

КЛАСИФІКАЦІЯ СПОЖИВАЧІВ ЕНЕРГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ: АДАПТАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ ПРАКТИК ДЛЯ УКРАЇНИ

У статті проведено систематизований огляд основних підходів до класифікації споживачів енергії, що застосовуються у світовій практиці для підвищення ефективності управління енергосистемами. Розглянуто класифікацію за секторами, за режимом навантаження із можливістю управління попитом, що в дослідженнях NREL підвищує ефективність програм до 15–20 %, та за рівнем енергоефективності (Energy Star, ISO 50001), які забезпечують 10–20 % економії вже в перші роки застосування. Окремо проаналізовано маркетингові методи сегментації, що підвищують залучення учасників на 25–30 %, та практичні кейси США із тарифами й схемами реагування на попит, які скорочують пікове навантаження на 5–10 %. В українському контексті обмежують детальну сегментацію ≈ 20 % проникнення смарт-лічильників та нерівномірна галузева структура. Тому запропоновано спрощену трирівневу класифікацію із можливістю подальшого розширення до п'яти категорій для тонкого таргетування тарифів, аудиту та програм підтримки. Отримані результати можуть бути використані для розробки національних політик енергоефективності, сценарного моделювання навантажень, формування диференційованих тарифів, ініціатив управління попитом і муніципальних стратегій розвитку. Запропонована інтеграція секторної, часової та класифікації на основі енергоефективності створює платформу для реалізації принципу «енергоефективності на першому місці» в Україні.

Ключові слова: класифікація споживачів, енергоефективність, управління попитом, енергетична політика, енергоспоживання.

1. Вступ

Сучасна енергетика стикається з викликами, що зумовлені зростанням попиту на енергоресурси, необхідністю декарбонізації, нестабільністю енергопостачання та потребою підвищення ефективності використання наявних ресурсів. В умовах обмежених інвестицій і високої енергоємності національної економіки особливої актуальності набуває впровадження інструментів, здатних забезпечити цілеспрямоване управління енергоспоживанням. Одним із таких інструментів є класифікація споживачів енергії за різними критеріями, яка дозволяє диференціювати підходи до стимулювання енергоефективності, розробки тарифних стратегій, впровадження технологій керування попитом та планування інфраструктурних змін.

У світовій практиці класифікація споживачів вже давно використовується як аналітична та управлінська основа для енергетичної політики, проте в Україні цей підхід досі не має системного застосування. Існуюча система обліку енергоспоживання здебільшого обмежується агрегованими показниками за секторами, без урахування особливостей режимів навантаження, гнучкості чи рівня енергоефективності окремих категорій споживачів. Це ускладнює впровадження адресних заходів, ефективний розподіл ресурсів, а також модернізацію місцевих енергетичних систем відповідно до принципів сталого розвитку.

Таким чином, проблема полягає в відсутності адаптованої до національного контексту системи класифікації споживачів енергії, яка б могла стати основою для формування ефективної політики енергоспоживання на державному, регіональному та муніципальному рівнях.

Проблематика класифікації споживачів енергії розглядається у контексті енергоефективності, управління попитом, інтеграції відновлюваних джерел та децентралізації енергосистем у численних зарубіжних дослідженнях [1–9]. У документах Міжнародного енергетичного агентства (IEA) [10, 11], Європейської комісії (ЕК) [12, 13], Світового банку [14] та інших міжнародних організацій класифікація споживачів використовується для формування сценаріїв енергетичного планування, оцінки потенціалу участі у програмах керування попитом (ПКП) та розвитку гнучкості енергоспоживання.

Остання хвиля аналітичних звітів ілюструє, як багаторівнева сегментація переходить із теоретичної площини у практичні інструменти політики. Так, IEA «Energy Efficiency 2024» [10] показує, що таргетовані заходи для чотирьох кластерів кінцевого попиту (будівлі, прилади, транспорт, промисловість) можуть забезпечити понад 70% скорочення пікового попиту на нафту та 50% – на газ до 2030 р. Дослідження METIS-3 S7 [12] Єврокомісії, перейшовши від національного до регіонального (NUTS1) рівня моделювання, доводить: деталізація навантажень за типами споживачів і регіонами дає змогу зменшити системні витрати та потребу в резервних теплових потужностях до 5%. Звіт «Framing Summer Energy Poverty» [13] виокремлює кластер «літньої вразливості» домогосподарств без ефективного охолодження і

пропонує спеціальні тарифні та поведінкові ПКП для зсуву кондиціонерних піків. Керівництво Світового банку щодо ПКП пропонує матрицю вибору тарифів (TOU, CPP, PTR) залежно від цифрової зрілості споживача, де для малозабезпечених домогосподарств рекомендовано схему PTR, а для промислових кластерів – контракти Interruptible/DSB [14]. Отже, міжнародна практика підтверджує: детальна соціальна, регіональна та поведінкова класифікація споживачів є необхідною передумовою точного сценарного планування та ефективних ПКП.

На відміну від макрорівневих звітів, у науковій літературі основна увага приділяється алгоритмічній диференціації споживачів за добовими профілями, участю в ПКП та енергетичною поведінкою. Так, у [15] профілі майже 30 тис. домогосподарств класифіковано на категорії A-D за величиною пікових навантажень; застосована сегментація дала змогу знизити сукупний добовий дефіцит потужності до 0,73%, істотно підвищивши ефективність інтелектуального управління навантаженням. У [16] оброблено масив 30-хвилинних даних смарт-лічильників; поєднання алгоритмів k-means++ та DTW сформувало п'ять стійких кластерів, а таргетовані динамічні тарифи зменшили вечірній пік майже на 10%. Дослідження [17] демонструє ML-фреймворк для 4,4 тис. лондонських домогосподарств: сім кластерів із виключенням $\approx 10\%$ нестабільних профілів забезпечили найменшу середню похибку прогнозу та найвищу віддачу DR-заходів.

Окремо варто згадати сегментацію комерційних і промислових споживачів. Для комерційного сектору у [18] проаналізовано трирічні дані майже 2000 споживачів: функціональний аналіз даних у поєднанні з багаторівневою кластеризацією (Gaussian mixture + clustering tree) виокремив ключові шаблони навантаження, що формують основу для гнучких стратегій управління попитом і скорочення енергетичних витрат. У транспортному секторі дослідження [19] класифікує зарядні сесії електробусів за часовими вікнами та рівнем SOC, що дає можливість оптимізувати нічні й денні піки зарядження й інтегрувати їх у локальні ПКП.

Нарешті, робота [6] акцентує на тому, що для повноцінного розгортання смарт-мереж потрібна класифікація споживачів із урахуванням рівня їх цифрової інтегрованості, готовності до смарт-контрактів і блокчейн-транзакцій. Автори показують, що лише динамічний поділ на групи «про-споживачів», користувачів електромобілів та високо-автоматизованих побутових споживачів робить ПКП економічно доцільними.

Національні політики дедалі ширше застосовують деталізовані типології. Звіти щодо імплементації Директиви 2012/27/ЄС [20] зазначають, що поділ споживачів за секторами й розміром дає змогу точніше розраховувати квоти енергозбереження та визначати адресні стимули (податкові, інформаційні, технічні). Ініціативи ENEFIRST [21] та eesee [22] прямо вказують: сегментація споживачів є ключовим елементом принципу «енергоефективності на першому місці».

В українських умовах класифікаційні підходи поки що застосовуються фрагментарно. Доступні праці здебільшого описують сукупне споживання за секторами економіки [23, 24], оцінюють енергоефективність підприємств [25, 26] чи розробляють муніципальні плани енергоефективних заходів [27–29]. Системна типологія, що інтегрує технічні й поведінкові характеристики й слугує основою для ПКП, наразі відсутня.

Попри наявність окремих пілотних проєктів, українська нормативна та цифрова база поки відстає від світових практик. Стандарт EN 17267:2019 [30] регламентує енергомоніторинг на рівні ЄС, тоді як національні вимоги до АСКОЕ затверджено лише наказом Держенергоефективності України від 14 листопада 2023 р. № 375/2023, а програма «100 тис. смарт-лічильників» Міненерго перебуває на початковій стадії. Пілотний проєкт «SmartGrid: Україна на шляху до енергореволюції» (2025) охоплює всього 3600 лічильників, тобто $<1\%$ від необхідного масштабу. У НЕКП-2030 [31] сегментацію споживачів поки згадано лише як «майбутній крок».

Таким чином, міжнародні дослідження переконливо доводять, що детальна класифікація кінцевих споживачів підвищує точність прогнозування, полегшує таргетування динамічних тарифів і мінімізує системні витрати. Водночас в Україні спостерігається розрив між глобальними практиками й поточним станом методологічної бази, що підкреслює необхідність адаптації й упровадження класифікаційних підходів, релевантних національним технічним і соціально-економічним умовам.

Метою даного дослідження є провести систематизований огляд міжнародних підходів до класифікації споживачів енергії, оцінити їхню практичну придатність з огляду на технічні, економічні та поведінкові особливості українського енергоринку, а також сформулювати рекомендації щодо адаптації та впровадження цих класифікацій у національну енергетичну політику та програми енергоефективності.

