

О. В. ДЯЧЕНКО, Д. А. ГАПОН, І. Т. КАРПАЛЮК, Т. С. ДОНЕЦЬКА

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Сьогодні об'єднана електроенергетична система України працює в надзвичайно складних умовах. Умови збройної агресії створюють надзвичайно складні виклики, за яких неможливо забезпечити надійну та безпечну роботу енергетичної системи. Найбільш перспективним та вагомим чинником трансформації об'єднаної електроенергетичної системи України, який може покращити стійкість її функціонування, на теперішній час, є якнайшвидше впровадження електричних станцій та розподіленої генерації з негарантованою потужністю, яка використовує відновлювані джерела енергії. Особливістю ситуації є відсутність супроводження паралельним вводом регулюючих потужностей з відповідними характеристиками та обсягами, що значно ускладнює забезпечення нормального функціонування. Навіть за умови роботи ринку допоміжних послуг розміщення резервів в обсягах, які б відповідали кодексу систем передачі, на наявному працюючому обладнанні є неможливим. Тому, наразі майже щодня порушуються межі операційної безпеки в частині забезпеченості необхідних обсягів резервів, а профіцити потужності, що виникають, у тому числі через пріоритетну участь відновлювальних джерел енергії у покритті графіків електричних навантажень, не можуть бути ліквідовані засобами поточного ринку електричної енергії, впровадженого в країні. Все це є свідченням того, що електроенергетична система вже сьогодні не відповідає вимогам відповідності генерації і при зростанні потужностей електричних станцій з негарантованою потужністю проблеми забезпечення операційної безпеки будуть загострюватись ще більше. Введення в експлуатацію 2 гігават високоманеврових потужностей генерації зі швидким стартом (включення з нуля та вихід на номінальну потужність протягом 15 хвилин) та 2 гігавати швидкодіючих резервів на базі систем акумулювання електричної енергії нададуть можливість забезпечити електроенергетичну систему необхідними резервами регулювання для виконання вимог відповідності в перспективі до 2030 року. Поряд з цим, підвищення гнучкості енергосистеми не забезпечує можливість вирішення проблеми тривалих профіцитів потужності. Її вирішення потребує впровадження систем переносу потужності з періодів графіків електричних навантажень, де є її профіцит, на періоди, де є її дефіцит – гідроакумулюючі електричні станції, електроакумулюючі електричні станції, механічні та інші системи накопичення.

Ключові слова: об'єднана електроенергетична система України, електричні станції, негарантована потужність, відновлювальні джерела енергії, графіки електричних навантажень, високоманеврені потужності, профіцит потужності, операційна безпека.

O. DIACHENKO, D. GAPON, I. KARPALIUK, T. DONETSKA

ANALYSIS OF THE STATE AND PROBLEMS OF ELECTRICITY DEVELOPMENT IN UKRAINE

Today, the unified electric power system of Ukraine operates in extremely difficult conditions. The conditions of armed aggression create extremely difficult challenges, under which it is impossible to ensure the reliable and safe operation of the energy system. The most promising and significant factor in the transformation of the unified electric power system of Ukraine, which can improve the sustainability of its functioning, for now, is the fastest possible introduction of power stations and distributed generation with non-guaranteed power that uses renewable energy sources. The peculiarity of the situation is the lack of parallel input of regulatory capacities with appropriate characteristics and volumes, which significantly complicates the provision of normal functioning. Even under the conditions of the operation of the auxiliary services market, it is impossible to place reserves in volumes that would comply with the code of transmission systems on the existing working equipment. Therefore, at present, operational security limits are violated almost daily in terms of ensuring the necessary volumes of reserves, and power surpluses arising, including due to the priority participation of renewable energy sources in covering electric load schedules, cannot be eliminated by the means of the current electricity market implemented in the country. All this is evidence that the electric power system already does not meet the requirements of generation compliance, and with the growth of power stations with non-guaranteed power, the problems of ensuring operational safety will become even more acute. The commissioning of 2 gigawatts of highly maneuverable generation capacities with a quick start (switching on from zero and output to nominal power within 15 minutes) and 2 gigawatts of fast-acting reserves based on electric energy storage systems will provide an opportunity to provide the electric power system with the necessary regulation reserves to meet compliance requirements in the future to 2030 year. Along with this, increasing the flexibility of the energy system does not provide an opportunity to solve the problem of long-term power surpluses. Its solution requires the implementation of power transfer systems from periods of electrical load schedules, where there is a surplus, to periods where there is a deficit – hydraulic storage power stations, power storage power stations, mechanical and other storage systems.

