

УДК 697.331

## Нові підходи до організації централізованого теплопостачання

П. М. Гламаздин<sup>1</sup>, К.О. Баранчук<sup>2</sup>, О. В. Приймак<sup>3</sup><sup>1</sup>к.т.н., доцент, Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ, Україна, sib.kiev@gmail.com, ORCID 0000-0003-2611-2687<sup>2</sup>Заступник Директора з науково-технічних питань, Danfoss Україна, м.Київ, Україна, kyrylo.baranchuk@danfoss.com<sup>3</sup>д.т.н., проф. Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ, Україна, 02opriymak@gmail.com

*Анотація. Системи централізованого теплопостачання міст України знаходяться в глибокій кризі і потребують рішучих заходів для виходу з неї. Криза почалася ще в дев'яностих роках минулого сторіччя і поступово поглиблюється. Декілька спроб зупинити цей процес і вирівняти стан систем, що були задекларовані на державному рівні, не мали успіху. У той же час у країнах Північної Європи почався процес інтенсивного розвитку подібних систем, причому як на теоретичному рівні, так і в практичній реалізації теоретичних напрацювань. Згідно з теоретичним аналізом життєвого циклу систем централізованого теплопостачання вони знаходяться зараз на четвертому етапі свого розвитку в країнах Північної Європи. Цей етап має головні особливості – це зниження температури в мережі (температурний графік), поєднання систем централізованого теплопостачання з системами централізованого холодопостачання та їхня глибока інтеграція в загальну енергосистему міст, а також поступова заміна органічних палив на відновлювані джерела енергії. Системи централізованого теплопостачання в містах України знаходяться всього на другому етапі розвитку. Для збереження конкурентоздатності проти децентралізованих систем потрібен різкий перехід до третього та хоч би частково четвертого етапу розвитку подібних систем. На жаль, а ні в керівних органах, а ні в широкому загалі спеціалістів цього розуміння немає. Позачергове завдання – підвищення кваліфікації керівників та експлуатаційного стану міських систем централізованого теплопостачання та відповідальних осіб міських адміністрацій.*

*Ключові слова: системи централізованого теплопостачання, низькотемпературні системи, безвуглецева енергетика, відновлювані джерела енергії, енергетичні системи.*

**Вступ.** Світ швидко змінюється. Частина цих змін носить кардинальний характер. Змінюється й уявлення щодо місця систем централізованого теплопостачання при плануванні розвитку міст. Сьогодні системи централізованого теплопостачання розглядаються як невід'ємна частина загальної енергосистеми міста та його господарства. У самій системі різко зростає роль відновлюваних джерел енергії, серед яких тих, які виробляють теплоту. Більше того, основною тенденцією розвитку енергосистем стає поступова відмова від вуглеводних палив з тим, щоб зменшити надходження двоокису вуглецю до атмосфери. У Європейському Союзі прийнято так званий Новий Зелений курс (Green New Deal), який декларує бажання європейської спільноти стати першим вуглецево-нейтральним континентом до 2050 року [1]. Однією з великих проблем на шляху до поставленої мети є декарбонізація систем теплопостачання й охолодження, на які припадає приблизно 50 % кінцевої витрати енергії в Європейському Союзі і які сильно залежать від викопного палива [2]. Для вирішення цієї проблеми в країнах Північної Європи з'явилися нові підходи до розроблення систем централізованого тепло- і холодопостачання.

**Актуальність проблеми.** Якщо в країнах Північної Європи централізоване теплопостачання знаходиться в стадії інтенсивного роз-

витку, то в Україні системи централізованого теплопостачання знаходяться в занепаді [3] і досить швидко втрачають свої позиції на користь помірно децентралізованих та індивідуальних систем. Тому є багато причин і були спроби на державному рівні вирішити проблему оптимізації систем централізованого теплопостачання [4,5], але вони не призвели до якихось значущих результатів [6]. Проблема дедалі загострюється і так чи інакше її прийдеться вирішувати. Досвід країн Північної Європи може бути вельми корисним і для України. Тим більше, що Україна є країною з дефіцитом енергоносіїв. Таким чином, вивчення досвіду цих країн і адаптація його для умов України є актуальним питанням.

**Основна частина.** Системи централізованого теплопостачання мають довгу історію. Фактично перші спроби впровадження систем централізованого теплопостачання можна знайти ще в XIV сторіччі у Франції в селі Chaudes-Aigues [7], де використовувалася теплота геотермальних джерел. Там було побудовано примітивну теплову мережу. Подібні системи розвивались і в Італії, де вони використовуються й зараз [8].

На сьогодні фахівці з університету Aalborg в Данії [9] пропонують виділяти при розгляді систем централізованого теплопостачання чотири етапи (табл.).

