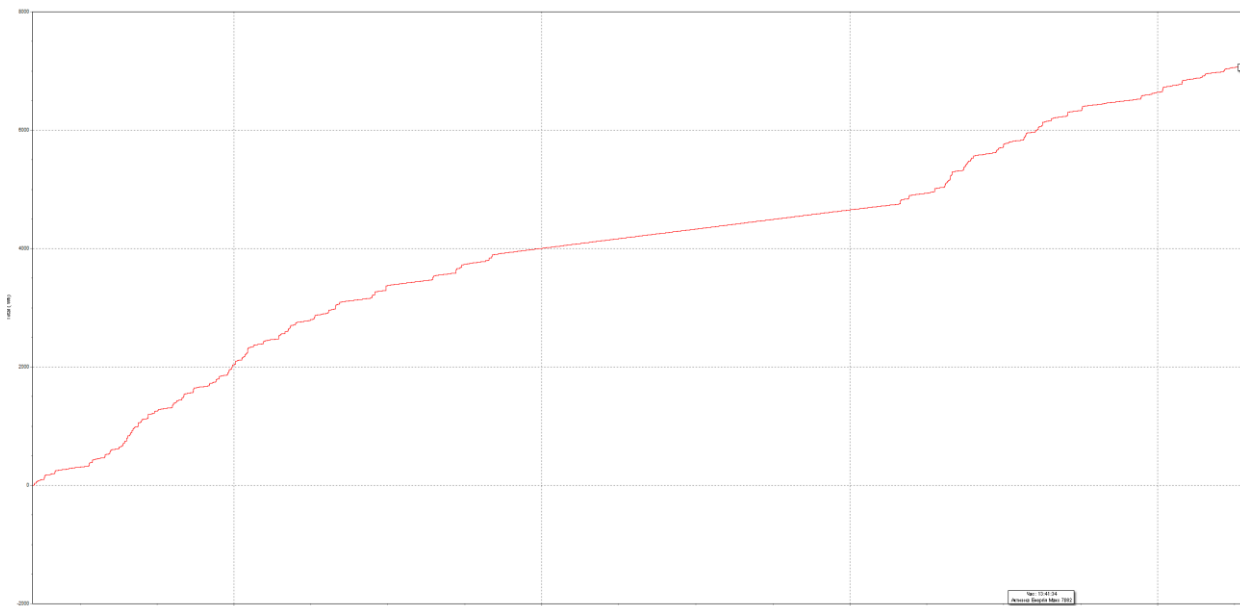


Рисунок Б.5 – Активна енергія спожита ліфтом за добу

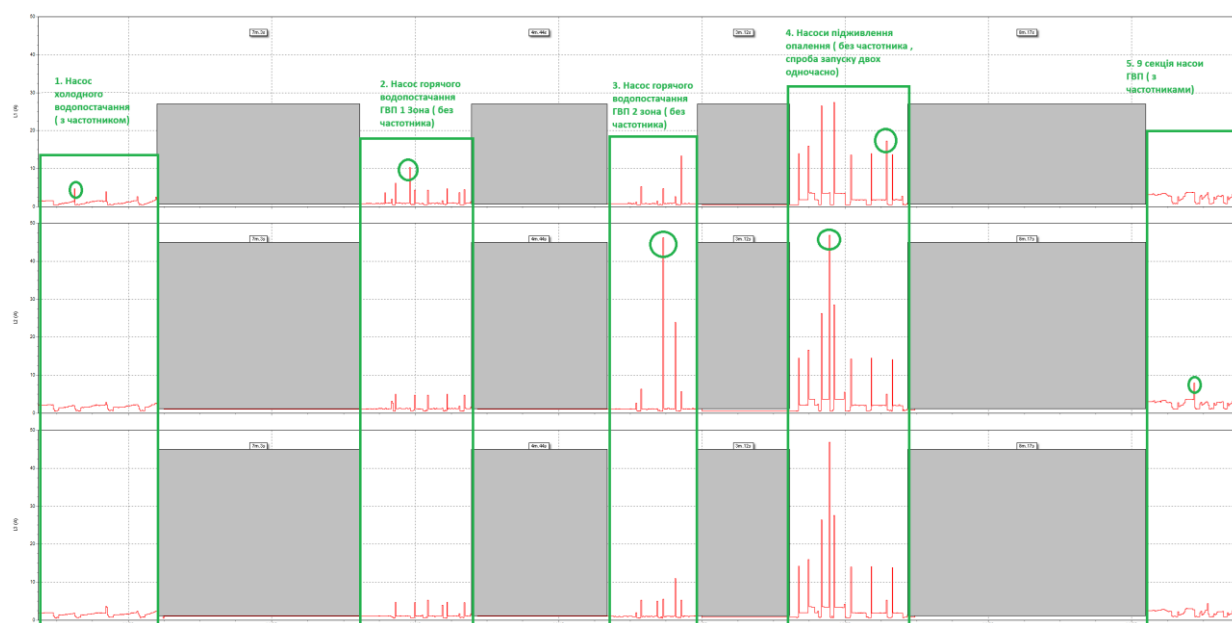


Рисунок Б.6 – Пускові режими насосів

Додаток В

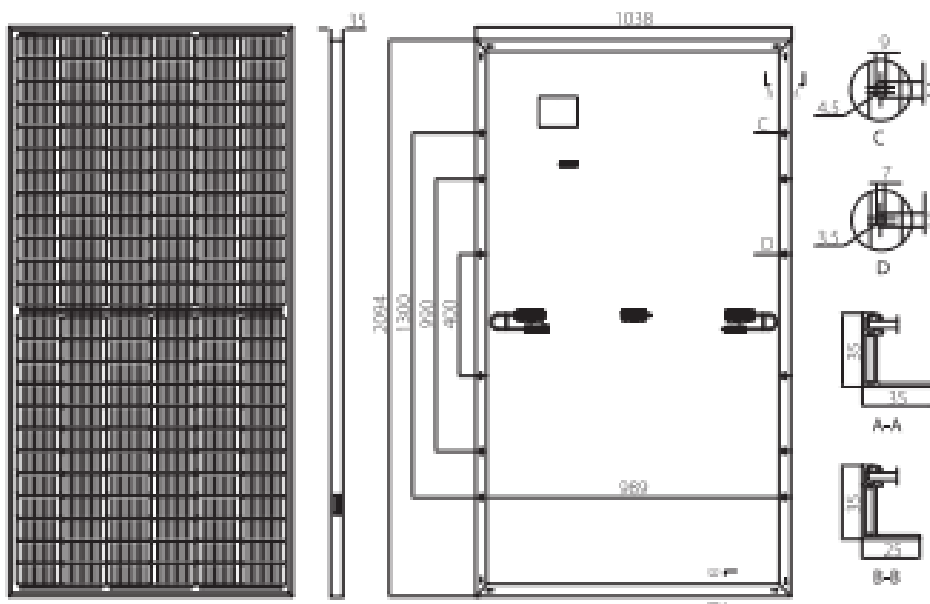


Рисунок В.1 – Зовнішній вигляд та графічне