

УДК 621.643.053

В.О. ДЕРІЙ, канд. техн. наук, ст. наук. співр., ORCID: 0000-0002-5689-4897
Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ, 03150, Україна

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ УКРАЇНИ

Розглянуто тенденції розвитку систем централізованого теплопостачання (СЦТ) країн Європи та України. Визначено фактори та величину їх впливу на попит у тепловій енергії СЦТ України. Створено прогнози попиту на теплову енергію, паливного балансу та структури генерації СЦТ до 2050 р. Показано, що попит на теплову енергію СЦТ буде зменшуватися та досягне в 2050 р. близько 35 млн Гкал. Для забезпечення низьковуглецевого розвитку України в структурі генерації теплової енергії СЦТ використання вугільних ТЕЦ та котлів, а також котлів на нафтопродуктах буде суттєво зменшуватися. У паливному балансі СЦТ України частка природного газу буде теж зменшуватися, але він буде основним паливом на період технологічної трансформації генеруючих потужностей в умовах низьковуглецевого розвитку України. Застосування технологій для виробництва теплової енергії з біомаси, відходів, доквілля та електроенергії поступово буде збільшуватися, в 2050 р. з використанням цих джерел буде вироблено близько 23,8 млн Гкал, що становить понад 60% від усього обсягу теплової енергії СЦТ.

К л ю ч о в і с л о в а: системи централізованого теплопостачання, теплова енергія, фактори впливу, попит, паливний баланс, структура генерації.

Системи централізованого теплопостачання (СЦТ) є одним з ефективних і перспективних засобів забезпечення тепловою енергією споживачів. Подальший розвиток СЦТ розвинутих країн світу базується на двох основних засадах – це їх розширення та підвищення енергоефективності. Розширення застосування СЦТ зумовлено технічними, технологічними, екологічними, економічними та соціальними перевагами порівняно з іншими видами теплозабезпечення населених пунктів, головними з яких є:

відсутність залежності від одного виду палива, особливо природного газу;

можливість комбінованого вироблення теплової та електричної енергії;

використання в якості палива відновлюваних джерел – біопалива, сміття та інших твердих побутових відходів, а також теплової енергії стічних вод;

широкомасштабне використання сонячної енергії для гарячого водопостачання та опалення;

виробництво теплової енергії за самих низьких викидів в атмосферу;

акумуляція теплової енергії в умовах її нерівномірного споживання та виробництва.

вивід вибухонебезпечного технологічного обладнання із житлових будинків;

локалізована концентрація шкідливих викидів на потужних джерелах, де з ними можна ефективно боротися;

більш високий коефіцієнт корисної дії крупних джерел, ніж малих котлів.

Однією із безумовних переваг СЦТ, порівняно з іншими видами теплозабезпечення, є можливість доволі швидко змінювати структуру палива, яке використовується. Прикладом може бути Швеція, де в 1973 р. мазут, як паливо, складав 90%. Потім мазут був замінений біомасою (35%), спалюванням сміття (11%), природним газом (9%), вугіллем (4%), іншими видами палива (7%). У 2005 р. частка використання мазуту складала тільки 7% [1].

Розширення СЦТ буде обумовлено новим будівництвом та ущільненням існуючої забудови, що призведе до підвищення щільності теплових навантажень. У результаті цього зросте ефективність та збільшиться рівень конкурентоспроможності СЦТ з розвинутими тепловими мережами. А застосування новітніх технологій і комплектуючих у будівництві теплових мереж дасть змогу значно знизити теплові втрати. При застосуванні технологічно ефективних систем вартість теплової енергії для споживачів СЦТ буде нижчою, ніж при використанні інших варіантів.

Ось чому СЦТ широко використовуються в окремих країнах Європи. Вони вносять значний

© В.О. ДЕРІЙ, 2021

вклад в тепlopостачання країн, так наприклад: в Росії він становить 70%, [2], Латвії – 65%, Данії – 63%, Польщі – 53%, Білорусі – 50%, Фінляндії – 50%. У цілому по країнах Європейського Союзу (ЄС) частка СЦТ становить 13% та планується її доведення до 50% у 2050 р. [3].

