

## КИРИЛЕНКО

**Олександр Васильович** — академік НАН України, директор Інституту електродинаміки НАН України, академік-секретар Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України

## СНЕЖКІН

**Юрій Федорович** — академік НАН України, директор Інституту технічної теплофізики НАН України

## БАСОК

**Борис Іванович** — член-кореспондент НАН України, завідувач відділу теплофізичних основ енергоощадних технологій Інституту технічної теплофізики НАН України

## БАЗЄЄВ

**Євген Трифонович** — кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України

## ЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ: ЙМОВІРНІ СЦЕНАРІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ

*У статті розглянуто проблеми функціонування енергетики України, зокрема скрутний стан комунальної (муніципальної) теплоенергетики з урахуванням руйнування енергетичної інфраструктури населених пунктів, та завдання із забезпечення надійного енергопостачання житлових і громадських будівель в умовах воєнного та післявоєнного періодів. Наведено перелік пріоритетних наукових досліджень та науково-технологічних розробок, спрямованих на створення нової конкурентоспроможної науково-технічної продукції, необхідної в умовах воєнного стану для гарантування енергетичної безпеки й досягнення енергонезалежності країни та її регіонів.*

**Ключові слова:** муніципальна енергетика, Національна програма відновлення, модернізація систем енергозабезпечення, термомодернізація будівель, пріоритетні наукові розробки.

Сьогодні внаслідок воєнної агресії Росії економіка України зазнала відчутих втрат у всіх секторах, у тому числі в паливно-енергетичному комплексі, хоча критичного дефіциту енергоресурсів та енергоносіїв поки що не відчувається, і можна говорити про підтримання необхідного рівня безпеки економіки й життєдіяльності суспільства. Проте, безумовно, посилилися ризики і з'явилися нові виклики для стійкого функціонування та розвитку енергетики. Тому зараз потрібно їх оцінити і закласти фундамент для реконструкції та модернізації економіки в післявоєнний період, зокрема для побудови енергетики майбутнього з урахуванням того, що частина фонду будівель зруйнована або пошкоджена. При цьому бажано використовувати досвід країн ЄС та їх найкращі практики з реконструкції і модернізації сфери енергетики.

Зазначимо, що війна негативно вплинула на роботу української енергетичної галузі [1]. Через своє економічне, гуманітарне і геополітичне значення об'єкти енергетичної інфраструктури стали особливо частими цілями російської агресії.

Попри це, українська енергосистема демонструє високу стійкість, а енергетики — надзвичайну професійність у забез-

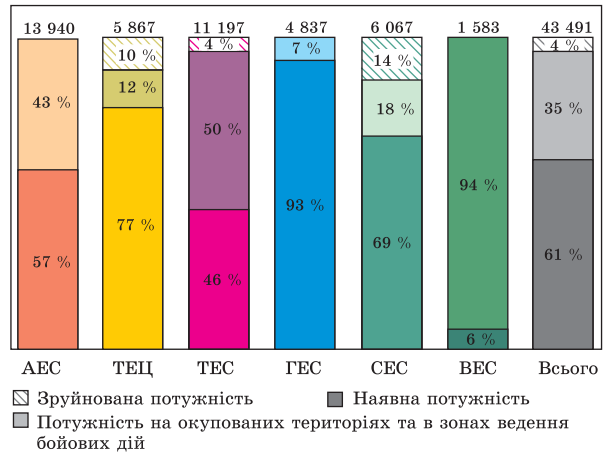
печенні стабільної роботи галузі навіть в умовах війни. Станом на липень 2022 р., згідно з проектом Плану відновлення України [1, 2], близько 4 % генеруючих потужностей зруйновано під час бойових дій, ще 35 % перебувають на окупованих територіях (рис. 1). Зокрема, Запорізька АЕС, потужність якої становить 43 % загальної потужності всіх українських АЕС, працює в дуже складних умовах: персонал зазнає постійного тиску з боку російських окупантів, були випадки мінування станції, спостерігаються постійні обстріли і ядерно-політичний шантаж. Загалом зруйновано або перебуває на окупованих територіях близько 50 % теплової електрогенерації, 30 % сонячної генерації та понад 90 % вітрогенерації України.

Видобуток газу внаслідок повномасштабного воєнного вторгнення скоротився на 10–12 %. Не працюють основні нафтопереробні заводи (власне виробництво забезпечувало близько 30 % потреби країни в нафтопродуктах), виникли логістичні труднощі з постачанням нафтопродуктів. Станом на середину червня 2022 р. прямі збитки, завдані інфраструктурі української енергетики та нафтогазовому сектору, за попередніми оцінками становили 47 млрд грн (\$1,7 млрд). Загальні непрямі втрати сектору електроенергетики від початку війни оцінюють у 341,8 млрд грн. У секторі видобутку, транзиту та розподілення газу оцінка збитків сягає 61 млрд грн, у секторі нафтовидобутку та нафтопереробки – 66 млрд грн.

Згідно з матеріалами семінару USAID [3], станом на 10 серпня 2022 р. через війну в комунальній теплоенергетиці України було пошкоджено або зруйновано 300 об'єктів, з яких наразі вже відновлено 158. Серед цих об'єктів – 10 ТЕЦ, три з них було відновлено.

Тому наразі ключовими ризиками для роботи української енергетичної галузі є такі [2]:

- пошкодження, загроза подальших руйнувань об'єктів енергетики чи втрата контролю над ними;
- проблеми з ціноутворенням та недостатнє фінансування галузі;
- складність залучення фінансових ресурсів та неплатежі за використану енергію;



**Рис. 1.** Розподіл операційної потужності в МВт за функціональним станом та територією розташування об'єктів електрогенерації станом на початок липня 2022 р. [2]

- певна залежність енергосистеми від імпортного вугілля та газу;
- технологічні, технічні та ресурсні обмеження.

Станом на 14 червня 2022 р. зруйновано/пошкоджено 12 900 багатоквартирних будинків (~13,5 млн м<sup>2</sup> житлової площі), 107 707 приватних будинків (~1,9 млн м<sup>2</sup>) [4]. Станом на липень 2022 р. пошкоджено та зруйновано: понад 1000 закладів загальної середньої освіти та більш як 600 закладів дошкільної освіти, понад 700 закладів охорони здоров'я; пошкоджено 255 і зруйновано 295 об'єктів культури; пошкоджено 41 та зруйновано 30 закладів соціального захисту населення.

Хоча можливості прогнозування в умовах продовження воєнних дій і за наявності загроз реалізації різновекторного сценарію розвитку енергетики з «невизначеними очікуваннями» доволі обмежені, все ж вкрай важливо шукати відповіді на ключові питання, а саме:

1. Чи має Україна та її окремі регіони достатні обсяги первинних енергоресурсів, розробка та використання яких економічно виправдані, і чи в змозі ці енергоресурси забезпечити нинішнє енергопостачання та необхідні темпи розвитку муніципальних структур у період післявоєнного відновлення?

2. Яка структура енергоресурсів та енергоносіїв (теплової чи електричної енергії) очікується у післявоєнний період? Як змінюються індикативні показники енергетичної стратегії у цей та наступні періоди? За якими прогнозними цінами реалізовуватимуться окремі види енергоресурсів?

