

Кулик М.П.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ПЕРСПЕКТИВИ БЕЗПЕЧНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

Проведений аналіз об'єктів генерації, що входять в об'єднану енергетичну систему України: теплові, атомні, гідроелектростанції, а також об'єкти генерації на основі ВДЕ. Наведені позитивні аспекти та їх недоліки, включно з впливом на довкілля, а також зазначено, що більшість вугільних блоків ТЕС вичерпали свій технічний ресурс, а із 15 блоків атомних станцій 13 найближчим часом відпрацюють свій нормативний період і мають пройти модернізацію з метою продовження терміну експлуатації. Одночасно з цим потужність об'єктів генерації за два останніх роки зросла майже утричі. Це призвело до зростання виплат по «зеленому» тарифу з 19 млрд грн у 2019 році до 42 млрд грн у 2020 році. В подальшому такі виплати тільки зростатимуть.

Крім того, об'єднана енергетична система України вже тривалий час відчуває нестачу маневрових потужностей, дефіцит яких буде зростати із нарощуванням потужностей «зеленої» енергетики. Таке явище профільні спеціалісти називають «зелено-вугільним» тарифним парадоксом. Проаналізовані причини невиконання Енергетичної стратегії 2030, а також зазначено, що у випадку не прийняття реальних заходів щодо нових об'єктів генерації для великої енергетики Україна буде змушена переходити до імпорту електричної енергії.

Очікувати на розробку систем накопичення енергії, а також провести їх фінансування в складних умовах сьогодення Україна не може через бюджетні труднощі. Вітчизняні інвестори не виявляють великого бажання до вирішення такої проблеми, а зовнішні інвестори, з огляду на існуючі труднощі в економіці України, ведуть себе досить пасивно.

В Україні існує певна інфраструктура в області використання газотурбінної генерації, зокрема газопоршневі двигуни, газотурбінні із використанням технології «Водолій», однак такі установки не знайшли широкого розповсюдження. Останнім часом на східних територіях ФРН, а також у Польщі збудовані сучасні вугільні блоки великої потужності з дотриманням усіх екологічних вимог відповідних директив ЄС. Показано, що комбіновані парогазові енергетичні установки при спалюванні твердого палива в атмосферному повітрі, збагаченому киснем, суттєво зменшують концентрацію оксидів азоту, а також обсяги відхідних газів.

Ключові слова: об'єкти генерації, маневровість, собівартість, «зелений» тариф, коефіцієнт корисної дії, енергетична стратегія, комбінована парогазова енергетична установка.

Постановка проблеми. Енергетична безпека України визначається наявністю паливо-енергетичних ресурсів, до яких відносять викопне паливо, рідкі та газоподібні вуглеводні, відновлювальні запаси, а саме вітер, сонце та воду, а також пристрої й системи для виробництва із цих ресурсів електричної енергії. Її кількість, якість та еколого-економічні показники процесу виробництва електричної та теплової енергії [1, с. 4–28] є необхідною умовою для успішного розвитку економіки будь-якої держави.

Енергетика України базується на генеруючих потужностях гідро- та гідроакumuлюючих (далі – ГЕС і ГАЕС) станцій, теплових та атомних (далі – ТЕС та АЕС) електростанцій, а також на альтернативних і відновлювальних джерелах генерації. Нині попри те, що основне технологічне обладнання ГЕС, ТЕС та АЕС здебільшого вичерпало

свій технічний ресурс, відновлювальні джерела генерації почали досить стрімко розвиватися. У зв'язку з цим об'єднана енергетична система (далі – ОЕС) України стала заручницею «зелено-вугільного» тарифного парадоксу.

Основні генеруючі потужності ОЕС працюють ефективно у базовому (постійному) режимі генерації, що забезпечує відносно високі економічні показники та мінімальний вплив на довкілля, зокрема на атмосферне повітря, через нестачу маневрових потужностей, що могли би працювати у пікових і напівпікових проектних режимах для покриття добових, тижневих, сезонних та інших змінних режимах споживання електричної енергії. Для покриття вказаних коливань у графіку електричних навантажень все частіше використовують вугільні блоки ТЕС, що тягне за собою погіршення техніко-економічних та екологічних

показників, а також збільшує кількість і частоту аварійних зупинок і ремонтів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Коротка характеристика ОЕС України. Вироблена електроенергія об'єктами великої та малої енергетики об'єднані сімома електро-генеруючими компаніями у загальнодержавну ОЕС, включно із генеруючими виробниками з альтернативних і відновлювальних джерел. Передача енергії від виробників до електропостачальних компаній здійснюється високовольтними магістральними мережами, а вже від них розподільчими мережами – безпосередньо до споживачів.