Україна належить до країн з високим рівнем СЦТ, але останнім часом спостерігаються негативні тенденції зменшення вкладу СЦТ у загальне постачання теплової енергії для потреб опалення та постачання гарячої води – з 65,2% у 2014 р. [4] до 52% у 2017 р. [3] (потреби промисловості не враховувались). У таких містах, як Ужгород, Марганець, Нікополь, Покров, Золочев, Долина СЦТ взагалі не працюють. У Закарпатській області не залишилося жодної функціонуючої СЦТ [4]. Частка аварійних ділянок теплових мереж невинно зростає, у частині областей вона становить понад 40%. Реальні втрати теплової енергії в мережах становлять 16–22% [4]. Таким чином, основне обладнання СЦТ України фізично зношене та технологічно застаріло і потребує оновлення шляхом проведення масової реконструкції та модернізації [4].

За останні десятиріччя широкого застосування в державах Західної Європи (Фінляндії, Данії, Норвегії, Швеція, Австрії тощо) набули СЦТ з використанням технологій комбінованого виробітку теплової та електричної енергії (когенерації). Активне зростання потужності ТЕЦ і невеликих установок комбінованого циклу спостерігається в Німеччині, Нідерландах, США, Франції, Великобританії. Понад 75% СЦТ у 28 країнах-членах ЄС використовують похідне тепло від виробництва електроенергії ТЕЦ, з сміттєспалювальних заводів і від промислових процесів. Таким чином, СЦТ у країнах ЄС є хорошою основою для розвитку когенерації, з переходом на відновлювані види палива, а також використання біомаси та сміття замість природного газу [1]. У країнах ЄС зростання обсягів споживання теплової енергії від ТЕЦ становило біля 70% [1]. Розвиток ТЕЦ вважається важливою складовою національних енергетичних стратегій. І тому, для стимулювання нарощування обсягів виробленої теплової енергії від ТЕЦ та використання відновлювальних джерел енергії в багатьох країнах прийняті спеціальні акти. В ЄС поставлено завдання збільшити потужність ТЕЦ відносно 2010 р. на 80% і довести її до 180 ГВт до 2050 р. [1]. Для розвитку розподіленої генерації енергії, згідно директиви 2012/27/ЄС, країнам ЄС рекомендовано прийняти спеціальні документи, впровадити відповідні заходи та процедури із заохочення

та стимулювання впровадження когенераційних установок потужністю менше 20 МВт. Приєднання когенераційних установок до електричних та теплових мереж відбувається на основі об'єктивних, прозорих і недискримінаційних критеріїв та правил. Згідно директиви 2012/27 (стаття 2), «ефективне централізоване опалення та охолодження» означає систему централізованого опалення чи охолодження, яка використовує принаймні 50% відновлюваної енергії, 50% скидного тепла, 75% тепла від когенерації або 50% комбінації такої енергії та тепла» [5]. Таким чином, основними тенденціями розвитку СЦТ країн Європи є впровадження технологій, які використовують відновлювальні джерела енергії, скидну теплоту технологічних процесів та когенераційні технології.

Одними із факторів, який впливає на тенденції розвитку СЦТ, є попит на теплову енергію, зміна структури паливно-енергетичного балансу, яка, в свою чергу, залежить від обсягів видобування первинних та виробництва вторинних енергоресурсів та їх цін, політики держави та іншого.

Визначимо, перш за все, як буде змінюватися попит на теплову енергію СЦТ. Він залежить від наступних факторів: чисельність населення країни, процеси урбанізації, будівництво нових будівель та підвищення їх рівня комфортності, підвищення ефективності споживання теплової енергії (підвищення рівня теплозахисту будівель, системи управління попитом у споживачів), доступність послуг з тепlopостачання, процеси децентралізації, наявність послуги з цілодобової подачі гарячої води в населених пунктах із централізованим тепlopостачанням, зміна клімату, впровадження систем охолодження в літній період.

Розглянемо наведені вище фактори впливу на попит на теплову енергію більш детально.

Чисельність населення України досліджувалась Інститутом демографії та соціальних досліджень НАН України (ІДСД), Департаментом ООН з соціальних та економічних питань та іншими організаціями. Результати цих досліджень [6, 7] свідчать про те, що чисельність населення України буде невинно зменшуватися та досягне у 2050 р. 34–37 млн осіб (без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополя). А це обумовить зменшення попиту на теплову енергію близько 0,6–0,8% у рік.