зображення сонячної панелі Longi Solar LR4-72HPH

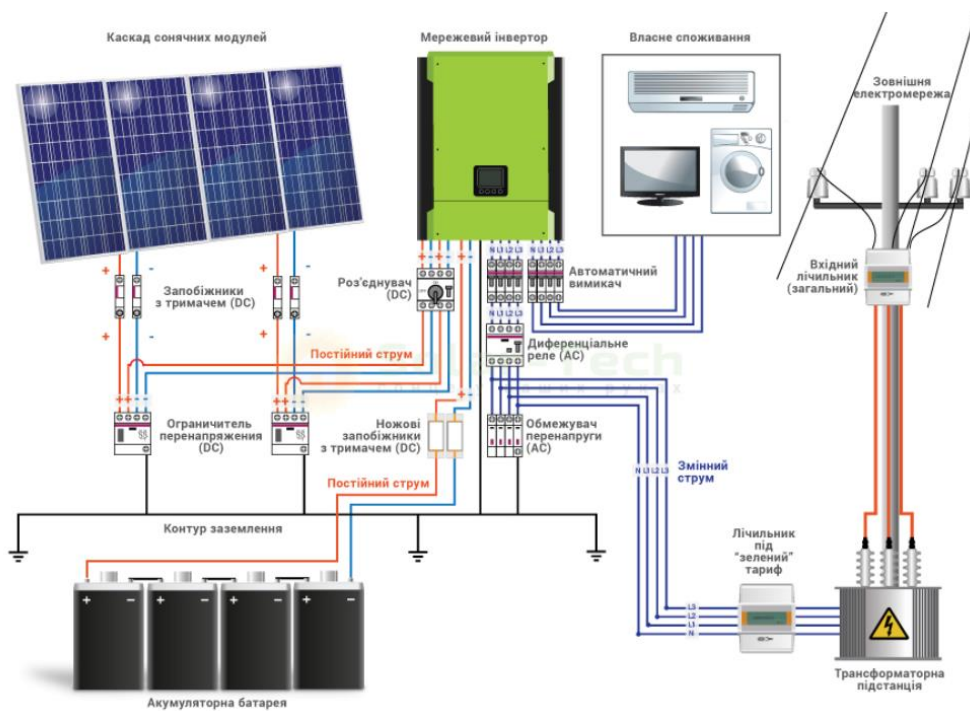


Рисунок В.2 – Принципова схема роботи дахової ФЕС

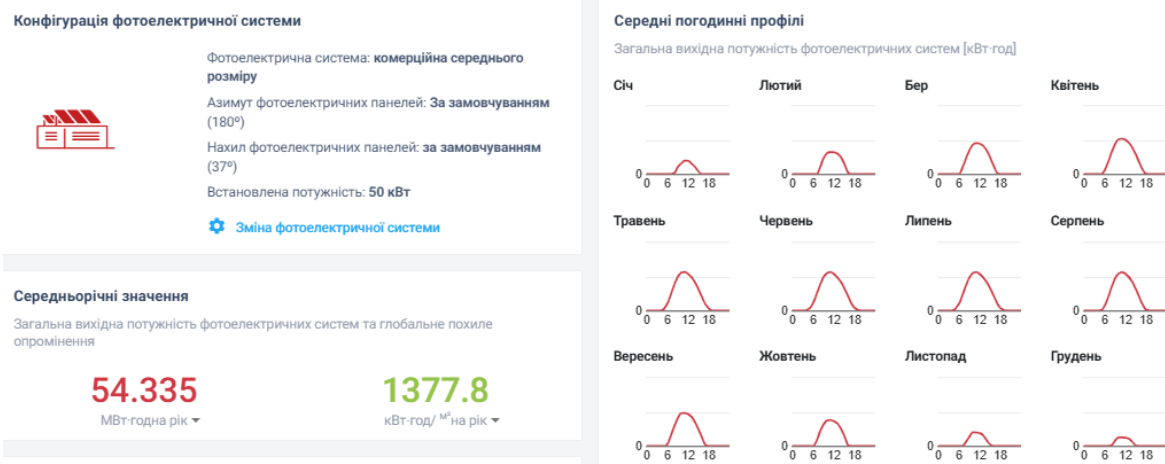


Рисунок В.3 – Обчислення загальної потужності фотомодулів за допомогою Global Solar Atlas [61]