Особливості систем централізованого теплопостачання і холодопостачання

Поконління, вид системи	Джерела	Температурний графік, °С		Теплова мережа	Тип теплообмінників	Регулювання температури на виході з джерела	Регулювання (тепловий пункт)	
		первинного контуру	системи опалення або охолодження				групове (центральний (ЦТП))	місцеве (індивідуальний (ІТП))
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Перше, Т	ТЕЦ і водогрійні котельні, що працюють на викопному паливі	до 300	105	Погано ізольовані труби в бетонних каналах. Поступово труби повернення конденсату від'єднувалися. Втрати понад 30 %	Використання пари в промислових процесах та перетворення в спеціалізованих теплообмінниках	Якісне	Якісне/ Відсутнє	Відсутнє
Друге, Т	ТЕЦ і водогрійні котельні на викопному паливі	150-70 130-70 115-70 105-70 95-70	95-70	Погано ізольовані труби в бетонних каналах. Втрати понад 15-20%	Кожухотрубний	Якісне	Якісне/ кількісне/ відсутнє	Якісне/ відсутнє
Третє, Т	ТЕЦ і водогрійні котельні на викопному паливі, біомасі та відходах, теплові акумулятори, низькопотенційна теплота промисловості, великомасштабні сонячні і теплонасосні станції	95-70 80-60 70-40	Відповідно до температури в первинному контурі	Попередньо ізольовані труби в землі Втрати 7-10%	Пластинчасті, переважно розбірні	Якісне/якісно-кількісне	Якісно-кількісне	Якісно-кількісне
Четверте, Т	ТЕЦ у вигляді сміттєспалювальних заводів, що використовують біомасу, низькопотенційна теплота, геотермальна енергія, великомасштабні сонячні й теплонасосні станції, сезонне зберігання теплоти, теплова акумуляція, обмін енергією між будівлями, поновлювані джерела генерації електроенергії.	65-45 50-35 40-25	Відповідно до температури в первинному контурі	Попередньо-ізольовані труби в землі. Втрати $\geq$ 1-3%	Пластинчасті, переважно паяні	Якісно-кількісне. Змінна температура в залежності від навантаження.	Якісно-кількісне	Якісно-кількісне. Індивідуальне управління приміщенням з виявленням присутності або контролем попиту

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Четверте, X	Холодильні машини з гвинтовими й центробіжними компресорами, абсорбційні холодильні машини, комбінація абсорбційних і електричних холодильних машин, природне охолодження, геотермальна енергія, акумуляція	6-7-13-15 6-15-8-25	Температура в приміщенні 23-26 у період охолодження для другої категорії згідно з EN 16798-1:2019	Попередньо-ізольовані труби в землі. Втрати $\geq 6\%$	Пластинчасті, переважно паяні	Якісно-кількісне. Змінна температура залежно від навантаження.	Якісно-кількісне	Якісно-кількісне

Примітка: Т – теплопостачання, X – холодопостачання

Першим етапом розвитку цих систем вони вважають парові системи в США [10,11,12,13]. Для цих систем характерні (табл.) великі теплові втрати, низька ефективність, високі експлуатаційні витрати [13].

Другим етапом розвитку (табл.) прийнято в цій класифікації вважати системи, що їх було розроблено й поширено в СРСР і в країнах східної Європи, які поєдналися в «Раду економічної взаємодопомоги» [14]. Їхня теорія активно розвивалась у середині минулого сторіччя [15]. У цих системах як теплоносіїв використовувалася перегріта вода з різними температурними графіками (150-70, 130-70, 115-70, 105-70 °С), а для групових котельень (помірно децентралізованих систем) – 95-70 °С [16].

Джерелами теплоти передбачалися ТЕЦ для великих міст або опалювальні водогрійні котельні. Теплова мережа виконувалася з електрозварних труб з нелегованої сталі. Утеплювалися труби мінераловатними матами з подальшою гідроізоляцією руберойдом.

Труби прокладалися під землею здебільшого в залізобетонних непрохідних каналах. Абонентські вводи для зниження температури та регулювання оснащувалися гідроелеваторними вузлами за залежною схемою під'єднання до теплових мереж.

Для зменшення кількості регулювальних приладів і теплообмінників гарячого водопостачання використовувалися центральні теплові пункти. Це були групові теплові пункти, у яких розташовувалися теплообмінники гарячого водопостачання, певна регулювальна арматура, підвищувальні насоси систем опалення і рециркуляційні насоси систем гарячого

водопостачання. На вході вони під'єднувалися до двотрубною системи, а на виході від них до окремих будинків прокладалися чотиритрубні системи.

Крім усіх відомих недоліків цих систем необхідно відмітити й те, що в них від початку використовувалися кожухотрубні теплообмінники. Для їхньої роботи необхідно використовувати великий об'єм теплоносія. Це примушувало збільшувати об'єми води в мережі, а отже перевитрачати енергію на її підготовлення, на менш ефективну роботу систем регулювання через підвищену інерційність тощо. І врешті-решт збільшувалася витрата первинного палива на генерування цієї електроенергії.

В Україні експлуатуються досі системи теплопостачання саме другого покоління. Зусилля інженерів направлені на модернізацію саме такого обладнання.

У Європі, і зокрема в Північній Європі до сімдесятих років минулого сторіччя системам централізованого теплопостачання не приділялося належної уваги. Інтерес до систем централізованого теплопостачання з'явився після нафтової кризи 1973 року.

Оскільки найбільшу активність у розробленні концепції удосконалення й підвищення ефективності систем централізованого теплопостачання виявилася в країнах Скандинавії, то розроблені на третьому етапі (табл.) розвитку централізованих систем технології називали «скандинавськими» [17]. Розробники уважно вивчили й проаналізували досвід експлуатації систем централізованого теплопостачання в СРСР та інших країнах Європи і доклали максимум зусиль для подолання основних недоліків.