Процеси урбанізації. Україна належить до високоурбанізованих країн світу, її рівень урбанізації станом на 2016 р. становив 69% (без урахування тимчасово окупованої території АР

Крим і м. Севастополя) [8, 9]. Міська система України станом на 1 січня 2017 р. представлена 460 містами, 885 селищами міського типу. Міста за чисельністю населення поділяються на три міста-мільйонники (понад 1 млн осіб: Київ, Харків, Одеса), п'ять дуже великих міст (500–1000 тис. осіб), 20 великих міст (100–500 тис. осіб), 44 середніх (50–100 тис. осіб), 388 малих міст (до 50 тис. осіб). Найбільша частка міського населення України (близько 33%) проживає в малих містах, близько 27% – у великих містах, і лише 16% – припадає на міста-мільйонники [8, 9]. Згідно даних, наведених в [8, 9], у всіх областях України урбанізаційні процеси невпинно зростали, але їх темпи за останні тридцять років значно сповільнилися. Це і зрозуміло, Україна – це аграрна країна, її рівень урбанізації навряд чи перевищить 75%. Для прикладу частка міського населення високо розвинутих країн становить: США – 73%, Франція – 78%, Німеччина – 85%, Великобританія – 91% [10]. На основі наведених фактів можна припустити, що процеси урбанізації в Україні будуть і надалі продовжуватися (потенціал становить 4–6%). А це обумовить деяке збільшення попиту на послуги СЦТ.

Будівництво нового житлового фонду. Житловий сектор в Україні складається з 240 тис. багатоквартирних та близько 6,5 млн приватних будинків. Близько 68,7% [11] житлового фонду було побудовано в період 1946–1990 років з низьким рівнем теплозахисту. Згідно прогнозу, зробленому в рамках підготовки Енергетичної стратегії України до 2035 р., приріст житлових площ на одну особу населення буде становити 0,5–0,7% у рік, що, відповідно, буде збільшувати попит на теплову енергію.

Підвищення ефективності споживання теплової енергії. Як вже зазначалося, майже 70% житла в Україні було збудовано із застосуванням стандартів низької енергоефективності, що призводить до надмірного споживання енергії на побутові потреби у 2–3 рази, порівняно з країнами ЄС [12, 13]. Основні втрати теплової енергії в будівлях [14] відбуваються через:

зовнішні огорожувальні конструкції (стіни) – 30–45%;

систему вентиляції – 10–25%;

вікна, перекриття між горищами та неутеплений дах – 10–20%;

підлогу та перекриття підвального неопалюваного приміщення будинку – 10–15%;

вхідні двері – 1–6%.

Загалом питоме споживання теплової енергії в Україні на одиницю житлової площі в 2014 р. становило 127,9 Мкал у рік/м². У той же час у

Польщі, де дуже схожі кліматичні умови, цей показник становить 50,7 Мкал у рік/м² [12]. А це означає, що в Україні існує значний потенціал для підвищення енергоефективності будівель. Згідно даних, наведених в [12], економічно доцільний потенціал зменшення втрат у будівлях становить 50–75%. Тобто споживання теплової енергії будівлями можна зменшити вдвічі, що, відповідно, призведе до значного зменшення попиту на неї.

Доступність послуг з теплопостачання. Як відомо, в Україні близько половини населення знаходиться за межею бідності. Відповідно до цього платоспроможність домогосподарств невисока. Підвищення тарифів на теплову енергію та низька якість послуг з теплопостачання призвели до зростання заборгованості за надані комунальні послуги та запустили процеси децентралізації, а відповідно, і зменшення обсягів реалізації теплової енергії, що, в свою чергу, погіршило фінансовий та технічний стан теплопостачальних підприємств. Ці процеси продовжуються і в поточний час, що обумовлює зменшення попиту на послуги з опалення та постачанням гарячої води.

Зростання економіки в майбутньому призведе до зростання доходів домогосподарств та призупинить процеси децентралізації в опаленні приміщень та споживанні гарячої води. А масове впровадження когенерації при реконструкції СЦТ призведе до зменшення собівартості теплової енергії та поступового відновлення будинкових систем постачання гарячої води, що збільшить попит на неї.

Зміна клімату. Глобальна зміна клімату – одна з найгостріших екологічних проблем, які стоять перед людством. Згідно прогнозів провідних міжнародних наукових центрів з дослідження клімату, протягом наступного століття температура підвищиться на 2–5 °С. Такі темпи підвищення температури спричинять серйозні кліматичні зміни [15]. Вони призведуть до збільшення середньої температури опалювального періоду та, відповідно, до зменшення його тривалості (зменшення градусо-днів опалювального періоду) [16]. Відповідно, зменшиться попит на теплову енергію для опалення. Але впровадження систем централізованого охолодження в літній період підвищить на 10–15% попит на послуги теплопостачальних підприємств.