Розподіл електроенергії в Україні здійснюють 25 обленерго (з урахуванням східних областей та АР Крим). Загальна встановлена потужність усіх об'єктів генерації, що входять до складу ОЕС України, з урахуванням сучасного стану та недалекої перспективи [2; 3, с. 35] мала б становити майже 53.4 ГВт, а розподіл потужностей між видами генерації (у % відн.) виглядає приблизно так: ГЕС – 9, ГАЕС – 2.8, ТЕЦ – 11.5, ТЕС – 40.5, АЕС – 25.5, СЕС і ВЕС – 9.3. Решта потужностей (майже 1.4%) припадає на дрібні альтернативні та відновлювальні джерела генерації, які суттєво не впливають на енергетичний баланс України.

Обсяги виробленої електричної енергії різними видами генерації ОЕС України наприкінці ХХ ст. і на початку ХХІ ст. змінювалися у досить широкому діапазоні, який не завжди може бути пропорційним встановленій потужності.

Найстарішими виробниками електроенергії в Україні є ГЕС, а сам процес є надзвичайно простим і дешевим. Для нього необхідні лише два пристрої – гідротурбіна та електричний генератор, а також невеличкий перепад висот русла річки. Для утворення водосховища спеціально будують дамбу, при цьому затоплюється певна площа, іноді досить велика, земельних угідь.

Основні ГЕС розташовані на Дніпрі (Київська та Канівська ГЕС і ГАЕС, Кременчуцька ГЕС, Середньодніпровська та Дніпровська ГЕС, а також Каховська ГЕС і ГЕС-2). Крім того, на річці Дністер знаходиться Дністровський гідровузол, який включає дві ГЕС, побудована одна ГАЕС і ще одна – на завершальній стадії будівництва, на річці Південний Буг – Ташлицька ГЕС і Олександрівська ГЕС.

ГАЕС використовуються для часткового покриття пікових режимів споживання. Крім того, деякі ГЕС можуть працювати в насосному режимі, що також цьому сприяє. Крім державних гідроелектростанцій, що об'єднані в компанію «Укргі-

дроенерго», в Україні поширене будівництво приватних малих ГЕС до 10 МВт потужності, на які поширюється «зелений» тариф, що стимулює їх поширення.

До недоліків таких об'єктів генерації відносять необхідність затоплювання земель при створенні водосховища, потребу в стабільній і невеликій швидкості течії, а також деякі незручності у сфері регулювання сезонних запасів води: навесні через паводки, а влітку – через засуху.

Втрати напору на гідроелектростанціях можуть становити до 5% залежно від схеми деривації, а коефіцієнт корисної дії гідросилового устаткування (гідротурбіни та електрогенератора) складає, залежно від їх типу та характеристик, 90-94%. Загалом на окремі ГЕС потенційна енергія водотоку [4, с. 285–290] перетворюється в електричну з високим коефіцієнтом корисної дії (далі – ККД) на рівні 86-93%. Робота ГАЕС має свої особливості, пов'язані з тим, у якому режимі (турбінному чи насосному) працює гідросиловий агрегат.

Основною ж частиною ОЕС України є теплова енергетика, яка здебільшого базується на вугільних блоках і включає 14 ТЕС (деякі з них працюють і знаходяться на тимчасово окупованих територіях Донецької і Луганської областей), а Вуглегірська ТЕС була знищена (березень 2013 року) в результаті пожежі. Усі вони входять до п'яти генеруючих компаній: ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», ПАТ «ДТЕК Західенерго», ТОВ «ДТЕК Східенерго», ПАТ «ДТЕК Центренерго», ПАТ «ДТЕК Донбасенерго». Загальна кількість встановлених і працюючих вугільних блоків на ТЕС України і теплових електроцентралях (далі – ТЕЦ) оцінюється різними авторами кількістю 79 одиниць. Маючи біля 60% встановленої потужності ТЕС України, вони виробили в першому кварталі 2018 року лише майже 40% електроенергії.