Keywords: unified electric power system of Ukraine, power stations, non-guaranteed power, renewable energy sources, electric load schedules, highly maneuverable power, power surplus, operational safety.

Вступ. На початок 2022 року українська енергетична галузь була однією з найпотужніших в Європі, і залишається такою зараз, незважаючи на значні пошкодження. Зокрема, Україна входить у топ-10 країн Європи за встановленою потужністю електрогенерації, у топ-3 видобувників газу, має найбільші підземні газові сховища в Європі. Порівняно із 2014 роком, Україна позбавилася залежності від російського газу, однак зберігала часткову або повну залежність від імпорту у більшості видів палива.

Розгалужені та надійні системи транспортування газу, нафти, нафтопродуктів та передачі електроенергії пов'язують між собою сусідні з Україною країни ЄС та Молдову.

Україна має одну з найвищих часток вуглецево-нейтральної генерації в Європі. Близько 70 % електроенергії виробляється за рахунок атомної, гідро- і відновлюваної генерації [1].

Крім того, були впроваджені заходи з економії вугілля за рахунок нарощування внутрішнього видобутку вугілля та використання інших видів палива (АЕС та ВДЕ). Розвиток відновлюваної енергетики демонструє стабільну тенденцію зростання. Останніми роками спостерігається постійне підвищення кількості введених в експлуатацію об'єктів відновлюваної енергетики. Зазначена динаміка розвитку відновлюваної енергетики призводить до зростання прогнозного відпуску електричної енергії в ОЕС України об'єктами

відновлюваної енергетики. За 2021 рік було побудовано 1,2 ГВт нових потужностей із ВДЕ, що дозволило суттєво зменшити потребу у вугіллі (рис. 1).



Рис. 1. Збільшення генерації АЕС та ВДЕ в 2021/2022 роках

Не так давно Україна та Молдова від'єдналися від енергосистем Росії та Білорусі. За кілька тижнів українська та молдовська енергосистеми синхронізувалися з мережами Євросоюзу, а з кінця червня 2022 року Україна розпочала комерційну торгівлю електроенергією з ЄС.

Аналіз останніх публікацій по темі. Необхідність реалізації заходів зі зниження викидів забруднювачів у повітря, при відсутності фінансування, призведе до виводу з експлуатації потужностей ТЕС ГК, а після 2030 року очікується зняття з експлуатації енергоблоків АЕС через закінчення понаднормативного терміну їх експлуатації. Без реалізації заходів з підтримки необхідного рівня базової та напівпікової генерації в ОЕС України можливе виникнення дефіциту генеруючих потужностей від 2,5 ГВт в 2025 року до 9 ГВт в 2030 році, тобто вже з 2025 року енергосистема не буде відповідати вимогам достатності генеруючих потужностей [2].

Для запобігання цьому в перспективі до 2030 року необхідно забезпечити наявну базову потужність на рівні не менш 13,8 ГВт, а доступність напівпікової потужності має складати до 12 ГВт у 2030 році [2].

Вирішення цих завдань обумовлює необхідність удосконалення законодавчої та нормативно-правової бази регулювання діяльності в електроенергетиці, зокрема: забезпечення інвестиційної привабливості розвитку підтримки традиційної генерації й впровадження засобів з управління попитом шляхом проведення конкурсів на впровадження нових та реконструкцію існуючих генеруючих потужностей, впровадження заходів з управління попитом та/або іншими методами цільової державної підтримки [3–18].

Метою статті є аналіз стану та проблеми розвитку електроенергетики України під час військових подій.