3. Якими є завдання енергетичної та економічної науки у розробленні аргументованих пропозицій щодо розвитку енергетики в умовах воєнного та післявоєнного періодів? Чи забезпечують нинішні наукові дослідження та розробки перехід на нові методи і технології енергопостачання та більш ефективне використання енергоресурсів та енергоносіїв? Коли і за яких умов результати цих досліджень та розробок можуть набути широкого застосування? Чи є пілотні демонстраційні проекти? Які є механізми використання інновацій та інших нововведень?

Певні відповіді на поставлені питання наведено у нещодавно опублікованому Національною радою з відновлення України від наслідків війни документі стратегічного характеру — проекті Плану відновлення України на десятирічний період [5]. План відновлення України — це унікальний документ, який не лише передбачає відшкодування збитків, завданих війною, а й окреслює заходи для прискореного економічного зростання та підвищення якості життя в Україні. У ньому в рамках напрацювань 24 робочих груп визначено 15 національних програм для досягнення до 2032 р. цілої низки амбітних цілей. Дві з них пов'язані з розвитком енергетики та забезпеченням енергетичної безпеки країни, це — Національна програма № 4 «Енергетична безпека», що складається з двох частин: 4А «Підвищення стійкості інтегрованої енергетичної системи: розширення інтерконекту із ENTSO-E, розвиток нафтопродуктопроводів у прив'язці до НПЗ у Європі, розбудова газових сховищ» (фінансування — ~\$14 млрд) та 4Б «Підтримка переходу ЄС до енергетики з нульовим викидом вуглецю: розвиток безвуглецевої енергетики (ядерної та ВДЕ), збільшення виробництва газу та біопалива, розвиток еко-системи H<sub>2</sub>» (~\$114 млрд).

Інша Національна програма № 10 «Модернізація регіонів та житлового будівництва» [4] також має дві частини: 10А «Модернізація регіонів: запуск програми модернізації житла» (~\$70—150 млрд) та 10Б «Нарощування обсягів будівництва житла та модернізація інфраструктури» (~\$80—100 млрд).

Окремі енергетичні аспекти та проблеми стійкого розвитку країни відображено також у Національній програмі № 3 «Довкілля та сталий розвиток» (матеріали робочої групи «Екологічна безпека»), Національній програмі № 2 «Інтеграція в ЄС» (матеріали робочої групи «Відновлення та розвиток економіки») та у Національній програмі № 8 «Розвиток секторів економіки з доданою вартістю».

Кожна з національних програм завершується додатками з переліком конкретних проектів загальнонаціонального чи відомчого статусу (наприклад, для нацпрограми № 4 [6]) та необхідних законотворчих ініціатив на рівні нормативно-правових актів. Часові періоди (етапи) виконання різних національних програм різняться: «Воєнна економіка» — 2022 р., «Післявоєнна відбудова» — 2023—2025 рр., «Нова економіка» — 2026—2032 рр.

Уперше офіційно План відновлення України було представлено на конференції URC 2022 (Ukraine Recovery Conference), яка відбулася 4—5 липня 2022 р. в м. Лугано, Швейцарія. Цей документ докладно обговорювали на 5 панелях, зокрема відбулася панельна дискусія № 5 — відновлення довкілля та досягнення енергетичної безпеки України.

Загальні потреби у фінансуванні для реалізації Плану відновлення України становлять більш як \$750 млрд, з них ~2/3 — підтримка партнерів (гранти, позики та акціонерний капітал). Виконання Плану передбачає щорічне зростання ВВП України на 7 %, тобто за десять років ВВП має зрости майже вдвічі. За даними Державної служби статистики України, такі високі темпи розвитку спостерігалися лише п'ять років за період незалежності України — в 2001, 2003—2004 і 2006—2007 рр. Для довідки: ВВП України у 2021 р. збільшився на 3,4 % порівняно з 2020 р. і становив \$198,32 млрд, а за

паритетом купівельної спроможності (ПКС) — 588,4 млрд міжнар. дол. [7].

Основні акценти енергетичної Національної програми № 4 такі:

1) Україна підтримує плани забезпечення енергетичної безпеки Європи та переходу до низьковуглецевої економіки;

2) головна тенденція відновлення України в енергетиці — швидка електрифікація економіки завдяки енергетичному переходу, а також значне підвищення енергоефективності;

3) основні секторальні припущення: внутрішнє споживання водню становитиме ~0,1–0,2 млн т у 2032 р. і ~0,5 млн т до 2050 р.; промисловість — електрифікація основних галузей (зокрема, металургії); житловий сектор — ~50 % будівель буде термомодернізовано до 2032 р., ~100 % до 2050 р.; електрифікація опалення (електричні котли, теплові насоси);

транспорт — електрифікація до 95 % залізничного транспорту, збільшення частки електромобілів до ~15 % до 2032 р. і до ~80% — до 2050 р., електрифікація/використання H<sub>2</sub> для муніципального транспорту — ~5 % до 2032 р. і ~100 % до 2050 р.; втрати електроенергії скоротяться до 8 % до 2032 р. (відповідно до Національної економічної стратегії);

4) ключові проекти — каталізатори розвитку: розширення інтерконекторів з ENTSO-E до ~6 ГВт; збільшення ядерної потужності (2 нові блоки на Хмельницькій АЕС), безпека та пролонгація, збільшення завантаження; розбудова 30 ГВт вітрової та сонячної енергетики; розбудова ~3,5 ГВт гідро- та гідроакмулюючих електростанцій; розбудова ~15 ГВт електролізерів та H<sub>2</sub>-інфраструктури; хаб природного газу в ЄС: поповнення стратегічного запасу та забезпечення сполучення із за-

**Таблиця 1. Прогнозний енергобаланс у 2032 р. згідно з Планом відновлення України та показники нової Енергетичної стратегії до 2035 р.**

Енергоресурс	Первинне енергопостачання, млн т н.е. (частка внеску, %)		Нова енергетична стратегія до 2035 р., млн т н.е. та %	
	2019 рік	2032 рік	2030 рік	2035 рік
Ядерна енергія	21,8 (27 %)	30,2 (35,7 %)	27	24 (25,0 %)
ВДЕ, в т.ч. гідроенергія	1,0 (1 %)	4,7 (5,5 %)	7,5	13 (13,5 %)
ВДЕ для виробництва H <sub>2</sub>	—	8,6 (10,1 %)	—	—
Енергетичне вугілля	14,8 (18%) включно з імпортом, 2,9	1,9 (2,2%)	13	12 (12,5%)
Природний газ	25,8 (32 %) включно з імпортом, 9,5	21,7 (25,6 %) включно з експортом, 3,4	28	29 (30,2 %)
Нафта	13,4 (17 %) включно з імпортом, 10,9	9,1 (10,7 %) включно з імпортом, 5,9	7,5	7 (7,3 %)
Біопаливо	4,2 (5 %)	8,5 (10,0 %)	8	11 (11,5 %)
Разом	—	84,7 (99,8 %)	91	96,0 (100 %)
ВВП України, млрд міжнар. дол.	588,4 (2021 р.)	1157,5	606,7	738,5
Енергоефективність — ВВП/ЗППЕ*, млрд міжнар. дол./т н.е.	6323 (2020 р.)	13666	6667	7693
Енергомісткість (енергоінтенсивність) — ЗППЕ/ВВП (ПКС), т н.е./1000\$	0,16 (2020 р.)	0,07	0,15	0,13
Експорт електроенергії	0,3	1,7	—	—
Експорт H <sub>2</sub>	—	~1,5 млн т	—	—

\* ЗППЕ — загальне постачання первинної енергії.