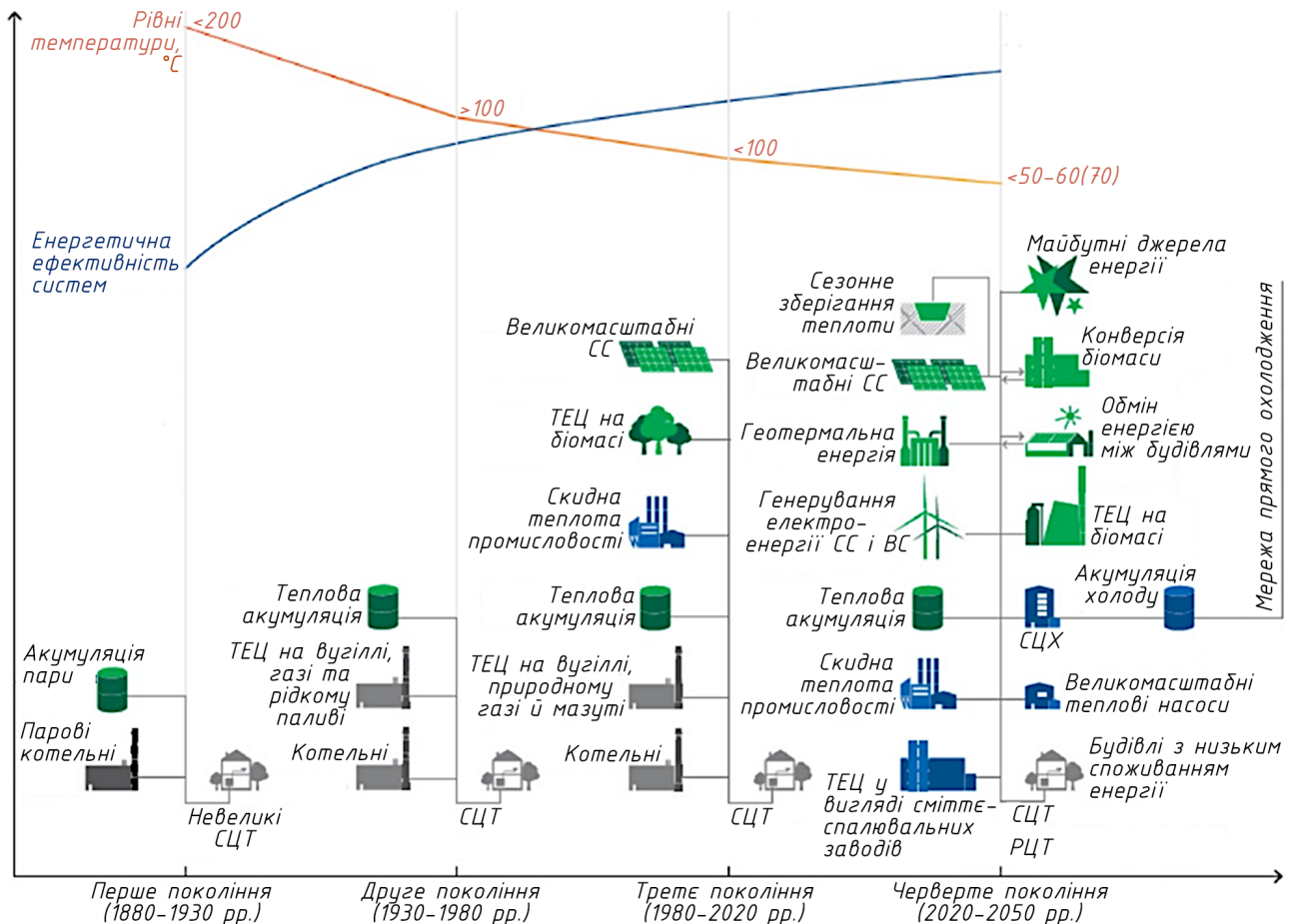


Рис 1. Еволюція систем ЦТ в чотирьох поколіннях з концептуальним графіком енергетичної ефективності та рівня температури залежно від часу, роки:

СЦТ — системи централізованого тепlopостачання; СЦХ — те ж холодopостачання;  
 СС — сонячні станції; ВС — вітрові станції;

РЦТ — розроблення (генерація) центрального тепlopостачання / період найкращих доступних технологій

Основні досягнення в технічному плані:

- повністю автоматизовані теплові пункти з погодним регулюванням як індивідуального призначення, так і розподільчі для приєднання окремого району до магістральних трубопроводів, у яких замість кожухотрубних теплообмінників використовуються пластинчаті паяні або розбірні;
  - початок використання систем диспетчеризації та збору даних (SCADA) для контролю за роботою індивідуальних теплових пунктів;
  - використання попередньо ізольованих трубопроводи з прокладанням їх без каналів та з контролем їхньої цілісності з центрального пульту системи керування;
  - використання теплоелектроценталей як основних джерел теплоти з поступовим переводом котельень у піковий режим;
  - перехід теплоелектроценталей на парогазовий термодинамічний цикл;
  - збільшення використання біомаси як палива для водогрійних котлів.
- Як важливий захід необхідно відмітити

перехід на низькотемпературні режими роботи мережі з температурою теплоносія менше 100 °С. Це сприяло підвищенню надійності експлуатації теплової мережі та зменшенню тепловтрат у ній. Головний ефект з'явився у можливості використовувати в системі скидну теплоту від промисловості та використання в системах відновлювальних джерел, які здебільшого дають змогу отримувати саме низькотемпературну теплоту.