Виклад основного матеріалу. Загальна встановлена потужність електричних станцій ОЕС України станом на 31.12.2021 р. (без урахування енергогенеруючих об'єктів Кримської електроенергетичної системи та тимчасово

неконтрольованої території Донецької та Луганської областей) складає 56,247 ГВт, з яких 49,7 % припадає на теплові електростанції (зокрема, ТЕС, ТЕЦ, блок-станції), 24,6 % – на атомні електростанції, 11,2 % – на гідроелектростанції та гідроакumuлюючі електростанції, 14,5 % – на електростанції, що працюють на відновлюваних джерелах енергії – ВЕС, СЕС, БіоЕС (рис. 2) [2].

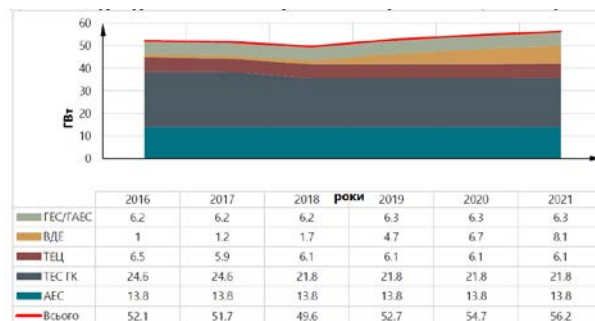


Рис. 2. Динаміка структури встановленої потужності електричних станцій ОЕС України (без урахування ТНКТ АР Крим, Донецької та Луганської областей)

Основні генеруючі потужності ОЕС України (станом на 31.12.2021 р.) зосереджені на:

- чотирьох атомних електростанціях (15 енергоблоків, з яких: 13 – потужністю по 1000 МВт; і 2 – потужністю 415 та 420 МВт відповідно) [1; 2];

- 10 гідроелектростанціях на річках Дніпро, Дністер, Південний Буг, а також на річках Тересля і Ріка (Теребле-Ріцька гідроелектростанція) загальною встановленою потужністю близько 4729,5 МВт із загальним числом гідроагрегатів 101 одиниць. А також на 3-х гідроакumuлюючих станціях потужністю 1487,8 МВт із загальним числом гідроагрегатів 11 одиниць (одиночною потужністю від 33 до 324 МВт) [1; 2];

- 12 ТЕС із блоками одиночною потужністю 150, 200, 300 і 800 МВт (75 енергоблоків, у тому числі потужністю: 150 МВт – 6, 200 МВт – 31, 300 МВт – 32, 800 МВт – 6 одиниць) та 3 турбогенератора, а також 3-х великих ТЕЦ з енергоблоками 100 (120) МВт – 4 блоки, та 250 (300) МВт – 5 блоків [1; 2];

- станціях на ВДЕ (включаючи станції на біопаливі) загальною потужністю 8148 МВт, серед яких найбільші за встановленою потужністю «Сиваська ВЕС» (245,7 МВт, з низки причин фактична потужність станції є значно меншою), «Покровська СЕС» (240 МВт), «Солар Фарм-1» (200 МВт), «Ботівська ВЕС» 1–65 черги (199,875 МВт), «Мирненська ВЕС» 1–6 черги (163 МВт), а також низка менш потужних [1; 2].

Україна досягла значного прогресу у реформуванні енергетичного сектору у відповідності до законодавства ЄС. У 2019–2021 роках Україна успішно завершила відокремлення операторів газотранспортної мережі та системи передачі, що підтверджено їх сертифікацією.

Були впроваджені ключові структурні зміни на ринках газу та електроенергії. Також триває реформа

корпоративного управління у держкомпаніях енергетичного сектору.

НЕК «Укренерго», як український оператор системи передачі, здійснював заходи із підготовки нашої енергосистеми до синхронізації з ENTSO-E з 2017 року, коли було підписано Угоду про умови майбутнього об'єднання [2].

За цей час проведено тестування енергоблоків українських АЕС, ТЕС, ТЕЦ та ГЕС, створено математичну модель енергосистем України та Молдови, на основі якої Консорціум ОСП ENTSO-E провів дослідження статичної та динамічної стійкості енергосистем України та Молдови при роботі з мережею континентальної Європи. Результати дослідження довели технічну можливість синхронізації [1; 2].

Україна приєдналася до об'єднаної енергосистеми континентальної Європи ENTSO-E на рік раніше запланованого. Енергосистеми України та Молдови повністю синхронізовані з енергомережею континентальної Європи ENTSO-E [19].