Усі теплові станції ОЕС України є конденсаційними і працюють на твердому органічному паливі. Здебільшого вони побудовані поблизу або в місцях видобутку кам'яного вугілля. Такі ж об'єкти генерування електричної і теплової енергії як ТЕЦ працюють по теплофікаційній схемі і побудовані поблизу місць споживання, крім електричної, ще й теплової енергії. Залежно від часу роботи ТЕС протягом року для покриття графіка енергетичних навантажень, що характеризується числом годин використання ($\tau_{\text{вст.}}$) встановленої потужності, їх поділяють на три категорії: базові ($\tau_{\text{вст.}} > 6000$ год./рік), напівпікові ($\tau_{\text{вст.}} = 2000-5000$ год./рік) та пікові ($\tau_{\text{вст.}} < 2000$ год./рік).

Пікові електростанції включаються у роботу тоді, коли потрібно покрити пікову частину добового графіка електричного навантаження.

Слід зауважити, що основне технологічне обладнання більшості вугільних блоків усіх ТЕС на 80-90% вичерпало свій технічний ресурс. Коефіцієнт корисної дії існуючих ТЕС України знаходиться на рівні 30-35%, тоді як вугільні блоки ТЕС передових країн Європи та світу працюють із ККД не нижче 45%.

Фактична частка вугільних потужностей (готових до запуску) знаходиться на рівні до 60% від загальної потужності об'єднаної енергетичної системи України. Згідно Енергетичної стратегії України до 2030 року, затвердженої розпорядженням КМУ від 15.03.2006, основою електроенергетичної системи України залишатиметься теплова енергетика, яка і в майбутньому буде базуватися на переважному використанні вугілля в паливному балансі. Згадана стратегія на період до 2030 року має три редакції (2006, 2008 та 2013 рр), а після схвалення КМУ на чолі з Ю.І. Єхануровим майже кожен наступний прем'єр вносив суттєві правки – у результаті не все заплановане було виконано.

Вже у 2017 році в Україні була затверджена нова Енергетична стратегія на період до 2035 року (ЕС-35) [5] як поєднання розроблених до того моменту планів і програм. На думку деяких авторів [6, 7], яких ми підтримуємо, довгострокове прогнозування перспектив енергетики України повинно супроводжуватися авторським наглядом чи додатковими документами або інституціями. Поряд із цим виникає питання про передачу таких функцій державним секретарям профільних міністерств або їх наглядовим радам.

Ще одним із суттєвих недоліків теплової генерації на вугільних блоках, крім великої витрати умовного палива на вироблену кВт-год. (на 40% вище, ніж у передових країнах), є величезна кількість викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря. Нині ТЕС в Україні працюють при вкрай низькому коефіцієнті використання встановленої потужності та неприпустимих екологічних показниках. Витрати умовного палива на вироблення однієї кіловат-години електроенергії перевищили 400 грамів, тоді як такий показник у 1991 році був на 70-80 грамів нижчий. Серед шкідливих компонентів надзвичайно небезпечними є оксиди азоту.

Крім того, ОЕС України характеризується [8, с. 20] нестачею маневрових потужностей, а для покриття пікових навантажень часто використовують застарілі вугільні блоки, які працюють у непроєктних режимах, що прискорює їх зношення

та погіршує екологічну ситуацію в зоні розташування ТЕС.

Вкінці 80-х років минулого століття в Україні почався розвиток атомної енергетики. Відповідно до планів розвитку АЕС у колишньому СРСР на території України в період 1977-1989 років планувався запуск 16 енергоблоків загальною потужністю 14.8 ГВт на п'яти атомних станціях: Запорізькій, Рівненській, Хмельницькій, Чорнобильській і Південно-Українській. На момент найбільшої техногенної катастрофи на четвертому енергоблоці Чорнобильської АЕС (26 квітня 1986 року) [9, с. 14] в експлуатації вже було 10 атомних енергоблоків, із яких 8 – потужністю 1000 МВт (ВВЕР-1000 – 4 шт., а також 4 енергоблоки типу РБМК-1000), що на той час задовольняло зростаючі потреби в електроенергії.

