

– теплова енергія: зменшення споживання від 6 % до 42 %. Найбільше зменшення теплової енергії відзначене у ЗДО «В» (42 %), найменше – у ЗДО «Д» (6 %), що пояснюється скороченням обігріву приміщень через меншу кількість людей в ЗДО.

Отримані дані не відображають підвищення енергоефективності закладів, а є прямим наслідком зміни режиму роботи під час воєнного часу. Зниження споживання енергії відбулося переважно через зменшення кількості присутніх у закладах та зниження навантаження на будівлі, а не за рахунок модернізації обладнання чи впровадження енергоефективних заходів.

Висновки. У межах дослідження встановлено, що рівень енергоспоживання ЗДО суттєво відрізняється для окремих закладів, причому частина з них має підвищені витрати енергії. Порівняння показників за два періоди (2019–2021 та 2022–2024 роки) довело, що дистанційний режим роботи та обмежена присутність вихованців у приміщеннях закладів вплинули на зниження або зміну структури споживання енергії.

Розподіл аналізу за видами енергоносіїв дозволив окремо оцінити витрати електричної і теплової енергії та визначити, які системи потребують більшої уваги енергоменеджера. Результати дослідження доводять, що оптимізація опалення, освітлення та роботи технологічного обладнання може допомогти знизити рівень енергоспоживання.

Отримані дані може бути використано для планування заходів з підвищення рівня енергоефективності у закладах дошкільної освіти, а також для енергомоніторингу та оцінки ефективності використання енергоресурсів на місцевому рівні.

УДК 621.311.1

Комар В. А., аспірант, ORCID 0009-0006-1935-2390,
наук. керівник: канд. техн. наук, доцент **Ю. А. Веремійчук**,
ORCID 0000-0003-0258-0478,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ УЧАСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СПІЛЬНОТ В РЕАЛІЗАЦІЇ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

ANALYSIS OF MECHANISMS FOR ENERGY COMMUNITY PARTICIPATION IN THE IMPLEMENTATION OF DECENTRALISED ELECTRICITY SUPPLY

***Анотація.** В умовах воєнних викликів для енергетичної інфраструктури України децентралізовані моделі енергозабезпечення набувають стратегічної актуальності. У роботі систематизовано механізми децентралізованого електропостачання через взаємодію учасників енергетичних спільнот (ЕС): колективне зберігання енергії, P2P-торгівлю,*

агрегацію попиту та мобільний обмін через електромобілі. Участь енергетичних спільнот в реалізації децентралізованого електропостачання є механізмом підвищення операційної, економічної ефективності енергосистеми та соціальним принципом в умовах реалізації європейських цілей в енергетичній політиці. Бібл. 6, табл. 1.

Ключові слова: енергетична спільнота, децентралізоване електропостачання, P2P-торгівля, установки зберігання енергії, агрегація попиту, відновлювана енергетика, електромобілі.

Abstract. In the context of wartime challenges to Ukraine's energy infrastructure, decentralised energy supply models are acquiring strategic relevance. This paper systematises the mechanisms of decentralised electricity supply through the interaction of energy community (EC) participants: collective energy storage, peer-to-peer (P2P) trading, demand aggregation, and mobile energy exchange via electric vehicles. The participation of energy communities in the implementation of decentralised electricity supply serves as a mechanism for enhancing the operational and economic efficiency of the energy system, as well as a social principle in the context of implementing European goals in energy policy. Ref. 6, Tabl. 1.

Key words: energy community, decentralised electricity supply, P2P trading, energy storage systems, demand aggregation, renewable energy, electric vehicles.

Вступ. В умовах повномасштабної війни Україна стикається з серйозними викликами для енергетичної системи – постійні атаки на інфраструктуру призводять до дефіциту електроенергії та підвищують вразливість централізованого електропостачання. У зв'язку з цим питання розвитку децентралізованих моделей енергозабезпечення набуває особливої актуальності. Одним із перспективних підходів є створення енергетичних спільнот (ЕС), які дозволяють громадянам, місцевим громадам та малим підприємствам спільно виробляти й використовувати відновлювану енергію [1]. Аналіз зосереджений на взаємодії технологічних і організаційних факторів, що впливають на ефективність ЕС, а також на механізмах, завдяки яким ці ініціативи можуть стати дієвим інструментом підвищення енергетичної безпеки.

Метою досліджень є систематизація сучасних механізмів підвищення ефективності децентралізованого електропостачання через взаємодію учасників енергетичних спільнот з урахуванням досвіду європейських країн.

