

УДК 697.34:621.311+711.8

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.271222.99.916

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

СОЛОД Л. В.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
БЕРЕЗЮК Г. Г.<sup>2</sup>, ст. виклад.,  
АДЕГОВ О. В.<sup>3\*</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
ТКАЧОВА В. В.<sup>4</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1</sup> Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: [solod.leontina@pdaba.edu.ua](mailto:solod.leontina@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-4789-9514

<sup>2</sup> Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: [bereziuk.hanna@pdaba.edu.ua](mailto:bereziuk.hanna@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-4790-3421

<sup>3\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: [adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-8837-4936

<sup>4</sup> Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: [tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua](mailto:tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-9943-1852

**Анотація. Постановка проблеми.** Системи теплопостачання – одні з основних для життєзабезпечення споживачів. Виробництво та споживання теплоти потребує раціонального підходу, що передбачає забезпечення потреб за мінімальних витрат ресурсів. Таким чином, очевидна актуальність науково-технічного та практичного завдання підвищення енергоефективності систем теплопостачання для економіки країни, особливо під час повоєнного поновлення. Українські системи теплопостачання мають низку особливостей та проблем, тобто вирішення проблеми потребує аналізу сучасного стану систем теплопостачання країни. **Мета статті** – збирання та аналіз інформації про існуючі проблеми систем теплопостачання, виявлення найбільш актуальних проблем підвищення енергоефективності систем теплопостачання для подальшого пошуку їх оптимальних рішень. **Висновок.** Сформульовано загальну проблему сучасного етапу розвитку систем теплопостачання в Україні як необхідність оптимального використання централізованих систем та розумної децентралізації теплопостачання. Актуальність такого формулювання не тільки для України підтверджено результатами інформаційного аналізу про напрямки розвитку систем теплопостачання інших країн. Запропоновано комплексну блок-схему існуючих проблем систем теплопостачання, яка може бути використана для забезпечення системного підходу до пошуку рішень цих проблем. Отримані результати аналізу доцільно використати для визначення напрямів дослідження та шляхів удосконалення систем теплопостачання з метою підвищення їх енергоефективності.

**Ключові слова:** системний підхід; енергоефективність; теплопостачання

## THE SYSTEMATIC APPROACH TO SOLVING THE PROBLEMS OF INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY SYSTEMS

SOLOD L.V.<sup>1</sup>, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,  
BEREZIUK H. H.<sup>2</sup>, Sen. Lect.,  
ADEHOV O.V.<sup>3\*</sup>, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,  
TKACHOVA V.V.<sup>4</sup>, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

<sup>1</sup> Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: [solod.leontina@pdaba.edu.ua](mailto:solod.leontina@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-4789-9514

<sup>2</sup> Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: [berezuik.hanna@pdaba.edu.ua](mailto:berezuik.hanna@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-4790-3421

<sup>3\*</sup> Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: [adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-8837-4936

<sup>4</sup> Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: [tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua](mailto:tkachova.valeriia@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-9943-1852

**Abstract. Problem statement.** Heat supply systems are one of the essential systems for life support. Heat production and consumption require a rational approach, which implies fulfilling the demand with minimal use of resources. In that case, the science-technical and practical demand for increasing the energy efficiency of the country's heat supply systems for the economy is evident, especially in post-war restoration. Ukrainian systems of heat supply have multiple unique features and issues, meaning solving this demand will require the analysis of the actual state of the country's heat supply system. **The purpose of the article** – to collect and analyze the info regarding the existing heat supply system issues, as well as detect the most crucial issues for increasing the systems' energy efficiency and further research for optimal solutions. **Conclusions.** The general problem with the current stage of heat supply system development in Ukraine is defined, as well as the requirement for optimal use of centralized systems and smart decentralization of the heat supply. The relevance of such a formulation not only for Ukraine is confirmed by information analysis on the directions of development of heating systems in other countries. The relevance of this definition (not just for Ukraine) is proven by informational analysis regarding vectors of other countries' heat supply systems development. The complex block scheme of existing heat supply systems issues is provided. It can be used to provide a systematic approach to solving these issues, which will positively influence its efficiency. The collected analysis results are recommended for defining the research vectors and ways to improve the heat supply systems to increase their efficiency.

