

Технічні науки

УДК 697.27:621.365

**Фіалко Наталія Михайлівна**

*доктор технічних наук, професор,  
чл.-кор. НАН України, завідувач відділу  
Інститут технічної теплофізики НАН України*

**Fialko Nataliia**

*Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of Department  
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

**Тимченко Микола Петрович**

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Інститут технічної теплофізики НАН України*

**Tymchenko Mykola**

*Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher  
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

**ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ  
ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ УКРАЇНИ  
MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF DISTRICT HEATING  
SYSTEMS OF UKRAINE**

**Анотація.** В статті розглянуто основні тенденції розвитку систем централізованого теплопостачання України. Викладено матеріал щодо низки технічних напрямів удосконалення роботи цих систем, як важливого інструменту енергетичного переходу.

**Ключові слова:** відновлювані джерела енергії, інтегровані системи енергопостачання/енергоспоживання, акумулювання енергії, інформаційно-

комутаційні технології, зелений водень, низькотемпературні системи опалення, накопичення енергії.

**Summary.** *The article considers the main trends in the development of district heating systems in Ukraine. The material on a number of technical directions for improving the operation of these systems as an important tool of the energy transition is presented.*

**Key words:** *renewable energy sources, integrated energy supply/energy consumption systems, energy accumulation, information and switching technologies, green hydrogen, low-temperature heating systems, energy storage.*

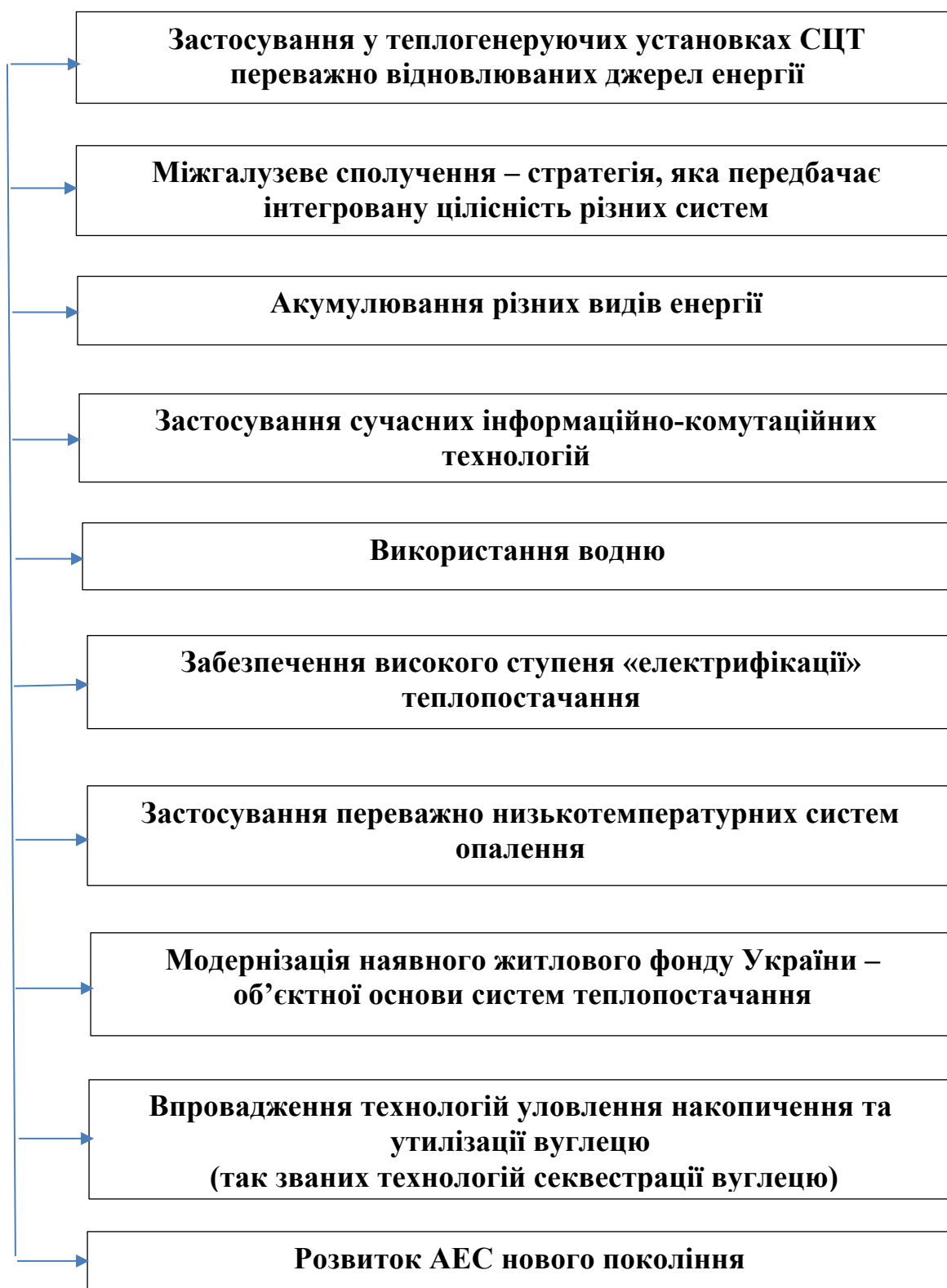
В наявних джерелах наведено результати аналізу низки існуючих проблем практично для усього спектру складових систем централізованого теплопостачання (СЦТ) України (див. наприклад [1-12]). Розглянуто також шляхи вирішення цих проблем у контексті завдань енергетичного порядку денного Європи. За результатами виконаного аналізу можна виділити основні напрями розвитку СЦТ України як важливого інструмента енергетичного переходу (рис.1).