Фактори впливу, які обумовлюють попит на теплову енергію від СЦТ, в узагальненому вигляді наведено в табл. 1.

При побудові прогнозу попиту на теплову енергію від СЦТ було зроблено припущення,

Таблиця 1. Фактори впливу на попит на теплову енергію від СЦТ та їх числова оцінка

Фактори впливу, які:	
збільшують попит	зменшують попит
Процеси урбанізації, 4–6%	Зменшення чисельності населення 0,6–0,8% в рік
Будівництво нових будівель та підвищення їх рівня комфортності, 0,5–0,7% в рік	Процеси децентралізації (низька якість комунальних послуг, низька купівельна спроможність населення, оптимізація схем теплопостачання), 20%
Відновлення послуги із постачанням гарячої води, 8–12%	Підвищення ефективності споживання теплової енергії, 50–75%.
Впровадження централізованого охолодження, 10–15%	Глобальне потепління, 2–3% в рік

що повернення тимчасово окупованих територій Донецької та Луганської областей відбудеться в 2025 р., а АР Крим – 2035 р. Враховано також причини фінансових проблем та низької якості послуг теплопостачальних підприємств [12], тенденції зменшення попиту на теплову енергію СЦТ у період 1997–2015 рр. [4, 17]. Також було прийнято наступні припущення:

процеси децентралізації будуть і надалі продовжуватися (їх потенціал в Україні, як показано в [17], становить 20%);

у період 2035–2050 рр. середні темпи зменшення попиту на теплову енергію від СЦТ будуть становити близько 8% за 5 років.

Результати розрахунків з урахування прийнятих припущень показано на рис. 1.

Як видно із рис. 1, попит на теплову енергію СЦТ в Україні зменшиться на 30% до 2050 р. порівняно з 2015 р.

Порівнюючи попит на теплову енергію від СЦТ у 2015 р. (рис. 1) та фактичний загальний попит на неї в цьому році в Україні – 186,2 млн Гкал [13], можна зробити висновок, що він становить 27,5% від загального.

Знаючи попит на теплову енергію СЦТ, можна визначити потреби в її генерації. Потреби генерації теплової енергії для року t визначаються згідно із виразом:

$$Q_t^c = Q_t^n + Q_t^{en} + Q_t^{em}, \quad (1)$$

де $Q_t^c, Q_t^n, Q_t^{en}, Q_t^{em}$ – потреби в генерації теплової енергії, попит на теплову енергію, власні потреби джерел у тепловій енергії, втрати теплової енергії в мережах, відповідно.

Власні потреби теплових джерел у тепловій енергії визначаються за формулою:

$$Q_t^{en} = \gamma_t^{en} Q_t^c, \quad (2)$$

де γ_t^{en} – відносні власні потреби в тепловій енергії в рік t , %.

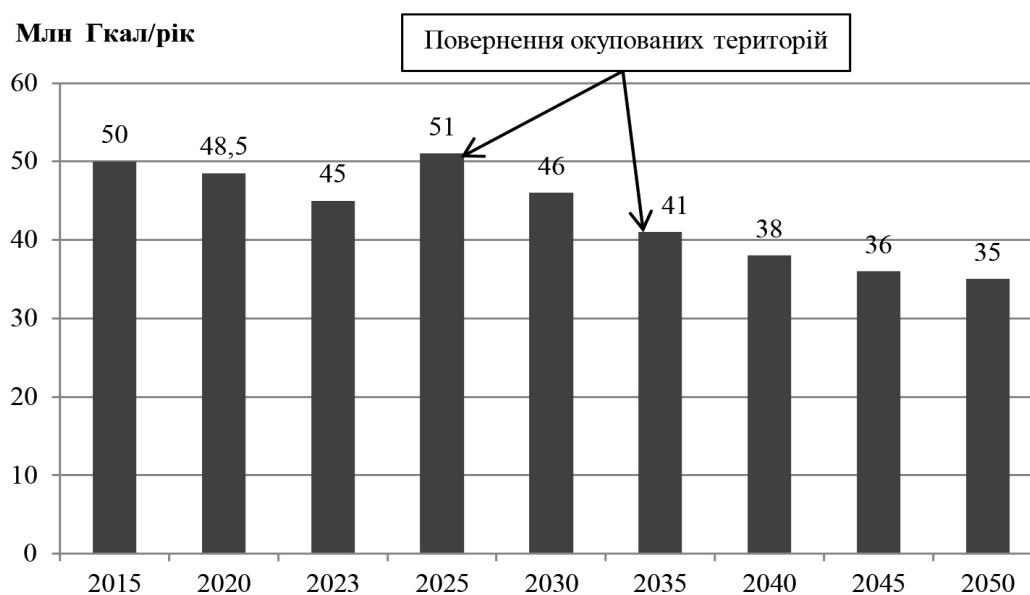


Рис. 1. Прогноз попиту на теплову енергію від СЦТ

Таблиця 2. Прогноз змін власних потреб джерел у тепловій енергії, втрат теплової енергії в мережах та потреб в генерації теплової енергії за роками