**Keywords:** *systematic approach; energy efficiency; heat supply*

**Постановка проблеми.** Системи теплопостачання – одні з основних для життєзабезпечення промислових та цивільних споживачів. Більша частина теплової енергії, що генерується, необхідна для виробництва продукції, менша – для потреб опалення, вентиляції, підігріву води для комунальних потреб. Виробництво та споживання теплоти потребує раціонального підходу, що передбачає забезпечення потреб за мінімальних витрат ресурсів. Таким чином, очевидна актуальність науково-технічного та практичного завдання підвищення енергоефективності систем теплопостачання для економіки країни, особливо під час повоєнного поновлення. Українські системи теплопостачання мають низку особливостей та проблем, отож їх вирішення потребує аналізу сучасного стану систем теплопостачання країни.

**Аналіз публікацій.** За джерелом теплоти системи теплопостачання зазвичай поділяють на централізовані та децентралізовані. В широкому сенсі централізованими системами називають ті, в

яких від єдиного джерела тепла здійснюється теплопостачання великого числа споживачів (промисловий вузол, житловий район, квартал), а децентралізованими – системи, в яких усі елементи системи теплопостачання розташовані в опалюваних приміщеннях або поруч з ними (теплопостачання окремих приміщень або невеликої групи будівель).

Однак Закон України Про теплопостачання визначає системи теплопостачання значно детальніше, а саме [1]:

– система автономного теплопостачання – внутрішньобудинкова система опалення, яка використовується для теплозабезпечення окремого багатоквартирного будинку;

– система децентралізованого теплопостачання – сукупність джерел теплової енергії потужністю від 1 до 3 Гкал/год, місцевих (розподільчих) теплових мереж;

– система помірно централізованого теплопостачання – сукупність джерел теплової енергії потужністю від 3 до 20 Гкал/год, магістральних та/або місцевих (розподільчих) теплових мереж;

– система централізованого теплопостачання – сукупність джерел теплової енергії, магістральних та місцевих (розподільчих) теплових мереж, що об'єднані між собою та використовуються для теплозабезпечення споживача, населеного пункту, яка включає системи децентралізованого та помірно централізованого теплопостачання.

Визначення індивідуального (квартирного) теплопостачання дає ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [2]: квартирне теплопостачання – забезпечення теплою системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання квартири у житловому багатоквартирному будинку; система складається з індивідуального джерела теплопостачання – теплогенератора, трубопроводів опалення з опалювальними приладами та запірно-регулювальною арматурою, трубопроводів гарячого водопостачання із запірно-регулювальною та водорозбірною арматурою, теплообмінників системи вентиляції та іншого обладнання зазначених систем.

Історично склалося, що в Україні більша частина споживачів отримує теплову енергію від централізованих систем теплопостачання, перевагами яких є потужність, екологічність (за умови ефективного застосування технологій очищення димових газів) та зменшення небезпеки пожеж.

У той же час до основних недоліків централізованих систем теплопостачання слід віднести:

– необхідність спорудження та експлуатації теплових мереж, яка зумовлює збільшення вартості систем теплопостачання (великі капітальні та експлуатаційні витрати);

– теплові втрати під час транспортування теплоти;

– складність регулювання через велику розгалуженість та протяжність теплових мереж.

Перевагами систем децентралізованого теплопостачання, залежно від ступеня децентралізації (від квартирного до помірно

централізованого за класифікацією [1; 2]), можуть бути:

– зниження експлуатаційних витрат (як правило, немає необхідності в обслузі, таким чином, експлуатаційні витрати складають тільки витрати на паливо);

– зниження тепловтрат унаслідок скорочення шляху транспортування теплової енергії;

– можливість більш гнучкого застосування автоматики для контролю і регулювання параметрів роботи системи, що дає ефект енергозбереження;

– мобільність (джерело або всю систему можна переміщати з місця на місце).

Основний недолік децентралізованих та індивідуальних систем теплопостачання – це їх висока початкова вартість (капітальні витрати).

Виходячи з існуючого стану, можна стверджувати, що загальною проблемою сучасного етапу розвитку систем теплопостачання в Україні стала необхідність оптимального використання централізованих систем та розумної децентралізації теплопостачання. Інформаційний аналіз показує, що такий підхід актуальний не тільки для України.

У таблиці наведено результати аналізу інформації [3; 4] про системи теплопостачання країн світу.