Війна має суттєвий негативний вплив на роботу української енергетичної галузі. Через своє економічне, гуманітарне і геополітичне значення об'єкти енергетичної інфраструктури є особливо важливими цілями агресії. Тим не менш, українська енергосистема демонструє високу стійкість, а енергетики – надзвичайну професійність у забезпеченні стабільної роботи галузі навіть в умовах війни (рис. 3) [1].

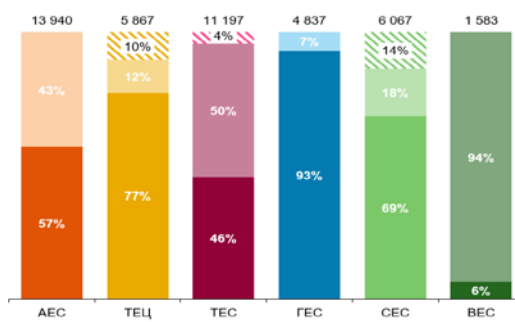


Рис. 3. Розподіл операційної потужності об'єктів електрогенерації України, МВт

Близько 35 % потужності знаходиться на окупованих територіях. Зокрема, найбільша в Європі АЕС (Запорізька) виробнича потужність цієї станції складає 6000 МВт, або 43 % від загальної потужності усіх українських атомних електростанцій.

Загалом зруйновано або знаходяться на окупованих територіях близько 50 % теплової генерації, 30 % сонячної генерації та понад 90 % вітрогенерації. Видобуток газу скоротився на 10–12 %.

Не працює жоден нафтопереробний завод (НПЗ) (власне виробництво забезпечувало близько 30 % нафтопродуктів), виникли логістичні складності з постачанням нафтопродуктів.

Станом на середину червня 2022 р. прямі збитки,

завдані інфраструктурі української енергетики та нафтогазового сектору, за попередніми оцінками, складають 47 млрд грн або 1,7 млрд доларів [1].

Після лютого 2022 року відбулося значне скорочення попиту (на 30–35 відсотків порівняно із споживанням 2021 року) (рис. 4, 5) [1], а профіль споживання суттєво змінився за рахунок переміщення споживачів в західні області.

Суттєве зростання цін на енергоносії та паливо ускладнює забезпечення попиту та/або підготовку до осінньо-зимового періоду.



Рис. 4. Споживання електроенергії в Україні літо 2022 року

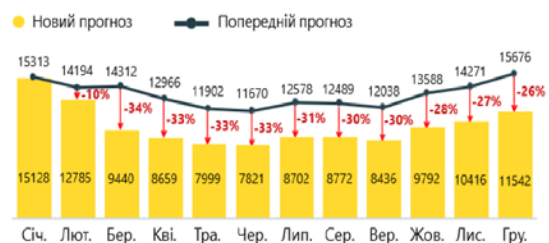


Рис. 5. Виробництво електроенергії станом на літо 2022 року, млн кВт год

Ціни на енергоносії і тарифи на тепло та транспортування енергії для значної частини споживачів залишаються незмінними, що збільшує фінансові дисбаланси в енергосистемі. Так, станом на 1 червня 2022 року очікуваний дефіцит коштів на ринку електричної енергії склав близько 35 млрд грн. Через російську агресію існує високий рівень системних обмежень генерації з ВДЕ, джерела компенсації яких наразі невизначені.

Падіння рівня розрахунків і загострення проблеми заборгованості навіть при зафіксованих цінах вказує на загрозу енергетичної бідності.

Втрата трудових ресурсів через військові дії та виїзд з країни працездатного населення має суттєвий негативний вплив на галузь.

Висновки. Зовнішні зміни суттєво впливають на енергобезпеку України, але також створюють нові можливості для українських енергетиків на європейському ринку. Україна має на меті використати свої значні можливості з низьковуглецевої генерації електроенергії та потужну інфраструктуру у транспортуванні і зберіганні газу для підтримки ЄС у зменшенні його залежності від зовнішніх джерел енергії.

Однією з ключових можливостей для енергетичної галузі України є інтеграція з енергосистемами країн ЄС що в свою чергу надає:

- можливість використання системи підземних сховищ газу європейськими компаніями;
 - прискорена інтеграція енергетичного сектору в європейські ринки та використання експортного потенціалу електроенергетики;
 - значний науковий потенціал у атомній енергетиці та можливість надання наукоємних послуг іншим країнам.