пасами LNG ЄС / Туреччини; модернізація газотранспортної мережі; розбудова виробництва різних видів біопалива (біоетанол, біодизель, біогаз/біометан); повоєнне розширення нафтопереробних потужностей (відбудова Кременчуцького НПЗ та будівництво нового НПЗ, трубопровід Броди—Адамова Застава).

Отже, головні напрями розвитку енергетичної галузі України є такі:

- 1) інтеграція з енергосистемами країн ЄС;
- 2) декарбонізація;
- 3) оптимізація енергетичного міксу та балансування енергосистеми;
- 4) зростання енергоефективності.

Прогнозний баланс енергопостачання на 2032 р. згідно з проектом Національної програми № 4 наведено в табл. 1 [2].

Отже, прогнозується значне зростання виробництва ядерної енергії, ВДЕ, поява нової галузі ПЕК з виробництва водню, помітне зменшення частки нафти, газу та суттєве скорочення частки вугілля. Загалом енергетичні показники Плану відновлення України кореспондують з аналогічними показниками Нової енергетичної стратегії України на період до 2030 р., однак у матеріалах Плану істотно зменшено використання вугілля, зокрема порівняно із запланованими обсягами його використання згідно з чинною Енергетичною стратегією України до 2035 року та світовими трендами. У зв'язку з цим необхідно використовувати тверду біомасу і вуглецевмісні відходи для централізованого тепlopостачання та спільного з викопними паливами виробництва електроенергії на ТЕЦ та ТЕС.

З огляду на реальний стан теплової енергетики, невеликий для цієї галузі десятирічний термін реалізації програм відновлення (2022—2032 рр.), невизначеність тривалості воєнного стану і реального початку відновлення, мабуть, доцільно орієнтуватися на ретельно обчислену та заплановану в чинній Новій енергетичній стратегії до 2035 року частку виробництва теплової та електричної енергії з використанням вугілля в 10—12 %.

Це зумовлено ще й тим, що, по-перше, потенційно можливий варіант ефективного до-

оснащення вугільної генерації інноваційними системами уловлення CO<sub>2</sub> (і тим самим виконання вимог кліматичного пакту Глазго) в програмах відновлення чомусь не розглядався. По-друге, в дилемі досягнення вуглецевої нейтральності економіки чи стійкого соціально-економічного розвитку країни (з високими темпами зростання на рівні 7 % ВВП щороку) потрібно обов'язково знайти зважений компроміс, як це пропонується, наприклад, у [8, 9]. Під час війни та в повоєнний період важливим є не тільки і навіть не стільки протидія глобальному потеплінню, а обов'язкове виконання інших актуальних цілей ООН — ліквідація голоду (приклад цьому — зернова блокада); здоров'я та благополуччя; чиста вода і санітарія; недорога чиста енергія; гідна робота та економічне зростання; індустріалізація, інновації та інфраструктура; стійкі міста і населені пункти; відповідальне споживання та виробництво [8]. По-третє, Україна належить до групи країн, що розвиваються, більш того, вона сильно потерпає від війни, а тому справедливо може розраховувати на певні послаблення від міжнародної спільноти і ООН у сценарії досягнення декарбонізації своєї економіки.

Однак, незважаючи на загальну ґрунтовність Національної програми № 4, цей блок Плану обтяжений певними недоліками, а саме:

- доволі слабо представлено проблеми і шляхи їх вирішення для комунальної (муніципальної) енергетики України, зокрема в частині експлуатації котельень;
- недостатньо висвітлено проблеми забезпечення енергоресурсами індивідуально-побутового сектору країни;
- тенденційно (навіть дискредитаційно) представлено аспект використання теплоносних технологій;
- недостатньо відображено проблеми підвищення енергоефективності;
- не йдеться про використання місцевих видів палива;
- не розглянуто використання викидів та скидів вторинних теплових ресурсів і проблему поводження з відходами;

- практично не відображено роль інформаційних технологій (цифровізація, інтелектуалізація, застосування смарт-систем), особливо в теплоенергетиці.

Щодо теплонасосних технологій, слід відзначити тенденції до розширення їх використання як в Україні [10, 11], так і у світі загалом [12, 13]. Активне застосування теплових насосів для опалення будівель зумовлено їхньою в рази більшою ефективністю порівняно з прямим застосуванням електронагріву приміщень, яке пропонується як альтернатива в Національній програмі № 4. Особливо це стосується теплових насосів, які як джерело первинної енергії використовують природну теплоту довкілля — низькопотенційну теплоту ґрунту, теплоту води річок і водоймищ чи теплоту повітря. При цьому довкілля охолоджується, що зменшує негативний вплив глобального потепління. У разі збереження нинішніх темпів зростання чисельності населення прогнозується, що до 2050 р. кількість людей на планеті становитиме близько 10,5 млрд, а кількість теплових насосів у будівлях — 1,8 млрд [13], тобто на 6 мешканців Землі припадатиме 1 тепловий насос. Причому ці теплові насоси покриватимуть більше половини енергії для опалення.

Розвиток електроенергетичних систем відбувається у напрямі декарбонізації та створення максимально ефективної структури генеруючих потужностей зі значною часткою відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [14, 15], побудови нових блоків АЕС, підвищення надійності та ефективності функціонування електроенергетичних систем на базі використання інтелектуальних систем [16], інформаційних технологій та пристроїв силової електроніки, об'єднання ринків електричної енергії з метою підвищення ефективності використання мережевої інфраструктури та структури генерації. З огляду на зазначені тенденції передбачається подальший розвиток об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України в умовах синхронної роботи з енергооб'єднанням країн континентальної Європи (ENTSO-E).

У червні 2017 р. у Брюсселі НЕК «Укренерго» підписала Угоду про умови приєднан-

ня ОЕС України до ENTSO-E. Цей документ містить перелік зобов'язань української сторони, зокрема вимоги, виконання яких було обов'язковою умовою такого приєднання. Серед таких обов'язкових вимог — гармонізація підходів до побудови енергетичних систем, їх організації, управління та контролю, конкретні механізми моніторингу з боку ENTSO-E тощо.

У нинішній ситуації є сенс переглянути ці плани на користь збільшення обсягів нових потужностей та скорочення термінів їх введення в експлуатацію. У першому наближенні можна розглянути побудову протягом 10–15 років додаткових блоків АЕС загальною потужністю 40 ГВт. Також доцільно провести структурні зміни ядерної генерації, які дадуть змогу паралельно з класичними «великими» енергоблоками потужністю 1000–1200 МВт будувати енергоблоки на основі малих модульних реакторів потужністю 50–160 МВт. Необхідність використання енергоблоків малих модульних реакторів пояснюється їх більшою маневреністю, що разом з їх оптимальним розташуванням на території країни (так звана розподілена генерація) забезпечуватиме кращі можливості регулювання і, відповідно, більш надійне функціонування ОЕС України.

