

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

УДК 620.9.332.1

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.3.1>

В. В. ГОРСЬКИЙ

доктор філософії,
науковий співробітник відділу прогнозування енергетичної ефективності
та перспективних паливно-енергетичних балансів
Інститут загальної енергетики Національної академії наук України
ORCID: 0000-0001-9128-9556

ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ПРОМИСЛОВИМИ БЛОК-СТАНЦІЯМИ ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ

Робота присвячена висвітленню загальної проблеми забруднення повітря від промислових блок-станцій. Коли Україна стала договірною стороною Енергетичного Співтовариства, зобов'язалась виконувати поставлені вимоги Директиви 2010/75/ЄС, про обмеження промислових викидів. Для досягнення встановлених норм, необхідно значною мірою модернізувати обладнання на підприємстві, що потребує досить значних капіталовкладень. У такому випадку власникам застарілих блок-станцій, що працюють на вугіллі вигідніше вивести з експлуатації, а ніж працювати у збиток. Це може призвести до критичного дефіциту генеруючих потужностей в енергосистемі. Щоб не допустити розвитку такого сценарію, спалювальні установки, повинні сплачувати екологічний податок на викиди у розмірі, що приблизно відповідає витратам на роботу сучасних очисних установок. У роботі було розглянуто найбільші працюючі блок-станції України. Враховуючи повномасштабну війну на території нашої країни, що була підло розпочата росією, ситуація в енергосистемі стає досить невизначеною, а оскільки блок-станції також віддають надлишок на енергосистему України, то їх роль враховується у загальному балансі. Так плани по скороченню забруднюючих викидів від великих спалювальних установок, що були розроблені до початку війни, потребують повного оновлення. Більшість об'єктів генерації було зруйновано, а інша частина морально та фізично застаріла і її відновлення є недоцільним у теперішній ситуації. Таким чином після закінчення війни, по-воєнне відновлення країни повинне включати будівництво та введення нових генеруючих потужностей, які будуть побудовані за новими технологіями та стандартами. Для будівництва нових об'єктів та введення їх в експлуатацію потрібні значні кошти та тривалий час. Тому виникає необхідність підтримувати працездатність працюючих блок-станцій у так званій перехідний період, до введення нових потужностей.

Ключові слова: блок-станція, промислові енергооб'єкти, забруднюючі викиди, забруднення повітря.

V. V. HORSKYI

Doctor of Philosophy,
Researcher at the Department of Forecasting Energy Efficiency
and Prospective Fuel and Energy Balances
General Energy Institute of National Academy of Sciences of Ukraine
ORCID: 0000-0001-9128-9556

AIR POLLUTION BY INDUSTRIAL UNITS AND POSSIBLE WAYS TO SOLVE THE PROBLEM

The work is devoted to highlighting the general problem of air pollution from industrial block stations. When Ukraine became a contracting party of the Energy Community, it undertook to fulfill the requirements of Directive 2010/75/EC on limiting industrial emissions. In order to achieve the established norms, it is necessary to significantly modernize the equipment at the enterprise, which requires quite significant capital investments. In this case, it is more profitable for the owners of outdated coal-fired block stations to decommission than to operate at a loss. This can lead to a critical shortage of generating capacity in the power system. In order to prevent the development of such a scenario, incinerators must pay an environmental tax on emissions in the amount that roughly corresponds to the costs of operating modern treatment plants. The work considered the largest working block stations of Ukraine. Taking into account the full-scale war on the territory of our country, which was vilely started by Russia, the situation in the energy system becomes quite uncertain, and since block stations also give a surplus to the energy system of Ukraine, their role is taken into account in the overall balance. Thus, plans to reduce polluting emissions from large incineration plants, which were developed before the war, need a complete update. Most of the generation facilities were destroyed, and the other part is morally and physically obsolete and its restoration is impractical in the current situation. Thus, after the end of the war, the post-war reconstruction of the country should include the construction and introduction of new generating capacities, which will be built according to new technologies and standards. Building new facilities and putting them into operation requires significant funds and a long time. Therefore, there is a need to maintain the efficiency of working block stations during the so-called transition period, before the introduction of new capacities.

Key words: block station, industrial energy facilities, polluting emissions, air pollution.