Список літератури

1. *Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Енергетична безпека»*. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. 2022. 164 с. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf> (дата звернення: 21.01.2024).
2. *Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей (проект)*. ДП НЕК «Укренерго». 2019. 84 с.
3. Конеченков А. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. *Проект Центра Разумкова з Фондом Ганса Зайделя «Декарбонізація енергетики України»*. URL: <http://surl.li/mpggn> (дата звернення: 21.01.2024).
4. Маліновська О. Я., Височанська М. Я. Енергетична безпека України як головний критерій ефективності функціонування національної економіки. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 1. С. 16–28.
5. Кизим М. О., Лелюк О. В. Аналіз стану електроенергетичного сектора України. *Бізнесінформ*. 2019. № 1. С. 186–201.
6. Гриб О. Г., Карпалюк І. Т., Швець С. В., Донецька Т. С., Дяченко О. В. Втрати електричної енергії в енергетичній системі України та їх зниження за рахунок впровадження постійного струму. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units*. Kharkiv: NTU "KhPI". 2023. No. 1. P. 72–77. doi: 10.20998/2411-3441.2023.1.12
7. Гриб О. Г., Сендерович Г. А., Дяченко О. В., Карпалюк І. Т., Швець С. В. Аналіз перспектив розвитку цифрової енергетики в Україні. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units*. Kharkiv: NTU "KhPI". 2020. No. 1. P. 85–90. doi: 10.20998/2411-3441.2020.1.12
8. Коробко Б. П., Лінник О. М., Кануннікова Р. Е. Ефективні заходи з модернізації ОЕС України для запобігання її колапсу та підвищення рівня децентралізації генерації електрики. *Промислова електроенергетика та електротехніка*. 2016. № 2–3. С. 16–22.
9. *Аналітичний звіт до питання розвитку ВЕС та СЕС в складі ОЕС України*. ДП НЕК «Укренерго». 2018. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/analytichnyj-zvit-2.pdf> (дата звернення: 21.01.2024).
10. *Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року*. Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 21.01.2024).
11. Хаустова В. Є., Лелюк О. В. Аналіз структурних зрушень у виробництві та споживанні електроенергії в Україні. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2018. № 4. С. 91–105.
12. Кизим М. О., Рудика В. І. Теоретичні аспекти дослідження енергетичної безпеки країни. *Технологічний аудит і резерви виробництва*. 2018. № 4/5. С. 18–23.
13. Хаустова В. Є., Котлярів С. І., Лелюк О. В. Аналіз державної політики розвитку електроенергетики України. *Бізнес Інформ*. 2018. № 12. С. 182–193.
14. Кизим М. О., Шпілевський В. В., Мілютін Г. В. Обґрунтування пріоритетних напрямів структурно-технологічної модернізації сектора електрогенерації. *Проблеми економіки*. 2018. № 1. С. 69–86.
15. Шугайло О. П., Гребенюк Ю. П., Зелений О. В., Рижов Д. І., Брік Д. С., Черняк Я. П. Отриманий досвід та вивчені уроки щодо діяльності з переходу енергоблоків АЕС України до довгострокової експлуатації. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2020. № 1 (85). С. 15–28.
16. *Загальні вимоги до продовження експлуатації енергоблоків АЕС у понадпроектний строк за результатами здійснення періодичної переоцінки безпеки*. НІП 306.2.099-2004.

17. Суходоля О. М., Сидоренко А. А., Бегун С. В., Білуха А. А. *Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України. Аналітична доповідь*. Національний Інститут Стратегічних Досліджень, 2014. 54 с.
18. Тесленко О. І., Горський В. В., Маляренко О. Є. Аналіз тенденцій та напрямів розвитку теплової електроенергетики в Україні. *The Problems of General Energy*. 2020. № 1 (60). С. 38–46.
19. *Історична подія: енергосистему України повністю синхронізували з європейською енергомережею ENTSO-E*. *Дзеркало тижня*. URL: <https://zn.ua/ukr/ECONOMICS/istorichna-podija-enerhosistemu-ukrajini-povnistju-sinkhronizovano-z-jevropejskoju-enerhomerezheju-entso-e.html???history=0&pfid=1&sample=47&ref=2> (дата звернення: 21.01.2024).