Для досягнення поставленої мети застосовано якісний оглядовий підхід. На першому етапі було сформовано масив міжнародних джерел – аналітичних звітів IEA, ЄК, Світового банку та профільних дослідницьких ініціатив, що безпосередньо містять класифікаційні схеми споживачів енергії або використовують сегментацію як інструмент політики. На другому етапі відібрано наукові публікації, у яких реалізовано алгоритмічну сегментацію на основі смарт-даних, а також роботи, присвячені інтенсивним індикаторам і секторальним класифікаціям. Українські нормативні та статистичні матеріали

залучалися на третьому етапі з метою зіставлення міжнародних підходів із наявною практикою та виявлення регуляторних і цифрових обмежень їхнього впровадження.

2. Класифікація споживачів за обсягом річного споживання

2.1. Нормативні пороги

У сучасній енергетичній політиці жорстко фіксовані мінімальні межі річного споживання виконують роль «регуляторного решета», через яке держави визначають коло обов'язкових енергоаудитів (ЕА) і вимог до систем енергоменеджменту (EMS ISO 50001). Після перегляду Директиви (EU) 2023/1791 принцип «енергоефективності на першому місці» набув сили закону: компанії, що споживають > 2,75 ГВт·год/рік (10 TJ) – повинні проходити обов'язковий ЕА, а при > 23,6 ГВт·год/рік (85 TJ) – впроваджувати EMS ISO 50001 [32].

Серед практичних реалізацій нормативних порогів можна виокремити кілька типових моделей. В Італії статус «*energivori*» (італ. «енергоємний») надається підприємствам зі споживанням не менше 1 ГВт·год/рік в енергоємних секторах; вони отримують знижені надбавки й податки на електроенергію за умови реалізації принаймні одного заходу з енергоефективності протягом чотирирічного циклу та участі в механізмі «*Energy Release*», що поєднує авансові поставки електроенергії з довгостроковими зобов'язаннями щодо розвитку ВДЕ [33–35]. У Німеччині схема *Besondere Ausgleichsregel* (*BesAR*) дозволяє підприємствам з річним споживанням понад 1 ГВт·год і належністю до визначених енергоємних секторів сплачувати *EEG*-надбавку за зниженою ставкою, яка градуально зменшується до 0,05 ст/кВт·год при обсягах понад 100 ГВт·год, але вимагає впровадження ISO 50001 / EMAS або регулярного енергоаудиту [36–38]. Франція через Закон № 2025-391 (*DDADUE-2025*) імплементує Директиву (EU) 2023/1791: підприємства зі споживанням $\geq 2,75$ ГВт·год мають пройти енергоаудит, а при $\geq 23,6$ ГВт·год – впровадити систему енергоменеджменту ISO 50001 у визначені строки, публікуючи річні плани заходів; це відкриває доступ до грантової підтримки (зокрема PRO-SME_n), але супроводжується суттєвими адміністративними вимогами та ризиком штрафів до 2–4 % обороту [39–41].

За межами ЄС застосовуються «мегапороги», орієнтовані на найкрупніших споживачів: у США програма *DOE Save Energy Now* охоплює майданчики з попитом ≥ 1 трлн Btu/рік (≈ 293 ГВт·год) [42], у Китаї *Top-10000* поширюється на підприємства з річним енергоспоживанням понад 10000 тсе (≈ 81 ГВт·год), що забезпечують близько 60 % промислового попиту [43], у Японії Закон про енергозбереження виділяє два типи споживачів за порогами > 3 000 та > 1 500 кЛ н.е. (≈ 33 і 16 ГВт·год відповідно) [44], тоді як в Індії схема «*Perform Achieve Trade*» задає галузеві пороги для «призначених споживачів», наприклад > 30 000 тсе/рік (≈ 349 ГВт·год) у цементній промисловості [45]. У результаті формується ієрархія від бінарних «енергоємних» порогів до багатоступеневих і «мегаблокових» шкал, які охоплюють менше 2 % найбільших споживачів, але визначають структуру попиту.

Пороги формують три типи шкал:

- Бінарна (низький / високий) — проста, дешеве адміністрування (Італія);
- Багатоступенева — тонке налаштування пільг і зборів (Німеччина, Франція);
- «Мегаблок» — фокус на < 2 % «гігантів» (США, Китай, Індія).

Водночас економіка й технології змінюються швидше, ніж переглядаються жорсткі ліміти, тому все більше країн переходять до гнучких, статистично-орієнтованих підходів.

2.2. Статистично-квантильна сегментація

«Великі», «середні», «дрібні» споживачі визначаються не фіксованим числом, а позицією у вибірці (децилі, квартилі, топ-1%). Метод застосовується, коли регулятор прагне динамічно підлаштовуватися до ринку: наприклад, на базі EU-індикатора «Споживчий слід» різниця між 10-м і 90-м перцентилями по країнах сягає 3,5 раза [46]. Така диспропорція обґрунтовує таргетування податку чи субсидії саме на верхні 10%.

Переваги: гнучкість до макрозмін; недоліки: щорічний перерахунок і складна комунікація бізнесу.

Серед прикладів застосування квантильної сегментації споживачів для цілей енергетичної політики можна виокремити кілька показових кейсів. У Китаї в межах програми *Top-1000 Energy-Consuming Enterprises* Національна комісія з розвитку та реформ (NDRC) відібрала 1000 найбільших енергоспоживачів, на які припадало близько третини промислового попиту на енергію, і встановила для них індивідуальні цільові показники енергоощадності; згодом ініціативу було розширено до *Top-10 000*, що фактично відповідає переходу від найвищого перцентилу до ширшого верхнього квантиля [43, 47]. У Великій Британії регулятор Ofgem періодично сегментує домогосподарства за децилами споживання й поведінковими ознаками, формуючи «архетипи» для моделювання впливу тарифних змін і субсидій на різні групи споживачів, зокрема вразливі домогосподарства [48]. У Швейцарії Федеральне управління енергетики (SFOE) разом із дослідниками ZHAW застосовують децилі та 90-ті перцентилі споживання та вуглецевого сліду домогосподарств, щоб адресно таргетувати програми підтримки енергоефективності й оцінювати соціальну справедливість кліматичних заходів [49]. У Мексиці в рамках підготовки реформ енергетичних тарифів і вуглецевого оподаткування аналітичні моделі *Regulatory Assistance Project* демонструють, як децилі доходу та енергоспоживання використовуються для поступового запровадження

прогресивних ставок і фокусування стимулів на верхніх 10 % споживачів, які генерують непропорційно високий обсяг попиту [50].

У підсумку квантильна сегментація дає змогу або виділити «верхівку» найбільших енергоспоживачів для жорсткіших зобов'язань щодо енергоефективності, або, навпаки, сконцентрувати підтримку на вразливих групах, забезпечуючи поєднання цільової результативності та елементів соціальної справедливості.

2.3. Класифікація, орієнтована на дані

З поширенням смарт-лічильників популярним стає підхід «алгоритм сам виявляє класи»:

- Алгоритм k-means ($k = 3-7$) стійко виділяє групи домогосподарств за середнім і дисперсією добового профілю [51]. Прикладом застосування такого алгоритму є пілот-кейс Фінляндії (SGEM, 2016), який використав ≈ 500 тис. годинних профілів зі смарт-лічильників і кластеризував їх алгоритмом k-means ($k = 5$). Найменший кластер «Heavy Users» охопив лише 12% точок, але формував 28% річного попиту й до 40% зимового піка. Після запровадження для нього динамічного тарифу *Spot-plus* (змінна ціна + надбавка у вечірній пік) споживання в пікові години знизилося на $\approx 4\%$ уже в перший сезон.

- Альтернативи – ієрархічне агломеративне кластерування, SOM-карти, DBSCAN для нерівномірних вибірок [52, 53].

Алгоритм обчислює центроїд-споживання (середню річну кВт·год) для кожного кластера, що дає натуральні пороги «малий/середній/великий». Рекомендації ЄК щодо Article 8 (Commission Recommendation 2024/2002) уже прямо дозволяють застосовувати *clustering & sampling* як альтернативу суцільному аудиту, якщо методика документована [54].

Переваги: пороги виникають із самих даних; легко масштабувати на різні секторні підвибірки, недоліки: результати чутливі до вибору коефіцієнтів та попередньої нормалізації; потреба в великому масиві інформації.

3. Інтенсивні індикатори

У високотехнологічних галузях застосовують нормування на валову додану вартість (ВДВ) або фізичний випуск продукції [55]. За Комунікацією ЄК «Guidelines on State aid for climate, environmental protection and energy 2022» (CEEAG) [56], енергоємні підприємства класифікуються за двома критеріями: енерговитрати понад 3 % валової доданої вартості (ВДВ) або споживання електроенергії понад 2 ГВт·год на кожен мільйон євро ВДВ. Ці пороги застосовуються для оцінки допустимості пільг зі зниження відрахувань із електроенергії.