Після цього до кінця 1990 року в експлуатацію були введені ще 6 атомних енергоблоків аналогічної потужності (з них 3 – на Запорізькій і по одному – на Рівненській, Хмельницькій і Південно-Українській АЕС). Після скасування встановленого ВРУ на кілька років мораторію на будівництво атомних енергоблоків постали питання, пов'язані з реконструкцією та відновленням недобудованих енергоблоків, а також підвищенням техногенної безпеки вказаних потенційно небезпечних об'єктів до рівня світових вимог. У подальшому всі об'єкти атомної енергетики були об'єднані в НАЕК «Енергоатом». Після закриття Чорнобильської АЕС в експлуатації знаходиться чотири АЕС, на яких працює 15 ядерних енергетичних установок.

До найбільш вагомих переваг АЕС можна зарахувати дешевизну виробленої електроенергії, компактність планування промайданчиків, а також їхню зовнішню видиму чистоту. До суттєвих недоліків, вірніше небезпек, слід віднести наявність [10, с. 13–33] радіоактивних відходів, зокрема відпрацьоване ядерне паливо, для якого необхідні додаткові затрати на утилізацію. Крім того, для них характерним є теплове забруднення довкілля, яке для станції, що працює на водоохолоджуваних реакторах, є значно вищим, аніж для ТЕС. Коефіцієнт корисної дії АЕС, побудованих в Україні, не перевищує 35%. Це означає, що майже дві третини тепла, яке виділяється у реакторі, використовується неефективно, а деяка частин – надходить у довкілля.

Розрахунки, проведені вітчизняними та зарубіжними вченими, зокрема В.О. Легасовим, показують, що щільність теплової енергії від АЕС середньої потужності сягає 10^3 - 10^4 Вт/м².

Таке теплове забруднення довкілля співмірне із тепловими потоками від лісових пожеж, вулканів, пожеж на нафтогазових промислах. Очевидно, що такі величезні та постійно діючі джерела тепла не можуть не впливати на гідросферу та атмосферу. Кінцевим результатом такої дії АЕС та ТЕС на довкілля є утворення потужної хмарності, зростання грозової активності, випадання граду та утворення вихорів. Крім того, усі вітчизняні АЕС і ТЕС викидають у довкілля радіоактивні матеріали та речовини. Перші – у вигляді газів та аерозолей, другі – аерозолей (коли в атмосферному повітрі наявні завислі частинки у вигляді сажі та шлакового пилу). Через це навколо таких об'єктів створюється підвищений радіаційний фон внаслідок осаджування аерозолей, сажі та шлаків.

Альтернативні джерела електричної енергії, здебільшого СЕС і ВЕС, останнім часом широко поширюються – як у всьому світі, так і в європейських країнах і в Україні. Існують, крім автономних, мережеві СЕС, які здатні забезпечити електричною енергією домашні потреби, а передача її надлишку в мережу забезпечує її швидку окупність завдяки «зеленому» тарифу. Особливо слід наголосити на наявності гібридних СЕС, які придатні для використання у лікарнях, ОСББ, бюджетних організаціях та окремих підприємствах комунальної сфери.

Постановка завдання. ОЕС України має кілька недоліків, про які ми вже згадували вище. Насамперед це нестача маневрових потужностей, технологічне обладнання основних генеруючих потужностей (теплова та атомна генерація) майже вичерпало свій технічний ресурс, а деякі з них знаходяться на цій межі. ГАЕС у повній мірі неспроможні забезпечити покриття пікових навантажень, а робота ГЕС у насосному режимі в деякому наближенні підходить до дуже древнього виразу «сізіфова праця». Занадто швидке нарощування обсягів встановленої потужності у сфері ВДЕ та зростання виробництва електроенергії на СЕС тільки загострює існуючі проблеми. При цьому зі збільшенням генерації за допомогою ВДЕ зростає дефіцит маневрових потужностей.