Показник	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Відносні власні потреби джерел у тепловій енергії, %	4	3	2,5	2	1,5	1	0,8
Відносні втрати теплової енергії в мережах, %	18	14	12	10	9,5	9	9
Потреби в генерації теплової енергії СЦТ, млн Гкал/рік	62,2	61,4	53,8	46,6	42,7	40,0	38,8

Відносні втрати теплової енергії в мережах визначаються за формулою:

$$Q_t^{6M} = \delta_t^{6M} (Q_t^c - Q_t^{6N}), \quad (3)$$

де δ_t^{6M} – відносні втрати в теплових мережах у рік t , %.

Підставляючи вирази (2) та (3) у вираз (1) і вирішуючи його відносно Q_t^c та нехтуючи безкінечно малою величиною ($\delta_t^{6M} \cdot \gamma_t^{6N} \cdot 10^{-4}$), отримаємо:

$$Q_t^c = Q_t^n \frac{100\%}{100\% - \gamma_t^{6N} - \delta_t^{6M}}. \quad (4)$$

Прогнози зміни відносних власних потреб джерел у тепловій енергії був підготовлений на основі матеріалів викладених у [18, 19], а відносних втрат теплової енергії в мережах – [3, 4, 11, 19, 20]. Результати розрахунків наведено в табл. 2.

Порівнюючи прогноз потреб в тепловій генерації від СЦТ в 2020 р. (табл. 2) з аналогічним, наведеним в [13], можна зробити висновок, що він становить 28,5% (середнє за 2020 р. та 2025 р.) від загального, що практично співпадає із раніше зробленою оцінкою.

Далі проаналізуємо існуючу структуру паливного балансу СЦТ України та зробимо її прогноз до 2050 р. Згідно даних, наведених у

[21], структуру паливного балансу СЦТ показано на рис. 2.

Як видно із рис. 2, інші види енергії, до яких належать електроенергія, нафтопродукти, сонячна енергія (сонячні колектори), не деталізовані. Тому зробимо припущення, що нафтопродукти становлять 0,9%, електроенергія – 1,2%, сонячна енергія – 0,1%.

При побудові прогнозу паливного балансу СЦТ України враховано вплив відповідних її зобов'язань щодо декарбонізації своєї економіки (зобов'язання країн світу, в тому числі і України згідно Паризької угоди). За основу взято тенденції зміни складових прогнозу структури паливного балансу СЦТ до 2050 р., який підготовлений Міжнародним Енергетичним Агентством в аналітичній роботі [22]. У цьому дослідженні показано динаміку зміни видів паливно-енергетичних ресурсів за період 2000–2015 рр. та зроблено їхню прогнозну оцінку до 2050 р. Зокрема, вказано значне зростання обсягів використання біопалива, відходів та інших відновлювальних джерел енергії при суттєвому зниженні споживання вугілля та нафтопродуктів. У результаті чого прогнозується стрімке зменшення викидів CO_2 починаючи з 2025 р., що відповідатиме основним вимогам Паризь-

