

## СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЦ УКРАЇНИ

**Б.І. Басок**<sup>1,2\*</sup>, чл.-кор. НАН України, **С.В. Дубовський**<sup>1\*\*</sup>, докт. техн. наук,  
**П.П. Куделя**<sup>2\*\*\*</sup>, канд. техн. наук

<sup>1</sup>Інститут технічної теплофізики НАН України,  
вул. Марії Капніст, 2а, Київ, 03057, Україна.

<sup>2</sup>НТУ України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна.

E-mail: [borys.basok@gmail.com](mailto:borys.basok@gmail.com); [s.w.dubovskoy@gmail.com](mailto:s.w.dubovskoy@gmail.com); [kud-petr@ukr.net](mailto:kud-petr@ukr.net)

*Надано аналіз стану, проблем та зовнішніх умов функціонування станцій комбінованого виробництва електричної і теплової енергії в Україні, а також їхніх змін під час воєнних дій. Розглянуто питання та надано пропозиції щодо вибору раціональних режимів роботи ТЕЦ в умовах дефіциту первинного палива, зниження електричних навантажень енергетичної системи, небезпеки пошкодження енергетичного обладнання під час воєнних дій та у період післявоєнного відновлення. Запропоновано розробити та запровадити у практику планування розвитку ТЕЦ критеріїв живучості станцій та приєднаних до них систем централізованого теплопостачання. Бібл. 7, рис. 4.*

**Ключові слова:** станції комбінованого виробництва, економія палива, техніко-економічні показники, воєнні дії, пошкодження обладнання, живучість.

**Вступ.** У зв'язку з проведенням політики декарбонізації енергетики на основі інтенсивного розвитку переривчастих джерел відновлюваної енергії та енергоефективності, введення обмежень на використання нафти та вугілля, повсюдним впровадженням лібералізованих ринків енергії та палива, функціонування та розвиток ТЕЦ у світі та в Україні відбуваються в останні роки в умовах швидких і суттєвих змін зовнішніх чинників. У першу чергу вони торкаються обсягів та режимів виробництва електричної енергії і теплоти в умовах конкуренції, механізмів ціноутворення на покупні палива та види виробленої енергетичної продукції, норм і правил оподаткування викидів тощо. Проблемам адаптації ТЕЦ до нових умов роботи присвячено велику кількість праць, більшість з яких пов'язана, зокрема, із забезпечення економічної стійкості та інвестиційної привабливості ТЕЦ за високих цін на первинне паливо та високої питомої ваги переривчастих відновлюваних джерел енергії. Ці питання проаналізовано, зокрема, у [1, 2], в тому числі в аспекті економічної підтримки ТЕЦ. Робота ТЕЦ на конкурентному ринку електричної енергії потребує переходу від базових режимів навантажень за тепловим графіком на режим роздільної підтримки електричних навантажень енергетичної системи разом з тепловими. Досвід забезпечення таких режимів з використанням можливостей джерел та елементів систем централізованого теплопостачання розглянуто, зокрема, у [3]. Безпосередній вплив на конкурентний стан ТЕЦ, як і на заходи їхнього зовнішньої економічної підтримки справляють методи розподілу витрат між видами її продукції. Аналіз методів розподілу витрат в умовах повністю або частково лібералізованих ринках енергії, а також досвід їх використання у країнах ЄС наведено у [4].

Додаткові проблеми ТЕЦ виникли внаслідок воєнної агресії РФ на території України. Вони пов'язані з ускладнення умов паливопостачання, зростанням цін та дефіцитності палив, змінами обсягів та режимів виробництва тощо, з захистом персоналу станцій, а також із запобіганням та подоланням наслідків фізичних пошкоджень енергетичного обладнання під час воєнних дій.

**Основні мета та завдання цієї роботи** полягають у аналізі існуючого технічного та економічного стану і проблем комбінованого виробництва електричної енергії і теплоти в Україні та доцільних шляхів їхнього вирішення в існуючих умовах.

**Технічний стан станцій комбінованого виробництва довоєнного періоду.** Україна має давні традиції у сфері комбінованого виробництва. Зовнішній відпуск теплоти з відпрацьованою парою здійснюють всі електричні станції України, включаючи АЕС і конденсаційні ТЕС (надалі – ТЕС генеруючих компаній, скорочено – ТЕС ГК), але домінуючу роль відіграють ТЕЦ загального користування (надалі – опалювальні ТЕЦ), включені у склад ОЕС України.