З іншого боку таке захоплення «зеленим» тарифом і зростання обсягу чистої енергії (враховуючи термін «зелена» металургія) при існуючих правилах на енергетичному ринку та без урахування міжнародного досвіду (Іспанія та ФРН) загрожує загостренням існуючих проблем. В Україні станом на 2012 рік (цей момент важливий з огляду на низку деяких очевидних фактів) існував такий тариф за видами генерацій (грн/кВт/год): ВЕС –

1.22, СЕС – 5.05, ГЕС – 0.06, АЕС – 0.21, ТЕС – 0.67. У структурі обсягів виробленої електроенергії за 2018 та 2019 роки частка енергії, отриманої від ВДЕ за офіційними даними Міністерства енергетики та захисту навколишнього середовища, зросла більш ніж удвічі із 1.7 до 3.4%.

За даними НКРЕКП, виплати по «зеленому» тарифу у 2019 році становили 18 млрд грн, а за 2020 рік очікувана сума сягатиме 42 млрд грн. Тягар оплати таких тарифів лягає на державу в особі ДП «Енергоринок», а по суті – на всіх українців. У подальшому ці виплати зростатимуть, адже українські інвестори поспішали із будівництвом об'єктів ВДЕ у 2019–2020 рр., коли тариф був високим, а виплати гарантувалися до 2030 року. Вихід вбачається у ринкових підходах з оголошенням аукціону на будівництво об'єктів генерації з використанням ВДЕ. Для порівняння у 2018 році в Казахстані прийшло 113 компаній із 9 країн і аукціон визначив інвесторів на 857 МВт, а ціни упали на 48% на сонячну енергію та на 23% – на вітряну.

Аналіз економічних аспектів зношеності основних генеруючих виробників електроенергії, проведений в [11, с. 102], де автор, також провів порівняльний аналіз собівартості кінцевої продукції від вартості грошових ресурсів для усіх видів генерації, що забезпечують українського споживача. У зв'язку зі зношеністю більшості об'єктів великої енергетики (ТЕС та АЕС), які обмежене коло дослідників об'єднує в одне ціле, адже теплові процеси переважають інші в цих видах генерації, в Україні виникне необхідність їх заміни. Україна вже починає імпортувати електричної енергії, тоді як деякі виробники продовжують її експортувати за цінами нижчими за внутрішні, суттєво забруднюючи довкілля. До речі, Європейський Союз (ЄС) як споживач має підстави припинити такий імпорту, що повністю відповідатиме угоді про асоціацію між Україною та ЄС.

Найближчим часом в Україні реально виникне необхідність заміни технологічного обладнання основних теплових та атомних електростанцій, оскільки існуючі об'єкти генерації з використанням ВДЕ не зможуть компенсувати потужності цих виробників. До такого оновлення вітчизняні інвестори не готові, адже витрати мали б спрямовуватися не тільки на переоснащення основних об'єктів генерації. Відповідні затрати потрібно понести також на забезпечення паливом, на дотримання екологічних вимог і процедур, пов'язаних із ліквідацією існуючих застарілих вугільних блоків.

У бюджеті України на найближче десятиліття складно буде віднайти кілька мільярдів євро чи доларів, а намагання залучити закордонних інвесторів може привести Україну до не вигідних умов в інвестиційному процесі. Але найбагатші країни Європи, зокрема ФРН і Польща, лише нещодавно пішли на такий крок. Перша – через кілька років після приєднання НДР побудувала сучасний вугільний блок потужністю 1000 МВт, друга – зробила аналогічний крок (у 2010 році на найбільшій вугільній ТЕС у Європі в м. Белхатов побудований сучасний блок потужністю майже 900 МВт).

В Україні існує певна інфраструктура в сфері парогазової генерації (проекування енергетичних установок, виготовлення газових турбін, на кількох регіональних підприємствах теплокомуненерго працюють ПГУ, які, крім виробництва електричної енергії, продукують [12, с. 31] і теплову енергію).

Вирішення нагальних проблем енергетики не можливе без використання інноваційних технологій, оскільки ситуацію в тепловій енергетиці ще можна виправити. Так, на думку авторів [13, с. 32] такі кроки слід почати досить швидко, адже Україна може перейти на імпорт електричної енергії, при цьому акценти слід зробити на вітчизняні парогазові технології [14, с. 64], адже тільки вони зможуть підвищити маневровість енергетики [15, с. 10] і забезпечити енергетичну безпеку та незалежність України.