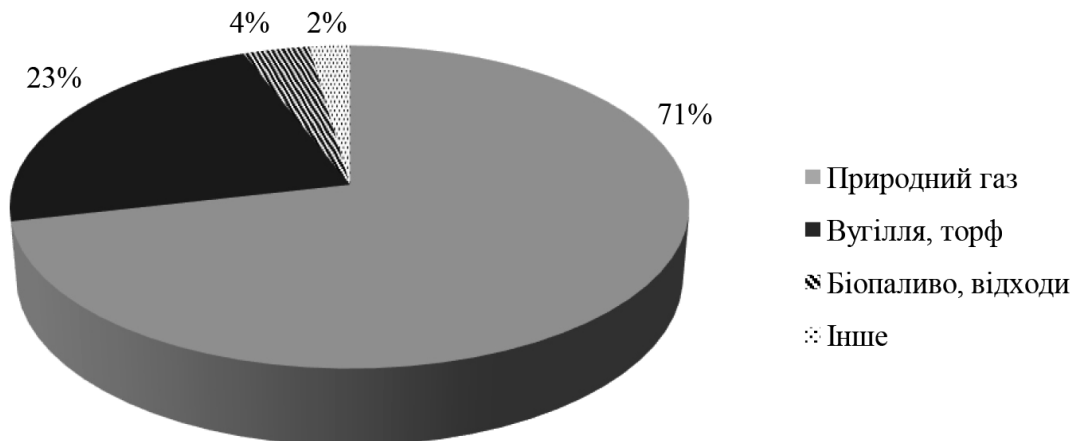


Рис. 2. Структура паливного балансу СЦТ в 2014 р. [21]

Таблиця 3. Прогнозна структура генерації теплової енергії СЦТ за роками, млн Гкал/рік

Теплове джерело	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ТЕС, ТЕЦ на вугіллі	13,73	12,97	9,85	6,62	4,51	1,67	1,20
Котельні, ТЕЦ на газі	43,28	40,00	33,41	27,63	22,54	19,80	13,87
Котли на біопаливі	3,23	4,42	4,36	4,57	5,00	4,76	4,74
Котли на нафтопродуктах	0,53	0,42	0,28	0,16	0,04	0,00	0,00
Сонячні колектори	0,06	0,37	0,54	1,03	1,92	2,12	2,84
Теплові насоси, електрокотли	1,37	3,26	5,38	6,62	8,68	11,64	16,20
Всього	62,2	61,4	53,8	46,6	42,7	40,0	38,8

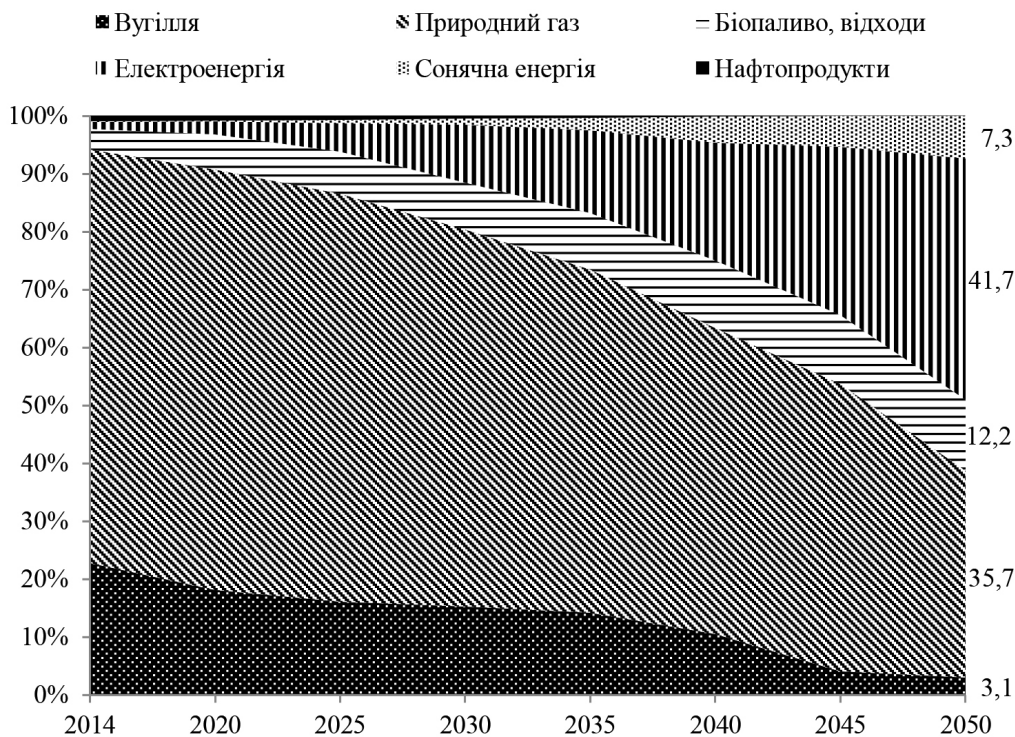


Рис. 3. Прогнозна структура паливного балансу СЦТ

кої угоди [1]. Тому тенденції в зміні структури паливного балансу СЦТ [22] можуть бути рекомендаціями країнам-підписантам Паризької угоди в тому числі і Україні для виконання їх зобов'язань. Також були використані тенденції зміни структури паливного балансу, які наведено в [13], враховано політику держави щодо використання відновлювальних джерел енергії та місцевих видів палива [23]. Результати розрахунків з урахуванням прийнятих припущень показано на рис. 3.