© Басок Б.І., Дубовський С.В., Куделя П.П., 2022

ORCID ID: \* <https://orcid.org/0000-0002-8935-4248>; \*\* <https://orcid.org/0000-0001-9418-2092>;

\*\*\* <https://orcid.org/0000-0003-4941-5795>

Найбільший розвиток ТЕЦ одержали в Україні у 60–90-х рр. минулого століття, забезпечуючи покриття третини сумарних теплових навантажень СЦТ міст і промислових зон, до 20% виробництва електричної енергії ТЕС. Однак надалі обсяг комбінованого виробництва теплової і електричної енергії монотонно знижувався (рис. 1) [5].

Загальна встановлена електрична потужність ТЕЦ України за даними НЕК «Укренерго» на початок 2022 р. складала 6115 МВт або 10,98% від встановленої потужності енергосистеми, річне виробництво електричної енергії у 2020 р. – 12798,2 млн. кВт·год або 8,6% від виробництва всіма електричними станціями та 24,4% – від виробництва ТЕС.

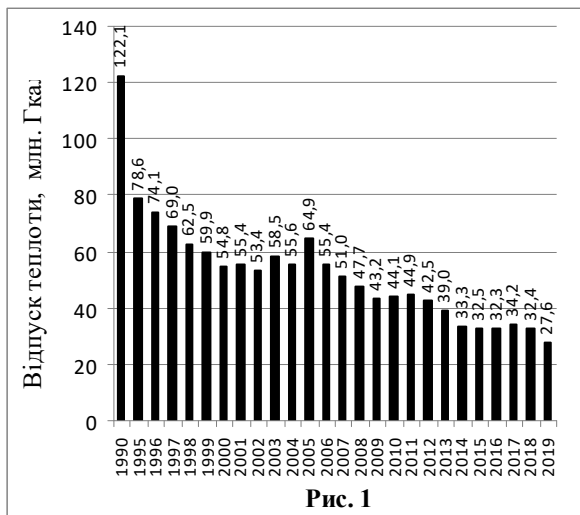


Рис. 1

Встановлена теплова потужність електростанцій різних типів (за відпуском теплоти з відпрацьованою парою) у 2015 р. складала 8,2 тис. Гкал/год або 22,8% від загальної потужності теплоджерел СЦТ [6]. В тому числі ТЕС ГК – 5,41 Гкал/год, АЕС- 2,56 Гкал/год, ТЕЦ загального користування – 6,2 Гкал/год. Теплова потужність ТЕС ГК та АЕС порівняно з 2005 р. не змінилася, а опалювальних ТЕЦ – знизилася на третину.

Близько 70% встановленої електричної потужності опалювальних ТЕЦ розміщено на 23 станціях потужністю вище 20 МВт, найбільшими з яких є Київські ТЕЦ-5 та ТЕЦ-6 і Харківська ТЕЦ. Енергетичне обладнання станцій розрізняється за віком, технологічним рівнем енергетичного обладнання (характеризується початковим тиском пари) та за типом основного палива. Розподіл встанов-

леного обладнання опалювальних ТЕЦ за означеними параметрами, наведений на рис. 2, показує, що більшість з них розрахована на спалювання природного газу. Під час його побудови використано дані щорічних звітів НКРЕКП України.

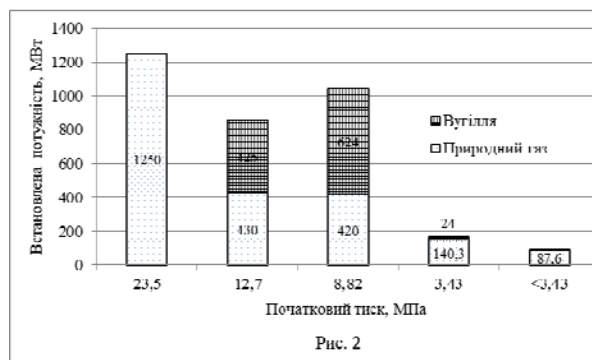


Рис. 2

Склад технологічного обладнання ТЕЦ є досить різноманітним. Домінуюча роль у виробництві теплової і електричної енергії належить з відносно сучасним обладнанням на початковий тиск пари 12,8 МПа та 23,5 МПа, введеним у дію у 70-х- 80-х роках минулого століття. Поряд із цим, в експлуатації знаходиться і занадто морально та фізично застаріле обладнання технологічного рівня 40-х -60-х років, збереженню якого довгий час сприяла політика державного протекціонізму. У зв'язку з цим, в Україні здавна існує проблема докорінного переобладнання існуючих ТЕЦ з підвищенням економіч-

ності, екологічності та надійності.