Матеріал і результати досліджень. Досліджуються механізми участі енергетичних спільнот для реалізації децентралізованого електропостачання [2–6], серед яких слід виокремити:

- колективна власність на активи (BESS та PV), що передбачає спільне використання акумуляторів для покриття внутрішнього дефіциту або збереження надлишків генерації;
- спільний вихід на ринки, де громада виступає як єдиний агент для подолання мінімальних порогів участі на оптових майданчиках;
- ієрархічна координація через агрегатора, яка полягає у професійному управлінні портфелем гнучкості (попитом та резервами) сторонньою організацією;
- P2P-торгівля та стохастична координація, що дозволяють учасникам безпосередньо обмінюватися енергією за вигідними цінами в умовах ринкової невизначеності;

– справедливий розподіл стимулів та врахування гетерогенності, де через математичні методи (наприклад, метод Шеплі) винагороджується внесок кожного учасника, а різномірність споживачів (офіси, HoReCa, житло) забезпечує взаємодоповнення піків споживання;

– мобільний обмін енергією через електромобілі (FlexEC), де транспортні засоби використовуються як пересувні накопичувачі для перенесення електрики між різними локаціями протягом доби.

У табл. 1 систематизовано ключові механізми функціонування енергетичної спільноти відповідно до їхнього функціонального призначення та рівня ієрархічної взаємодії – від мікрорівня внутрішнього врядування до макрорівня участі на ринку. Така структура відображає технічний, ринковий і соціально-економічний виміри діяльності спільноти у їхній взаємозалежності.

Таблиця 1. Порівняльні характеристики механізмів функціонування енергетичних спільнот

Клас механізму	Назва механізму	Рівень ієрархії	Ключова функція	Економічний ефект	Можливість реалізації в Україні (перспектива)
Технологічний	Спільна власність на BESS та PV-генерацію	Мікро	Балансування всередині спільноти без залучення зовнішньої мережі: акумулятор покриває дефіцит при нестачі генерації і заряджається при надлишку	Зниження залежності від мережі на 77 %; власне покриття попиту 89 %	Середня. Актуально для ОСББ та котеджних містечок в умовах блекаутів
	Мобільний обмін енергією через електро-мобілі (FlexEC)	Мезо	Електромобілі як мобільні накопичувачі між локаціями; заряд вдень на роботі (сонячна генерація), розряд ввечері вдома (пік попиту); 5–25 кВт·год/ EV/день	Зниження піків на 40–50 %, витрат на >30 %	Низька. Потребує поширення двонаправлених зарядок та оновлення автопарку

Клас механізму	Назва механізму	Рівень ієрархії	Ключова функція	Економічний ефект	Можливість реалізації в Україні (перспектива)
Ринковий	Колективний вихід на добовий ринок (DA) та ринок регулювання	Макро	Агрегований попит подається як єдина заявка на аукціон; BESS надає послуги up/down-регулювання, недоступні окремому споживачу (поріг 1 MВт)	Додатковий дохід 127–172 євро/день	Низька/Середня. Потребує змін у законодавстві щодо статусу активного споживача
	P2P-торгівля зі стохастичною координацією	Мезо	Пряма купівля-продаж між учасниками за ціною між оптом і роздробом; стохастичний оптимізатор враховує невизначеність генерації та попиту	Зростання добробуту на 17–21 % (стохаст. vs детерм.) (до 63,7 % взимку)	Низька. Технічно можливо через блокчейн/смарт-метри, але юридично не врегульовано
Соціально-структурний	Ієрархічна координація через агрегатора (DSM + BESS)	Мезо	Третя сторона об'єднує BESS (73–78 %) та керовані навантаження DSM (22–27 %) кількох спільнот у єдиний портфель гнучкості для виходу на aFRR або LFM	Прибуток агрегатора +4–6,3 %, зниження піків на 17,2 %	Середня. Найбільш реальний шлях для малого бізнесу та громад через енергосервісні компанії

Клас механізму	Назва механізму	Рівень ієрархії	Ключова функція	Економічний ефект	Можливість реалізації в Україні (перспектива)
	Гетерогенність та справедливий розподіл стимулів (метод Шеплі)	Мікро	Кооперативна теорія ігор розраховує маргінальний внесок кожного учасника; гетерогенний склад ЕС максимізує взаємодоповнення профілів попиту	Забезпечення стійкості та внутрішнього попиту спільноти. Справедливий розподіл доходу пропорційно внеску	Висока. Важливо для інтеграції фермерських господарств та сільських громад

Висновки. Аналіз сучасних досліджень підтверджує: підвищення ефективності децентралізованого енергопостачання досягається не за рахунок окремих технічних удосконалень, а через системну взаємодію в межах ЕС і між ними.

Виокремлено ключові механізми, які є взаємопов'язаними і можуть формувати стійку архітектуру децентралізованого енергопостачання, перспективну для впровадження в Україні.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що в українських реаліях першочерговий інтерес становлять механізми колективної власності та гетерогенності, а головним бар'єром залишається відсутність чіткої нормативної бази для P2P-торгівлі та високий поріг входу на ринок допоміжних послуг для дрібних гравців, що робить роль агрегатора ключовою для майбутнього розвитку ринку електроенергії.