Здобутки розроблених технологій третього покоління активно використовують для модернізації систем централізованого тепlopостачання країн Східної Європи та Прибалтики. Останнім досягненням технологій третього покоління можна вважати розроблення інтелектуальних алгоритмів управління тепловими пунктами, які на основі комплексу безпроводних датчиків температури збирають інформацію з усіх приміщень будівлі, аналізують отриману статистику та на основі цього аналізу розробляють оптимальні режими теплоспоживання будівлею [18].

Необхідно відмітити, що в СРСР відбувався подальший розвиток стандартних систем

другого покоління. Багато заходів, реалізованих у «скандинавській» моделі, були теоретично обґрунтовані саме в СРСР [19], де так і не були технічно реалізовані.

Наполегливе прагнення європейської спільноти досягти рівня безвуглецевої енергетики призвели до поступового переходу з третього на четвертий етап розвитку систем централізованого теплопостачання (табл.).

Системи стають комплексними системами тепло- та холодопостачання. Переважні джерела енергії – це відновлювані джерела. Але оскільки вони мають переривчастий характер роботи, передбачається розвиток теплоаккумуляційних систем, серед яких сезонних. Велику роль відіграють теплові насоси. При цьому їхня одинична потужність суттєво зростає.

Як пікові джерела використовуються когенераційні установки. Передбачається використання зайвої електроенергії для генерування і запасання теплоти. Активно розширюється використання скидної теплоти не лише від промисловості, а й від торгівельно-розважальних центрів, центрів оброблення даних, електростанцій тощо. Як паливо для резервних і пікових джерел енергії планується використання водню та синтетичних газів.

Велику гнучкість загальної енергосистеми надають підсистеми централізованого холодопостачання [20]. Таким чином можна узагальнити уявлення про четвертий етап розвитку систем централізованого теплопостачання основною тезою – вона стала невід’ємною частиною загальної енергосистеми міста, як це ілюструє рис. 1. До того ж вона стає невід’ємною частиною міського господарства взагалі, бо передбачає отримання енергії від перероблення міського сміття на сміттєспалювальних заводах, відбору теплоти від стічних вод, метро тощо.

Зазначений підхід закріплено в Стратегії інтеграції енергетичної системи Європейського Союзу [21]. Прикладом розроблення проекту модернізації системи централізованого теплопостачання міста з використанням положень концепції четвертого етапу розвитку може слугувати концепція модернізації теплопостачання міста Гельсінкі.

Вимоги до проекту модернізації викладені в умовах до глобального конкурсу з декарбонізації системи опалення міста Гельсінкі – «Helsinki Energy Challenge», якій закінчився навесні 2021 року [22]. Згідно з цими вимогами в найближчі роки повинні закінчити свій життєвий цикл дві вугільні ТЕЦ. Натомість зростають потужності теплонасосних станцій, які використовують теплоту з моря та зі стоків

очисної станції міста.

Наразі проектується теплонасосна станція, розташована на території ТЕЦ Vuosaari, яка буде використовувати 20 % теплоти морської води та 80 % надлишкової теплоти охолоджувальної води від внутрішньої циркуляції електростанції. Таким чином не тільки зросте потужність системи централізованого теплопостачання на 13 МВт, а й система централізованого холодопостачання отримує ще одне ефективне джерело потужністю 9,5 МВт [23].

Пропонується застосування акумуляторів теплоти великих об’ємів. Наприклад, акумулятор Mustikkamaa має об’єм 320000 м<sup>3</sup>. Це – природна печера. Акумулятор теплоти на ТЕЦ Vuosaari має об’єм 25000 м<sup>3</sup>. Це вертикальний циліндр заввишки 42 м діаметром 29 м. Концепція передбачає глибоку термомодернізацію будівель і споруд з об’єднанням управління всієї системи в єдиному центрі, що має зменшити загальне теплове навантаження.

На жаль в Україні процеси термомодернізації будівель і модернізації систем централізованого теплопостачання просуваються дуже повільно. Там, де ці процеси просуваються, це робиться безсистемно і без урахування досвіду хоча б «скандинавської» технології.

Є поодинокі приклади реалізації деяких положень цієї технології. Наприклад у Запоріжжі є досвід використання скидної теплоти від комбінату «Запоріжсталь». Але в інших містах з розвинутою промисловістю цей досвід не використовується. У Вінниці функціонує автоматизована система централізованого теплопостачання мікрорайону із 45 будинками і своєю квартальною котельнею, якою керує центральний диспетчерський пункт. Навіть в самій Вінниці цей досвід не просувається. Можна навести ще окремі приклади, що їх здійснено лише через дуже активну позицію місцевих керівників.

Спроби розробити для кожного міста проект модернізації теплопостачання [24] мали на меті за будь-яку ціну зменшити споживання газу на 30 %. Вони проводилися без урахування наявного досвіду впровадження «скандинавської» моделі в країнах Східної Європи та Прибалтики [25]. У результаті жоден з розроблених проєктів не був втілений у життя. Сьогодні історія повторюється.