Серед великих блочних станцій ОЕС України конденсаційного типу найбільшим виробником

теплоти на базі ядерної енергії є Запорізька АЕС, на базі вугілля – Дніпровська ТЕС (рис. 3).

**Економічні проблеми ТЕЦ.** Станції комбінованого виробництва в Україні довгий час були позбавлені проблем ринкової конкуренції, працюючи за регульованими беззбитковими тарифами, що покривали виробничу вартість з певною нормою прибутку (т.з. принцип «собівартість +»). Зазначений принцип не сприяв зниженню собівартості виробництва, що зумовило застиглість технологічного стану ТЕЦ.

Однак впровадження в Україні лібералізованого ринку електричної енергії, що почав діяти з

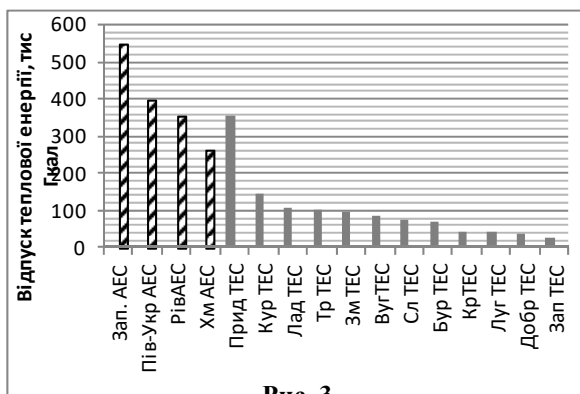


Рис. 3

2019 р., поставило ТЕЦ у складне становище – ціни на електричну енергію від ТЕЦ на газі виявилися вищими, ніж відповідні конкурентні ціни ТЕС ГК. Ціни (тарифи) на теплову енергію від ТЕЦ залишаються регульованими, однак їхні рівні залежать від типу та стану станції, цін на паливо для виробництва теплової енергії, а також методики поділу витрат на електричну і теплову енергію, розроблення яких віддане на розсуд ТЕЦ. Це призводить разом до значного розкиду тарифів на теплову енергію (як можна бачити з рис. 4, де наведено зіставлення тарифів, затверджених для різних станцій комбінованого виробництва за даними річних звітів НКРЕКП).

