

## ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ НАЯВНОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*В. І. Литвин, аспірант*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: [vl@viliv.com.ua](mailto:vl@viliv.com.ua)*

**Анотація.** Проаналізований потенціал підвищення ефективності споживання електроенергії в житлових та адміністративних будівлях за умови наявності різних джерел енергії та систем накопичення. Зазначене завдання є актуальним з огляду на поширення відновлювальних джерел енергії як в системах централізованого енергопостачання, так і на локальних об'єктах і суттєвого впливу нестабільної генерації на вартість електроенергії на ринку. Зокрема, розглянуті основні споживачі електроенергії, що можуть бути використані в якості «споживачів-регуляторів», а також системи накопичення, доступні до використання в будівлях. Беручи до уваги, що значна кількість електроенергії використовується, або може бути використана в системах кліматизації будівель, а також для потреб гарячого водопостачання, побудова математичних моделей таких систем для існуючих будівель дозволить створювати ефективні системи керування електричним навантаженням для оптимізації затрат на енергоресурси для традиційних будівель та забезпечення автономності для будівель з близьким до нульового енергоспоживанням. Описані першочергові задачі, що мають бути вирішені для побудови системи керування енергоспоживанням для мінімізації затрат на енергоресурси та підвищення ефективності роботи енергосистеми країни та локальних енергетичних систем громад. Формулювання задач впливає з аналізу інформації про фактичні графіки споживання житловими та громадськими будівлями та аналізу їх взаємної кореляції, що дозволяє використовувати зазначені напрацювання для розробки алгоритмів контролю за енергоспоживанням та керування навантаженням на стороні споживача. Подальшими етапами розпочатого дослідження є проведення додаткових вимірювань фактичного споживання енергоресурсів на об'єктах з дискретністю від декількох секунд до години з одночасною фіксацією потенційних впливових факторів, що дозволить створити цифрову модель енергоспоживання будівлі. Проведений попередній аналіз досліджень показує, що в якості математичного апарату для побудови такої моделі найбільш перспективним є використання нейронних мереж.

**Ключові слова:** *децентралізована генерація, керування попитом, відновлювальні джерела енергії, енергосистема, балансування*

**Актуальність.** Останніми роками відбувається суттєва зміна в системах енергопостачання, яка спричинена широким використанням відновлювальних джерел енергії, зокрема, сонячної та поступовим переходом на індивідуальний електричний автотранспорт. Це пов'язано в першу чергу зі здешевленням зазначених технологій та початком використання їх в масовому сегменті. Як результат – традиційні методи балансування енергосистеми значно здорожчали через необхідність підлаштовуватися під нестабільну сонячну та вітрову генерацію, а також обмеження ліній електропередачі.

При цьому питання балансування попиту на електроенергію стало набагато актуальнішим, особливо за умови використання сонячних установок на стороні споживача та наявності порівняно потужних споживачів електроенергії, якими можна маневрувати в часі.

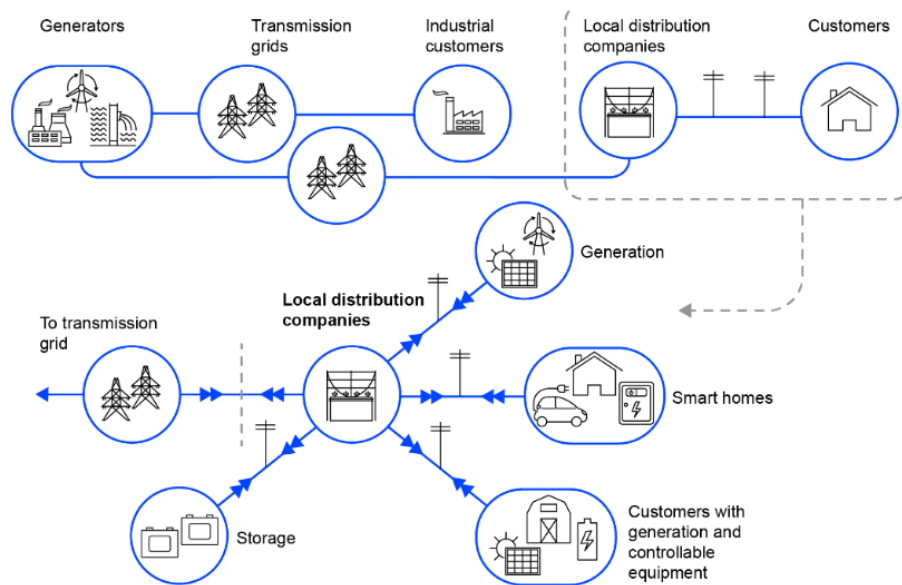
Для енергосистеми України зазначене питання є ще більш актуальним з огляду на руйнування об'єктів енергетичної інфраструктури та зменшення обсягів маневрової генерації та потужності систем розподілу.