Щодо Національної програми № 10, зазначимо, що модернізація регіонів і житла, в тому числі масштабна програма енергоефективності, є стратегічним пріоритетом. Програма містить три блоки завдань: масштабна програма енергоефективності, кращі будівлі і нове планування міст та модернізація іншої інфраструктури.

Суттєві зміни у законодавстві, які було зроблено за останні два роки, сприяли зростанню обсягів фінансування будівництва, які у 2021 р. становили 254 млрд грн (+5,1 %), а саме: житлове будівництво (+16,8 %); нежитлове будівництво (+3,2 %); інфраструктурне будівництво (+3,1 %). Однак у сфері містобудування залишаються невирішені проблеми, які знижують інвестиційну привабливість України та потребують системного вирішення. Зокрема, це відсутність електронного містобудівного кадастру на державному рівні,

складність отримання дозволів, обмеженість можливостей приєднання до інженерних мереж, тривалість проходження дозвільно-реєстраційних процедур, неефективність системи архітектурно-будівельного контролю, надмірна зарегульованість переважної більшості будівельних норм, відсутність системи управління життєвим циклом будівель громадського та житлового призначення, а також сталого управління будівельними відходами [4].

В Україні налічується 180 тис. багатоквартирних будинків, у яких створено понад 36 тис ОСББ (20 %). У законопроекті № 7198 про компенсацію за пошкодження та знищення окремих категорій об'єктів нерухомого майна внаслідок бойових дій об'єднання співвласників багатоквартирних будинків, управителі багатоквартирних будинків, житлобудівельні (житлові) кооперативи визначено суб'єктами отримання компенсації для відновлення технічного стану спільного майна багатоквартирних будинків. У цьому випадку багатоквартирні будинки, співвласники яких не визначилися з формою управління або яким органами місцевого самоврядування не було призначено управителя, перебувають поза увагою законодавства, зокрема в частині відновлення майна.

Для потреб централізованого теплопостачання у 2019 р. (для порівняння взято «доковідний» рік) було використано 5,8 млрд м<sup>3</sup> газу, що забезпечило опалення близько 43 % домогосподарств та громадських будівель. Інші 8,5 млрд м<sup>3</sup> газу було спожито населенням безпосередньо в індивідуальних та ба-

гатоквартирних житлових будинках [4]. У 2021 р. українські споживачі використали загалом 28,6 млрд м<sup>3</sup> газу, зокрема населення — 8,6 млрд м<sup>3</sup>, або 31,9 % загального обсягу споживання, що на 5 % більше від показників за аналогічний період 2020 р.; теплокомуненерго — 6,3 млрд м<sup>3</sup>, або 23,5 %, що на 24 % менше, ніж у 2020 р.; промисловість, бюджетні організації та інші не побутові споживачі — 11,9 млрд м<sup>3</sup>, або 44,6%, що на 3 % менше, ніж у 2020 р. Обсяг виробничо-технологічних витрат та втрат становив 1,8 млрд м<sup>3</sup>. Споживання частково забезпечувалося внутрішнім видобутком, який за підсумками року становив 19,78 млрд м<sup>3</sup>, що на 2,2% менше, ніж у 2020 р. [2].

Загалом в Україні на енергоспоживання у будівлях припадає близько 40 % кінцевої енергії (що за даними Міжнародного енергетичного агентства майже вдвічі перевищує аналогічний загальносвітовий показник), зокрема на сектор житлових будинків — 31,7 %. Понад 80 % будівель в Україні збудовано до 1991 р., і вони не відповідають сучасним вимогам до енергоефективності. Середній питомий показник енергоспоживання в будівлях становить близько 194 кВт·год/м<sup>2</sup>, перевищуючи відповідні показники європейських країн на 30–50 %.

Більша частина тепла в будівлях втрачається через огорожувальні конструкції, що мають низькі теплоізоляційні характеристики, через застарілість і зношеність інженерних систем та неефективність їх використання. В період

Таблиця 2. Прогнозні показники термомодернізації будівель в Україні (амбітний сценарій) [17]

Параметри	Всього	Індивідуальні будинки	Багатоквартирні будинки*	Громадські будівлі**
Оновлені будівлі, од.	2 369 130	2 275 000	62 630	31 500
Економія газу, млрд м <sup>3</sup> щороку	3,9	1,8	1,5	0,6
Інвестиції загальні, млрд євро	58,8	23,9	25,3	9,6
Інвестиції загальні, млрд грн, у тому числі:	1848	792	120	797
— з держбюджету за перші 3 роки	105	46	31	0,1
— з держбюджету до 2030 р.	309	232	33	0,3

\* з урахуванням проєктів Фонду енергоефективності;

\*\* з урахуванням програм/проєктів МФО.

2008—2016 рр. в країнах ЄС завдяки підвищенню енергоефективності обсяг енергоспоживання в будівлях постійно зменшувався.

У 2021 р. Європейська комісія поставила собі за мету щонайменше удвічі прискорити темпи реновації будівель (до 3 % щороку). Обсяги термомодернізації будівель в Україні набагато нижчі, ніж в ЄС, енергоефективні заходи мають переважно фрагментарний характер і не забезпечують відповідності будівель хоча б мінімальним чинним вимогам щодо енергоефективності.

Згідно з Довгостроковою стратегією термомодернізації будівель на період до 2050 р. та Концепцією загальнодержавної економічної цільової програми підтримки термомодернізації будівель на 2022—2030 роки [17], передбачається до 2030 р. досягти показників, наведених у табл. 2 [18]. Ці дані розраховано для амбітного сценарію стратегії, який передбачає, що термомодернізація охопить 35—40 % площ фонду будівель, що приблизно відповідає встановленим у ЄС індикативним цілям у 3,6 % термомодернізації будівель щороку (Європейський зелений курс, Fit for 55 Package, RepowerEU).

Тому модернізація регіонів і термомодернізація житла, в тому числі масштабна програма енергоефективності, є стратегічним пріоритетом для нашої держави. Максимальні оцінки обсягів фінансування деяких етапів Національної програми № 10 є такими:

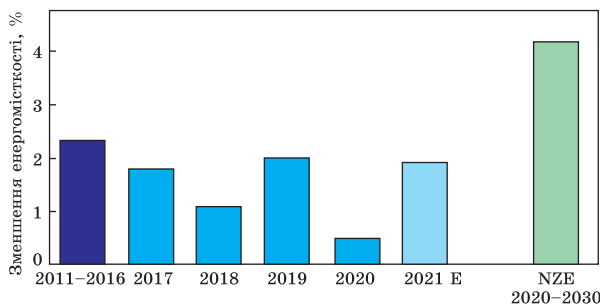
- поліпшення енергоефективності будівель — ~\$60 млрд;
- модернізація і оптимізація тепlopостачання (централізованого та індивідуального) — ~\$26 млрд, у тому числі \$18 млрд для встановлення теплових насосів;
- модернізація і оптимізація мереж тепlopостачання — ~\$3 млрд;
- нове житло, яке відповідає найкращим практикам, — ~\$41 млрд, включно з тимчасовим житлом, відбудовою пошкодженого житла;
- пілотні проекти будівель з близьким до нуля споживанням енергії і систем централізованого охолодження — ~\$3 млрд;
- модернізація та електрифікація міського транспорту — ~\$2 млрд.