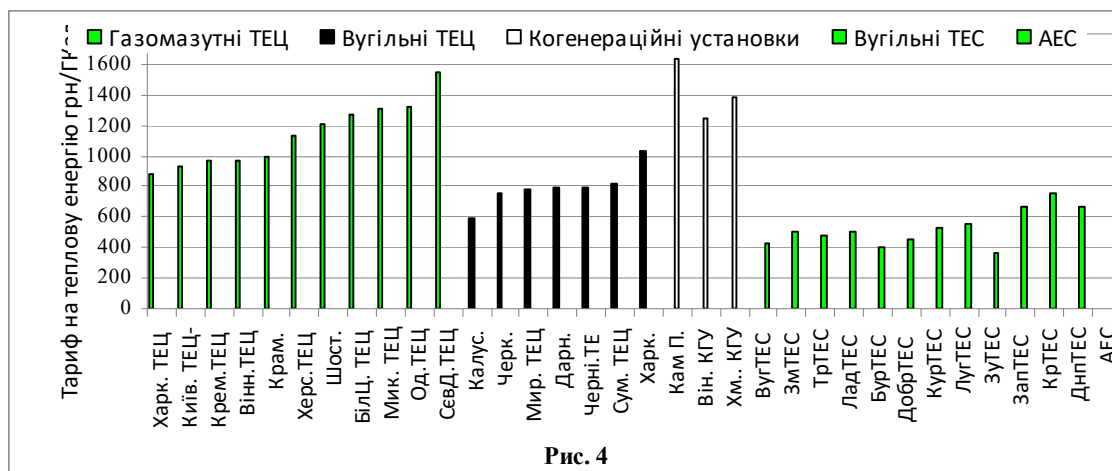


Рис. 4

Внаслідок високих витрат на експлуатацію і підтримку технологічно застарілих теплових мереж газові ТЕЦ програють конкуренцію кращим автономним (будинковим) котельним, що не сприяє розвитку когенерації у СЦТ. Виведення газових ТЕЦ із стану економічної неспроможності було б можливим за рахунок переведення на більш дешеві види палива (вугілля). Однак зазначений напрям входить у колізію із світовою тенденцією щодо припинення використання вугілля як джерела парникових викидів. У зв'язку з невизначеністю шляхів подальшого технологічного розвитку ТЕЦ виникає необхідність збереження на певний час політики державного протекціонізму, щоправда, із зміною форм її здійснення.

Тут може стати на пригоді відповідна практика країн ЄС, де ТЕЦ працюють в умовах конкуренції на ринках електроенергії і теплоти багато років. Через низькі оптові ціни на електроенергію та високі ціни на паливо когенерація на газі у багатьох країнах Європи є економічно не вигідною [3, 4]. У зв'язку з цим були розроблені різні методи економічної підтримки ТЕЦ і разом з тим захисту інтересів теплових споживачів, які могли би використовуватися і в Україні.

**Особливості функціонування ТЕЦ у період воєнних дій.** Різкі зміни умов функціонування ТЕЦ в останні роки виникли під час пандемії коронавірусу 2020 р. і продовжилися внаслідок газової кризи на тлі спроб введення в експлуатацію газопроводу «Північний потік-2» з безпрецедентним зростанням ринкових цін на газ та інші види палив. Врешті решт розпочалася воєнна агресія РФ, яка вплинула на роботу енергетики країни, спричинивши фізичні пошкодження енергетичного обладнання кількох ТЕЦ внаслідок обстрілів, суттєво ускладнивши умови паливостачання станцій, а також через зростання цін на паливо внаслідок впровадження санкцій з боку країн Європи.

**Пошкодження технологічного обладнання внаслідок воєнних дій.** Згідно відкритих даних ЗМІ, найбільші пошкодження енергетичного обладнання, будівель і споруд внаслідок воєнних дій отримали Кременчуцька ТЕЦ, Чернігівська ТЕЦ, Сумська ТЕЦ та Охтирська ТЕЦ. На Кременчуцькій ТЕЦ залишилися без теплостачання близько 35 % населення міста. Відновлення ТЕЦ може зайняти значний час і оцінюється попередньо у 500-800 млн. грн. Охтирська ТЕЦ, яка є єдиним постачальником послуг опалення та гарячого водопостачання населення, бюджетних установ та інших споживачів м. Охтирка вважається зруйнованою повністю. Чернігівська ТЕЦ та Сумська ТЕЦ відбулися частковими пошкодженнями основного обладнання, які піддаються усуненню.

**Зміни умов постачання паливно-енергетичних ресурсів. Природний газ.** В умовах воєнних дій власний видобуток природного газу в останні місяці знизився несуттєво, за різними даними – на 4-15 % порівняно із довоєнним часом, оскільки основні родовища природного газу знаходяться поза зон ведення активних воєнних дій. У сховищах перебуває близько 9 млрд. м<sup>3</sup> природного газу. Існує можливість завантаження у сховища ще 13-14 млрд. м<sup>3</sup>. Для забезпечення населення у довоєнний

період було потрібно 14-15 мільярдів м<sup>3</sup> природного газу, проте через масовий виїзд населення за межі України споживання знизилося приблизно на третину. Також суттєво впав промисловий попит, у тому числі через втрату 30% металургійного виробництва. В той же час, у зв'язку з поверненням частини населення з евакуації та відновленням роботи частки підприємств, виникнення певного дефіциту природного газу в період опалювального сезону все ж уявляється можливим. Це потребує вжиття заходів як з максимального скорочення споживання газу на ТЕЦ, так і його заміщення іншими видами палива. З метою захисту населення від високих цін на опалення ціна на газ для потреб виробництва теплової енергії підприємствами КТП до квітня наступного року постановою КМУ зафіксована. Ціна газу для промисловості, в тому числі для потреб виробництва електричної енергії, залишається ринковою. У зв'язку з цим важливо не припустити перекладання витрат енергії електричної енергії на теплову на рівні ТЕЦ.