Використовуючи дані, наведені в табл. 2 та рис. 3, можна побудувати прогнозну структуру генерації теплової енергії СЦТ, яка визначалася виходячи із виразу:

$$Q_{it}^c = Q_t^c \cdot \beta_{it} / 100, \quad (5)$$

де Q_{it}^c – потреби в генерації теплової енергії з використанням i -того енергоносія в рік t ;

Q_t^c – загальні потреби в генерації теплової енергії СЦТ в рік t ;

β_{it} – відносні (у %) потреби в генерації теплової енергії з використанням i -того енергоносія в рік t .

Результати розрахунків показано в табл. 3.

Як видно з рис. 3 та табл. 3, генерація теплової енергії в системах централізованого тепlopостачання на вугіллі та з використанням нафтопродуктів буде суттєво зменшуватися. Використання газу також буде зменшуватися, але він буде основним паливом на період технологічної трансформації генеруючих потужностей в умовах низьковуглецевого розвитку країни. Генерація теплової енергії з викорис-

танням біомаси, відходів, довілля та електроенергії буде весь час збільшуватися. Темпи зростання виробництва теплової енергії з біомаси невеликі, що обумовлено обмеженим її ресурсом. Використання теплових насосів в системах централізованого теплопостачання з електричним приводом та електрокотлів для виробництва теплової енергії буде розвиватися швидкими темпами, у 2050 р. вони вироблять 16,2 млн Гкал, що складе близько 41,8% від загального обсягу.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз показав, що системи централізованого теплопостачання широко використовуються та вносять значний вклад в теплопостачання країн Європи. У цілому по країнах Європейського Союзу частка систем централізованого теплопостачання становить 13% та планується її доведення до 50% у 2050 р. з широким використанням когенерації та відновлювальних джерел, в тому числі енергії довілля з застосуванням теплових насосів.

2. Україна належить до країн з високим рівнем систем централізованого теплопостачання, але останнім часом спостерігаються негативні тенденції по зменшенню їх вкладу в загальне постачання теплової енергії для потреб опалення та постачання гарячої води – з 65,2% у 2014 р. до 52% у 2017 р. У таких містах, як Ужгород, Марганець, Нікополь, Покров, Золочев, Долина системи централізованого теплопостачання взагалі перестали функціонувати. Основне обладнання систем централізованого теплопостачання України фізично зношене та технологічно застаріло і потребує оновлення шляхом масової реконструкції, модернізації та технологічного переоснащення.

3. Встановлено фактори впливу, які збільшують попит у тепловій енергії систем централізованого теплопостачання: процеси урбанізації, 4–6%/рік; будівництво житлових будівель, 0,5–0,7%/рік; відновлення послуг з постачання гарячої води, 8–12%; впровадження централізованого охолодження, 10–15% та фактори, які його зменшують: невпинне зменшення чисельності населення, 0,6–0,8%/рік; процеси децентралізації, 20%; підвищення енергоефективності використання теплової енергії в будівлях, 50–70%; зміна клімату (підвищення температури). Так, як фактори, які зменшують попит, мають значно більший потенціал, то це неминуче призведе до зменшення попиту на теплову енергію систем централізованого теплопостачання, який за оцінкою в 2050 р. буде становити близько 35 млн Гкал/рік.

4. Аналіз прогнозів, програм, концепцій та стратегій показав, що для забезпечення низьковуглецевого розвитку України в структурі генерації теплової енергії систем централізованого теплопостачання використання вугільних ТЕЦ та котлів, а також котлів на нафтопродуктах буде суттєво зменшуватися. У паливному балансі систем централізованого теплопостачання України частка природного газу буде теж зменшуватися, але він буде основним паливом на період технологічної трансформації генеруючих потужностей в умовах низьковуглецевого розвитку України. Генерація теплової енергії з використанням біомаси, відходів, довілля та електроенергії буде весь час збільшуватися. Темпи зростання виробництва теплової енергії з біомаси невеликі, що обумовлено обмеженим її ресурсом. Використання теплових насосів з електричним приводом та електрокотлів для виробництва теплової енергії буде розвиватися швидкими темпами, в 2050 р. вони вироблять 16,2 млн Гкал, що складе близько 41,8% від загального обсягу.

1. 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-autonomne-teplozabezpechennya.pdf> (дата звернення: 01.11.2020).