Розроблена «Схема теплопостачання міста Києва до 2030 року» [26] не містить не лише напрацьовань концепції четвертого покоління розвитку систем централізованого теплопостачання, але навіть «скандинавської» моделі:

- дві парові ТЕЦ не передбачається переводити в парогазовий цикл;

- не передбачено розвиток теплонасосних станцій;
- акумуляція теплоти передбачена лише на ТЕЦ № 6, що є досить потужною ТЕЦ, як для пілотного проєкту акумуляції в Україні;
- не проаналізовано потенціал централізованого холодопостачання і не визначено створення зон де такі системи можна впроваджувати.

Не враховано ці та багато інших напрацювань європейських колег. Фактично все зводиться до капітального ремонту теплових мереж та модернізації наявних водогрійних котлів у районних котельнях та станціях теплопостачання з метою зменшення викидів NO<sub>x</sub> та CO до європейської норми [27]. Таке положення склалося через відсутність чіткого бачення методів вирішення проблем, що накопичились у системах централізованого теплопостачання міст, та відсутність бачення необхідності планування подальшої модернізації, розбудови та зміни концепції енергетичної системи України.

Відносна необізнаність як керівництва, так і інженерно-експлуатаційного складу теплопостачальних організацій щодо новітніх енергоефективних рішень призводить до бажання триматися відомих та добре засвоєних консервативних традиційних технологій. Існування монопольної вертикалі “генерування теплоти – її транспортування та постачання” дозволяє списувати втрати в теплових мережах та на джерелах теплоти на споживача через непрозорі методи формування складових загального тарифу [28]. Наявна законодавча база не стимулює теплопостачальні організації до пошуків шляхів не лише розвитку, а й збереження наявних систем централізованого теплопостачання, які останнім часом дуже швидко втрачають свої позиції на користь помірно де-

централізованих та індивідуальних систем.

Однією з причин такого стану є відсутність державного органу, який би керував процесом модернізації систем централізованого теплопостачання. У 2014 році було припинено діяльність управління теплоенергетики в складі Міністерства регіонального розвитку та будівництва [29]. Замість управління теплоенергетики був виділений відділ комунальної теплоенергетики в складі чотирьох штатних співробітників, які просто фізично не спроможні проводити серйозну аналітичну та організаційну роботу.

Як наслідок, сьогодні відсутній орган, який би міг проводити масштабну роботу щодо розповсюдження досвіду енергоефективної модернізації систем централізованого теплопостачання та організувати підвищення кваліфікації спеціалістів, зайнятих у цій галузі. Тому навіть такий корисний для спеціалістів галузі документ, як рекомендації [30], залишивши поза увагою широкого загалу спеціалістів з теплопостачання.

**Висновки.** Наразі системи централізованого теплопостачання знаходяться в активній фазі свого розширення в країнах Західної Європи. Вони мають великі перспективи подальшого розвитку, зокрема в Україні. Системи централізованого теплопостачання разом з системами холодопостачання в процесі розвитку інтегруються в системи енергопостачання міст і взагалі в міське господарство. Відновлювані джерела теплоти дедалі більше витіснятимуть устаткування для спалювання викопаного палива з перспективою повної відмови від останнього. Для збереження залишків систем централізованого теплопостачання міст України необхідно вивчити й використовувати досвід країн Північної Європи та організувати цю роботу на державному рівні.

## Література

1. 2050 Long-Term Strategy Climate Action. URL: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en) (accessed on 19 March 2020).
2. S. Paardekooper et al., “Quantifying the Impact of Low-carbon Heating and Cooling Roadmaps,” Heat Roadmap Europe, Deliverable 6.4, 2018.
3. Степаненко В. Безопасность в централизованном теплоснабжении в городах Украины. URL: <https://energy-security.org.ua/2020/02/bezopasnost-v-czentralizovannom-teplosnabzhenyy-v-gorodah-ukrainy/p://energysecurity.org.ua/2020/02/bezopasnost-v-czentralizovannom-teplosnabzhenyy-vgorodahukrain%D1%8B%>.
4. Степаненко В. Кризис схем теплоснабжения или взлет энергетического планирования на Украине / В. Степаненко // Энергосовет. – 2012. – №4(23). – С.82-86.
5. Запатрина И.В. Жилищно-коммунальное хозяйство – перспективы развития / И.В. Запатрина, Т.Б. Лебеда // Экономика Украины. – 2012. – №10. – С.34-44.
6. Никитин Е.Е. Концептуальные положения модернизации существующих систем централизованного теплоснабжения / Е.Е. Никитин // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2017. – №2. – С.11-21.
7. «Chaudes-Aigues: France’s first heating network» Source: <https://www.dhcnews.net/chaudes-aigues-frances-first-heating-network/>