Сектор будівель у більшості випадків не розглядався як суттєвий споживач-регулятор і відповідно його участь у балансуванні систем обмежувалася використанням двох- і тризонних тарифів на електричну енергію. Але з огляду на збільшення кількості електричних приладів, особливо електроводонагрівачів, та все ширше використання в побуті кліматичних установок (як для опалення так і для кондиціонування), а також все ширше розповсюдження сонячних панелей, що встановлюються на дахах будівель одночасно з системами акумуляції (як електроенергії, так і тепла та холоду) постає задача щодо розробки ефективних моделей керування споживачами електроенергії та вибору оптимального джерела енергопостачання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Збільшення частки відновлювальних джерел енергії в енергобалансі як окремих країн, так і об'єднаних енергосистем таких як Європейська призвело до зміни погодинного та помісячного графіку споживання електроенергії. Традиційний графік з вечірнім та вранішніми піками, а також нічним провалом (рис. 3, 4) отримав додатковий провал вдень за

рахунок генерації сонячними установками. При цьому енергосистема повинна підлаштовуватися під нестабільну генерацію сонячних та вітрових установок шляхом їх відключення або маневрування потужностями електростанцій на традиційних видах палива (АЕС, ТЕЦ), що призводить до збільшення вартості електроенергії для споживачів.

Окрім того для житлових та громадських будівель стали доступними як системи власної генерації електричної енергії (зокрема сонячні панелі), так і накопичення (акумуляторні батареї та теплоакумулятори). У той же час суттєво змінилася номенклатура споживачів електричної енергії, до яких додалися установки з перетворення електричної енергії в теплову та холодну (електричні котли, водонагрівачі, кондиціонери та теплові насоси), що суттєво впливають на загальне споживання електроенергії будівлями. Беручи до уваги можливість отримувати електричну енергію на ринку за ціною, що змінюється щогодини, ми приходимо до того, що в «розумних мережах» повинні працювати «розумні будинки», які повинні оптимізувати свої режими енергоспоживання, виходячи з внутрішніх (режими функціонування, наявність систем акумуляування, наявність альтернативних постачальних енергоресурсів) та зовнішніх (ціна електроенергії на ринку, доступна потужність) факторів.



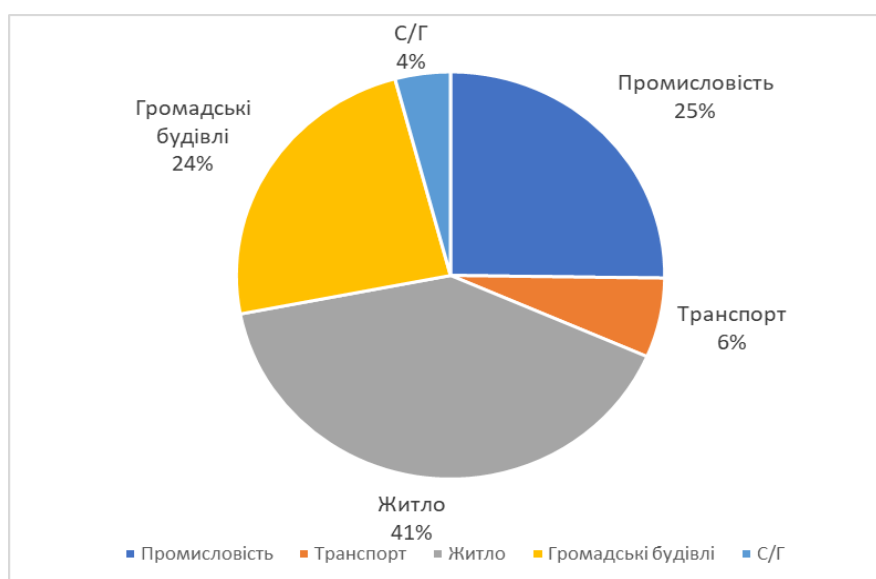
IEA. All rights reserved.