Застосування у теплогенеруючих установках СЦТ переважно відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). При цьому йдеться про реалізацію сукупності систем децентралізованої і централізованої ВДЕ генерації. В найближчій перспективі основу енергобалансу ВДЕ генерації складатимуть СЕ на ВЕС, енергетичні профілі яких мають тренд до взаємодоповнення.

Міжгалузеве сполучення – стратегія, яка передбачає інтегровану цілісність різних систем. Ця стратегія полягає у створенні таких інтегрованих систем як енергоспоживання/енергопостачання, електроенергетика/теплоенергетика, централізована/децентралізована генерація, смарт методи DMS/DSR (управління попитом та реагування та попит) тощо.

Щодо системи енергоспоживання/енергопостачання, то вона пов’язана з інтегруванням, з одного боку, виробництва енергії, з другого боку – споживання енергії з широким залученням до регуляції в часі кінцевих споживачів.

Галузеве сполучення електроенергетики/теплоенергетики в системі побутового енергопостачання (СППЕн) відповідає тісно зв’язаним системам побутового постачання теплової енергії (СПП-Т) та електроенергії (СПП-Е). Системи постачання енергії багато в чому носять віртуальний характер, оскільки свою функцію виконують за допомогою потоків енергії, теплоносії яких мають різні фізичні форми. Колективно налаштована поведінка дозволяє одержати максимальні енергетичні та економічні результати для кінцевих споживачів. Концепція інтеграції енергетичних (теплових та електричних) систем базується на інноваційній основі інтегрованих та оптимізованих інтелектуальних систем та смарт-методів DSM (управління попитом  $\equiv$  Demand Side Management) та DSR (реагування на попит  $\equiv$  Demand Side Response). Вона спрямована на забезпечення сталого, надійного та енергоефективного функціонування системи постачання енергії України. Донедавна вказані методи DSM/DSR орієнтувалися на кінцевих споживачів з метою мотивації: (1) підвищення енергоефективності в довгостроковому наближенні (DSM); (2) короткотермінової (до кількох годин на добу) зміни споживання енергії у відповідь на погодинні цінові сигнали з поточного ринку електроенергії або від його агрегатора (DSR) (3) відмови від викопних палив на користь альтернативних їх видів через не в останню чергу, спроби і намагання позбавитися дороговартісного імпорту дефіцитних для більшості країн енергетичних ресурсів. Наразі вказані методи набули значення універсального управління енергетичними системами.