Можна бачити, що розвиток систем теплопостачання спрямований на підвищення їх енергоефективності. Головними напрямками підвищення енергоефективності економіки України у сфері теплопостачання згідно з [6] мають стати:

- скорочення енергоспоживання домогосподарств, комерційного та комунального секторів на потреби опалення шляхом підвищення енергоефективності житлових і громадських будівель, а також підвищення енергоефективності опалювальних приладів;

- повнота та прозорість обліку теплоенергії;

- підвищення енергоефективності в секторі виробництва і трансформації енергії, насамперед у теплоелектроенергетиці

та централізованому теплопостачанні шляхом оптимізації використання потужностей, технічної та технологічної модернізації;

- скорочення витрат енергії в системах транспортування та розподілу теплової енергії шляхом технічної, технологічної модернізації та концептуального перегляду схем енергозабезпечення із врахуванням досягнень у сфері децентралізованого

енергопостачання, зокрема за рахунок використання поновлюваних джерел енергії та управління енергоспоживанням;

- оцінювання потенціалу оптимізації системи центрального опалення шляхом переходу на індивідуальне опалення у регіонах та на об'єктах, де це економічно доцільно;

- упровадження на рівні держави, міст, бюджетних та адміністративних будівель та підприємств системи енергетичного менеджменту.

*Таблиця*

**Характеристика та напрямки розвитку систем теплопостачання деяких країн зарубіжжя та України [5]**

Країна	Джерела теплоти	Види опалення	Напрямок розвитку та пріоритети
Фінляндія	ТЕЦ у містах, індивідуальний котел/тепловий насос у сільській місцевості	Водяне (радіаторне/тепла підлога); електричне опалення	Переобладнання нового будівельного фонду до 0-го рівня споживання енергії
Італія	Центральне теплопостачання, теплові насоси	Водяне (радіаторне), повітряне (фанкойли)	Задоволення потреб споживачів, простота обліку
Німеччина	Централізоване опалення у великих містах, котли, теплові насоси, сонячні панелі	Водяне (радіаторне/тепла підлога); електричне опалення	Екологічно чисті системи, комфорт
Норвегія	Геотермальні низькотемпературні теплові насоси	Електричне (тепла підлога/конвектори), водяне	Використання поновлюваних джерел енергії
Словаччина	Централізоване теплопостачання, котельні	Водяне (радіаторне)	Оптимальне енергоспоживання, екологічно чисті системи
Австрія	ТЕЦ на біомасі, теплові насоси, пелетні котли	Водяне (радіаторне/тепла підлога)	Енергоефективність систем, надійність
Франція	Централізоване опалення, котли, теплові насоси, сонячні панелі	Електричне, водяне (радіаторне)	Енергозберігальні/енергоефективні системи
Японія	Центральне опалення у холодній частині країни, індивідуальні обігрівачі	Електричне (кондиціонери), газові, масляні обігрівачі	Енергоефективне споживання енергії
Данія	Централізоване теплопостачання, ТЕЦ	Водяне (радіаторне/тепла підлога); електричне опалення	Енергоефективність та економія енергоресурсів
Україна	Централізоване теплопостачання, ТЕЦ, котельні, газові котли	Водяне (радіаторне), електричне опалення	Енергозберігальні системи опалення, тепла ізоляція існуючого та нового будівельного фонду

**Мета статті** – збирання та аналіз інформації про існуючі проблеми систем теплопостачання. Виявлення найбільш актуальних питань підвищення енергоефективності систем теплопостачання для подальшого пошуку їх оптимальних рішень.

**Виклад матеріалу.** Оскільки системи теплопостачання – складні та динамічні, для їх аналізу необхідний системний підхід. Кожен із вищезазначених напрямів можна розглядати як проблему, яку потрібно вирішити. Доцільно, використовуючи метод декомпозиції, розподілити проблеми від загальної до часткових, що становлять складові загальної, а також визначити зв'язки між ними.

Загальною проблемою систем теплопостачання в Україні стала необхідність оптимального використання централізованих систем та розумної децентралізації теплопостачання – позначимо її (1). Ця проблема передбачає необхідність модернізації та концептуального перегляду схем теплопостачання із врахуванням досягнень у сфері децентралізованого теплопостачання – позначимо (2).

Модернізація та концептуальний перегляд схем теплопостачання – це, з одного боку, оцінка потенціалу переходу на індивідуальне опалення, де це економічно доцільно (3), а з іншого – оптимізація використання потужностей, технічна та технологічна модернізація централізованого теплопостачання (4).