Source: Adapted from IESO (2019), [Exploring Expanded DER Participation in the IESO-Administered Markets](#).

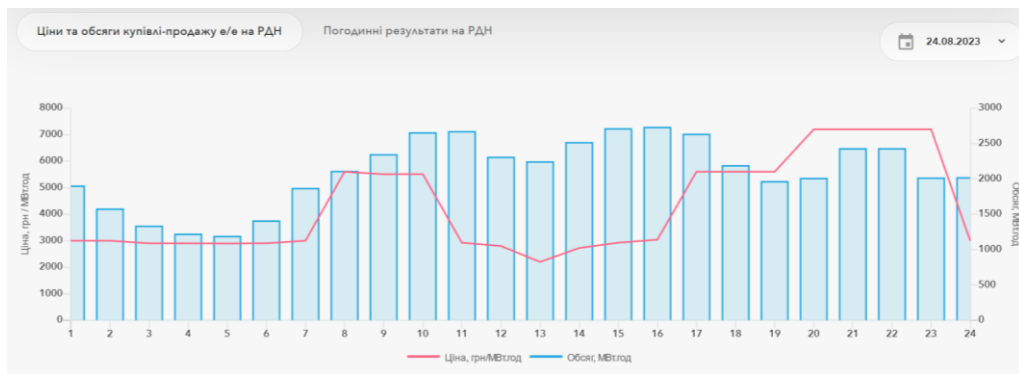
**Рис. 1. Загальна конфігурація енергетичної мережі [1]**

На рис. 1 наведена перспективна енергетична система, до складу якої окрема будівля входить вже не просто як споживач з заданим графіком, а як активний учасник процесів генерації та розподілу електричної енергії.

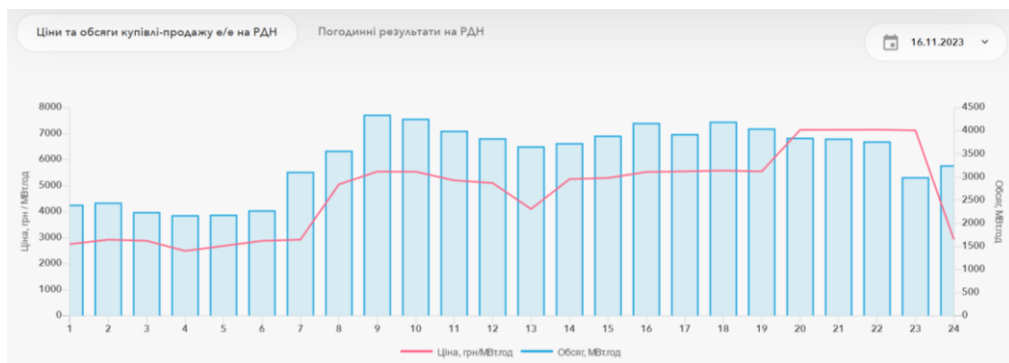
Як і будь-яка інша електрична мережа, така система потребує забезпечення балансування виробництва та споживання електричної енергії, що значно ускладнюється за умови використання значної кількості сонячних електростанцій з нестабільною генерацією [3, 4, 6]. Серед шляхів зменшення коливань графіку енергосистеми найбільш очевидним є впровадження систем акумулювання. Але існуючі технології на базі електричних акумуляторних батарей або гідроакумулюючих електростанцій, як правило, або дуже дорогі, або не мають достатньої ємності. Потенціал балансування енергосистеми великими промисловими підприємствами здебільшого вичерпаний, в той же час потенціал використання енергоспоживачів будівель з огляду на збільшення споживання електричної енергії збільшується (рис. 2). Особливо з огляду на використання таких споживачів електроенергії, як системи гарячого водопостачання, системи опалення та кондиціонування, водонапірні системи, що дозволяють акумулювати енергію набагато дешевше, ніж з використанням електричних акумуляторів на базі літєвих або свинцевих батарей.