З урахуванням останніх подій на східних територіях, а також занадто бурхливого нарощування потужностей з використанням ВДЕ, що не призведе до поліпшення ситуації у сфері енергетичної безпеки, кроки з вибором типу генерації необхідно робити дуже швидко. Для забезпечення стійкості ОЕС України зусилля слід сконцентрувати на кроках, які збільшать частку маневрових енергосистем до рівня 20-25%. Для цього цілком підходять парогазові енергетичні установки, які можуть працювати навіть на продуктах газифікації твердого палива, зокрема кам'яного вугілля, в тому числі і вугілля низької якості власного видобутку.

Широко використовується технологія двох- і навіть трьохстадійного спалювання не тільки в основному котельному агрегаті [16, с. 57], що реалізовано на Старобишевській ТЕС із використанням циркулюючого киплячого шару. Але таке спалювання частини палива в циклонному передтопку, у міжкорпусному об'ємі якого формується робоче тіло [17, с. 281] для газової частини комбінованої ПГУ, дозволить досягнути екологіч-

них стандартів по викидах шкідливих речовин в атмосферне повітря. До аналогічного висновку доходять у роботі [18] наукові співробітники двох провідних академічних структур НАН України (Інституту вугільних енерготехнологій та Інституту проблем загальної енергетики).

Поєднання в одній установці ланцюжка парової генерації, типової для вугільного блока, із ланцюжком газової генерації, реалізували ще німецькі інженери всередині ХХ століття. Така схема роботи досить перспективна для підвищення маневровості енергетичної установки, у ній можливе суттєве зниження шкідливих речовин. Вже давно для зменшення утворення оксидів азоту використовують спалювання палива усіх видів у котельних агрегатах [19] із додатковим циклонним передтопком. При цьому можливим є використання на різних ступенях дещо менших коефіцієнтів надлишку повітря. Так автори [20, с. 225] вважають, що на першому ступені вказаний коефіцієнт може бути $\alpha_1 = 0.8-0.85$, а на другому $\alpha_2 = 1.2-1.3$. Це забезпечує зниження утворення оксидів азоту на 40-50%. У випадку триступеневого спалювання палива співвідношення коефіцієнтів надлишку повітря буде дещо іншим.

У випадку спалювання в топці котельного агрегату парогазової енергетичної установки меленого вугілля, особливо досить низької якості, або природного газу у звичному режимі (тобто при подачі необхідної кількості атмосферного повітря з певним надлишком, який визначається конструктивними характеристиками палиникових пристроїв, кількість утворення оксидів азоту, що утворюються із атмосферного азоту, не зменшується, а навпаки може зрости через значно вищу температуру у факелі).

При подачі в зону спалювання збагаченого киснем атмосферного повітря зменшується загальний об'єм валових викидів внаслідок подачі меншої кількості атмосферного повітря, а також концентрація оксидів азоту через значно нижчу кількість атмосферного азоту. Такий спосіб у металургії давно відомий і широко використовується у вигляді так званого «кисневого дуття». Для металургії кисень отримують кріогенним розділенням повітря. Детальний аналіз некріогенних методів розділення повітря в різних сферах промисловості, зокрема в хімічній, проведений у роботі [21, с. 60].

У 70-х роках минулого століття почалося промислове використання технології мембранного розділення повітря, що призвело до реальної революції в різних галузях промисловості. Нині

ця технологія активно розвивається і досягає все більшого поширення завдяки простоті реалізації та високій економічній ефективності. Детальний аналіз стану наявних технологій розділення повітря проведений авторами роботи [22, с. 60–62], а також їх придатності для використання у процесах спалювання органічного палива, зокрема вугільного пилу, при модернізації об'єктів теплової енергетики із переходом на спільну генерацію по паровому та газовому циклах.

У цій ситуації несподівано відкриваються широкі можливості комплексного використання кисневої фракції (частини атмосферного повітря, збагаченого киснем, здебільшого на рівні 35–40%). Інша ж частина продукту розділення (азотна фракція) скеровується у міжкорпусний об'єм передтопка для формування робочого тіла для газової генерації електричної енергії.