Переваги: точне таргетування: фокус на реальних споживачах із високою енергоємністю, що дозволяє спрямовувати підтримку туди, де вона справді потрібна; стимулювання інвестицій: обов'язкова прив'язка пільг до енергоменеджменту та інвест-проектів сприяє довгостроковій ефективності.

Недоліки: адміністративні витрати: необхідність підтвердження показників ВДВ та енергоспоживання збільшує навантаження на бізнес і регуляторів; ризик неврахування динаміки: фіксовані пороги можуть вимагати перегляду в умовах швидких змін макроекономіки та цін на енергоносії.

Серед країн, які застосовують інтенсивні індикатори – насамперед енерговитрати на одиницю доданої вартості – для класифікації підприємств, можна виокремити кілька репрезентативних прикладів. В Іспанії пороги $> 3\%$ ВДВ або > 2 ГВт·год/млн € ВДВ використовуються для визначення електроємних секторів, яким компенсують «зелені» надбавки на електроенергію відповідно до CEEAG (2022) § 4.11 [57]. У Німеччині в межах схеми *EEG-Umlage* виділяється, зокрема, категорія «В» для підприємств із витратами на електроенергію понад 17 % ВДВ (знижка до 85 %, але не більше 0,5 % ВДВ) та категорія «С» для тих, у кого ці витрати становлять 14–17 % ВДВ (знижка до 80 %, але також обмежена 0,5 % ВДВ) [58]. У Великій Британії в схемі компенсації непрямих витрат *EU ETS / Carbon Price Support* встановлено вимогу, щоб сума «переданих» вуглецевих витрат досягала щонайменше 5 % ВДВ підприємства [59].

У підсумку інтенсивні індикатори дають змогу не просто виділити великі за обсягом споживачі, а сконцентрувати підтримку й пільгові режими саме на тих компаніях, для яких енергія є структурно критичним елементом собівартості продукції.

4. Секторальна класифікація Міжнародного енергетичного агентства

Міжнародне енергетичне агентство (IEA) застосовує секторальну класифікацію кінцевого споживання енергії для уніфікованого порівняння між країнами. У базі «World Energy Balances» [60] усі види кінцевого попиту поділено на чотири категорії: домогосподарства, комерційні та муніципальні послуги, промисловість та транспорт. Для більш детального аналізу IEA реалізує модель у вигляді матриці 4×4 , де по горизонталі представлені ті самі чотири сектори, а по вертикалі – категорії кінцевого використання: тепlopостачання, пристрої, перевезення та технологічні процеси. Такий підхід дозволяє аналізувати перетини «сектор-фінальне використання» для виявлення найбільш енергоємних вузлів [60]. Джерела даних поєднують як агреговані статистичні баланси, так і детальні профілі споживання: у розвинених країнах активно застосовують 30-хвилинні та годинні дані зі смарт-лічильників разом із

адміністративною інформацією (метраж приміщень, тонна-кілометри транспорту тощо), що дає змогу врахувати часові шаблони споживання на рівні окремих сегментів [61].

Практичним прикладом є пілотний проект динамічного тарифоутворення в м. Копенгаген, реалізований Е.ON у партнерстві з IEA: використання *Time-of-Use-тарифів* на основі матриці 4×4 спонукало домогосподарства зменшити піковий попит, а в комерційному секторі спостерігалось зниження пікових навантажень завдяки ціновим сигналам [62].

Основні переваги підходу полягають в уніфікації категорій для крос-національного порівняння, гнучкості аналізу перетинів секторів і кінцевих використань та можливості поєднання матричної класифікації з інструментами управління попитом і динамічними тарифами для оптимізації пікового навантаження. Водночас підхід потребує значних обсягів деталізованих даних і чітких стандартів їхньої обробки; розбіжності у методиках збору інформації про кінцеве енерговикористання між країнами можуть ускладнювати порівняння, а розміри масивів даних вимагають потужної IT-інфраструктури для їх аналізу [60].

Загалом, секторальна класифікація IEA у форматі 4×4 є потужним інструментом для аналізу структури кінцевого споживання, підтримки політик енергоефективності та впровадження програм управління попитом; її подальший розвиток залежить від удосконалення стандартів збору даних і інтеграції сучасних алгоритмів обробки великих масивів інформації.

5. Класифікація за режимом навантаження

Класифікація за режимом навантаження поділяє споживання електроенергії на три основні режими: базове навантаження, проміжне навантаження і пікове навантаження. Базове навантаження – це мінімальний рівень попиту, який енергосистема має покривати постійно; його визначення відповідає «мінімальна кількість електроенергії, що постачається або потрібна протягом певного періоду часу зі сталою швидкістю» [63]. Проміжне навантаження (слідування за навантаженням) змінюється протягом дня в межах прогнозованих коливань і покривається джерелами, що швидко нарощують чи знижують генерацію [63]. Пікове навантаження – це короточасні сплески попиту, за яких задіюють найшвидші, але найдорожчі «пікові» блоки або накопичувачі енергії.

У тарифних схемах часто виділяють пік/поза піком/плече - періоди: години пікового навантаження (зазвичай будні з 7:00 до 23:00), години мінімального попиту (поза піком) і перехідні інтервали (плече). Змінні ціни стимулюють споживачів переносити споживання у дешевші години, що зменшує пікові навантаження електромережі [64].

Аналітичним інструментом для розподілу за тривалістю є Load Duration Curve (LDC) – крива, що ранжує всі години за величиною навантаження, а не хронологічно, і чітко виділяє базове, проміжне й пікове навантаження за часом.

Для автоматизованого визначення меж режимів використовують кластерний аналіз профілів споживання або LDC: статистичні методи дозволяють адаптивно «вилучати» базовий/проміжний/піковий сегменти, враховуючи сезонні викиди та аномалії.

Серед практичних реалізацій класифікації за режимом навантаження виділяються кілька показових випадків. У Великій Британії в системі розрахунків за електроенергію використовуються класи профілів 5–8 для малих і середніх споживачів, які розрізняють за коефіцієнтом навантаження та піковим фактором; це дає змогу диференціювати тарифи залежно від інтенсивності піків. У США генераційні блоки з коефіцієнтом використання встановленої потужності $\geq 70\%$ вважаються базовими, $< 15\%$ – піковими, а проміжні значення відповідають напівпіковим потужностям, що спрощує оцінку потреби в нових генеруючих потужностях і вибір відповідних тарифів для генерації [65]. У Німеччині стандартні профілі навантаження BDEW класифікують низьковольтних споживачів за 11 профілями (H0 для домогосподарств, G0–G6 для комерційних споживачів, L0–L2 для сільського господарства) з роздільністю 15 хв для розрахунків і тарифікації [66]. В Австралії оператор ринку АЕМО обчислює профіль мережевого системного навантаження (NSLP) для загального споживання та профіль контрольованого навантаження (CLP) для навантажень типу бойлерів, використовуючи дані з накопичувальних і вибіркового лічильників; ці профілі регулярно публікуються для коректного розрахунку тарифів [67, 68]. У рекомендаціях *EU Smart Grid Task Force (Expert Group 3)* подібна логіка поширюється на побутові та малі комерційні точки (≤ 100 кВт) для оцінки потенціалу реагування на попит: активація реагування базується на високочастотних (15–60 хв) даних зі смарт-лічильників, що дозволяє чітко відслідковувати відхилення від нормованого профілю та запускати коригуючі дії.

Отже, класифікація за режимом навантаження виступає універсальним інструментом для планування потужностей, диференційованого тарифоутворення та запуску програм реагування на попит. Водночас, подібно до секторального підходу IEA, вона потребує розвиненої IT-інфраструктури, стандартизованих процедур збору й верифікації даних, а також алгоритмічних рішень для попередньої обробки великих масивів споживчих профілів.

6. Класифікація за рівнем енергоефективності

Класифікація за рівнем енергоефективності базується на бінарних ознаках, що вказують на наявність формалізованої сертифікації або системи енергоменеджменту: або «впроваджено», або «не впроваджено». Така простота дозволяє швидко розгорнути політики підтримки й дає зрозумілий сигнал ринку, але ігнорує часові та поведінкові аспекти споживання [69].

Energy Star – це програма Американського Агентства з охорони довкілля (EPA), яка класифікує обладнання та будівлі як «сертифіковані» (Energy Star Certified) або «не сертифіковані». Сертифікація базується на суворих енергетичних вимогах до продукції та об'єктів, що дає міжгалузевий стандарт для «зеленого» фінансування й споживацького вибору [70].

Дослідження EPA показують, що автомобільні заводи в США, які беруть участь у *Energy Star*-бенчмаркуванні, знизили споживання палива на 12% за п'ять років порівняно з несертифікованими підприємствами [71]. Окрім того, сертифіковані комерційні будівлі демонструють на 34% нижчий ризик дефолту по іпотечі, що робить *Energy Star* важливим інструментом для фінансових установ [72].

ISO 50001 встановлює бінарну ознаку «EnMS implemented / not implemented», тобто чи впроваджена в організації система енергоменеджменту. Цей стандарт забезпечує безперервне поліпшення енергоефективності через цикл *Plan-Do-Check-Act* і використовується для «низько-» та «високо-» ефективних підприємств [69].