**Вугілля.** В умовах воєнних дій постачання ТЕС і ТЕЦ вугіллям власного видобутку погіршилося. Видобуток вугілля на державних шахтах знизився, виникають проблеми з його відвантаженням через обстріли залізничних колій та часові обмеження – вивезення стало можливим зараз тільки вдень. Ціни на вугілля на європейських біржах суттєво зросли, а його доставку морським транспортом фактично заблоковано [8]. У зв'язку з цим необхідно вжити всі можливі заходи для підтримки дій недержавних вугільних ТЕЦ із самозабезпечення вугіллям.

**Ядерне паливо.** Запасів палива для АЕС достатньо для 5-6 років їхньої роботи. Основна проблема галузі – необхідність використання сховища опроміненого палива (ХОЯП) на Запорізькій АЕС, контроль над яким відсутній. У зв'язку з цим необхідне спорудження нового сховища, що є цілком можливим [6]. Виходячи з цього, АЕС в умовах воєнного часу стають основним джерелом електричної енергії в Україні

**Гідроенергія.** Внаслідок суттєвого зниження електричних навантажень ОЕС України питома вага ГЕС та ГАЕС як інструмента балансування АЕС та ВДЕ зростає. Це створює можливість ефективної підтримки ГЕН системи з високим рівнем генерації АЕС навіть в умовах дефіциту палива для маневрених ТЕС і ТЕЦ.

**Оптимізація роботи ТЕЦ.** Через суттєве зниження електроспоживання (за різними даними – на 30-40% від довоєнного періоду) в ОЕС України з'явилася можливість покриття власного попиту на електричну енергію за рахунок, переважно, ядерної та гідроенергії. У зв'язку з цим слід очікувати на певні обмеження щодо використання ТЕЦ в енергосистемі як базових джерел електричної енергії з наступних причин: збільшення системної ціни електричної енергії внаслідок витіснення ТЕЦ більш дешевою генерацією АЕС з базової частини ГЕН ОЕС; витіснення з базової частини ГЕН маневрених енергоблоків ТЕС; зниження доступного ресурсу природного газу для опалення населення та промисловості; збільшення викидів шкідливих речовин та парникових газів з продуктами згоряння.

Найбільших обмежень слід очікувати для ТЕЦ з високими значеннями питомого виробітку електроенергії на тепловому споживанні. Пояснюється це тим, що економія первинної енергії в системі внаслідок роботи ТЕЦ відбувається за рахунок скорочення споживання палива КЕС і котельними СЦТ внаслідок зниження ними відпуску електричної і теплової енергії на величини їхнього відпуску від ТЕЦ. Якщо ТЕЦ і котельня працюють на однаковому паливі з близькими значеннями теплового ККД, що звичайно має місце, то економію енергії первинного палива в системі можна оцінити як:  $\Delta B \approx E(\eta_{\text{кес}}^{-1} - \eta_{\text{тец}}^{-1})$ , де  $\Delta B$  – економія енергії первинного палива, МВтг;  $E$  – відпуск електричної енергії від ТЕЦ, МВтг;  $\eta_{\text{тец}}$  – повний (енергетичний) ККД ТЕЦ;  $\eta_{\text{кес}}$  – електричний ККД КЕС. Для конденсаційних паротурбінних установок вугільних та атомних станцій величина електричного ККД може бути орієнтовно оцінена у  $\eta_{\text{кес}} = 0,33$ , повний ККД ТЕЦ – у  $\eta_{\text{тец}} = 0,85$ .

Економічний ефект, що утворюється внаслідок скорочення витрат первинної енергії в системі, може бути визначений у грошовому вимірі наступним чином:  $\Delta C \approx E(c_{\text{кес}} b_{\text{кес}} - c_{\text{тец}} b_{\text{тец}})$ , де  $c_{\text{кес}}$ ,  $c_{\text{тец}}$  – ціна одиниці умовного палива на КЕС і ТЕЦ, відповідно, грн./МВтг. З цього виразу видно, що за певного відношення цін на паливо ТЕЦ і КЕС  $c_{\text{тец}}/c_{\text{кес}} > b_{\text{кес}}/b_{\text{тец}}$  грошовий еквівалент економії палива стає від'ємним і його абсолютне значення зростає пропорційно відпуску електричної енергії від ТЕЦ. Тобто за високих цін і дефіцитності палива для ТЕЦ порівняно з паливом для КЕС і наявності вільних потужностей і паливних ресурсів на КЕС, виробництво електроенергії на ТЕЦ збільшує не тільки середню ціну генерації електричної енергії в системі, але й дефіцит палива для генерації електроенергії на ТЕЦ. Збитки від використання комбінованого виробництва особливо