Для пунктів 3 та 4 необхідні повнота та прозорість обліку теплоенергії (5), що, у свою чергу, стимулює скорочення енергоспоживання шляхом підвищення енергоефективності житлових і громадських будівель та опалювальних приладів (6). Упровадження на рівні держави, міст, бюджетних та адміністративних будівель та

підприємств системи енергетичного менеджменту (7) забезпечує довготривалий ефект від вирішення проблеми 1 або 1–6.

Результат аналізу існуючих проблем систем теплопостачання наведемо у вигляді блок-схеми, що їх систематизує (рис.).

Очевидно, всі проблеми – складові цієї комплексної блок-схеми – актуальні на сучасному етапі розвитку систем теплопостачання України. Кожна з них потребує пошуку рішень. На ефективність рішень впливатиме розуміння зв'язків між проблемами, розгляд їх у комплексі, тобто забезпечення системного підходу до вирішення цих проблем та загалом до завдання підвищення енергоефективності систем теплопостачання.

### **Висновок**

Виходячи з існуючого стану та класифікації сформульовано загальну проблему сучасного етапу розвитку систем теплопостачання в Україні як необхідність оптимального використання централізованих систем та розумної децентралізації теплопостачання. Актуальність такого формулювання не тільки для України підтверджено результатами інформаційного аналізу про напрямки розвитку систем теплопостачання інших країн.

На основі методів системного аналізу запропоновано комплексну блок-схему існуючих проблем систем теплопостачання, яка може бути використана для забезпечення системного підходу у пошуку рішень цих проблем, що позитивно вплине на їх ефективність.

Отримані результати аналізу існуючих проблем систем теплопостачання доцільно використати для визначення напрямів дослідження та шляхів удосконалення систем теплопостачання з метою підвищення їх енергоефективності.