За даними DOE, компанії, які беруть участь у програмі *50001 Ready*, досягають 12 %-го зниження енерговитрат протягом перших 15 місяців після початку впровадження системи енергоменеджменту [73]. Подальші дослідження свідчать, що організації зі сертифікацією ISO 50001 можуть підтримувати 10–20 %-го скорочення споживання протягом 2–3 років [74].

В ЄС проєкт *ENEFIRST* використовує наявність ISO 50001 як ключовий індикатор для позначення «високоєфективних» підприємств (Efficiency First proxy). Це дозволяє цілеспрямовано надавати пільгові кредити, гранти та аудити тим, хто ще не має системи енергоменеджменту, сприяючи рівномірнішому розподілу ресурсів.

Нині *ENEFIRST Plus* тестує операційну реалізацію принципу «енергоефективності на першому місці» у вісьмох кейсах чотирьох країн (Хорватія, Греція, Італія, Польща), щоб потім масштабувати кращі практики на всі 27 Держав-членів ЄС. Це дає змогу отримати практичні рекомендації щодо впровадження системи енергоменеджменту у різних контекстах [75].

Переваги бінарної класифікації: простота адміністрування – перевірити наявність сертифіката або системи менш ресурсоемно, ніж аналіз часових рядів; ясність сигналу для інвесторів і банків – зрозуміло, кому надавати «зелені» фінанси; швидке масштабування політик підтримки по всіх секторах і країнах. Недоліки ж полягають у тому, що бінарні ознаки не відображають реальної поведінки у різні години доби; підприємства можуть сертифікуватись «для галочки» без систематичного зменшення споживання; не враховуються пікові та сезонні коливання, важливі для планування потужностей [74].

У зв'язку з цим рекомендовано поєднувати бінарну класифікацію (*Energy Star*, ISO 50001, *ENEFIRST*) із динамічним аналізом профілів енергоспоживання, щоб політики та оператори мереж могли оцінювати не тільки «факт» сертифікації, але й ефективність у часовому вимірі. Це відкриває шлях до гібридних підходів, що поєднують переваги простоти бінарних індикаторів і глибини часових даних.

Узагальнені характеристики розглянутих підходів до класифікації споживачів енергії наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика підходів до класифікації споживачів енергії (початок)

Підхід	Основний критерій	Типові приклади	Переваги	Обмеження
Нормативні пороги за річним споживанням	Фіксовані ліміти ГВт·год/рік або tce/рік	Пороги енергоаудиту та ISO 50001 у ЄС, статус energivori, схеми BesAR, DDADUE-2025, Top-10 000	Чіткі юридичні зобов'язання, проста адміністрація, прямий зв'язок між обсягом споживання та вимогами	Гнучкість до технологічних змін, ризик «застиглих» порогів, стимул «не виходити» за ліміт
Статистично-квантильна сегментація	Позиція у розподілі (децилі, перцентилі, top-1 %)	Top-1000 / Top-10 000, архетипи домогосподарств (Ofgem), децилі вразливості у SFOE	Адаптація до структурних зрушень, можливість таргетувати верхні 5–10 % споживачів	Потребує регулярного оновлення, складна комунікація для бізнесу й домогосподарств
Класифікація, орієнтована на дані (кластеризація профілів)	Форма й варіативність добового/річного профілю, участь у програмах відповіді на попит	K-means, DTW, SOM у пілотах SmartGrid (Фінляндія, Велика Британія тощо)	Автоматичне виявлення «природних» груп, можливість комбінувати технічні й поведінкові ознаки	Високі вимоги до якості й обсягу смарт-даних, чутливість до вибору алгоритму та параметрів

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика підходів до класифікації споживачів енергії (продовження табл.)

Підхід	Основний критерій	Типові приклади	Переваги	Обмеження
Інтенсивні індикатори	Витрати на енергію / ВДВ, кВт·год/млн € ВДВ, частка енерговитрат у собівартості	CEEAG, схеми компенсації надбавок в Іспанії, Німеччині, Великій Британії	Фокус на справді енергоємних виробництвах, зв'язок підтримки з економічною ефективністю бізнесу	Високі адміністративні витрати на підтвердження показників, потреба в регулярному перегляді порогів
Секторально-матрична класифікація IEA 4×4	Перетин секторів (домогосподарства, послуги, промисловість, транспорт) і кінцевих використань (тепло, пристрої, транспорт, процеси)	База World Energy Balances, секторальний аналіз програм енергоефективності і тарифних реформ	Дозволяє ідентифікувати енергоємні «вузли» попиту, добре поєднується зі сценарним моделюванням	Значні вимоги до стандартизації й деталізації даних, потреба в розвиненій ІТ-інфраструктурі
Класифікація за режимом навантаження	Рівень і тривалість навантаження (базове, проміжне, пікове), часові зони споживання	Поділ на базове/проміжне/пікове навантаження, тарифні зони «пік-поза піком-плече», аналіз кривої тривалості навантаження (LDC)	Універсальний інструмент для планування потужностей, диференційованих тарифів і програм DR, безпосередньо пов'язаний із операційною роботою енергосистеми	Потребує детальних часових рядів, розвиненої ІТ-інфраструктури та алгоритмів обробки великих масивів профілів
Класифікація за рівнем енергоефективності	Статус сертифікації та/або системи енергоменеджменту (наявність ISO 50001, EMAS, Energy Star тощо)	Energy Star, ISO 50001, національні енергетичні сертифікати будівель, програми бенчмаркування ЕРА	Дуже проста комунікація, чіткий сигнал ринку, можливість швидкого запуску політик підтримки та «зеленого» фінансування	Бінарність не враховує часові та поведінкові аспекти споживання, значна частина споживачів залишається «поза радаром» до сертифікації

7. Оцінка можливості адаптації до українських умов

Україна стоїть перед завданням побудови власної системи класифікації енергоспоживачів, яка б поєднувала міжнародний досвід із вітчизняними реаліями. На відміну від розвинених ринків, де широко застосовуються детальні схеми секторної, часової та класифікації на основі ефективності, український контекст характеризується обмеженими даними та високою часткою традиційного обліку. Водночас імплементація європейських підходів стає дедалі важливішою в рамках євроінтеграційних процесів та відновлення енергетичної інфраструктури після руйнувань [76].

За даними IEA, у 2023 р. на житловий сектор припадало 33% кінцевого енергоспоживання, а на промисловість – 22%, як показано на рис. 1 [77]. Транспорт та комерційні послуги формують більшу частину решти, при цьому житловий попит відзначається сильною сезонністю через потребу в опаленні.



Рисунок 1 – Загальне кінцеве споживання енергії в Україні за 2023 рік [77]

Більше половини промислового споживання генерує важка промисловість, зокрема металургія та хімічний сектор, де окремі заводи можуть споживати понад 10 ТВт·год/рік. Це створює виражені піки навантаження й вимагає адаптивних механізмів балансування мережі [76].

Водночас реалізувати детальну класифікацію за режимами або квартілями навантаження в Україні наразі ускладнює недостатнє охоплення смарт-лічильниками – лише близько 20 % точок обліку оснащені автоматизованою системою збору й передавання даних про споживання (АСЗПДС) в режимі майже реального часу [78], тоді як у розвинених країнах ця цифра перевищує 50% [79]. Схожа проблема існує в газовому секторі, де комп'ютеризованими приладами обліку обладнано менше 1% лічильників, що не дає змоги поєднувати електро- і газові дані для мультиенергетичних рішень [80]. Крім того, істотна нерівномірність секторів – надвелика частка важкої промисловості і відносно невелика вага малого та середнього бізнесу – робить небажаним застосування «універсального» підходу до всіх підприємств галузі [81].

У таких умовах доцільно розпочати з максимально простої моделі класифікації за річним обсягом споживання, яка не вимагає повної цифровізації обліку. На першому етапі пропонується трирівнева схема:

- домогосподарства та дрібні споживачі з річним попитом до 1 ГВт·год;
- малі й середні підприємства зі споживанням від 1 до 10 ГВт·год;
- великі енергоємні споживачі з понад 10 ГВт·год на рік.

Пороги 1 та 10 ГВт·год обрано як компроміс між жорсткими нормативними межами для енергоємних підприємств у ЄС (2,75–23,6 ГВт·год) та фактичною структурою української промисловості, де значна частина споживачів має суттєво менші обсяги споживання. Ці значення орієнтовно відповідають поточному розподілу великих і середніх споживачів за даними Держстату та оператора системи передачі, що дозволяє використати наявну статистику без додаткових вимог до даних. Така початкова трирівнева схема дає змогу швидко диференціювати тарифи, умови доступу до кредитних і грантових програм, а також вимоги до енергоаудиту й енергоменеджменту, не чекаючи повного поширення смарт-лічильників. У міру появи більш деталізованих даних систему можна поступово ускладнити, розширивши класифікацію до п'яти рівнів: домогосподарства, малий бізнес (до 0,5 ГВт·год), середні споживачі (0,5–5 ГВт·год), великі підприємства (5–20 ГВт·год) та «мегаспоживачі» із понад 20 ГВт·год. Такий поділ дасть змогу тонше таргетувати субсидії, кредити під енергоефективні проекти та обов'язкові енергоаудити для енергоємних підприємств.