**Рис. 2. Баланс споживання електроенергії за секторами (на основі даних Державної служби статистики)**



**Рис. 3** Вартість та обсяги споживання електроенергії в липні місяці



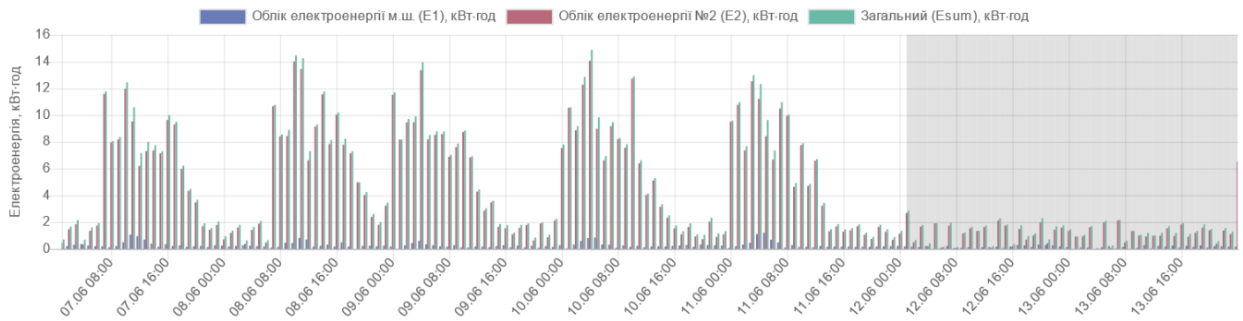
**Рис. 4** Вартість та обсяги споживання електроенергії в листопаді місяці

На рис. 3 та 4 продемонстрована суттєва відмінність у вартості електричної енергії на ринку, що, зокрема, пов'язано з існуючою структурою генерації електричної енергії. Як бачимо на рис. 3 окрім нічних провалів, що характерні для листопада (рис. 4) у липні з'являються ще й денний провал, що дозволяє отримувати додаткові переваги для кінцевих споживачів, які здатні керувати своїм електричним навантаженням.

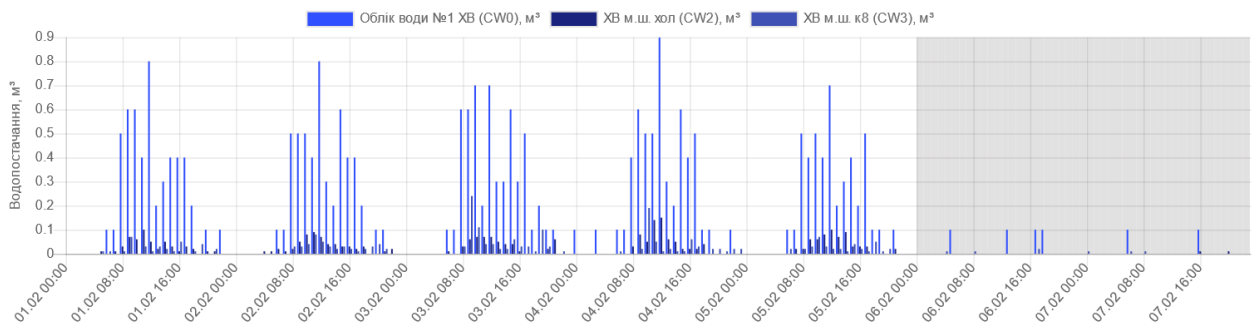
У той же час, недоліком громадських та особливо житлових будівель, з огляду на керованість режимів споживання електроенергії, є порівняно низький вплив на кінцевого споживача, якого достатньо важко змусити використовувати енергію так, як це оптимально для системи. Але сучасний розвиток систем керування та зниження їх вартості в багатьох випадках дозволяють виконати подібну оптимізацію без участі кінцевих споживачів.

**Мета дослідження** – визначити шляхи оптимізації енергоспоживання житлових та громадських будівель в умовах наявності альтернативних джерел енергозабезпечення.

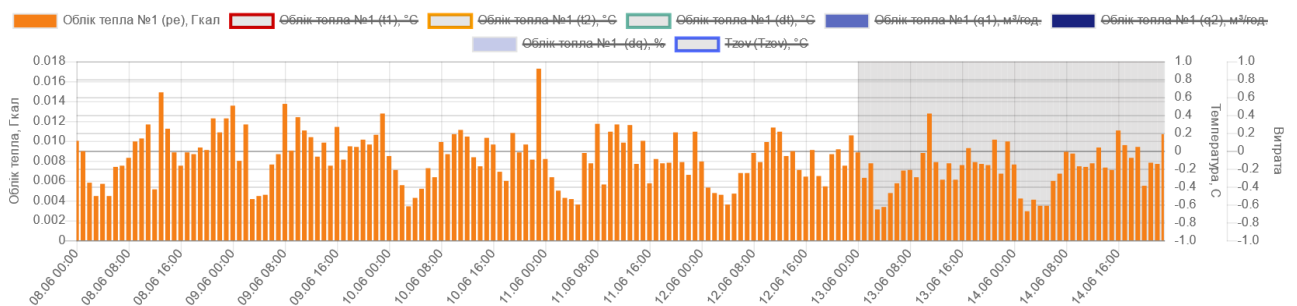
**Матеріали і методи дослідження.** У ході дослідження була зібрана інформація по профілям споживання електричної та теплової енергії основних типів будівлі (рис. 5-8).