References (transliterated)

1. *Proekt Planu vidnovlennya Ukrayiny. Materialy robochoyi hrupy "Enerhetychna bezpeka"* [Project of the Recovery Plan of Ukraine. Materials of the "Energy Security" working group]. The National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequences of the War Publ., 2022. 164 p. Available at: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf> (accessed 21.01.2024).
2. *Zvit z otsinky vidpovidnosti (достатності) heneruyuchykh potuzhnostey (proyekt)* [Report on assessment of compliance (sufficiency) of generating capacities (project)]. NPC Ukrenergo. Publ., 2019. 84 p.
3. Konechenkov A. Sektor vidnovlyuvanoyi enerhetyky Ukrayiny do, pid chas ta pisllya viyny. *Proyekt Tsentra Razumkova z Fondom Hannsa Zaydelya "Dearbonizatsiya enerhetyky Ukrayiny"* [Renewable energy sector of Ukraine before, during and after the war. The project of the Razumkov Center with the Hans Seidel Foundation "Decarbonization of Ukraine's Energy Industry"]. Available at: <http://surl.li/mpggn> (accessed 21.01.2024).
4. Malinova'ska O. Ya., Vysochans'ka M. Ya. Enerhetychna bezpeka Ukrayiny yak holovnyy kryteriy efektyvnosti funktsionuvannya natsional'noyi ekonomiky [Energy security of Ukraine as the main criterion for the effectiveness of the functioning of the national economy]. *Ahroekolohichnyy zhurnal*. 2023, no. 1, pp. 16–28.
5. Kyzym M. O., Lelyuk O. V. Analiz stanu elektroenerhetychnoho sektora Ukrayiny [Analysis of the state of the electricity sector of Ukraine]. *Biznesinform*. 2019, no. 1, pp. 186–201.
6. Hryb O. H., Karpalyuk I. T., Shvets' S. V., Donets'ka T. S., Dyachenko O. V. Vtraty elektrychnoyi enerhiyi v enerhetychniy systemi Ukrayiny ta yikh znyzhennya za rakhunok vprovadzheniya postynnoho strumu [Losses of electric energy in the energy system of Ukraine and their reduction due to the introduction of direct current]. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units*. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2023, no. 1, pp. 72–77. doi: 10.20998/2411-3441.2023.1.12
7. Hryb O. H., Senderovych H. A., Dyachenko O. V., Karpalyuk I. T., Shvets' S. V. Analiz perspektiv rozvytku tsyrovoyi enerhetyky v Ukrayini [Analysis of digital energy development prospects in Ukraine]. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units*. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2020, no. 1, pp. 85–90. doi: 10.20998/2411-3441.2020.1.12
8. Korobko B. P., Linnyk O. M., Kanunnikova R. E. Efektyvni zakhody z modernizatsiyi OES Ukrayiny dlya zapobihannya yiyi kolapsu ta pidvyshchennya rivnya detsentralizatsiyi heneratsiyi elektryky [Effective measures to modernize the UES of Ukraine to prevent its collapse and increase the level of decentralization of electricity generation]. *Promyslova elektroenerhetyka ta elektrotekhnika*. 2016, no. 2–3, pp. 16–22.
9. *Analitychnyy zvit do pytannya rozvytku VES ta SES v skladі OES Ukrayiny* [Analytical report on the issue of the development of wind power plants and SPPs as part of the UES of Ukraine]. NPC Ukrenergo Publ., 2018. Available at: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/analytichnyj-zvit-2.pdf> (accessed 21.01.2024).
10. *Pro skhvalennya Enerhetychnoyi stratehiyi Ukrayiny na period do 2035 roku* [On the approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period until 2035]. Cabinet of Ministers of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> (accessed 21.01.2024).
11. Khaustova V. Ye., Lelyuk O. V. Analiz strukturykh zrushen' u