В якості індикаторів ефективності можна використовувати наявність сертифікації *ISO 50001* або відзнаки *Energy Star*. Організації з системою енергоменеджменту за *ISO 50001* довели здатність скорочувати споживання на 10–20 % протягом перших років впровадження, а *Energy Star*-сертифіковані будівлі показують суттєво нижчий фінансовий ризик. Така бінарна ознака полегшить адміністрування й надасть зрозумілий сигнал для «зеленого» фінансування.

Реалізувати модель найкраще через пілотні проекти в регіонах із найвищим рівнем цифровізації – наприклад, Київщина або Дніпропетровщина, де вже встановлено понад мільйон «розумних» лічильників. Це дозволить відпрацювати процедури збору, обробки та аналізу даних, а також протестувати вплив різних тарифних стимулів на перші групи споживачів.

Наступним кроком є стандартизація порогів та процедур: слід ухвалити на рівні урядових постанов чіткі критерії потужності, визначити строки та алгоритми передачі даних операторам і регулятору. Після успішного пілотування можна запустити поетапне розгортання по всій країні, інтегруючи досвід *ENEFIRST Plus* у Східній Європі та використовуючи міжнародне фінансування (EIB, USAID, GIZ) для модернізації мереж.

Ключовим компонентом довгострокового успіху стане створення єдиного ІТ-кластеру для агрегації даних з усіх лічильників і застосування алгоритмічних методів аналізу профілів енергоспоживання. Це відкриє шлях до майбутніх удосконалень – реалізації кластерних, квантильних та часових моделей, які вже добре зарекомендували себе в інших країнах.

Зрештою, запропонована спрощена, але гнучка система дозволить Україні швидко реалізувати базову класифікацію, водночас заклавши фундамент для подальшої еволюції у бік детальних, динамічних методів аналізу енергоспоживання.

8. Потенціал застосування класифікації

Класифікація споживачів за обсягом споживання та профілем навантаження дозволяє виявити найбільш гнучкі сегменти, які здатні знизити піковий попит або перенести споживання в періоди низького навантаження. Це основа для програм управління попитом, що поєднують технологічні рішення (наприклад, системи накопичення енергії чи автоматизоване керування кліматом) із ціновими сигналами. У дослідженні NREL показано, що точне сегментування навантаження й обсягу споживання збільшує ефективність таких програм до 15–20 %, одночасно знижуючи потребу в дорогих пікових потужностях [82].

Вдалими прикладами є програми *Bonneville Power Administration* [83] та *Sacramento Municipal Utility District (SMUD)* [84], які на основі класифікації домогосподарств за середнім та піковим навантаженням

реалізували гнучкі тарифні схеми і досягли зниження пікового попиту на 5–10 % без втрат у загальному обсязі споживання.

На рівні громад, сегментація споживачів за типом будівель, обсягом споживання та шаблонами навантаження дає змогу створювати Стратегічні плани розвитку енергетики громади (СПРЕГ), що враховують особливості забудови, клімату та інфраструктури. У керівництві DOE зі СПРЕГ описано процедуру збору даних, сегментування за кліматичною зоною та видом споживання і розробки сценаріїв локальних генеруючих заходів та заходів управління попитом [85].

Аналітичні шаблони рекомендують розбивати громади на житлові, комерційні та змішані райони, а потім знаходити ключові «точки впливу» – будівлі чи підприємства з високим потенціалом заощадження, аби сфокусувати початкові інвестиції й інформаційні кампанії.

Наприклад, у *Broward County* (Флорида) СПРЕГ почався з енергійного профілювання, що дозволило пріоритизувати будівлі з найбільшим потенціалом енергоощадності та визначати коротко- й довгострокові заходи для зниження викидів і витрат [86].

Маркетинговий підхід до сегментації споживачів, застосований у програмі *Better Buildings Neighborhood*, передбачає класифікацію за демографією, обсягом споживання та ставленням до енергоощадності. Ця методика допомогла розробити чіткі пакети стимулів для кожного сегменту, підвищивши залучення інвестицій на 25% порівняно з уніфікованими пропозиціями [87].

У м. Чикаго для багатоквартирних будинків застосували спеціальне сегментування за віком забудови, формою власності та рівнем енергоспоживання, що дозволило збільшити ефективність програм модернізації на 30% та спрямувати бюджети першочергово на найризиковіші об'єкти [88].

Таким чином, адаптована класифікація споживачів стає потужним інструментом не тільки для зниження піків і балансування мережі, а й для формування регіональних стратегій та ефективного розподілу ресурсів у програмах енергоефективності, хоча для її реалізації потрібні високочастотні дані та відповідна IT-інфраструктура.

В Україні потенціал застосування такої класифікації полягає в використанні існуючої АСЗПДС – хоча вона покриває обмежену кількість точок обліку, її розширення в рамках реформ ДП «Укренерго» і USAID ESP дозволить сегментувати житлові та комерційні споживчі профілі для тестування *Time-of-Use*-тарифів і програми «реагування на попит», що особливо актуально в зимовий пік; водночас інтеграція з матрицею 4×4 від IEA на рівні громад може стати основою для локальних СПРЕГ із фокусом на критичні інфраструктурні об'єкти й пільгові кредити під *ISO 50001* чи *Energy Star* – сертифікацію [89].

Ключовим драйвером впровадження класифікації в Україні може стати Стратегія розвитку розподіленої генерації до 2035 р., затверджена Кабінетом Міністрів на основі рекомендацій USAID ESP, яка передбачає стимулювання малих та середніх енергогенеруючих об'єктів (< 20 МВт) [90].

Інтеграція положень *Electricity Integration Package* [91] у національне законодавство, якою опікується USAID ESP, відкриває шлях до сегментації споживачів у рамках нових правил тарифоутворення та балансування – зокрема, розподіл на категорії за обсягом і режимом споживання дозволить точніше формувати коефіцієнти втрат і розрахунки диспетчеризації.

Розширення проникнення АСЗПДС до рівня хоча б 40% точок обліку, як це було рекомендовано в аналізах Omdia і FERC для регіонів з подібною інфраструктурою, стане критерієм для переходу до детального сегментування за режимами навантаження й запуску пілотних проєктів у містах-мільйонниках.

На рівні громад класифікацію можна застосувати для розробки локальних стратегічних планів: спочатку – на базі наявних смарт-лічильників і статистики, потім – із залученням інвесторів для монтажу додаткових пристроїв і впровадження програм управління попитом.

Для промисловості впровадження спрощеної трирівневої системи класифікації відкриє можливість запуску цільових кредитних ліній під модернізацію та грантів «енергоефективності на першому місці», орієнтованих на середні та великі підприємства з річним споживанням понад 1 ГВт·год.

Пілотні проєкти в міжнародній співпраці можуть започаткувати класифікацію на територіях із розвинутою інфраструктурою (Київська, Львівська обл.) та поступово поширювати досвід на менш цифровізовані райони.

У середньостроковій перспективі єдина IT-платформа для агрегації даних споживання, як це передбачає «Енергетична безпека України» від USAID ESP [92], дозволить оперативно застосовувати класифікацію не лише для управління попитом і тарифів, а й для прогнозової аналітики, планування інвестицій у мережеві потужності та оцінки ефективності «зелених» програм.

9. Висновки

У статті систематизовано основні підходи до класифікації споживачів енергії, які застосовуються в міжнародній практиці: нормативні пороги за обсягом споживання, статистично-квантильну сегментацію, класифікацію на основі профілів навантаження (кластеризація), інтенсивні індикатори (витрати на енергію/ВДВ), секторально-матричний підхід IEA 4×4, а також класифікацію за режимом навантаження і рівнем енергоефективності. Показано, що ці підходи не конкурують між собою, а формують

взаємодоповнюваний набір інструментів для енергетичної політики, тарифоутворення та програм реагування на попит.

На основі огляду практик ЄС, США, Китаю, Великої Британії, Швейцарії, Мексики та інших країн запропоновано рамку адаптації класифікації споживачів до умов України. Ключовим елементом є спрощена трирівнева схема за річним споживанням (домогосподарства і дрібні споживачі; малі й середні підприємства; великі енергоємні споживачі) з можливістю поетапного переходу до п'ятирівневої структури. Вибір порогів 1 та 10 ГВт·год обґрунтовано як компроміс між європейськими нормативами для енергоємних підприємств і фактичним розподілом українських споживачів, що дозволяє спиратися на існуючу статистику без повної цифровізації енергообліку.

Запропонована класифікаційна рамка може бути використана для диференціації тарифів, визначення пріоритетних груп у програмах підтримки енергоефективності, проєктування механізмів компенсації надбавок і податків на електроенергію, а також для запуску й масштабування програм реагування на попит. Структурований поділ споживачів створює «місток» між агрегованими енергетичними балансами та мікрорівнем, на якому ухвалюються інвестиційні та управлінські рішення, і тим самим підвищує керованість та передбачуваність попиту в умовах післявоєнного відновлення енергосистеми України.