8. «Industrial geothermal energy utilisation celebrates 200 years at Larderello, Italy» Source: Enel Green Power <https://www.thinkgeoenergy.com/industrial-geothermal-energy-utilisation-celebrates-200-years-at-larderello-italy/>
9. Thorsen Jan Eric. Progression of District Heating – 1st to 4th generation / Thorsen Jan Eric, Lund Henrik, Mathiesen Brian Vad // Environmental Science. – 2018.
10. Behnaz Rezaie. District heating and cooling: review of technology and potential enhancements / Behnaz Rezaie, Marc A. Rosen // Applied Energy. – 2012. – vol. 93. – iss. C. – P. 2-10.
11. Emily Pontecorvo. How to address New York City building emissions? One option: Start with steam. URL: <https://why.org/segments/how-to-address-new-york-city-building-emissions-one-option-start-with-steam/>
12. R. Gordon Bloomquist. Geothermal district heating system analysis, design, and development. URL: [https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/ISS/2001Romania/bloomquist\\_dh.pdf](https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/ISS/2001Romania/bloomquist_dh.pdf)
13. Oddgeir Gudmundsson. Distribution of district heating: 1<sup>st</sup>Generation. 2016. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/distribution-district-heating-1st-generation-oddgeir-gudmundsson/>
14. Oddgeir Gudmundsson. Distribution of district heating: 2<sup>nd</sup>Generation. 2016. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/distribution-district-heating-2nd-generation-oddgeir-gudmundsson/>
15. Соколов Е.Я. Тепловые сети / Е.Я. Соколов. – Москва: Госэнергоиздат, 1956. – С. 235.
16. Либерман Н.Б. Справочник по проектированию котельных установок централизованного теплоснабжения / Н.Б. Либерман, М.Т. Няковская. – Москва: Энергия, 1979. – 224 с.
17. Oddgeir Gudmundsson. Distribution of district heating: 3rd Generation. 2016. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/distribution-district-heating-3rd-generation-oddgeir-gudmundsson/>
18. CASE STUDY | Wireless Temperature Monitoring for Energy Efficiency Optimization. 2020. URL: <https://aranet.com/case-study-wireless-temperature-monitoring-for-energy-efficiency-optimization/>
19. Богуславский Л. Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха / Л. Д. Богуславский и др. – Москва: Стройиздат, 1990. – 624 с.
20. Calderoni M, Babu Sree Kumar B, Dourlens-Quaranta S, Lennard Z, Rämä M, Klobut K, Wang Z, Duan X, Zhang Y, Nilsson J, and Hargo L. Sustainable District Cooling Guidelines. IEA DHC/CHP Report, 2019. URL: [https://www.ieadhc.org/fileadmin/documents/Annex\\_XII/2020\\_IEA\\_DHC\\_Sustainable\\_District\\_Cooling\\_Guidelines\\_new\\_design.pdf](https://www.ieadhc.org/fileadmin/documents/Annex_XII/2020_IEA_DHC_Sustainable_District_Cooling_Guidelines_new_design.pdf)
21. Factsheet: EU Energy System Integration Strategy (July 2020) [Електронний ресурс]. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs\\_20\\_1295](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_1295)
22. Heating in Helsinki today. URL: <https://energychallenge.hel.fi/heating-helsinki-today>
23. New, unique heat pump utilising sea water heat to be built in Vuosaari. URL: <https://www.helen.fi/en/news/2019/heat-pump-sea-water-heat-vuosaari>
24. Методичні рекомендації з розроблення енерго- та еконоефективних схем теплопостачання населених пунктів України, затверджені Наказом Мінбуду України від 26.04.2006р. №147.
25. Приймак О.В. Аналіз технічних рішень, що пропонуються при розробці оптимізованих схем теплопостачання міст України / О.В. Приймак, П.М. Гламаздин // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – 2011. – № 1. – С.112-114.
26. Матеріали проекту Схеми теплопостачання м. Києва на період до 2030 року. URL: <https://dzki.kyivcity.gov.ua/content/zvit-seo-proektu-shemy-teplopostachannya-m-kyieva-do-2030-roku.html>
27. Національний план скорочення викидів від великих опалювальних установок. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 року № 796-р.
28. Теплова енергія та гаряче водопостачання. URL : <https://www.nerc.gov.ua/>
29. Наказ від 30.06.2016 № 188. Про внесення змін до Інструкції про порядок проведення технічної інвентаризації об'єктів нерухомого майна. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.
30. Интеграция низкотемпературных возобновляемых источников энергии в системы районного энергоснабжения: Рекомендации для лиц, ответственных за формирование политики: краткий обзор. – IRENA, Aalborg University, при поддержке Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. – Абу Даби: IRENA, 2021. – URL: [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/Mar/IRENA\\_District\\_Energy\\_Systems\\_Summary\\_2021\\_RU.pdf?la=en&hash=D756F909D10C9ED-BCD700885560390528504EE12](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/Mar/IRENA_District_Energy_Systems_Summary_2021_RU.pdf?la=en&hash=D756F909D10C9ED-BCD700885560390528504EE12)

#### References

1. 2050 Long-Term Strategy Climate Action. URL: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en) (accessed on 19 March 2020).
2. S. Paardekooper et al., “Quantifying the Impact of Low-carbon Heating and Cooling Roadmaps,” Heat Roadmap Europe, Deliverable 6.4, 2018.
3. Stepanenko V. Bezopasnost v tsentralizovannom teplosnabzhenii v gorodakh Ukrainy. URL: <https://energysecurity.org.ua/2020/02/bezopasnost-v-czentralyzovannom-teplosnabzhenyy-v-gorodah-ukrainy/p://energysecurity.org.ua/2020/02/bezopasnost-v-czentralyzovannom-teplosnabzhenyy-vgorodahukrayn%D1%8B%>
4. Stepanenko V. “Krizis skhem teplosnabzheniia ili vzlet energetycheskogo planirovaniia na Ukraine”. *Energosovet*. 2012. №4(23). S. 82-86.