Висновки. На підставі аналізу об'єктів генерації ОЕС України з урахуванням позитивних характеристик і їх негативних впливів на довкілля слід

зауважити, що усі вони мають як позитивні сторони, так і певні недоліки. ОЕС України гостро відчуває нестачу маневрових потужностей, а надмірне захоплення «зеленою» енергетикою тільки посилює вказаний недолік. Для часткового покриття пікових навантажень використовують вугільні блоки ТЕС, часті пуски і зупинки призводять до збільшення аварійних зупинок, затрат на ремонт технологічного обладнання. При цьому робота блоків у перехідних режимах погіршує екологічну ситуацію.

Вихід із кризової ситуації вбачається в побудові за короткий термін сучасної ТЕС по прикладу деяких багатих країн Європи зі схожими природними умовами та структурою енергетичних потужностей, а також запасами енергоносіїв власного видобутку. З використанням в одній установці парового та газового циклу генерації можна, окрім підвищення маневровості, поліпшити екологічні показники, спалюючи паливо в атмосфері повітря, збагаченого киснем.

Список літератури:

1. Теплова енергетика. Нові виклики часу / За заг. ред. П. Омеляновського та Й. Мисака. Львів : НВФ «Українські технології». 2009. 659 с.
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», затверджена розпорядженням КМУ від 17 серпня 2017 року № 605-р.
3. Кулик М.М. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України: аналітичні матеріали / М.М. Кулик, В.М. Горбулін, О.В. Кириленко // Київ : «ТОВ Наш Формат», 77 с.
4. Энергетика: история, настоящее и будущее. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики / Под ред. В.Н. Клименко, Ю.А. Ландау, И.Я. Сигал // Киев : ООО «Новый друк», 399 с.
5. Нова енергетична стратегія України до 2035 року. «Безпека, енергоощадність, конкурентоспроможність». URL: [energetychna_strategija_do_2035_r](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358), zip: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>.
6. Басок Б.І. Енергетична стратегія в реаліях сучасного світу (огляд) // Б.І. Басок, Є.Т. Базеев / Теплофізика та теплоенергетика. 2019, т. 41, № 1. С. 34–42.
7. Гаєць В.А. Розвиток і взаємодія економічної та енергетичної політики в Україні. Вісник НАН України, 2016, № 2. С. 46–53.
8. Вольчин І.А. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України / І.А. Вольчин, Н.І. Дунаєвська, Л.С. Гапонич, М.В. Чернявський, О.І. Топал, Я.І. Засядько // Київ : «Гнозіс», 2013, 308 с.
9. Энергетика: история, настоящее и будущее. Развитие атомной энергетики и объединенных энергосистем / Под ред. Ю.А. Ландау, И.Я. Сигал // Киев : ООО «Новый друк», 2011. 304 с.
10. Пристер Б.С. Проблемы безопасности атомной энергетики. Уроки Чернобыля / Б.С. Пристер, А.А. Ключников, В.М. Шестопапов, В.П. Кухарь // Київ : ПАТ «ВІПОЛ», 201 с.
11. Нараєвський С.В. Залежність собівартості електроенергії від вартості грошових ресурсів для різних видів генерації / С.В. Нараєвський // «Економіка держави», № 12, 2014. С. 101–105.
12. Дикий. Н.А. Газотурбинная технология «Водолей» для совместного производства электрической и тепловой энергии / Н.А. Дикий, А.С. Соломаха, Е.И. Суздальская // Энерготехнологии и ресурсосбережение // 2012, № 3. С. 30–33.
13. Запорожець Ю.М. Теплові електростанції України перед дилемою: або закриття або інтенсивне відновлення / Ю.М. Запорожець // Наукові праці. Техногенна безпека, вип. 198, том 210, 2013. С. 31–36.
14. Патон Б.Є. Перспективи розвитку вітчизняної парогазової технології / Б.Є. Патон, А.А. Долинський, А.А. Халатов і інші // Вісник НАН України (Київ), 2009, № 4. С. 61–69.