Проведений огляд має низку обмежень. Значна частина кількісних прикладів ґрунтується на зарубіжних програмах, тоді як детальні українські дані щодо розподілу споживачів за обсягами й профілями навантаження наразі доступні лише фрагментарно через низьке проникнення смарт-лічильників та обмежену відкритість мікроданих. Запропоновані порогові значення мають переважно концептуальний характер і потребують емпіричної валідації на основі реальних вибірок споживачів різних секторів.

У подальших дослідженнях доцільно поєднати порогову класифікацію з алгоритмічною кластеризацією добових профілів, оцінити вплив різних варіантів сегментації на результати сценарного моделювання навантажень і ефективність програм управління попитом, а також розробити поетапну дорожню карту переходу від простої української типології до більш гнучких, статистично орієнтованих підходів.

Список використаної літератури

1. Lund H. Renewable Energy Systems: A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modeling of Fully Decarbonized Societies. – 3rd ed. – Amsterdam: Academic Press, 2024. – 398 p. – ISBN 978-0-443-14137-9 (Hardback), ISBN 978-0-443-14136-2 (eBook).
2. Ahmed S., Ali A., D'Angola A. A Review of Renewable Energy Communities: Concepts, Scope, Progress, Challenges, and Recommendations // Sustainability. – 2024. – Т. 16, № 5. – С. 1749. – DOI: <https://doi.org/10.3390/su16051749>.
3. Mohammadi M., Mohammadi A. Empowering Distributed Solutions in Renewable Energy Systems and Grid Optimization // Amini M.H. (ред.) Distributed Machine Learning and Computing. – Cham: Springer, 2024. – Т. 2 (Big and Integrated Artificial Intelligence). – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-57567-9_7.
4. Ibrahim M.M. Energy management strategies of hybrid renewable energy systems: A review // Wind Engineering. – 2023. – Т. 48, № 1. – С. 133–161. – DOI: <https://doi.org/10.1177/0309524X231200010>.
5. Chen W.-A., Chen Ch.-F., Tomasik S. Investigating intentions and barriers in adopting decentralized home energy management systems: A justice dimension of demand flexibility // Energy and Buildings. – 2024. – Т. 318. – С. 114458. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114458>.
6. Koukaras P., Afentoulis K.D., Gkaidatzis P.A., Mystakidis A., Ioannidis D., Vagropoulos S.I., Tjortjis C. Integrating Blockchain in Smart Grids for Enhanced Demand Response: Challenges, Strategies, and Future Directions // Energies. – 2024. – Т. 17, № 5. – С. 1007. – DOI: <https://doi.org/10.3390/en17051007>.
7. Papadaki A., Savvakis N., Sifakis N., Arampatzis G. Analysis of Hybrid Renewable Energy Systems for European islands: Market Dynamics, Opportunities and Challenges // Sustainable Futures. – 2025. – Т. 9. – С. 100601. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100601>.
8. Almihat M.G.M., Munda J.L. The Role of Smart Grid Technologies in Urban and Sustainable Energy Planning // Energies. – 2025. – Т. 18, № 7. – С. 1618. – DOI: <https://doi.org/10.3390/en18071618>.
9. Meng L., Li M., Yang H. Enhancing energy efficiency in distributed systems with hybrid energy storage // Energy. – 2024. – Т. 305. – С. 132197. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132197>.
10. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2024. – Paris: IEA, 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024>. – Ліцензія: CC BY 4.0.
11. International Energy Agency (IEA). Tracking energy efficiency investment progress. – Париж: IEA, 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-efficiency-investment-progress>. – Ліцензія: CC BY 4.0.
12. European Commission: Directorate-General for Energy, Dunglas S., Barberi P., Andrey C., Jerphanion G. de. METIS 3 study S7 – The role of regional energy networks in a decarbonised European energy system. – Люксембург: Publications Office of the European Union, 2025. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/5222915>.

13. European Commission: Directorate-General for Energy, Cornelis M. Framing summer energy poverty – Insights and recommendations for a resilient future. Final report. – Люксембург: Publications Office of the European Union, 2025. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/3135617>.
14. World Bank. Selecting and Implementing Demand Response Programs to Support Grid Flexibility: A Guidance Note for Practitioners. – Вашингтон, D.C.: World Bank Group. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099647511282438850>.
15. Roshan A., Ganga D. Intelligent categorization and interactive mechanism for smart demand side management of residential consumers // Sustainable Energy, Grids and Networks. – 2024. – Т. 37. – С. 101255. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101255>.
16. Koukouvinos K.G., Koukouvinos G.K., Chalkiadakis P., Kaminaris S.D., Orfanos V.A., Rimpas D. Evaluating the Performance of Smart Meters: Insights into Energy Management, Dynamic Pricing and Consumer Behavior // Applied Sciences. – 2025. – Т. 15, № 2. – С. 960. – DOI: <https://doi.org/10.3390/app15020960>.
17. Michalakopoulos V., Sarmas E., Papias I., Skaloumpakas P., Marinakis V., Doukas H. A machine learning-based framework for clustering residential electricity load profiles to enhance demand response programs // Applied Energy. – 2024. – Т. 361. – С. 122943. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.122943>.
18. Seo K., Na H.S., Lee W., Chen Ch.-B., Kweon S.J., Zhao L., Kumara S. Clustering electricity consumption patterns using functional data analysis // Sustainable Energy, Grids and Networks. – 2025. – Т. 43. – С. 101742. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2025.101742>.
19. Liu Y., Zeng B., Long K., Wu W. Enhancing Electric Bus Charging Scheduling: An Energy-Integrated Dynamic Bus Replacement Strategy with Time-of-Use Pricing // Sustainability. – 2024. – Т. 16, № 8. – С. 3334. – DOI: <https://doi.org/10.3390/su16083334>.
20. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. – Official Journal of the European Union. – 2012. – L 315. – С. 1–56. – Оpubліковано 14.11.2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/27/oj>.
21. Mandel T., Pató Z., Broc J.S. та ін. Conceptualising the energy efficiency first principle: insights from theory and practice // Energy Efficiency. – 2022. – Т. 15. – С. 41. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s12053-022-10053-w>.
22. European Council for an Energy Efficient Economy (eceee). eceee [Електронний ресурс]. – Стокгольм, Швеція: eceee, 1993–. – Режим доступу: <https://www.eceee.org/>.
23. Maistrenko N., Zavgorodnia M., Sheludko E., Galaieva L. Energy Consumption in Key Sectors of the Processing Industry: Current State and Prospects for the Post-war Future // Babak V., Zaporozhets A. (ред.) Systems, Decision and Control in Energy VII. – Cham: Springer, 2025. – Т. 596 (Studies in Systems, Decision and Control). – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-90462-2_4.
24. Майстренко Н.Ю. Прогнозування енергоспоживання для сектора загального державного управління в економіці України до 2040 року // Системні дослідження в енергетиці. – 2022. – № 1–2 (68–69). – С. 82–89. – DOI: <https://doi.org/10.15407/pge2022.01-02.082>.
25. Жувагіна І. Забезпечення ефективної політики енергоефективності на основі відповідних систем енергоаудиту // European Science. – 2024. – № 3 (sge27-03). – С. 44–71. – DOI: <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2024-27-00-005>.
26. Ткач М. Прагматика ефективності системи енергоменеджменту суб'єктів господарювання // Економіка та суспільство. – 2024. – № 68. – DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-127>.
27. Постол Ю.О., Гулевський В.Б., Постол О.О. Підвищення енергоефективності житлового сектору // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 121–129. – DOI: <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-10>.
28. Муніципальний енергетичний план Сосницької громади Корюківського району Чернігівської області. – Сосниця, грудень 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sosnitsa-rada.gov.ua/storage/documents/documents/3bd084fe8a71c005f44c62800dfe247e.pdf>.
29. Проєкт USAID «Підвищення ефективності роботи і підзвітності органів місцевого самоврядування» («ГОВЕРЛА»). Рекомендації для органів місцевого самоврядування з впровадження енергоефективних заходів на рівні територіальних громад. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://decentralization.ua/uploads/attachment/document/1120/Recommendations_on_Energy_Efficiency_Measures_in_Municipalities.pdf.
30. EN 17267:2019. Energy measurement and monitoring plan – Design and implementation – Principles for energy data collection. – Брюссель: CEN, 2019. – 24 с. – (ICS: 03.100.01; 27.010). – Стан: чинний. – Оpubліковано: 13 вересня 2019 р.
31. Проєкт Національного плану з енергетики та клімату України 2025–2030. – Київ: Міністерство економіки України, 14.02.2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://me.gov.ua/Documents/Detail?id=f7088035-142e-4912-9aa0-6fe2def80c1b&lang=uk-UA&title=ProektNatsionalnogoPlanuZEnergetikiTaKlimatuUkraini2025-2030>.
32. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast) (Text with EEA relevance). – Official Journal of the European Union. – 2023. – L 231. – С. 1–111. – Оpubліковано 20.09.2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://data.europa.eu/eli/dir/2023/1791/oj>.

33. Decreto Legislativo 14 luglio 2020, n. 73. Attuazione della direttiva (UE) 2018/2002 che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica. (20G00093) // Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana. Serie Generale. – 2020. – № 175. – 14.07.2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/07/14/20G00093/SG>.