5. Zapatrina I.V., Lebeda T.B. “Zhilishchno-komunalnoe khaziaistvo – perspektivy razvitiia”. *Ekonomika Ukrainy*. 2012. №10. P. 34-44.
6. Nikitin E.E. “Kontseptualnye polozheniia modernizatsii sushchestvuiushchikh sistem tsentralizovannogo teplosnabzheniia”. *Energotekhnologii i resursosberezhenie*. 2017. №2. P.11-21.
7. «Chaudes-Aigues: France’s first heating network» Source: <https://www.dhcnews.net/chaudes-aigues-frances-first-heating-network/>
8. «Industrial geothermal energy utilisation celebrates 200 years at Larderello, Italy» Source: Enel Green Power <https://www.thinkgeoenergy.com/industrial-geothermal-energy-utilisation-celebrates-200-years-at-larderello-italy/>
9. Thorsen Jan Eric. Progression of District Heating – 1st to 4th generation / Thorsen Jan Eric, Lund Henrik, Mathiesen Brian Vad // *Environmental Science*. – 2018.
10. Behnaz Rezaie. District heating and cooling: review of technology and potential enhancements / Behnaz Rezaie, Marc A. Rosen // *Applied Energy*. – 2012. – vol. 93. – iss. C. – P. 2-10.
11. Emily Pontecorvo. How to address New York City building emissions? One option: Start with steam. URL: <https://why.org/segments/how-to-address-new-york-city-building-emissions-one-option-start-with-steam/>
12. R. Gordon Bloomquist. Geothermal district heating system analysis, design, and development. URL: [https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGASTandard/ISS/2001Romania/bloomquist\\_dh.pdf](https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGASTandard/ISS/2001Romania/bloomquist_dh.pdf)
13. Oddgeir Gudmundsson. Distribution of district heating: 1<sup>st</sup>Generation. 2016. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/distribution-district-heating-1st-generation-oddgeir-gudmundsson/>
14. Oddgeir Gudmundsson. Distribution of district heating: 2<sup>nd</sup>Generation. 2016. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/distribution-district-heating-2nd-generation-oddgeir-gudmundsson/>
15. Sokolov E.Ya. *Teplovyie seti*. Gosenergoizdat. 1956.
16. Lieberman N.B., Niankovskaia M.T. Spravochnyk po proektyrovaniiu kotelnykh ustanovok tsentralizovannogo teplosnabzheniia. Energiia, 1979.
17. Oddgeir Gudmundsson. Distribution of district heating: 3rd Generation. 2016. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/distribution-district-heating-3rd-generation-oddgeir-gudmundsson/>
18. CASE STUDY | Wireless Temperature Monitoring for Energy Efficiency Optimization. 2020. URL: <https://aranet.com/case-study-wireless-temperature-monitoring-for-energy-efficiency-optimization/>
19. Energy saving in heat supply, ventilation and air conditioning systems Reference manual / L.D. Boguslavsky et al.- M.: Stroyizdat, 1990.-624 p.
20. Calderoni M, Babu Sree Kumar B, Dourlens-Quaranta S, Lennard Z, Rämä M, Klobut K, Wang Z, Duan X, Zhang Y, Nilsson J, and Hargo L. Sustainable District Cooling Guidelines. IEA DHC/CHP Report, 2019. URL: [https://www.ieadhc.org/fileadmin/documents/Annex\\_XII/2020\\_IEA\\_DHC\\_Sustainable\\_District\\_Cooling\\_Guidelines\\_new\\_design.pdf](https://www.ieadhc.org/fileadmin/documents/Annex_XII/2020_IEA_DHC_Sustainable_District_Cooling_Guidelines_new_design.pdf)
21. Factsheet: EU Energy System Integration Strategy (July 2020) [Електронний ресурс]. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs\\_20\\_1295](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_1295)
22. Heating in Helsinki today. URL: <https://energychallenge.hel.fi/heating-helsinki-today>
23. New, unique heat pump utilising sea water heat to be built in Vuosaari. URL: <https://www.helen.fi/en/news/2019/heat-pump-sea-water-heat-vuosaari>
24. Metodychni rekomendatsii z rozroblennia enerho- ta ekonoefektyvnykh skhem teplopostachannia naselenykh punktiv Ukrainy, zatverdzeni Nakazom Minbudu Ukrainy vid 26.04.2006r. №147.
25. Pryimak O.V., Hlamazdin P.M. “Analiz tekhnichnykh rishen, shcho proponuiutsia pry rozrobtsi optymizovanykh skhem teplopostachannia mist Ukrainy”. *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi*. 2011. № 1. S.112-114.
26. Materialy proektu Skhemy teplopostachannia m. Kyieva na period do 2030 roku. URL: <https://dzki.kyivcity.gov.ua/content/zvit-seo-proektu-shemy-teplopostachannya-m-kyieva-do-2030-roku.html>
27. Natsionalnyi plan skorochennia vykydiv vid velykykh opaliuvalnykh ustanovok. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 8 lystopada 2017 roku № 796-r.
28. Teplova enerhiia ta hariache vodopostachannia. URL : <https://www.nerc.gov.ua/>
29. Nakaz vid 30.06.2016 № 188. Pro vnesennia zmin do Instruksii pro poriadok provedennia tekhnichnoi inventaryzatsii obiektiv nerukhomoho maina. Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy.
30. *Intehratsiia nyzkotemperaturnykh vozobnovliaemykh istochnikov energii v systemy raionnogo energosnabzheniia: Rekomendatsii dlia lits, otvetsvennykh za formirovanie politiki: kratkii obzor*. IRENA, Aalborg University, pri podderzhke Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Abu Dabi: IRENA, 2021. URL: [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/Mar/IRENA\\_District\\_Energy\\_Systems\\_Summary\\_2021\\_RU.pdf?la=en&hash=D756F909D10C9ED-BCD700885560390528504EE12](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/Mar/IRENA_District_Energy_Systems_Summary_2021_RU.pdf?la=en&hash=D756F909D10C9ED-BCD700885560390528504EE12)