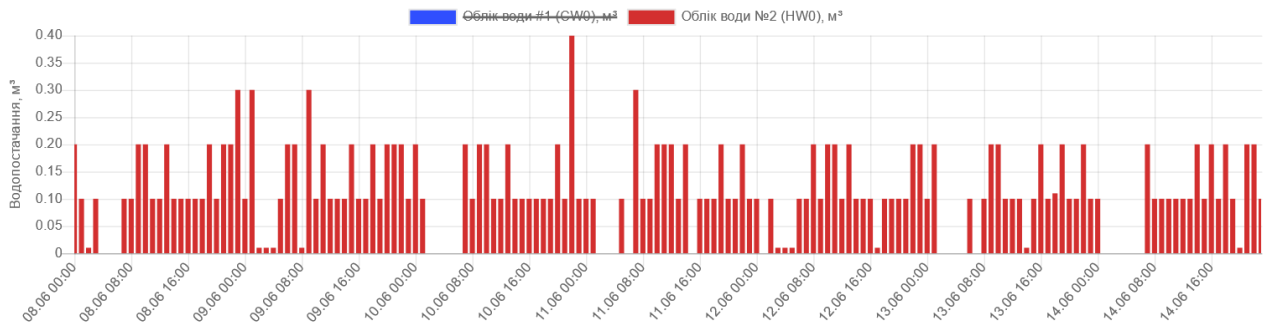
**Рис. 5. Профіль споживання електроенергії дитячим закладом**



**Рис. 6. Погодинне споживання води дитячим закладом**



**Рис. 7. Погодинне споживання теплової енергії житловою будівлею на потреби гарячого водопостачання**



**Рис. 8. Погодинне споживання гарячої води житловою будівлею**

Як видно з наведених вище графіків, профілі енергоспоживання значною мірою зміщені на ранок (для дитячих навчальних закладів) та на ранок та вечір – для житлових будівель. При цьому значна частка навантаження пов’язана з використанням систем гарячого водопостачання, що відкриває суттєві перспективи щодо теплових накопичувачів, які дозволяють б зміщувати графіки електричного навантаження.

Це може бути реалізовано за допомогою створення алгоритму роботи систем керування, що дозволили б за наявності декількох взаємозамінних джерел енергії та систем акумулювання різного типу мінімізувати вартість енергоресурсів та негативний вплив на системи електропостачання.

Загалом постановку задачі в широкому виразі можна сформулювати так:

1) Наявна будівля, до якої підключені

джерела енергії:

- електроенергія із загальної мережі;
- електроенергія від сонячної установки, встановленої на будівлі;
- тепла енергія від централізованої мережі або власного котла на потреби

опалення та гарячого водопостачання;

споживач енергії:

- побутові та технологічні електроприлади без можливості акумулювання (комп’ютерна та офісна техніка, освітлення, кухонна техніка, системи вентиляції);
- системи електричного нагрівання для гарячого водопостачання та кліматизації (в тому числі на базі теплових насосів): ємнісні водонагрівачі,

електроопалення з акумулюванням, системи кондиціонування з акумулюванням холоду;

- системи водопостачання;
  - зарядні станції для електротранспорту;
- системи акумулювання з заданою ємністю:
- електричні акумулятори;
  - теплові акумулятори;
  - акумулятори холоду;
  - гідроакумулятори.

2) Наявна інформація щодо прогнозованої вартості електроенергії на ринку в розрізі годин доби, а також інформація щодо вартості інших джерел енергії (теплова енергія або природний газ).

3) Необхідно розробити алгоритм підключення джерел енергії з урахуванням потенціалу систем акумулювання для мінімізації затрат на енергоресурси.