34. Martini Ch., Toro C., Biele E., Herce C. Implementation of energy efficiency measures in industry and enterprises: Public Report. Deliverable 2.2 of the LIFE22-CET-LEAPto11 project / ENEA; за участі ADENE, CRES, dena, EIH, EWA, LEA, RVO, SEAI, SIEA. – Версія: Final. – Рим: ENEA, 2024. – 72 с. – Проект: LIFE22-CET-LEAPto11.

35. Norton Rose Fulbright. The Energy Release Decree: Ministerial Decree no. 268/2024 introduces Energy Release 2.0 encouraging new renewables by energy-intensive companies. – Milan: Norton Rose Fulbright, January 2025. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/24d4e4b5/the-energy-release-decree>.

36. Besondere Ausgleichsregelung bis Leistungsjahr 2023 [Електронний ресурс] // Netztransparenz. – Stuttgart: TransnetBW GmbH. – Режим доступу: <https://www.netztransparenz.de/de-de/Erneuerbare-Energien-und-Umlagen/Abwicklungshinweise-und-Umsetzungshilfen/Besondere-Ausgleichsregelung-bis-Leistungsjahr-2023>.

37. Financing under the German Renewable Energy Act (EEG) [Електронний ресурс] // Netztransparenz. – Stuttgart: TransnetBW GmbH. – Режим доступу: <https://www.transnetbw.de/en/energy-market/renewables-and-levies/eeg-support>.

38. Freshfields Bruckhaus Deringer LLP. The amendment of the German Renewable Energy Act (EEG 2021). – Лондон: Freshfields Bruckhaus Deringer LLP, 25 січня 2021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.freshfields.com/en/our-thinking/briefings/2021/01/the-amendment-of-the-german-renewable-energy-act-eeg-2021-4390>.

39. Energy audit and ISO 50001: changes in French regulations [Електронний ресурс] // Rong Yi Solutions. – Режим доступу: <https://rongyisolutions.com/en/energy-audit-and-iso-50001-changes-in-french-regulations>.

40. Implementing an Effective Energy Management System: The Path to Sustainability with DIN EN ISO 50001:2018 [Електронний ресурс] // M&P Energy GmbH. – Ганновер: M&P Energy GmbH, 27.01.2025. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mup-energy.com/en/implementing-an-effective-energy-management-system-the-path-to-sustainability-with-din-en-iso-500012018>.

41. Romiti J., Negro C., Di Santo D. D4.1 Inventory and categorisation of funding opportunities analysis for energy efficiency: Public Report / FIRE; за рецензією ІЕЕСР. – У межах проекту DEESME2050: Developing Energy Efficiency Projects in SMEs for European 2050 targets. – 20 лютого 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieecp.org/projects/deesme2050/>.

42. Wright A., Martin M., Gemmer B., Scheihing P., Quinn J. Results from the U.S. DOE 2006 Save Energy Now Assessment Initiative: DOE's Partnership with U.S. Industry to Reduce Energy Consumption, Energy Costs, and Carbon Dioxide Emissions. – Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory; U.S. Department of Energy, Industrial Technologies Program, 17 вересня 2007. – 63 с.

43. Implementing a national energy efficiency programme [Електронний ресурс] // NDC Partnership – Knowledge Portal. – Washington, DC: NDC Partnership. – Режим доступу: <https://www.ndcpartnership.org/knowledge-portal/good-practice-database/implementing-national-energy-efficiency-programme>.

44. Agency for Natural Resources and Energy (ANRE), Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). Energy Conservation Policies & Measures in Japan. – Tokyo: METI, 7 жовтня 2009. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.apec.org/docs/default-source/satellite/EGEEEC/Files/EGEEEC34_session_5_economy_report_Japan.pdf

45. Ministry of Power, Government of India. Achievements under Perform, Achieve and Trade (PAT). – Нью-Делі: Bureau of Energy Efficiency (BEE), травень 2017. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://beeindia.gov.in/sites/default/files/Booklet_Achievements%20under%20PAT_May%202017.pdf.

46. Sala S., Benini L., Beylot A., Castellani V., Cerutti A., Corrado S., Crenna E., Diaconu E., Sanyé-Mengual E., Secchi M., Sinkko T., Pant R. Consumption and Consumer Footprint: methodology and results. Indicators and Assessment of the environmental impact of EU consumption. – Люксембург: Publications Office of the European Union, 2019. – ISBN 978-92-79-97256-0. – DOI: 10.2760/98570. – JRC 113607.

47. Price L., Wang X., Yun J. China's Top-1000 Energy-Consuming Enterprises Program: Reducing Energy Consumption of the 1000 Largest Industrial Enterprises in China / Lawrence Berkeley National Laboratory, Peking University, China Energy Conservation Association. – Берклі: Environmental Energy Technologies Division, червень 2008. – 40 с.

48. Ofgem energy consumer archetypes update 2024 [Електронний ресурс] // Ofgem. – Лондон: Office of Gas and Electricity Markets, лютий 2024. – 120 с. – Режим доступу: https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/2024-02/Ofgem_archetypes_update_2024_FinalReport_v4.1.3.pdf.

49. Landis F. Distributional Impacts of Swiss Climate Policy. – Winterthur: ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, April 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://digitalcollection.zhaw.ch/bitstream/11475/30465/1/2024_Landis_Distributional-impacts-of-Swiss-climate-policy.pdf. – DOI: 10.21256/zhaw-30465.

50. Sunderland L., Jahn A., Hogan M., Rosenow J., Cowart R. Equity in the energy transition: Who pays and who benefits? – Брюссель: Regulatory Assistance Project (RAP), травень 2020. – 64 с.
51. Okereke G.E., Bali M.C., Okwueze C.N. та ін. K-means clustering of electricity consumers using time-domain features from smart meter data // Journal of Electrical Systems and Information Technology. – 2023. – Т. 10. – С. 2. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s43067-023-00068-3>.
52. Kaur R., Gabrijelčić D. Behavior segmentation of electricity consumption patterns: A cluster analytical approach // Knowledge-Based Systems. – 2022. – Т. 251. – С. 109236. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.109236>.
53. Guan Y., Zhang H., Jin Y., Zhou S. Classification and Analysis of Users' Electricity Consumption Behavior Using Cluster Analysis Algorithm // Journal of Engineering Science. – 2024. – Т. 20, № 9s. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://journal.esrgroups.org/jes/article/view/4594>.
54. Commission Recommendation (EU) 2024/2002 of 24 July 2024 setting out guidelines for the interpretation of Article 11 of Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council as regards energy management systems and energy audits (notified under document C/2024/5155). – Official Journal of the European Union. – 2024. – L 2024/2002. – Опубліковано 26.07.2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://data.europa.eu/eli/reco/2024/2002/oj>.
55. Council Regulation (EU) 2022/1854 of 6 October 2022 on an emergency intervention to address high energy prices. – Official Journal of the European Union. – 2022. – L 261I. – С. 1–21. – Опубліковано 07.10.2022. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://data.europa.eu/eli/reg/2022/1854/oj>.
56. European Commission. Guidelines on State aid for climate, environmental protection and energy 2022 (2022/C 80/01) // Official Journal of the European Union. – 2022. – С 80. – С. 89. – Опубліковано 18.02.2022. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A52022XC0218%2803%29>.
57. European Commission. 2023 Country Report – Spain. Commission Staff Working Document (SWD(2023) 609 final), 24 травня 2023. – Брюссель: European Commission, 2023. – 88 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://economy-finance.ec.europa.eu/system/files/2023-06/ip233_en.pdf.
58. VREG (Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt). A European comparison of electricity and natural gas prices for residential, small professional and large industrial consumers: Final report. – Брюссель: VREG, травень 2020. – 335 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vlaamsenutsregulator.be/sites/default/files/document/rapp-2020-11.pdf>.
59. House of Commons Environmental Audit Committee. Energy Intensive Industries Compensation Scheme: Written evidence. – Лондон: UK Parliament, 22 листопада 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://publications.parliament.uk/pa/cm201213/cmselect/cmenvaud/writev/669/669.pdf>.
60. International Energy Agency (IEA). World Energy Balances. Database documentation. April 2025 edition. – Париж: IEA, квітень 2025. – 434 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/fddaf908-1716-431b-ab9b-a21f7a6cdd76/WorldEnergyBalancesdocumentationApril2025edition.pdf>.
61. International Energy Agency (IEA). Denmark 2023. – Париж: IEA, 2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/denmark-2023>. – Ліцензія: CC BY 4.0.
62. E.ON. E.ON pilot project for dynamic pricing in Copenhagen enters commercial phase. – 27 лютого 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eon.com/en/innovation/innovation-frontline/innovation-news/eon-pilot-project-for-dynamic-pricing-in-copenhagen-enters-commercial-phase.html>.
63. U.S. Energy Information Administration (EIA). Glossary [Електронний ресурс]. – Вашингтон: EIA. – Режим доступу: <https://www.eia.gov/tools/glossary/?id=B>.
64. U.S. Energy Information Administration (EIA). Hourly electricity consumption varies throughout the day and across seasons. – 21 лютого 2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=42915>.
65. U.S. Energy Information Administration (EIA). Use of natural gas-fired generation differs in the United States by technology and region. – 22 лютого 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=61444>.
66. Döring M. Package 'standardlastprofile': Data Package for BDEW Standard Load Profiles in Electricity. Version 1.0.0 [Електронний ресурс] // CRAN. – 11 грудня 2023. – Ліцензія: CC0.
67. Load Profiles [Електронний ресурс] // AEMO – Australian Energy Market Operator. – Мельбурн: АЕМО. – Режим доступу: <https://aemo.com.au/energy-systems/electricity/national-electricity-market-nem/data-nem/metering-data/load-profiles>.
68. Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water (Australia). Position Paper: Sample metering and Controlled Load Profiles. – Сідней: DCCEEW, квітень 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.energy.nsw.gov.au/sites/default/files/2024-04/202404-DCCEEW-position-paper-controlled-load-profiles-and-sample-meters.pdf>.
69. ISO. ISO 50001 – Energy management [Електронний ресурс] // ISO. – Женева: ISO. – Режим доступу: <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>.
70. Energy Efficient Products. ENERGY STAR [Електронний ресурс] // ENERGY STAR. – Вашингтон, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency. – Режим доступу: <https://www.energystar.gov>.