До вирішення проблем відновлення України активно долучаються міжнародні організації. Так, агенція USAID у рамках проєкту енергетичної безпеки провела семінар «Підготовка до проходження опалювального періоду в умовах воєнного стану» [3], метою якого було посилення координації та злагодженості дій місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, енергопостачальних підприємств та підприємств теплоенергетики з підготовки до проходження опалювального періоду в умовах воєнного стану. На семінарі було розглянуто такі питання:

- основні заходи, прийняті Урядом України з підготовки до опалювального періоду 2022/2023;
- забезпечення стабільності роботи газотранспортної системи України в умовах воєнного часу;
- підвищення стійкості та забезпечення безперебійного постачання природного газу й електричної енергії;
- можливі сценарії виникнення загроз для забезпечення безперебійного тепlopостачання та заходи з підготовки до можливого виникнення кризових ситуацій;
- заходи з підготовки до опалювального періоду в умовах війни на рівні населеного пункту (міста, області);
- забезпечення сталості тепlopостачання та підготовка до роботи в умовах кризової ситуації на прикладі регіональних теплокомуненерго;
- відповідні законодавчі зміни.

Один із перших документів, який містив окремі підходи до формування політики відновлення України, з'явився ще на початку квітня 2022 р. — це «Нарис про відбудову України» [19], підготовлений в Centre for Economic Policy Research командою іноземних та вітчизняних фахівців. У ньому як приклади автори розглядають план Маршалла, план об'єднання Німеччини, плани післявоєнних реконструкцій Афганістану, Іраку, Кувейту, план для вступу Польщі в ЄС, підкреслюючи, що реконструкція України відкриває унікальну можливість модернізувати країну та убезпечити її майбутнє. Ключові принципи міжнародної допомоги





**Рис. 2.** Динаміка змін світової первинної енергомісткості. Експертна оцінка на 2021 р. заснована на даних World Energy Outlook 2021. NZE — середнє річне значення зменшення енергомісткості на термін десять років (2020—2030 рр.) за підготовленим MEA сценарієм чистих нульових викидів до 2050 р. Net Zero Emissions

для реконструкції України, на думку авторів «Нарису», є такі:

- Україна рухається до вступу до ЄС;
- під егідою ЄС створюється окрема агенція, яка має значну автономію в питаннях координації та управління допомогою і програмами реконструкції;
- Україна є «власником» програми реконструкції;
- заохочення та допомога у надходженні іноземного капіталу й технологій;
- допомога має надаватися переважно у вигляді грантів, а не кредитів;
- реконструкція має виходити з принципу майбутнього безвуглецевого сліду з мінімальною залежністю від викопного палива.

Після лише одного місяця війни оцінки необхідної допомоги від Європи та інших країн сягали від 200 до 500 млрд євро. При цьому стан енергетичної галузі на кінець березня 2022 р. описано так: українську енергосистему під'єднали до системи ЄС (ENTSO-E) за три тижні після початку війни; газогони працюють, Україна під'єднана до європейської газомережі (ENTSO-G); Україна імпортує газ, дизель та бензин з Польщі та інших країн; в Україні немає критичного дефіциту енергії; на той період Україна мала у сховищах близько 11 млрд м<sup>3</sup> природного газу, який належить українським компаніям, чого має вистачити приблизно на 2,5 місяця споживання в зимовий час.

Енергетична політика має керуватися трьома цілями [19]. По-перше, не варто намагатися повернути енергомережу до довоєнного стану. Натомість Україна має зосередитися на зниженні залежності від викопного палива та встановити ціль з декарбонізації енергетичного сектору. По-друге, енергетична політика має бути спрямована на інтеграцію України з енергосистемою ЄС. Подальші кроки у цьому напрямі (наприклад, побудова терміналів зрідженого газу, відмова від купівлі ядерного палива у Росії, відбудова/модернізація нафтових терміналів на Чорному морі) створять стійке підґрунтя для економічного зростання й енергетичної безпеки. По-третє, оскільки Україна дуже енергонеефективна (енергомісткість українського ВВП перевищує європейську в середньому в 2,5 раза), програми з енергоефективності є життєво необхідними.

Цей підхід корелює з тезою, що заходи, орієнтовані безпосередньо і виключно на економію енергії, в умовах економічної стагнації з високою ймовірністю будуть малоєфективними. Технічний аналіз свідчить, що найбільший потенціал мають заходи щодо зростання енергоефективності, модернізації електроенергетики та ЖКГ, впровадження нових технологій на транспорті [9].

Підвищення енергоефективності у світі до 2030 р. (період реалізації Плану відновлення України) потребує подвоєння зусиль (рис. 2) [20]. Зменшення первинної енергомісткості — відсоткове зниження відношення глобального загального енергопостачання до одиниці ВВП (наприклад, на долар США за ПКС) — у 2021 р. повернулося до середнього за 10 років показника (1,9 %) після погіршення в попередньому «пандемійному» році. Проте цей показник все ще потрібно подвоїти, щоб відповідати рівням, наведеним у сценарії Net Zero Emissions Міжнародного енергетичного агентства до 2050 р. Середньорічне зменшення енергомісткості за останні п'ять років становило 1,3 % (2,3 % у період 2011—2016 рр.) і є значно нижчим за річне скорочення на 4,2 % у період з 2020 по 2030 р., що закладене в сценарії для досягнення нульових викидів до 2050 р.

Згадана вище Національна програма № 4 пов'язана насамперед з розвитком ПЕК України (велика електроенергетика), а Національна програма № 10 передбачає модернізацію та розвиток муніципальної енергетики. Питання, порушені в обох програмах, було докладно розглянуто на засіданні Комітету підприємців у сфері енергоефективності при Торгово-промисловій палаті України 14 липня 2022 р. Під час обговорення було підкреслено, що політика розвитку комунальної енергетики в період воєнного стану та післявоєнного відновлення має бути орієнтована на економічне зростання та поліпшення якості життя і передбачати такі підходи:

1) технологічна реконструкція енергетичної галузі ЖКГ у період післявоєнного відновлення має бути спрямована на здійснення енергозабезпечення зруйнованих та пошкоджених житлових і громадських будівель та споруд на засадах підвищення енергоефективності, енергетичної безпеки, імпортозаміщення енергоресурсів, декарбонізації та дотримання європейського законодавства у сфері будівництва (будівлі 0-енергії, енергоактивні будівлі, пасивні будівлі, «розумні» будівлі). Підвищення енергоефективності економіки — основний чинник скорочення викидів парникових газів. Найбільший потенціал у цьому напрямі зосереджено у ЖКГ, оскільки цей сектор споживає понад 40 % всіх енергоресурсів. У світі інвестиції в підвищення енергоефективності у будівлях в 2015—2021 рр. становили від 60 до 70 % загального інвестування у будівельну сферу, транспорт та промисловість [20], обсяг якого в 2021 р. становив близько \$300 млрд;

2) реалізація сучасних інноваційних систем енергозабезпечення кінцевого споживача на основі вискоєфективної когенерації, «зелених» теплових насосів, вискоєфективного теплохолодопостачання, впровадження централізованих систем холодопостачання, використання ВДЕ, зокрема геотермальної теплоти, місцевих видів палива, біоетанолу, синтетичного газу;

3) оцінка викликів та ризиків, що стосуються соціально-економічного розвитку і основних галузей економіки, при реалізації заходів

щодо зниження нетто-викидів парникових газів, їх впливу на економіку, рівень та якість життя населення, розроблення заходів з адаптації економіки і населення до змін клімату.