- vyrobnytstvi ta spozhyvanni elektroenerhiyi v Ukraini [Analysis of structural changes in the production and consumption of electricity in Ukraine. Problems and prospects of economics and management]. *Problemy i perspektivy ekonomiky ta upravlinnya*. 2018, no. 4, pp. 91–105.
12. Kyzym M. O., Rudyka V. I. Teoretychni aspekty doslidzhennya enerhetychnoyi bezpeky krayiny [Theoretical aspects of the country's energy security research]. *Tekhnolohichnyy audyt i rezervy vyrobnytstva*. 2018, no. 4/5, pp. 18–23.
 13. Khaustova V. Ye., Kotlyarov Ye. I., Lelyuk O. V. Analiz derzhavnoyi polityky rozvytku elektroenerhetyky Ukrainy [Analysis of the state policy of the development of the electric power industry of Ukraine]. *Biznes Inform*. 2018, no. 12, pp. 182–193.
 14. Kyzym M. O., Shpilev'kyy V. V., Milyutin H. V. Obgruntuvannya prioritetnykh napryamiv strukturno-tekhnolohichnoyi modernizatsiyi sektora elektroenerhatsiyi [Justification of the priority areas of structural and technological modernization of the power generation sector]. *Problemy ekonomiky*. 2018, no. 1, pp. 69–86.
 15. Shuhaylo O. P., Hrebenyuk Yu. P., Zelenyy O. V., Ryzhov D. I., Brik D. S., Chernyak Ya. P. Otrymany dosvid ta vyvcheni uroky shchodo diyal'nosti z perekhodu enerhoblokiv AES Ukrainy do dovhostrokovoyi ekspluatatsiyi [Experience gained and lessons learned regarding activities from the transition of power units of NPPs of Ukraine to long-term operation]. *Yaderna ta radiatsiyana bezpeka*. 2020, no. 1 (85), pp. 15–28.
 16. *Zahal'ni vymohy do prodovzhennya ekspluatatsiyi enerhoblokiv AES u ponadproektnyy strok za rezul'tatamy zdiysnennya periodychnoyi pereotsinky bezpeky* [General requirements for the continuation of operation of NPP power units beyond the design period based on the results of periodic safety reassessment]. NP 306.2.099-2004.
 17. Sukhodolya O. M., Sydorenko A. A., Byehun S. V., Bilukha A. A. *Suchasnyy stan, problemy ta perspektivy rozvytku hidroenerhetyky Ukrainy. Analitychna dopovid'* [Current state, problems and prospects of hydropower development in Ukraine. Analytical report]. National Institute of Strategic Studies Publ., 2014. 54 p.
 18. Teslenko O. I., Hors'kyy V. V., Malyarenko O. Ye. Analiz tendentsiy ta napryamiv rozvytku teplovoyi elektroenerhetyky v Ukraini [Analysis of trends and directions of development of thermal power industry in Ukraine]. *The Problems of General Energy*. 2020, no. 1 (60), pp. 38–46.
 19. *Istorychna podiya: enerhosystemu Ukrainy povnistyu synkronizuvaly z yevropeys'koyu enerhomerezheju ENTSO-E. Dzerkalo tyzhnya* [Historical event: Ukraine's power system was fully synchronized with the European ENTSO-E power grid. Mirror of the week]. Available at: <https://zn.ua/ukr/ECONOMICS/istorichna-podija-enerhosystemu-ukrajini-povnistju-sinkhronizovano-z-jevropejskoju-enerhomerezheju-entso-e.html???history=0&pfid=1&sample=47&ref=2> (accessed 21.01.2024).

Надійшла (received) 27.04.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Дяченко Олександр Васильович (Diachenko Oleksandr) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Автоматизації та кібербезпеки енергосистем»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7232-6585>; e-mail: diachenko.a.v@ukr.net

Гапон Дмитро Анатолійович (Gapon Dmytro) – доктор технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри «Автоматизація та кібербезпека енергосистем»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8609-9707>; e-mail: dmytro.hapon@khp.edu.ua

Карпалюк Ігор Тимофійович (Karpaliuk Ihor) – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри «Автоматизація та кібербезпека енергосистем»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5634-6807>; e-mail: humpway@gmail.com

Донецька Тетяна Сергіївна (Donetska Tetiana) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Автоматизація та кібербезпека енергосистем»; м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0925-1001>; e-mail: iierusalimovat@gmail.com