Список використаних джерел

1. Веремійчук Ю. А., Опришко В. П., Притискач І. В., Ярмолюк О. С. Моделі та методи управління процесами енергозабезпечення енергетичних спільнот. К.: 7БЦ, 2025. – 201 с. ISBN 978-617-549-516-2. DOI: <https://doi.org/10.20535/978-617-549-516-2>.

2. Khojasteh M., Faria P., Lopes V., Alves J., Salomé P., Vale Z. Оптимізація енергетичних послуг та послуг регулювання для енергетичних спільнот з невизначеністю сонячної генерації та попиту: дворівневий адаптивний робастний підхід // *Journal of Energy Storage*, 2026. – Vol. 153 – 120968.

3. Costa J. V., Couceiro D., Neves D. Розкриття потенціалу гнучкості в енергетичних спільнотах: оцінка на прикладі множинних енергетичних ринків Португалії // *Energy Conversion and Management*, 2026. – Vol. 353 – P. 121173.

4. Guedes M. M., Scott I. J., Neves D. Ціна невизначеності: яким чином стохастична оптимізація вдосконалює моделювання результатів діяльності енергетичних спільнот // *Energy*, 2026.

5. Magni G. U. Спільноти відновлюваної енергетики як соціотехнічні системи / Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії // Університет Сапієнца (Рим), 38-й цикл. 2024–2025.

6. Menendez-Agudin A., Aznar G. F., Bauer P., Ram G., Mouli C. Кількісна оцінка транспортування енергії електромобілями: метод Монте-Карло та оптимізаційна основа для гнучких енергетичних спільнот // *Smart Energy*, 2026. – Vol. 21 – 100230.

References

1. Veremiichuk Yu. A., Opryshko V. P., Prytyskach I. V., Yarmoliuk O. S. (2025) Models and Methods for Managing Energy Supply Processes in Energy Communities. – Kyiv: 7BTs, 201 p. ISBN 978-617-549-516-2. DOI: <https://doi.org/10.20535/978-617-549-516-2>.

2. Khojasteh M., Faria P., Lopes V., Alves J., Salomé P., Vale Z. (2026) Optimizing energy and regulation services for energy communities with uncertain PV and demand: A bilevel adaptive robust approach // *Journal of Energy Storage*, 153 – 120968. <https://doi.org/10.1016/j.est.2026.120968>.

3. Costa J. V., Couceiro D., Neves D. (2026) Unlocking flexibility value in energy communities: an assessment across multiple energy markets in Portugal // *Energy Conversion and Management* – Vol. 353 – P. 121173. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2026.121173>

4. Guedes M. M., Scott I. J., Neves D. (2026) The Cost of Uncertainty: How Stochastic Optimization Enhances Modelling of Energy Communities' Outcomes. *Energy*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2026.140578>.

5. Magni G. U. (2024–2025) Renewable Energy Communities as Socio-Technical Systems. PhD Thesis, Sapienza University of Rome, 38th Cycle.

DOI: https://iris.uniroma1.it/retrieve/79c330d4-ffec-44a4-8ce5-adda99c10afc/Tesi_dottorato_Magni.pdf.

6. Menendez-Agudin A., Aznar G. F., Bauer P., Ram G., Mouli C. (2026) Quantifying energy transport by electric vehicles: A Monte Carlo and optimization framework for flexible energy communities // *Smart Energy*, 21 – 100230.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.segy.2026.100230>.

УДК 628.87

Ткаченко В. Р., аспірант, ORCID 0009-0004-0071-5767,
наук. керівник: д-р техн. наук, с. н. с. **Б. В. Давиденко**,
ORCID 0000-0001-8738-7612
«Інститут технічної теплофізики НАН України»

ОЦІНКА ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ АУДИТОРНИХ ПРИМІЩЕНЬ 11 КОРПУСУ НУБІП УКРАЇНИ МЕТОДОМ BLOWER DOOR TEST

ASSESSMENT OF THE AIRTIGHTNESS OF LECTURE ROOMS IN BUILDING 11 OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES OF UKRAINE USING THE BLOWER DOOR TEST METHOD

Анотація. У роботі представлено результати дослідження повітропроникності двох навчальних аудиторій 11 корпусу НУБІП України методом Blower Door Test. Визначено фактичний повітрообмін у діапазоні тисків 10–50 Па в режимах нагнітання та розрідження. Розраховано кратність повітрообміну n_{50} та виконано порівняння з нормативними вимогами ДСТУ ISO 9972:2018. Бібл. 7, рис. 1, табл. 2.