15. Праховник А.В. Развитие маневренной генерации ОЭС Украины как фактор повышения энергетической безопасности государства / А.В. Праховник, В.А. Попов, В.Ф. Находов, А.Г. Баталов, К.Б. Денисевич // Енергетика та електрифікація, 2008. № 7. С. 9–12.

16. Халатов А.А. Енергетика України: сучасний стан і найближчі перспективи / А.А. Халатов // Вісник НАН України (Київ), 2016, № 6. С. 53–61.

17. Мисак Й.С. Перспективи інтенсивного відновлення теплової енергетики на базі комбінованих енергетичних установок / Й.С. Мисак, М.П. Кулик // Прикарпатський вісник НТШ. Число 1 (37), 2017. С. 277–295.

18. Дудник О.М. Застосування технологій парогазових енергетичних установок із внутрішньоцикловою газифікацією твердого та рідинного видів палива у світовій енергетиці та перспективи їх впровадження в Україні / О.М. Дудник, Н.І. Дунаєвська, І.С. Соколовська // Проблеми загальної енергетики, 2019, № 3(58). С. 37–44.

19. Грінченко Д.М. Спосіб роботи енергетичної установки / Д.М. Грінченко, М.П. Кулик // Авт. свід. СРСР № 1188338, БВ № 40, 1985.

20. Мисак Й.С. Об'єкти теплових електричних станцій. Режими роботи та експлуатації / Й.С. Мисак, Я.Ф. Івасик, П.О. Гут, Н.М. Лашковська // Львів : Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2007. 254 с.

21. Кириченко В.І. Некріогенні технології виробництва. Мембранні системи виробництва кисню і перспективи їх розвитку / В.І. Кириченко, В.К. Осокіна, Б.Д. Рісюк, І.М. Новіков, О.Г. Голубов // Хім. промисловість України. 2008. № 6. С. 58–68.

22. Кулик М.П. Аналіз наявних технологій розділення повітря для підвищення ефективності спалювання палива в теплоенергетиці / М.П. Кулик, Т.Ю. Кравець, М.М. Семерак // «Екологічні науки», № 21, 2018. С. 59–66.

Kulyk M.P. PROSPECTS OF SAFE FUNCTIONING OF THE UNIFIED POWER SYSTEM OF UKRAINE

Analysis of generation facilities, that are part of the unified power system of Ukraine: thermal, nuclear, hydroelectric power plants, as well as generation facilities based on renewable energy sources is conducted. Their positive aspects and shortcomings, including the impact on the environment are presented, it is noted that most coal units of thermal power plants have exhausted their technical resources and regulatory service life of 13 out of 15 nuclear power plant units will soon expire and need to be upgraded to extend their operational lifetime. At the same time, capacity of generation facilities almost tripled in the last two years. This led to an increase in green tariff payments from UAH 19 billion in 2019 to UAH 42 billion in 2020. In the future, such payments will only increase.

Additionally, the unified power system of Ukraine, has been experiencing a shortage of maneuvering capacity for a long time, the deficit of which will increase with growing capacity of green energy. Specialists call such a phenomenon a “green-coal” tariff paradox. The reasons for non-implementation of Energy Strategy 2030 are analyzed, it is also noted that in case of not taking real measures for new generation facilities of large power production, Ukraine will be forced to switch to electricity imports.

Ukraine cannot expect to develop energy storage systems, as well as to finance them in today's difficult conditions due to budgetary difficulties. Domestic investors do not show much desire to solve this problem, and foreign investors, given the existing difficulties in Ukraine's economy, behave rather passively.

In Ukraine, there is a certain infrastructure in the field of gas turbine generation, particularly, of gas piston engines, gas turbine engines using “Vodoliy” technology, such plants are not widespread. Recently, modern high-capacity coal units have been built in the eastern territories of Germany, as well as in Poland, in compliance with all environmental requirements of the relevant EU directives. It is shown that combined steam and gas power plants during combustion of solid fuels with atmospheric oxygen enriched air, significantly reduce the concentration of nitrogen oxides, as well as the volume of exhaust gases.

Key words: *generation objects, maneuverability, cost, “green” tariff, efficiency, energy strategy, combined steam and gas power plant.*