УДК 697.331

## Новые подходы к организации централизованного теплоснабжения

П. М. Гламаздин<sup>1</sup>, К.О. Баранчук<sup>2</sup>, О. В. Приймак<sup>3</sup>

<sup>1</sup>к.т.н., доцент, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, sib.kiev@gmail.com, ORCID 0000-0003-2611-2687

<sup>2</sup>Зам. директора по научно-технич. вопросам, Danfoss Украина, г. Киев, Украина, kyrylo.baranchuk@danfoss.com

<sup>3</sup>д.т.н., проф. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, 02opriymak@gmail.com

*Аннотация. Системы централизованного теплоснабжения городов Украины находятся в глубоком кризисе и нуждаются в решительных мерах по выходу из него. Кризис начался ещё в девяностых годах прошлого столетия и постепенно углубляется. Несколько попыток остановить этот процесс и выровнять состояние задекларированных на государственном уровне систем не имели успеха. В то же время в странах Северной Европы начался процесс интенсивного развития подобных систем, причём как теоретически, так и в практической реализации теоретических разработок. Согласно теоретическому анализу жизненного цикла систем централизованного теплоснабжения, они находятся сейчас на четвёртом этапе своего развития в странах Северной Европы. Этот этап имеет основные особенности – это снижение температуры в сети (температурный график), сочетание систем централизованного теплоснабжения с системами централизованного холодоснабжения и их глубокая интеграция в общую энергосистему городов, а также постепенная замена органических топлив на возобновляемые источники энергии. Системы централизованного теплоснабжения в городах Украины находятся на втором этапе развития. Для сохранения конкурентоспособности против децентрализованных систем требуется резкий переход к третьему и хотя бы частично четвёртому этапу развития подобных систем. К сожалению, ни в руководящих органах, ни в широких кругах специалистов этого понимания нет. Внеочередная задача – повышение квалификации руководителей и эксплуатационного состояния городских систем централизованного теплоснабжения и ответственных лиц городских администраций.*

*Ключевые слова: системы централизованного теплоснабжения, низкотемпературные системы; безуглеродная энергетика; возобновляемые источники энергии, энергетические системы.*

УДК 697.331

## New approaches to the organization of district heating

P. Glamazdin, K. Baranchuk, O. Priymak<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor, Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv, Ukraine, sib.kiev@gmail.com, ORCID 0000-0003-2611-2687

<sup>2</sup> Deputy Director for Science and Technology, Danfoss Ukraine, Kyiv, Ukraine, kyrylo.baranchuk@danfoss.com

<sup>3</sup>Dr. Hab., prof. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, 02opriymak@gmail.com

*Abstract. District heating systems in Ukraine's cities are in deep crisis and need decisive action to overcome it. The crisis began long ago, in the 1990s, and is gradually deepening. Several attempts to stop this process and level the playing field at the state level have failed. At the same time, the process of intensive development of such systems has begun in the countries of Northern Europe. Moreover, both at the theoretical level and in the practical implementation of theoretical developments. According to the theoretical analysis of the life cycle of district heating systems, they are now in the fourth stage of their development in the countries of Northern Europe. This stage has the main features - low temperatures in the network (temperature graph), the combination of district heating systems with district heating systems and their deep integration into the overall energy system of cities, as well as the gradual replacement of fossil fuels with renewable energy sources. District heating systems in the cities of Ukraine are only in the second stage of development. In order to remain competitive against decentralized systems, a sharp transition to the third and at least partially the fourth stage of development of such systems is required. district heating systems are in the active phase of their expansion in European countries and have great prospects for further development, including in Ukraine. District heating systems together with cold supply systems in the process of development are integrated into the energy supply systems of cities and in general in the urban economy. Renewable heat sources will increasingly displace the equipment for combustion of excavated fuel with the prospect of complete abandonment of the latter. In order to preserve the remnants of district heating systems in Ukrainian cities, it is necessary to study and use the experience of the Nordic countries and organize this work at the state level. Unfortunately, neither the governing bodies nor the general public have this understanding. The extraordinary task is to improve the skills of managers and the operational status of city district heating systems and officials of city administrations.*

*Key words: district heating systems, low-temperature systems; carbon-free energy; renewable energy sources, energy systems.*

Надійшла до редакції / Received 15.10.2021