Виходячи з наведених умов необхідно вирішити такі завдання:

- розробка погодинної або похвилинної моделі енергопотреби будівлі з можливістю прогнозування на основі факторів, що впливають на енергопотребу. При цьому важливим чинником є можливість виконувати зазначене прогнозування на базі вже встановлених лічильників та датчиків, що може суттєво спростити процес впровадження;

- розробка алгоритму керування навантаженням та джерелами на базі отриманої моделі для забезпечення мінімізації затрат на енергоресурси та негативного впливу на систему електропостачання. Ключовим аспектом такого алгоритму мало б бути мінімізація людського фактору – тобто кінцеві споживачі не повинні відчувати дискомфорту в звичному користуванні приладами та обладнанням;

- розробка методології підбору систем акумулювання для мінімізації сумарних (капітальних та експлуатаційних затрат) затрат під час реконструкції та нового будівництва будівель.



Для вирішення зазначених завдань планується застосовувати математичний апарат нейронних мережі для моделювання енергопотреб будівлі, що мають такі переваги:

- можливість навчання на статистичних даних, що отримані з системи енергомоніторингу будівель без необхідності вносити інформацію щодо конструкції будівлі та всіх її споживачів енергії;
- адаптація систем в автоматичному режимі до змін в енергоспоживанні;
- хороші можливості щодо прогнозування попиту;
- можливість навчатися на існуючих даних без проведення детального моделювання окремих елементів систем та конструкцій будівель, що особливо актуально для вже побудованих об'єктів;
- також зазначений математичний апарат може бути застосований для прогнозування вартості електричної енергії в короткостроковій перспективі.

Наведені задачі можна формалізувати так:

1) Побудова математичної моделі потреб в енергоресурсах для будівлі відповідно до зовнішніх та внутрішніх факторів:

$$Q_{п}^i = f(a_{1,i}, a_{2,i}, a_{3,i}, \dots, a_{n,i}) \quad (1)$$

де  $Q_{n,i}$  – потреба в  $i$ -тому виді енергії в заданий проміжок часу;  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  – фактори, що впливають на споживання.

2) Побудова алгоритму вибору оптимальних потоків розподілу електричної енергії в будівлі:

- споживання з мережі;
- акумулювання з мережі;
- акумулювання від власних джерел електропостачання;
- споживання від власних джерел електропостачання;
- Використання закумульованої енергії;
- обмеження потужності некритичних споживачів.

Загалом енергетичний баланс будівлі в межах кожної доби можна показати рівнянням (2):

$$Q_{сп.ел}^j + Q_{сп.т}^j + Q_{вл.г.ел.}^j + Q_{вл.г.т}^j = Q_{ак.т}^j + Q_{ак.ел}^j + Q_{пот.ел}^j + Q_{пот.т}^j \quad (2)$$

де  $Q_{сп. ел.}^j$  – споживання електричної енергії з мережі;  $Q_{сп. т.}^j$  – споживання теплової енергії з мережі;  $Q_{ак. т.}^j$  – акумулювання енергії в теплових акумуляторах;  $Q_{ак. ел.}^j$  – акумулювання енергії в електричних акумуляторах;  $Q_{вл. г. ел.}^j$  – генерація електричної енергії від власних джерел (включно з використанням акумульованої енергії);  $Q_{вл. г. т.}^j$  – генерація теплової енергії від власних джерел (включно з використанням акумульованої енергії);  $Q_{ном. ел.}^j$  – потреба в електричній енергії;  $Q_{ном. т.}^j$  – потреба в тепловій енергії;  $j$  – період часу.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Узагальнено це можна виразити як задача мінімізації вартості спожитої енергії. При цьому має бути враховано не лише вартість в певний момент часу, але й прогноз на майбутні періоди для врахування можливостей акумулювання.

З огляду, що графіки споживання (рис. 5-8) мають явно виражені тижневі цикли – доцільно мінімізувати вартість енергії за тиждень (3):

$$C = \sum_1^7 \sum_1^{24} (T_{ел}^{ij} \times Q_{ел}^{ij} + T_{т}^{ij} \times Q_{т}^{ij}) \quad (3)$$

Таким чином, поєднання рішень, щодо прогнозування попиту на енергоспоживання, генерації відновлювальних джерел у поєднанні з оцінюванням ємності накопичувачів дозволить вирішити задачу оптимізації вартості енергозабезпечення існуючих будівель, а також виконувати обґрунтування вибору джерел та систем накопичення для нових будівель та будівель після реконструкції.