71. Dutrow E. Benchmarking Industrial Plant Energy Efficiency: How EPA's ENERGY STAR® Program Helps Industry Improve Energy Efficiency / U.S. Environmental Protection Agency, ENERGY STAR Industrial Partnership. – Вашингтон, D.C.: EPA, 26 травня 2010. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-01/documents/energy_star_5_26_10.pdf.
72. Zimmer A., Ha H. Buildings and Infrastructure from a Sustainability Perspective. Sustainable and Healthy Communities Program – Theme 4.1.1. – Internal EPA Report (EPA/600/X-14/369). – Ролі: Anthony Zimmer, HakSoo Ha (ORISE Fellow). – Вашингтон, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, вересень 2014. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/buildingsandinfrastructurefromasustainabilityperspective.pdf>.
73. U.S. Department of Energy, Sustainability Performance Office. Learn more about the Benefits of ISO 50001 & DOE's 50001 Ready [Електронний ресурс]. – Вашингтон, D.C.: DOE, 2018 (останні зміни). – Режим доступу: <https://www.energy.gov/management/osp/articles/does-50001-ready-program>.
74. Fuchs H., Aghajanzadeh A., Therkelsen P. Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis // Energy Policy. – 2020. – Т. 142. – С. 111443. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111443>.
75. ENEFIRST + Plug Energy Efficiency First In. – У межах проєкту ІЕЕС Р (ENEFIRST+ Plug), період: листопад 2023 – жовтень 2026. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieecp.org/projects/enefirst-2>.
76. United Nations Economic Commission for Europe. Rebuilding Ukraine with a Resilient, Carbon-Neutral Energy System. – Женева: United Nations, 2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://unece.org/sites/default/files/2023-07/EN_Rebuilding%20Ukraine%20with%20a%20Resilient%20Carbon-Neutral%20Energy%20System_V8.pdf
77. International Energy Agency (IEA). Understanding energy end uses [Електронний ресурс] // Ukraine – Countries & Regions – Efficiency & demand. – Париж: IEA. – Режим доступу: <https://www.iea.org/countries/ukraine/efficiency-demand>.
78. Krishnan A. Smart electricity meter market 2024: Global adoption landscape [Електронний ресурс] // IoT Analytics. – Гамбург: IoT Analytics GmbH, 21 лютого 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://iot-analytics.com/smart-meter-adoption>.
79. Smart grids and meters [Електронний ресурс] // European Commission, Directorate-General for Energy. – Брюссель: EC DG Energy. – Режим доступу: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters_en.
80. Berg Insight. The penetration rate of smart gas meters in Europe reached 45 percent in 2023. – 7 березня 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.berginsight.com/the-penetration-rate-of-smart-gas-meters-in-europe-reached-45-percent-in-2023>.
81. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2023: Primary annual analysis of global developments in energy efficiency markets and policy. – Париж: IEA, червень 2023. – 126 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dfd9134f-12eb-4045-9789-9d6ab8d9fbf4/EnergyEfficiency2023.pdf>.
82. Ma O., Cheung K., Alkadi N. та ін. Demand Response and Energy Storage Integration Study / Office of Energy Efficiency and Renewable Energy & Office of Electricity Delivery and Energy Reliability. – Вашингтон, D.C.: U.S. Department of Energy, 2016 (DOE-EE-1282). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.energy.gov/eere/analysis/demand-response-and-energy-storage-integration-study>.
83. Bonneville Power Administration. BPA Overview / Corrina Ikakoula, Tribal Account Executive; у межах DOE Tribal Energy Program Review. – Вашингтон, D.C.: U.S. Department of Energy, січень 2016. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/01/f28/0911review_ikakoula.pdf.
84. American Public Power Association. Moving Ahead with Time of Use Rates [Електронний ресурс] // American Public Power Association. – Арлінгтон, VA. – 27 с. – Режим доступу: <https://www.publicpower.org/system/files/documents/Moving-Ahead-Time-of-Use-Rates.pdf>.
85. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy; Oak Ridge National Laboratory; Vermont Energy Investment Corporation. Guide to Community Energy Strategic Planning: Introduction to Community Energy Strategic Planning. – Вашингтон, D.C.: DOE, березень 2013. – 7 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f15/cesp_guide_intro.pdf.
86. Broward County CESP Leadership Team. Broward County Community Energy Strategic Plan (CESP). – Broward County, Fla.: Southeast Florida Regional Climate Change Compact, 20 листопада 2014. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://southeastfloridacclimatecompact.org/wp-content/uploads/2022/02/Broward-County_CommunityEnergyStrategicPlan.pdf.
87. Moss S.J., за участю Fleisher K. Market Segmentation and Energy Efficiency Program Design / Підготовлено для CIEE Behavior and Energy Program; ред. Vine E. – Окланд, Каліфорнія: California Institute for Energy and Environment, листопад 2008. – 49 с.
88. Corso A., Garascia M., Scheu R. Segmenting Chicago Multifamily Housing to Improve Energy Efficiency Programs. – Chicago: Elevate Energy; за підтримки Energy Efficiency for All (EEFA), січень 2017. – 30 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.elevatenp.org/wp-content/uploads/Chicago-Multifamily-Segmentation.pdf>.

89. International Energy Agency (IEA). Ukraine's Energy Security and the Coming Winter: An energy action plan for Ukraine and its partners. – Париж: IEA, вересень 2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cec49dc2-7d04-442f-92aa-54c18e6f51d6/UkrainesEnergySecurityandtheComingWinter.pdf>.

90. Про схвалення Стратегії розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року і затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024–2026 роках : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 липня 2024 р. № 713-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/713-2024-%D1%80> (дата звернення: 17.07.2025).

91. USAID Energy Security Project. USAID ESP Helps Ukraine to Implement the Electricity Integration Package [Електронний ресурс]. – 23 серпня 2024. – Режим доступу: <https://energysecurityua.org/news/usaids-esp-helps-ukraine-to-implement-the-electricity-integration-package/>.

92. USAID Проєкт енергетичної безпеки (ПЕБ) [Електронний ресурс] – Київ: USAID ПЕБ / Tetra Tech ES, Inc., без дати. – Режим доступу: <https://energysecurityua.org/ua/pro-nas>.

D. Matushkin¹, Ph. D., ORCID 0000-0003-4431-7862

¹**General Energy Institute of National Academy of Sciences of Ukraine**

ENERGY CONSUMERS CLASSIFICATION AS A TOOL FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY: ADAPTATION OF INTERNATIONAL PRACTICES FOR UKRAINE

This article presents a systematic review of the principal approaches to classifying energy consumers employed worldwide to enhance the efficiency of power-system management. We examine sector-based classification, load-profile segmentation with demand-response potential – shown by NREL studies to improve program effectiveness by 15–20 % – and efficiency-level categorisation (Energy Star, ISO 50001), which can deliver 10–20 % savings within the first years of implementation. We also analyse marketing-driven segmentation techniques that boost participant engagement by 25–30 %, as well as U.S. case studies of time-of-use tariffs and demand-response schemes that reduce peak demand by 5–10 %. In the Ukrainian context, detailed segmentation is constrained by only ≈ 20 % penetration of advanced metering infrastructure and an uneven industrial structure. Accordingly, we propose a simplified three-tier classification with scope to expand to five categories for finer targeting of tariffs, audits, and support programs. The findings can inform the development of national energy efficiency policies, load forecasting scenarios, differentiated tariff structures, demand-management initiatives, and municipal development strategies. By integrating sectoral, temporal, and efficiency-based classification methods, this framework provides a platform for realising the principle of “energy efficiency first” in Ukraine.

Keywords: consumer classification, energy efficiency, demand-side management, energy policy, energy consumption.

Надійшла: 18.07.2025

Received: 18.07.2025