2. Полуянов В.П., Кравченко Р.С. Перспективи розвитку централізованого теплоснабження в Україні в контексті державно-частного партнерства. Бізнес Інформ. 2012. № 5. С.109–112. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2012_5_32 (дата звернення: 03.11.2020).

3. Как сохранить и развивать централизованное теплоснабжение в Украине. URL: <http://jkg-portal.com.ua/ru/publication/one/jak-zberegti--rozvivati-centralizovane-teplopostachannja-v-ukrajini-53570> (дата звернення: 03.11.2020).

4. Дерій В.О. Можливості впровадження електричних теплогенераторів в системах централізованого теплопостачання. *Проблеми загальної енергетики*. 2017. Вип. 3(50). С. 50–59. <https://doi.org/10.15407/pge2017.03.050>.

5. Директива Європейського Парламенту і Ради 2012/27/ЄС. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_017-12#Text (дата звернення: 03.11.2020).

6. Сценарії реалізації Енергетичної стратегії України до 2035 року. URL: http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/UDEC_FinalWorkshop_28-03-2019-v06.pdf (дата звернення: 03.11.2020).

7. Дячук О., Чепелев М., Подолець Р., Трипольська Г. та ін. *Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року*. За заг. ред. Ю. Огаренко та О. Алієвої. Пред-во Фонду ім. Г. Бюлля в Україні. К.: Вид-во

ТОВ «АРТ КНИГА», 2017. 88 с. ISBN 978-617-7242-35-1. URL: https://ua.boell.org/sites/default/files/perehid_ukraini_na_vidnovlyuvanu_energetiku_do_2050_roku.pdf (дата звернення: 03.11.2020).

8. Мельник М.І., Щеглюк С.Д., Яремчук Р.Є. Розвиток урбанізаційних процесів в умовах децентралізації. URL: <http://ird.gov.ua/irdp/e20170301.pdf> (дата звернення: 03.11.2020).

9. Урбанізаційні процеси в Україні 1989-2013: Звіт Світового банку. URL: <https://mistosite.org.ua/ru/articles/urbanizatsiini-protsezy-v-ukraini-1989-2013-zvit-svitovoho-banku> (дата звернення: 03.04.2020).

10. Урбанізація та її наслідки для України. URL: <http://www.kbuara.kharkov.ua/e-book/conf/2013-2/doc/2/34.pdf> (дата звернення: 03.04.2020).

11. Система енергоефективності в Україні. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/09/GIZ-brochure.pdf> (дата звернення: 03.11.2020).

12. Модернізація системи централізованого теплопостачання в Україні: облік тепла та впровадження платежів на основі його фактичного споживання. URL: http://www.teplydim.com.ua/static/storage/filesfiles/2012_IBRD+WB_UkraineDHreportUKR.pdf (дата звернення: 03.11.2020).

13. Кулик М.М., Горбулін В.П., Кириленко О.В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України. URL: <http://www.ied.org.ua/files/book2.pdf> (дата звернення: 05.04.2020).

14. Про необхідність впровадження енергоефективних заходів. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/pro-neobhidnist-provadhennya-energoefektyvnyh-zahodiv-rozhasnennya-minregionu/> (дата звернення: 03.11.2020).

15. Зміна клімату. URL: <http://necu.org.ua/climate/> (дата звернення: 03.11.2020).

16. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей. Додаток Б. Проекції змін екстремальних погодних умов в Україні до 2050 року.

ДП «НЕК «Укренерго». URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2019/12/Dodatok-B.pdf> (дата звернення: 06.07.2020).

17. Децентралізоване опалення в Україні: потенціал та шляхи впровадження. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/Detsentralizovane-opalennya.-Potentsial-ta-shlyahi-vprovadhennya.pdf> (дата звернення: 03.10.2020).

18. КТМ 204 Україна 244-94. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Київ, 2001.

19. Про основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж в Україні: статистичні бюлетені за 2005–2014 рр. К.: Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/05/Arch_tep_bl.htm (дата звернення: 05.06.2020).

20. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80> (дата звернення: 03.06.2020).

21. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai--ni.pdf> (дата звернення: 03.11.2020).

22. International Energy Agency. Tracking Clean Energy Progress 2016. URL: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TrackingCleanEnergyProgress2016.pdf> (дата звернення: 02.06.2019).

23. Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 569-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80> (дата звернення: 10.11.2019).

Надійшла до редколегії: 25.11.2020