**Рис. 1. Основні напрями розвитку систем централізованого теплопостачання України**

Акумулювання різних видів енергії. Вищевказана стратегія міжгалузевого сполучення зумовлює потребу в акумулюванні різних видів

енергії (механічної, теплової, електричної, хімічної, електрохімічної, термохімічної, кінетичної, потенційної тощо) та в деяких випадках в її «ітераційній» трансформації. З огляду на це виникає необхідність у формуванні окремого сегмента енергетичної галузі – високоефективних накопичувачів енергії.

#### Застосування сучасних інформаційно-комутаційних технологій.

Перспективні СЦТ пов’язані з застосуванням сучасних інформаційно-комутаційних технологій, за допомогою яких здійснюється управління взаємодією між окремими елементами системи, багаторівнева диспетчеризація тощо.

Використання водню у СЦТ України на тлі інших альтернативних джерел. «Зелений водень» має розглядатися як складний біфункціональний енергетичний продукт. Його першою функцією є функція мультиваріантного електричного палива (е-палива), замітника традиційних викопних палив. Друга функція – це функція універсального накопичувача енергії у газоподібному або скрапленому стані (при криогенних температурах). Зауважимо стосовно більшості кольорових незелених видів водню («сірого», «блакитного», «бурого» та ін.) певна частина експертів вважає, що вони не повинні використовуватися допоки не пройдуть певний еколого-енергетичний контроль. Згідно з п.п. 5, 6 «Ключових дій» та наступними відповідними заходами щодо реалізації цих дій у програмі «Водневої стратегії ЄС» запроваджуються «загальний поріг/стандарт з низьким рівнем викидів вуглецю для просування установок для виробництва водню на основі показників повного життєвого циклу парникових газів». Зараз запропоноване обмеження для низьковуглецевого водню вже включено до Директиви про внутрішній ринок водню.

Забезпечення високого ступеня «електрифікації» теплопостачання. Це передбачає інтеграцію електричних і теплових мереж у багаторівневу систему енергопостачання, розширення масштабів джоулевого обігріву за

рахунок «зеленої» електроенергії тощо. Важливим є також повернення на новому технічному рівні до практики центральних станцій на базі потужних теплових насосів та розширення застосування індивідуальних джерел енергії на базі реверсних теплонасосних установок.

Застосування переважно низькотемпературних систем опалення при використанні води в системах теплопостачання. Тобто йдеться про системи теплопостачання четвертого і наступних поколінь – 4GDH та 4GDH+.

Основною відмінною рисою 4GDH є те, що в теплогенеруючих установках використовуються головним чином низькоексергетичні – відновлювані (сонячна, вітрова, біопаливна тощо) та нетрадиційна (скидна теплота, сміття) джерела енергії. Вважається, що 4GDH є високоефективними СЦТ. При цьому її робочі теплові та гідравлічні режими характеризуються помірними параметрами. Для регулювання теплопостачання, зокрема, – опалення використовуються кількісний, а в деяких випадках якісно-кількісний режими подачі теплоносія. 4GDH є подальшою еволюцією 3GDH, яка вирізнялася температурою води в подавальній трубі набагато нижче 100 °С. Це дозволяє не тільки розширити спектр відновлюваних джерел енергії, але і використовувати сталеві попередньоізолювані труби з безканальною прокладкою теплотраси безпосередньо у ґрунті. Помітно знижена температура мережі підвищує ефективність розподілу за рахунок зниження температурного перепаду між теплоносієм і довкіллям. Доступним стає утилізація високотемпературної скидної теплоти від відновлюваних джерел енергії та від промислових процесів.

Модернізація наявного житлового фонду України – об’єктної основи систем теплопостачання. Цей фонд складається переважно з будівель масової забудови. Згідно з вказаною модернізацією житловий фонд має відповідати класу ефективності А і В із забезпеченням високого рівня

комфортності, екологічності, цифровізації процесів енергоспоживання/енергопостачання.