На засіданні Комітету підприємців у сфері енергоефективності при Торгово-промисловій палаті України 15 серпня 2022 р. відбулося громадське обговорення проєктів, розроблених Міністерством розвитку громад та територій України, а саме:

1) проєкт Довгострокової стратегії термомодернізації будівель на період до 2050 року;

2) проєкт Концепції Державної економічної цільової програми підтримки термомодернізації будівель на 2022—2033 роки;

3) проєкт Концепції цільової економічної програми енергетичної модернізації систем централізованого теплопостачання населених пунктів на період до 2030 року.

Зазначені матеріали загалом було підтримано як такі, що пропонують вчасні, адекватні і доволі повні відповіді на сучасні та майбутні виклики й загрози у сферах життєдіяльності населення України, експлуатації будівель житлового та громадського фонду, комунальної (муніципальної) теплоенергетики, індивідуально-побутового сектору і, що особливо важливо, сприяють підвищенню енергоефективності економіки і вирішенню проблем воєнного та післявоєнного часу. Комітет підприємців у сфері енергоефективності рекомендував органам центральної виконавчої влади підтримати ці проєкти.

При цьому Комітет висловив деякі побажання та зауваження, врахування яких у майбутніх державних програмах та дорожніх картах їх реалізації може привести до поліпшення кінцевих результатів, а саме:

1. Концепцію Державної економічної цільової програми підтримки термомодернізації будівель на 2022—2030 роки та Концепцію Державної цільової економічної програми енергетичної модернізації систем централізованого теплопостачання населених пунктів на період до 2030 року можна було б органічно поєднати в частині внутрішньобудинкових інженерних систем теплопостачання, адже досвід ЄС, зо-

крема Польщі, свідчить про доцільність такої послідовності дій для підвищення енергоефективності будівель: спочатку утеплення зовнішньої оболонки будівлі, потім або одночасно з цим модернізація будинкових інженерних систем теплозабезпечення, а далі вже використання відновлюваних та альтернативних газу джерел у теплогенерації. Безумовно, модернізацію теплових мереж систем централізованого теплопостачання слід проводити після здійснення заходів з термомодернізації будівель.

2. Слід більш чітко акцентувати на тому, що як відновлювані та альтернативні газу джерела енергоресурсів в Україні доцільно використовувати місцеві види палива, зокрема біомасу, причому не лише і не стільки деревну біомасу, скільки агробіомасу товарних відходів сільського господарства у вигляді пелет, брикетів та тюків — солому зернових, стебла кукурудзи і соняшнику (їх річні обсяги сягають 8–10 млн т н.е.), а також приділити окрему увагу прямому використанню електроенергії для теплозабезпечення кінцевого споживача чи більш ефективному використанню електроенергії для теплозабезпечення теплових насосів. Загалом використання електроенергії для прямого опалення — це сучасний світовий тренд для мегаполісів, підтриманий Міжнародним енергетичним агентством.

3. Незважаючи на переважно комунальну форму власності систем централізованого теплопостачання, варто хоча б окреслити можливість залучення комерційних виробників теплоти до муніципальної теплоенергетики, оскільки це є елементом ринкових відносин та енергетичної безпеки.

4. Варто також приділити більше уваги централізованим системам охолодження, зважаючи на неминучі наслідки глобального потепління клімату.

Що стосується ролі науки у виробленні пропозицій щодо модернізації і стійкого розвитку великої електроенергетики в умовах воєнного та післявоєнного періодів, то Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України та його установи активно працюють над обґрунтуванням пріоритетних напрямів дослі-

джень і науково-технічних розробок, спрямованих на створення новітньої конкурентоспроможної науково-технічної продукції, конче потрібної в умовах війни. Зокрема, Інститут електродинаміки НАН України запропонував низку першочергових завдань:

- створення науково-технічних засад відновлення та керованості електроенергетичної системи України в повоєнний період в умовах синхронної роботи з енергооб'єднанням країн континентальної Європи (ENTSO-E);

- розвиток цифровізації енергосистем та розроблення засобів адаптації протиаварійного автоматичного керування електричними режимами при переході до синхронної роботи ОЕС України з ENTSO-E;

- розроблення наукових засад та засобів комплексного проектного синтезу інтегрованих асинхронних машин систем генерування, накопичення і використання енергії відновлюваних джерел підвищеної ефективності;

- розроблення основ теорії і методів дослідження впливу несинусоїдних напруг і струмів та виникаючих електротермодинамічних процесів на надійність і ресурс сучасних кабельних ліній електропередачі, а також на енергоефективність електротехнічних установок резонансного типу;

- розвиток теорії та моделювання нестационарних електрофізичних процесів в електропровідних і діелектричних середовищах імпульсних електромагнітних систем;

- розроблення теоретичних основ синтезу та комплексного проектування спеціалізованих приводних систем на базі безконтактних  $n$ -ступеневих магнітоелектричних перетворювачів енергії та асинхронних двигунів систем керованого пуску, регулювання механізмів турбін, компресорів, насосів;

- створення електромеханічних систем приводу та генерування підвищеної енергоефективності для транспортних об'єктів спеціального призначення;

- створення експериментального зразка тягового електроприводу у складі електродвигуна на постійних магнітах, магнітного редуктора та силового напівпровідникового

перетворювача з системою дистанційного керування тяговими режимами для автономних транспортних засобів та робототехнічних комплексів військового призначення.

У сфері муніципальної теплоенергетики за результатами досліджень, проведених в Інституті технічної теплофізики НАН України, запропоновано перелік пріоритетних інженерних і науково-технологічних розробок, необхідних в умовах воєнного стану:

- розроблення та обґрунтування раціональних технологій та обладнання для виробництва електричної і теплової енергії на базі локальних українських родовищ природного газу в умовах післявоєнного відновлення;

- модернізація пошкоджених ТЕЦ України з використанням теплонасосних технологій і утилізаторів скидної теплоти;

- відновлення пошкоджених війною будівель і споруд та перетворення їх на будівлі пасивного типу, будівлі 0-енергії, «розумні» будівлі;

- розроблення, планування і будівництво «розумних» модульних містечок для вимушених переселенців і військових гарнізонів;

- створення технологій ґрунтового акумулювання, зберігання і подальшого використання теплової енергії, у тому числі розроблення і створення тепломасообмінного устаткування геотермальної енергетики;

- розроблення та виробництво паливників для наявних і нових твердопаливних індивідуальних побутових котлів для переведення їх на спалювання пелет і брикетів з агророслинних решток та товарних відходів сільського господарства;

- створення нових видів електроопалювальних приладів для приміщень, зокрема з використанням технологій твердотілого теплоакумулювання та акумулювання на основі ефекту фазового переходу;

- створення енергоактивних віконних конструкцій;

- модернізація наявних та створення нових індивідуальних теплових пунктів теплозабезпечення будівель, дооснащених електричними котлами для автономної генерації тепла;

- створення мобільної системи контролю тепловтрат і теплового опору огорожувальних конструкцій будівель;

- розроблення технології спалювання в режимі самозаймання альтернативних твердих та рідких палив і створення дослідного зразка паливкового пристрою;

- створення геотермальних теплонасосних систем генерації теплової енергії з використанням теплового потенціалу законсервованих газовидобувних свердловин;

- розроблення теплофізичних засад енергокліматичної безпеки систем енергозабезпечення у житловому секторі;

- створення мобільного акумулятора теплоти з електричним котлом і автоматичним вузлом керування.