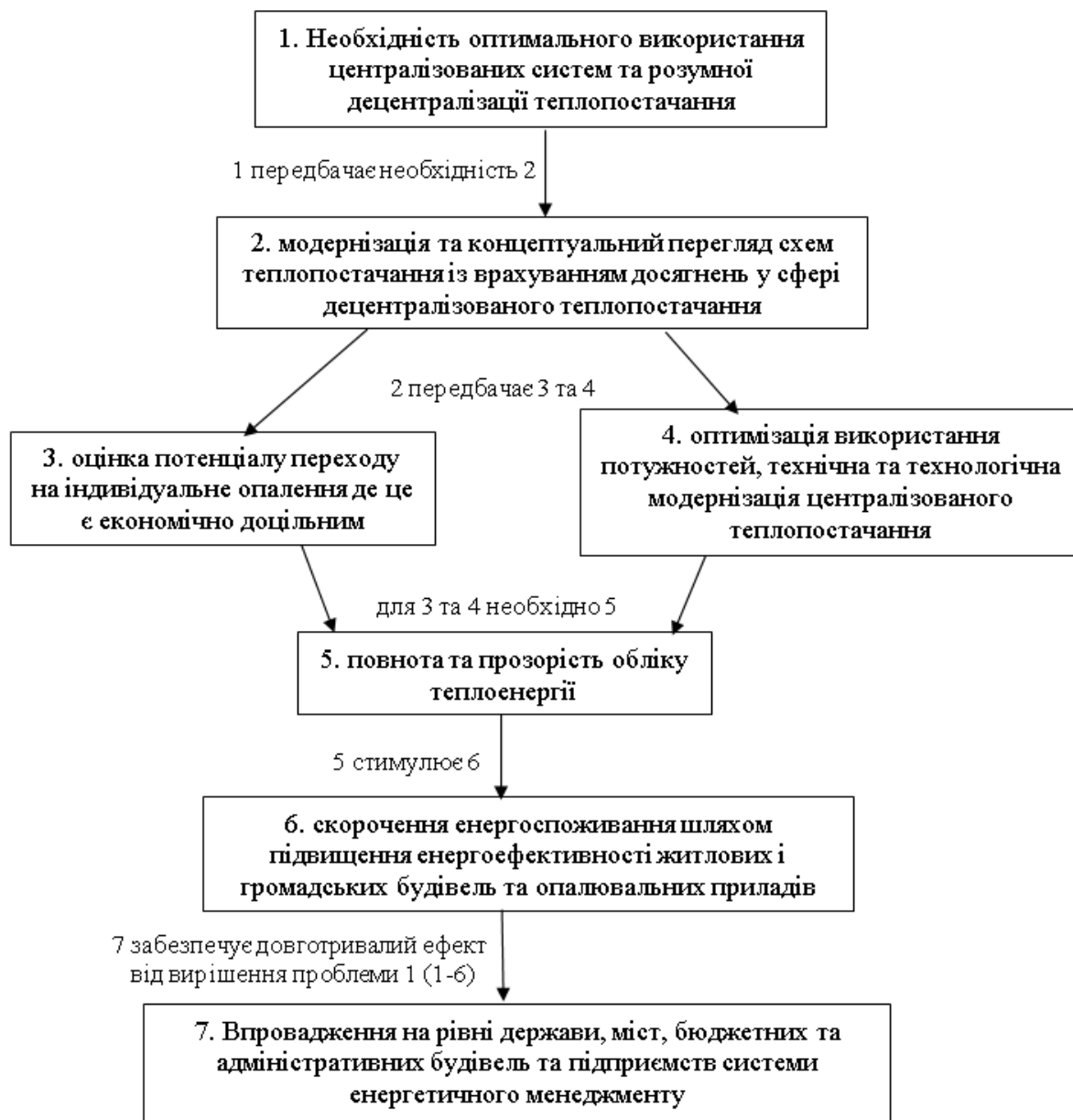


Рис. Комплексна блок-схема існуючих проблем систем теплопостачання

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про теплопостачання : Закон України від 02.06.2005 р. № 2633-IV (в редакції від 13.11.2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text> (дата звернення: 12.09.22).
2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2013. 141 с.
3. Зарубіжний досвід розвитку систем централізованого та автономного тепло- та електропостачання : звіт Відокремленого підрозділу «Науково-проектний центр розвитку об'єднаної енергетичної системи України» ДП «НЕК «Укренерго». 2016. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/5.-TSentralizovane-ta-avtonomne-teplozabezpechennya.pdf> (дата звернення: 12.09.22).
4. Modern Residential Building Heating Systems : Opinions of International Experts. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=7271](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7271) (дата звернення: 25.12.21).
5. Очеретяна Т. С., Солод Л. В., Адегов О. В., Березюк Г. Г. Аналіз та визначення енергоефективних рішень щодо системи теплопостачання багатоповерхової цивільно-житлової будівлі. *Матер. III наук.-практ. конф. студ. Придніпровської державної академії будівництва та архітектури* : зб. тез. Дніпро : ПДАБА, 2021. С. 233–235.

6. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентноспроможність». URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#n2> (дата звернення: 25.10.22).

## REFERENCES

1. *Pro teplopostachannia : Zakon Ukrainy vid 02.06.2005 r. № 2633-IV (v redaktsii vid 13.11.2021)* [On labor protection : Law of Ukraine about heat supply no. 2633-IV (as amended from 13.11.2021)]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text> (accessed: 12 September 2022) (in Ukrainian).
2. DBN V.2.5-67:2013. *Opalennia, ventyliatsiia ta kondytsiuvannia* [Heating, ventilation and air conditioning] 01 January 2013. Kyiv : Minrehion Ukrainy Publ., 141 p. (in Ukrainian).
3. *Zarubizhnyi dosvid rozvytku system tseentralizovanoho ta avtonomnoho teplo ta elektropostachannia : zvit Vidokremlenoho pidrozdilu «Naukovo-proektnyi tsentr rozvytku obiednanoi enerhetychnoi systemy Ukrainy» DP «NEK «Ukrenerho»* [Foreign experience in the development of centralized and autonomous heat and power supply systems : report of the Separate Unit “Scientific Project Center for the Development of the United Energy System of Ukraine”]. 2016. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/5.-TSentralizovane-ta-avtonomne-teplozabezpechennya.pdf> (accessed : 12 September 2022) (in Ukrainian).
4. Modern Residential Building Heating Systems : Opinions of International Experts. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=7271](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7271) (accessed : 25 December 2021).
5. Ocheretiana T.S., Solod L.V., Adehov O.V. and Bereziuk H.H. *Analiz ta vyznachennia enerhoefektyvnykh rishen shchodo systemy teplopostachannia bahatopoverkhovoi tsyvilno-zhytlovoi budivli* [Analysis and determination of energy-efficient solutions for the heat supply system of a multi-story residential building]. *Materialy III naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Materials of the III scientific-practical conference of students of the Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipro : PDABA Publ., 2021, pp. 233–235. (in Ukrainian).
6. *Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentnospromozhnist»* [Energy strategy of Ukraine for the period until 2035 “Security, Energy-Efficiency, Competitiveness”]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#n2> (accessed : 25 October 2022). (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 08.11.2022.