значні у випадку ТЕЦ на газі, а КЕС – на ядерній енергії. На сьогоднішній день  $c_{\text{тец}} \approx 3145$  грн./МВтг,  $c_{\text{кес}} \approx 42,4$  грн./МВтг і економічний ефект від комбінованого виробництва на 1 МВтг електроенергії, відпущеної від ТЕЦ становить:  $\Delta C \approx 1(42,4/0,33 - 3145/0,85) \approx 128,5 - 3700 = -3571,5$ .

В залежності від ролі ТЕЦ у місцевому електро- та тепlopостачанні та технологічного стану станції у разі виникнення суттєвого дефіциту газу та запровадження обмежень на видачу потужності з боку ОЕС можливе:

- зниження генерації ТЕЦ до технологічного мінімуму з підтримкою власних потреб паротурбінних установок (ПТУ) та пікових водогрійних котлів (ПВК);
- виведення ПТУ у холодний резерв з переходом на роботу за допомогою ПВК за достатності зовнішнього джерела власних потреб станції;
- відтермінування повного відновлення ТЕЦ із значними пошкодженнями основного обладнання на наступний рік із терміновим спорудженням заміщуючих котелень на біопаливі або природному газі.

**Заходи безпеки.** Головне – забезпечення заходів щодо збереження життя та здоров'я робітників ТЕЦ внаслідок можливих пошкоджень військовою зброєю та необхідних дій з мінімізації небезпечного розвитку та ліквідації наслідків аварій внаслідок критичних пошкоджень технологічного обладнання: підготовка і неухильне використання надійних сховищ, додержання норм і правил громадянської безпеки персоналом станцій; виявлення та мінімізація використання в особовий період найбільш небезпечних та вразливих вузлів енергетичного обладнання, що потребують присутності експлуатаційного персоналу; розроблення варіантних планів дій та робочих інструкцій щодо норм безпеки, ліквідації наслідків та запобігання розвитку аварій енергетичного обладнання внаслідок воєнних дій.

**Перспективні заходи.** У найближчій перспективі (>1–2х років) на існуючих ТЕЦ буде доцільним впровадження заходів з енергозбереження та підвищення маневреності: запровадження систем глибокого охолодження вихідних газів; встановлення теплонасосних установок – утилізаторів теплових втрат ТЕЦ з можливістю зниження рівня споживання природного газу, здешевлення теплової енергії, забезпечення участі ТЕЦ у регулюванні електричних навантажень ОЕС; оснащення ТЕЦ тепловими акумуляторами для гнучкого регулювання електричних і теплових навантажень.

Також необхідно розробити та врахувати у розробках планів розвитку систем тепlopостачання критерії живучості підчас воєнних дій; віддавати перевагу розосередженим системам тепло- і електропостачання на місцевих первинних ресурсах (ВДЕ, біопаливо, торф тощо).

#### **Висновки.**

Сучасні проблеми функціонування та розвитку ТЕЦ в Україні пов'язані із збереженням персоналу та енергетичного обладнання в умовах воєнних дій, оптимізацією режимів використання теплосилового обладнання з метою скорочення споживання палива для виробництва електричної енергії, переглядом планів розвитку ТЕЦ та теплових мереж із забезпеченням їхньої максимальної живучості в період воєнних дій.