Сучасні реалії потребують перегляду та уточнення цілей і завдань наукових пошуків у всіх галузях економіки України, в тому числі й в енергетиці. Необхідно поглиблювати та розширювати теорію і практику вдосконалення наукових основ створення й розвитку нових інноваційних енергоефективних методів і технологій енергопостачання населених пунктів України з урахуванням викликів і ризиків в умовах воєнного та післявоєнного періодів. І бажано це робити з переконливою науково-технологічною і техніко-економічною аргументацією пропонувананих нововведень, використовуючи сучасні інтелектуальні і цифрові технології.

Підтвердженням дієвості такого підходу є приклад активної мобілізації зусиль для розвитку науки і втілення її практичних результатів під час Другої світової війни і в повоєнний період, що дало змогу, зокрема, здійснити атомний проєкт, який був «предтечею» ядерної енергетики; створити ракетні технології і розвинути їх для використання в космічній техніці; реалізувати план Маршалла для відновлення Західної Європи з подальшим розквітом регіону. Для України можливими результатами консолідації зусиль науковців та інженерів можуть стати: цифрова і циркуляційна економіка (та навіть можливість «технологічного стрибка» [19]) та цифровізація життєдіяльності на-

селення; промислове виробництво біометану з відходів сільського господарства, оскільки цей напрям за нинішньої вартості природного газу в Європі стає доволі рентабельним в Україні; високоенергоєфективні будівлі (будівлі 0-енергії, енергоактивні, пасивні, «розумні», «зелені» будівлі) та «розумні» міста [21] і багато іншого.

Слід також зазначити, що в процесі відновлення комунальної енергетики країни постануть і традиційні завдання з досягнення оптимального балансу між централізованими, розосередженими, автономними та індивідуальними системами енергозабезпечення; збільшення використання відновлюваних і місцевих видів палива; декарбонізації теплоенергетики; залучення комерційних виробників теплоти до фактично монопольної системи теплокомуненерго; зменшення втрат в електричних і теплових мережах; забезпечення прозорості тарифної політики; поступового відходу від системи субсидій і субвенцій; створення ринку і біржі місцевих палив; впровадження білінгвових систем; інформатизації теплоенергетики; проведення енергоаудитів та посилення енергоменеджменту. Крім того, з'являться нові завдання з підвищення живучості інфраструктури під час кризових подій, збільшення ремонтоздатності об'єктів енергетики, резервування електроживлення власними когенераційними установками тощо.

На завершення наведемо один з висновків панелі № 5 на конференції URC 2022 в м. Лугано [22]. Енергетичний сектор України за останні роки продемонстрував значний прогрес у своїй трансформації в результаті ринкових реформ та розвитку відновлюваних джерел енергії. Проте повільна лібералізація ринку, спричинена соціальною незахищеністю громадян, призвела до значних потрясінь на ринках електроенергії і природного газу. Зниження енергоспоживання на 30 % та високий споживчий борг зумовили фінансовий дисбаланс на ринку, який у червні 2022 р. перевищив \$1 млрд. На тимчасово окупованих територіях знаходяться значні обсяги генеруючих потужностей, у тому числі 2,6 ГВт на ВДЕ та понад

50 % теплових потужностей. Саме тому відновлення буде зосереджене на трансформації енергетичної системи України, щоб забезпечити формування чистої та «розумної» енергетики. Така система має спиратися на нові технології для забезпечення внутрішньої та європейської економіки вуглецево нейтральними енергетичними ресурсами. Енергетична модернізація наявних будівель і спорудження нових енергоєфективних будівель забезпечить скорочення енергетичної бідності та сприятиме енергетичній незалежності України, для чого запропоновано такі ініціативи [22]:

- запровадити повну заборону російських енергоресурсів, забезпечити зберігання достатніх обсягів запасів та диверсифікувати енергопостачання;
- розвивати технології на основі відновлюваних джерел енергії для забезпечення переходу на чисту енергію;
- відбудувати інфраструктуру, яка відповідатиме потребам економіки та громадян, і забезпечити здатність цієї інфраструктури транспортувати нові енергетичні ресурси;
- модернізувати багатоквартирні та приватні будинки відповідно до принципів енергоєфективності;
- створити додаткові 30 ГВт на ВДЕ та реалізувати будівництво 2 нових блоків на Хмельницькій АЕС, які забезпечать декарбонізацію енергетичного сектору, зменшать забруднення повітря, вироблятимуть водень для експорту його в країни ЄС з метою посилення енергетичної стійкості Європи і зменшення її залежності від РФ;
- зміцнювати енергетичну незалежність від критичних ресурсів і виробляти нові енергетичні ресурси, які замінять традиційне викопне паливо.

На жаль, усі попередні енергетичні стратегії України (починаючи з 1996 р. їх було прийнято чотири) не були повністю реалізовані [23], а тому може спостерігатися певна недовіра до стратегічного прогнозування. Проте без передбачення енергетичного тренду обійтися неможливо, особливо на короткострокових інтервалах планування економіки.

Нова точка біфуркації в українській енергетиці, яка виникла внаслідок воєнної агресії РФ проти України, змушує переглянути напрями її розвитку, зокрема муніципальної енергетики, як у воєнний, так і у післявоєнний періоди. Пошук оптимальних варіантів розвитку енер-

гетики має стати предметом обговорення серед науковців, фахівців-енергетиків, економістів, екологів, представників професійних громадських організацій. Головне, щоб аргументи, які наводяться в цих дискусіях, були кваліфікованими й обґрунтованими.