**Висновки і перспективи.** Зі збільшенням споживання електроенергії на потреби гарячого водопостачання, опалення та кондиціонування будівель, а також використанням приватних електромобілів питання керування попитом на енергію зі сторони житлових та громадських будівель стає все більш і більш нагальним. Додатково до цього доступність будинкових сонячних електростанцій та наявність потенціалу акумулювання енергії на рівні будівлі створює додаткові можливості щодо оптимізації вже на рівні енергосистеми за рахунок вирівнювання графіків генерації тепловими та атомними електростанціями та зменшення затрат на розширення інфраструктури. Але для реалізації цього потенціалу необхідно створити ефективні системи керування, що мінімізували б людський фактор та могли б ефективно керувати енергоспоживанням на рівні будівель та інтегруватися в

«розумні мережі» (Smart grids) на рівні енергосистем. Окрім вигоди для споживача такі системи дозволятимуть відтермінувати введення в дію нових генеруючих, передавальних та розподільчих систем, що особливо актуально з огляду на кількість руйнувань енергетичної інфраструктури в Україні в ході російської агресії.

Подальшими етапами розпочатого дослідження є проведення додаткових вимірювань фактичного споживання енергоресурсів на об'єктах з дискретністю від декількох секунд до години з одночасною фіксацією потенційних впливових факторів, що дозволить створити цифрову модель енергоспоживання будівлі. Проведений попередній аналіз досліджень показує, що в якості математичного апарату для побудови такої моделі найбільш перспективним є використання нейронних мереж.

### Список використаних джерел

1. Unlocking the Potential of Distributed Energy Resources. Power system opportunities and best practices. IEA Publications. 2022. URL: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/3520710c-c828-4001-911c-ae78b645ce67/UnlockingthePotentialofDERs\\_Powersystemopportunitiesandbestpractices.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/3520710c-c828-4001-911c-ae78b645ce67/UnlockingthePotentialofDERs_Powersystemopportunitiesandbestpractices.pdf).
2. Saleh Seyedzadeh 1. , Farzad Pour Rahimian, Ivan Glesk and Marc Roper. Machine learning for estimation of building energy consumption and performance: a review. Seyedzadeh et al. Visualization in Engineering. 2018. 6:5 URL: <https://viejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40327-018-0064-7>
3. Праховник А., Попов В., Ярмалюк Е. Перспективы и пути развития распределенной генерации в Украине. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2012. №2. С. 8-14. URL: <http://energy.kpi.ua/article/view/152180/151258> .
4. Distributed energy systems: A review of classification, technologies, applications, and policies. T. B. Nadeem et al. Saudi Arabia : Electrical Engineering Department, King Fahd University of Petroleum and Minerals (KFUPM), Dhahran,, 2023. 250 p. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X23000469>
5. Кіянчук В. М., Махотіло К. В. Участь побутових споживачів на енергетичних ринках через керування попитом. Енергетика, електроніка та електромеханіка. 2023. №9-10. С.187-188. URL: <http://eee.khpi.edu.ua/article/view/298149>.
6. A comprehensive overview on demand side energy management towards smart grids: challenges, solutions, and future direction. M. S. Bakare et al. URL: <https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-023-00262-7>.
7. Palensky P., Dietrich D. Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads. URL: [https://www.researchgate.net/publication/224243498\\_Demand\\_Side\\_Management\\_Demand\\_Response\\_Intelligent\\_Energy\\_Systems\\_and\\_Smart\\_Loads](https://www.researchgate.net/publication/224243498_Demand_Side_Management_Demand_Response_Intelligent_Energy_Systems_and_Smart_Loads)

8. Williams B., Bishop D., Gallardo P. Demand Side Management in Industrial, Commercial, and Residential Sectors: A Review of Constraints and Considerations. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/13/5155> .

9. SAEED M., FANGZONG W., IQBAL S. A Review on Microgrids' Challenges & Perspectives. Pakistan, China : Department of Electrical Engineering, Mehran University of Engineering and Technology, 2021. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9648165>

10. Гребченко М. Системи електропостачання з локальними джерелами енергії та керування ними. Київ : Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського», 2023. 78 с.

URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/41e81896-4f4e-4106-96d7-711fa381e244/content> .

11. Clements-Croome D. J., Yang T., Marson M. Building Energy Management Systems.

URL: [https://www.researchgate.net/publication/319143556\\_Building\\_Energy\\_Management\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/319143556_Building_Energy_Management_Systems).