1. Pastore L.M., Basso G.L., de Santoli L. Can the renewable energy share increase in electricity and gas grids takes out the competitiveness of gas-driven combined heat and power plants for distributed generation? *Energy*. 2022. Vol. 256. 124659
2. Kavvadias K.C. Energy price spread as a driving force for combined generation investments: A view on Europe. *Energy*. 2016. Vol. 115. Part 3. Pp. 1632-1639
3. Golmohamadi H., Larsen K.G., Jensen P.G., Hasrat I.R. Integration of flexibility potentials of district heating systems into electricity markets: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 159. 112200.
4. Noussan M. Allocation factors in Combined Heat and Power systems – Comparison of different methods in real applications. *Energy Conversion and Management*. 2018. Vol. 173. Pp. 516-526.
5. Басок Б.І., Новосельцев О.В., Дубовський С.В., Базєєв Є.Т. Теплозабезпечення населених пунктів. Енергоефективність. Інновації. Енергоменеджмент. К.: Наукова думка, 2020. 243 с.
6. Куц Г.О., Малярєнко О.Є., Станиціна В.В., Богословська О.Ю. Оцінка стану та прогноз структури споживання палива та енергії для систем тепlopостачання України з урахуванням регіональних особливостей. *Проблеми загальної енергетики*. 2017. № 4 (51). С. 23-32.
7. Україна повністю відмовилася від російського ядерного палива від початку війни. Запас на складах на п'ять – шість років. URL: <https://forbes.ua/ru/news/ukraina-povnistyu-vidmovilas-vid-rosiyskogo-yadernogo-paliva-z-pochatku-viyni-zapas-na-skladakh-na-5-6-rokiv-02052022-5768> (дата звернення: 21.05.2022).

## MODERN PROBLEMS OF CHP FUNCTIONING IN UKRAINE

B.I. Basok<sup>1,2</sup>, S.V. Dubovskyi<sup>1</sup>, P.P. Kudelya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Engineering Thermophysics National Academy of Sciences of Ukraine,  
2a, M. Kapnist str., Kyiv, 03057, Ukraine.

<sup>2</sup> National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”,  
37, Peremohy av., Kyiv, 03056, Ukraine.

E-mail: [borys.basok@gmail.com](mailto:borys.basok@gmail.com); [s.w.dubovskoy@gmail.com](mailto:s.w.dubovskoy@gmail.com); [kud-petr@ukr.net](mailto:kud-petr@ukr.net)

*A brief analysis of the state, problems and external conditions of operation of combined heat and power plants in Ukraine, as well as their changes during hostilities. Issues and proposals for the choice of rational modes of operation of CHP in the conditions of primary fuel shortage, reduction of electrical loads of the energy system, the risk of possible damage to energy equipment during hostilities and in the postwar recovery. It is proposed to develop and implement in the practice of planning the development of survivability criteria of stations with connected district heating systems. References 7, figures 4.*

**Key words:** combined heat and power plant, reduction of natural gas consumption, technical and economic indicators, military actions, equipment damage, survivability.

1. Pastore L.M., Basso G.L., de Santoli L. Can the renewable energy share increase in electricity and gas grids takes out the competitiveness of gas-driven combined heat and power plants for distributed generation? *Energy*. 2022. Vol. 256. 124659
2. Kavvadias K.C. Energy price spread as a driving force for combined generation investments: A view on Europe. *Energy*. 2016. Vol. 115. Part 3. Pp. 1632-1639
3. Golmohamadi H., Larsen K.G., Jensen P.G., Hasrat I.R. Integration of flexibility potentials of district heating systems into electricity markets: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 159. 112200.
4. Noussan M. Allocation factors in Combined Heat and Power systems – Comparison of different methods in real applications. *Energy Conversion and Management*. 2018. Vol. 173. Pp. 516-526.
5. Basok B.I., Novoseltsev O.V., Dubovskyi S.V., Bazieiev Ye.T. Heat supply of settlements. Energy efficiency. Innovation. Energy management. Kyiv: Naukova dumka, 2020. 243 p. (Ukr)
6. Kuts H.O., Maliarenko O.Ie., Stanytsina V.V., Bohoslovska O.Iu. Assessment of the state and forecast of the structure of fuel and energy consumption for heat supply systems of Ukraine taking into account regional peculiarities. *Problemy zahalnoi enerhetyky*. 2017. No 4(51). Pp. 23-32. (Ukr)
7. Ukraina povnist'yu vidmovilas' vid rosiyskogo yadernogo paliva z pochatku viyny. Zapas na skladakh na piat' – shist' rokiv. URL: <https://forbes.ua/ru/news/ukraina-povnistyu-vidmovilas-vid-rosiyskogo-yadernogo-paliva-z-pochatku-viyni-zapas-na-skladakh-na-5-6-rokiv-02052022-5768> (accessed at: 21.05.2022). (Ukr).

Надійшла 31.05.2022  
Остаточний варіант 04.08.2022