## REFERENCES

## [СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. National Council for the Recovery of Ukraine from the War. Draft of the Post-War Recovery and Development Plan for Ukraine. Working group “Audit of losses incurred as a result of the war”. July 2022 (in Ukrainian). <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/audit-of-war-damage.pdf>  
[Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Аудиту збитків, понесених внаслідок війни». Липень 2022.]
2. National Council for the Recovery of Ukraine from the War. Draft of the Post-War Recovery and Development Plan for Ukraine. Working group “Energy security”. July 2022 (in Ukrainian). <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf>  
[Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Енергетична безпека». Липень 2022.]
3. Preparation for the heating period under martial law. USAID seminar materials, August 12, 2022.  
[Підготовка до проходження опалювального періоду в умовах воєнного стану. Матеріали семінару USAID, 12 серпня 2022 р.]
4. National Council for the Recovery of Ukraine from the War. Draft of the Post-War Recovery and Development Plan for Ukraine. Working group “Construction, urban planning, modernization of cities and regions of Ukraine”. July 2022 (in Ukrainian). <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/construction-urban-planning-modernization-of-cities-and-regions.pdf>  
[Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Будівництво, містобудування, модернізація міст та регіонів України» Липень 2022.]
5. Ukraine Recovery Plan. <https://recovery.gov.ua/en>  
[План відновлення України.]
6. National projects. Energy. <https://bit.ly/3xQg4KB>  
[Національні проекти. Енергетика.]
7. World economic outlook databases. IMF. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2022/April>
8. Porfiriev V.N. An effective strategy for action on climate change and its consequences for the Russian economy. *Problemy prognozirovaniya*. 2019. (3): 3–16 (in Russian).  
[Порфирьев В.Н. Эффективная стратегия действий в отношении изменений климата и их последствий для экономики России. *Проблемы прогнозирования*. 2019. № 3. С. 3–16.]
9. Porfir'ev V., Shirov A., Kolpakov K. Low-Carbon Development Strategy: Prospects for the Russian Economy. *World Economy and International Relations*. 2020. 64(9): 15–25. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25>  
[Порфирьев В., Широ А., Колпаков А. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России. *Мировая экономика и международные отношения*. 2020. Т. 64, № 9. С. 15–25.]
10. Basok B.I., Dubovskyi S.V. Methodological features of assessing the disposable capacity of heat pumps in Ukraine. *Nasosy i oborudovaniye*. 2017. (3): 42–44 (in Russian).  
[Басок Б.И., Дубовской С.В. Методологические особенности оценки располагаемой мощности тепловых насосов в Украине. *Насосы и оборудование*. 2017. № 3. С. 42–44.]
11. Basok B.I., Dubovskyi S.V. Consolidated assessment of heat capacity and volumes of production of renewable energy by heat pumps in Ukraine. *Teplovi nasosy v Ukraini*. 2019. (1): 2–6 (in Ukrainian).  
[Басок Б.И., Дубовский С.В. Укрупнена оцінка теплової потужності та обсягів виробництва відновлювальної енергії тепловими насосами в Україні. *Теплові насоси в Україні*. 2019. № 1. С. 2–6.]
12. Basok B.I., Dubovskyi S.V. State, features and results of accounting of heat pumps as sources of renewable energy in the countries of the European Union. *Teplovi nasosy v Ukraini*. 2018. (1): 23–29 (in Ukrainian).

- [Басок Б.І., Дубовський С.В. Стан, особливості та результати обліку теплових насосів як джерел відновлюваної енергії у країнах Європейського Союзу. *Теплові насоси в Україні*. 2018. № 1. С. 23–29.]
13. Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
  14. Kyrylenko O.V., Basok B.I., Baseyev Ye.T., Blinov I.V. Power industry of Ukraine and realities of the global warming. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2020. (3): 52–61. <https://doi.org/10.15407/techned2020.03.052>  
[Кириленко О.В., Басок Б.І., Базєєв Є.Т., Блінов І.В. Енергетика України та реалії глобального потепління. *Технічна електродинаміка*. 2020. № 3. С. 52–61.]
  15. Basok B.I., Butkevych O.F., Dubovskyi S.V. Technical and economic aspects of decarbonisation prospects assessing of the interconnected power system of Ukraine. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2021. (5): 55–62. <https://doi.org/10.15407/techned2021.05.055>  
[Басок Б.І., Буткевич О.Ф., Дубовський С.В. Техніко-економічні аспекти оцінювання перспектив декарбонізації об'єднаної енергосистеми України. *Технічна електродинаміка*. 2021. № 5. С. 55–62.]
  16. Kyrylenko O.V., Blinov I.V., Tankevych S.E. Smart Grid and the organization of information exchange in electric power systems. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2012. (3): 47–48 (in Ukrainian).  
[Кириленко О.В., Блінов І.В., Танкевич С.Є. Smart Grid та організація інформаційного обміну в електроенергетичних системах. *Технічна електродинаміка*. 2012. № 3. С. 47–48.]
  17. Draft Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. <https://www.minregion.gov.ua/base-law/grom-convers/elektronni-konsultatsiyi-z-gromadskistyju/proekt-rozporyadzhennya-kabinetu-ministriv-ukrayiny-pro-shvalennya-dovgostrokovoyi-strategiyi-termomodernizacziyi-budivel-na-period-do-2050-roku-ta-konceptziyi-zagalnodержavnoyi-ekonomichnoyi/>  
[Проект розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Довгострокової стратегії термомодернізації будівель на період до 2050 року та Концепції Загальнодержавної економічної цільової програми підтримки термомодернізації будівель на 2022–2030 роки».]
  18. Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine. <https://www.slideshare.net/rstofficial/ltrs10082022pdf>  
[Міністерство розвитку громад та територій України. Офіс підтримки реформ. Презентація Довгострокової стратегії термомодернізації до 2050 року.]
  19. Blueprint for the Reconstruction of Ukraine. Centre for Economic Policy Research. London, 2022. <https://cepr.org/about/news/blueprint-reconstruction-ukraine>
  20. Energy Efficiency 2021. IEA. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/9c30109f-38a7-4a0b-b159-47f00d65e5be/EnergyEfficiency2021.pdf>
  21. Basok B.I., Vazyeev Ye.T., Kuraieva I.B. Adaptation of municipal heat energy to climate change. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2021. (4): 60–75. <https://doi.org/10.15407/visn2021.04.060>  
[Басок Б.І., Базєєв Є.Т., Кураєва І.В. Адаптація комунальної теплоенергетики до змін клімату. *Вісник НАН України*. 2021. № 4. С. 60–75.]
  22. Lugano 4-5 July 2022 - Policy brief - Ukraine Recovery Conference 2022. [https://uploads-ssl.webflow.com/625d81ec8313622a52e2f031/62be966980cfd71b3ee8690\\_UKR\\_Environmental%20Recovery\\_URC.pdf](https://uploads-ssl.webflow.com/625d81ec8313622a52e2f031/62be966980cfd71b3ee8690_UKR_Environmental%20Recovery_URC.pdf)  
[Еко-відновлення.]
  23. Geyets V.M., Kyrylenko O.V., Basok B.I., Baseyev Ye.T. Energy Strategy: Projections (Review). *Sci. Innov.* 2020. **16(1)**: 3–14. <https://doi.org/10.15407/scine16.01.003>  
[Геєць В.М., Кириленко О.В., Басок Б.І., Базєєв Є.Т. Енергетична стратегія: прогнози і реалії (огляд). *Наука та інновації*. 2020. Т. 16, № 1. С. 3–15.]

*Olexandr V. Kyrylenko*

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3610-7670>

*Yuriy F. Snezhkin*

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9049-3392>

*Boris I. Basok*

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8935-4248>

*Yevgeniy T. Bazyeev*

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4292-1505>

#### UKRAINE'S ENERGY: PROBABLE SCENARIOS OF RECOVERY AND DEVELOPMENT

The article examines the problems of Ukraine's energy sector functioning, in particular, the difficult state of communal (municipal) heat energy, taking into account the destruction of the energy infrastructure of settlements, and the tasks to ensure reliable energy supply of residential and public buildings during the war and in post-war period. A list of priority scientific research and scientific and technological developments aimed at creating new competitive scientific and technical products, necessary during martial law to maintain energy security and achieve energy independence of the country and its regions, is given.

**Keywords:** municipal energy, National recovery program, modernization of energy supply systems, thermal modernization of buildings, priority scientific developments.