### References

1. Unlocking the Potential of Distributed Energy Resources. Power system opportunities and best practices (2022). IEA Publications. Available at: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/3520710c-c828-4001-911c-ae78b645ce67/UnlockingthePotentialofDERs\\_Powersystemopportunitiesandbestpractices.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/3520710c-c828-4001-911c-ae78b645ce67/UnlockingthePotentialofDERs_Powersystemopportunitiesandbestpractices.pdf).

2. Seyedzadeh, S; Rahimian, F P; Glesk, I; Roper M, (2018). Machine learning for estimation of building energy consumption and performance: a review. Seyedzadeh et al. Visualization in Engineering. Available at: <https://viejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40327-018-0064-7>

3. Prakhovnyk, A.; Popov, V. ; Yarmaliuk, E. (2012). Perspektyvy y puty razvytyia rasprelennoi heneratsyy v Ukrayne. [Perspectives and trends of distributed generation development in Ukraine]. Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia. 2, 8-14. Available at: <http://energy.kpi.ua/article/view/152180/151258> .

4. Nadeem, T. B. (2023). Distributed energy systems: A review of classification, technologies, applications, and policies : Electrical Engineering Department, King Fahd University of Petroleum and Minerals (KFUPM), Dhahran, 250. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X23000469>

5. Kiyanchuk, V. M; Makhotilo, K. V. (2023). Uchast pobutovykh spozhyvachiv na enerhetychnykh rynkakh cherez keruvannia popytom [Participation of household consumers in energy markets based on demand side management]. Energy saving. Energy. Energy audit, 9-10, 187-188. Available at: <http://eee.khpi.edu.ua/article/view/298149>.

6. Bakare, M. S. (2023). A comprehensive overview on demand side energy management towards smart grids: challenges, solutions, and future direction / et al. Available at: <https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-023-00262-7>.

7. Palensky, P., Dietrich, D. (2011). Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 7, 381-388. DOI:10.1109/TII.2011.2158841
8. Williams, B; Bishop, D; Gallardo, P. (2023). Demand Side Management in Industrial, Commercial, and Residential Sectors: A Review of Constraints and Considerations. Available at: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/13/5155>.
9. Saeed, M.; Fangzong W. ; Iqbal S. (2021). A Review on Microgrids' Challenges & Perspectives. Pakistan, China : Department of Electrical Engineering, Mehran University of Engineering and Technology. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9648165>
10. Hrebchenko, M. (2023) Systemy elektropostachannia z lokalnymi dzherelamy enerhii ta keruvannia nymy [Power supply systems with local energy sources and their management]. Available at: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/41e81896-4f4e-4106-96d7-711fa381e244/content> .
11. Clements-Croome, D. J.; Yang T.; Marson M. (2017). Building Energy Management Systems. Encyclopedia of Sustainable Technologies. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/319143556\\_Building\\_Energy\\_Management\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/319143556_Building_Energy_Management_Systems).

## **METHODS OF OPTIMIZATION ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS WITH THE AVAILABILITY OF ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY SUPPLY**

*V. Lytvyn*

**Abstract.** *The article is devoted to the analysis of the potential for increasing the efficiency of electricity consumption in residential and administrative buildings in the presence of various energy sources and storage systems. This task is relevant in view of the spread of renewable energy sources both in centralized power supply systems and at local facilities and the significant impact of unstable generation on the cost of electricity in the market. In particular, the main consumers of electricity, which can be used as "consumers-regulators", as well as storage systems available for use in buildings, are considered. Taking into account that a significant amount of electricity is used or can be used in building air-conditioning systems, as well as for the needs of hot water supply, the construction of mathematical models of such systems for existing buildings will allow the creation of effective electrical load management systems to optimize energy costs for traditional buildings and ensure autonomy for buildings with close to zero energy consumption. The article describes the priority tasks to be solved to build an energy management system to minimize energy costs and increase the efficiency of the country's energy system and local energy systems of communities. The formulation of the tasks follows from the analysis of information on the actual consumption schedules of residential and public buildings and the analysis of their mutual correlation, which allows using these findings to develop algorithms for monitoring energy consumption and load management on the consumer side. Further stages of the study include additional measurements of actual energy consumption at the facilities with a discreteness of several seconds to an hour, while simultaneously recording potential influencing factors, which will allow creating a digital model of building energy consumption. A preliminary analysis*

*of the research shows that the most promising mathematical apparatus for building such a model is the use of neural networks.*

**Key words:** *decentralized generation, demand management, renewable energy sources, energy system, balancing*