Впровадження технологій уловлення накопичення та утилізації вуглецю (так званих технологій секвестрації вуглецю). Вказані технології призначені для уловлення та наступного тривалого захоронення (головним чином в геологічних формаціях) CO<sub>2</sub> поза «атмосферою» як резервуаром ПГ. Дані технології вважаються відносно новими, хоча практика так званого «третинного нафтовидобутку» нараховує десятки десятиріч. Зазвичай CO<sub>2</sub> уловлюють безпосередньо на місці великого джерела викидів газу (точковому джерелі), наприклад, ТЕС на біомасі. Хоча «висмоктування» CO<sub>2</sub> з повітря (де 78 % баласту N<sub>2</sub> та менше 0,04 % CO<sub>2</sub>) поки що не є комерційно привабливим, а кількість відомих демонстраційних проєктів не перевищує півтора десятка. Наразі актуальність секвестрації вуглецю з кожним роком зростає.

Розвиток АЕС нового покоління. Зважаючи на наявність в Україні потужної ядерної енергетики актуальною залишається проблема розвитку відповідних екологічно вдосконалених технологій.

### Література

1. Фіалко Н.М., Тимченко М.П. Технології накопичення енергії у складі інтелектуальних систем енергозабезпечення, Пром. теплотехника, 2017. Т. 39, №4. С. 44-54.
2. Fialko N. M., Tymchenko N. P., Sherenkovskiy Ju. V. Fourth Generation of District Heating and Centralized Heating Supply Systems of Ukraine. International Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering. CEE 2019: Proceedings of CEE. 2019. Lviv – Košice – Rzeszów. 2019. P. 74–86. doi: [http://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7\\_10](http://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_10)

3. Фіалко Н.М., Тимченко М.П. Особливості системи централізованого теплопостачання України у складі гібридної системи електрозабезпечення для перспективної системи ОЕС України-ENTSO-E. Міжнародна мультидисциплінарна конференція «Наука і техніка сьогодення: пріоритетні напрямки розвитку України та Польщі» м. Воломін 19-20 жовтня 2018 р. С. 108-111.
4. Фіалко Н.М., Тимченко М.П. Про необхідність розроблення методики інтегрування бівалентних смарт-модулів гібридної системи електротеплозабезпечення та перспективної ОЕС України-ENTSO-E. Сборник трудов «Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики» Институт промышленной экологии. К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2018. С. 107-111.
5. Khalatov A.A., Fialko N.M., Tymchenko N.P. Energy security of Ukraine: Methodological foundations for assessing the level of security and a comparative analysis of the current state. Thermophysics and thermal power engineering, 2020. Т. 42, № 2. С. 18-30. doi: <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2020.2>
6. Фіалко Н.М., Тимченко М.П., Халатов А.А., Шеренковський Ю.В. Інтелектуальні енергетичні системи теплозабезпечення будівель. Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва. 2016, № 844. С. 203-209.
7. Тимченко М.П., Фіалко Н.М. ВДЕ-генерація та системи теплопостачання житлово-комунального господарства України. Відроджена енергетика та енергоефективність у ХХІ столітті: матеріали ХХ міжнародної науково-практичної конференції. 2019. С. 42-47.
8. Фіалко Н.М., Тимченко М.П. Енергокліматична безпека і системи енергозабезпечення житлового сектору. EcoComfort 2022: Proceedings



- of EcoComfort 2022. P. 76–82. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6_8)
9. Fialko N., Tymchenko M. District Heating in Ukraine VS 4G-DH Systems. Intellectual Capital is the Foundation of Innovative Development. Monographic series «European Science». 2021. Book 6. Part 3. P. 78-87.
  10. Tymchenko M.P., Fialko N.M. Traditional district heating systems vs 4 and 5 G-DH in the context of modern legislation of Ukraine and the EU. Проблеми теплофізики та теплоенергетики: тези XII міжнародної онлайн-конференції: (26-27 жовтня 2021 р.). Київ: Інститут технічної теплофізики НАН України. С.133
  11. Черных Л.Ф., Фиалко Н.М., Контрольные экспериментальные исследования теплового режима жилых и общественных зданий с напольной электрической кабельной системой отопления теплоаккумуляционного действия. Оконные технологии. 2006. №24. С. 33-40.
  12. Тимченко Н.П., Фиалко Н.М. Централизованное отопление в Украине и система 4G-DH. Intellektuelles Kapital - die Grundlage für Innovative Entwicklung Intellectual Capital is the Foundation of Innovative Development Monographic series «European Science». Book 6. Part 3. ScientificWorld-NetAkhatAV. Karlsruhe, 2021. P. 78-87.