Постановка проблеми

Загально відомо, що найбільшими забруднювачами атмосферного повітря виступають промислові об'єкти, що також підтверджено статистикою IEA та ПАСА [1], згідно їхніх даних в середньому 70% всіх забруднюючих викидів у атмосферне повітря викидає промисловість та енергетика. Відколи Україна стала договірною стороною Енергетичного Співтовариства, то прийняла зобов'язання дотримуватись положень договору про заснування Енергетичного Співтовариства та додатків до нього, згідно яких всі великі спалювальні установки мають відповідати вимогам Директиви 2001/80/ЄС про обмеження викидів деяких забруднюючих речовин у повітря від великих спалювальних установок. Потім вона була замінена Директивою 2010/75/ЄС про промислові викиди.

Згідно Національного плану скорочення викидів [2], Україна повинна суттєво скоротити викиди від існуючих великих спалювальних установок, потужністю від 50 МВт та більше. У додатках до цього плану було визначено всі установки що підпадають під дію Директиви 2010/75/ЄС.

Метою статті є огляд та аналіз шкідливого впливу на навколишнє середовище, від промислових блок-станцій та можливі шляхи вирішення цього питання враховуючи світову практику, в умовах повномасштабної війни та по-воєнного відновлення енергосистеми України.

Матеріал і результати досліджень

Світова практика екологічного регулювання промислових об'єктів базується на контролі концентрації забруднюючих речовин в димових газах (вилітають через трубу в атмосферу) та концентрації забруднюючих речовин в повітрі приземистого шару. Другий показник безпосередньо визначає шкідливий вплив забруднювачів на здоров'я людини, а перший використовується для контролю за екологічністю самих ТЕС. Водночас, в країнах Європейського Союзу екологічне регулювання посилюється за іншими показниками [3]. Зокрема, вводиться контроль часових і середньодобових показників, контроль ступеню уловлювання сірки (за рахунок роботи установок сіркоочищення) і здійснюється регулювання за найкращими доступними технологіями (НДТ), в рамках якого граничні викиди скорочуються ще в кілька разів.

Також варто звернути увагу на золовідвали, які є найважливішим фактором екологічних обмежень в роботі вугільних блок-станцій. Наприклад, в США у 2012р. вугільні електростанції виробили не менше 110 млн. тон золошлакових відходів – це одне з найбільших джерел промислових відходів у державі. Про масштабність проблеми свідчить статистика [4], – в 37 штатах із 50 є золовідвали, їх загальна кількість – понад 1400. Причому 70% таких об'єктів розташовуються поблизу населених пунктів, а 200 – поблизу річок, які служать джерелами питної води. Через це, починаючи з 2015р. регулятор вимагає від операторів діючих золовідвалів перевіряти їх структурну стійкість (вона контролюється інспекціями), оснащувати їх системами моніторингу підземних вод та ліквідувати забруднення у разі, якщо відходи прориваються у воду. При чому, зола та інші матеріали, якщо будуть вловлюватися новими ефективними фільтрами, замість традиційного зберігання на золовідвалі, можуть бути використані у будівельній галузі. Так у США 2017 р. досягнуто показник в 64% використання золошлакових відходів від вугільних ТЕС [5].

Підвищення вимог за викидами призводить до зростання як капітальних, так і операційних витрат на промислових об'єктах, які працюють на вугіллі. Це відбувається за рахунок збільшення екологічних платежів й витрат з впровадження комплексних заходів, зокрема, це стосується очищення димових газів.

Це означає, що, зокрема, майже всі блок-станції, що працюють на вугільні, необхідно буде або модернізувати, або зупинити. Варто також зазначити, що витрати операторів установок на експлуатацію, після їх модернізації збільшаться приблизно на 20%, що вплине на кінцеву вартість послуги та/або продукту. За таких умов, власникам вугільних установок вигідніше вивести з експлуатації частину своїх теплових блоків, а ніж працювати у збиток. Такий розвиток подій може призвести до критичного дефіциту генеруючих потужностей.

Для виключення недобросовісної конкуренції в новій моделі енергоринку, спалювальні установки, на яких не обладнано нові засоби очищення димових газів, повинні сплачувати екологічний податок у розмірі, що компенсує витрати на роботу сучасних очисних установок.

Виклад основного матеріалу дослідження

Промислові блок-станції, які підпадають під дію директиви 2010/75/ЄС

На території України (за виключенням тимчасово окупованих територій), наразі працює трохи більше 10-ти блок-станцій, що в основному забезпечують потреби промислових підприємств, постачають тепло населенню прилеглому міста, а також генерують електричну енергію на базі теплового споживання та віддають до енергосистеми України.

У табл. 1 наведено основні технічні характеристики 10-ти найбільших блок-станцій. Більшість об'єктів вже відпрацювали свій парковий ресурс та є морально і фізично застарілими, середній вік коливається від 60 до 70 років. У зв'язку із відсутністю фінансування на капітальну реконструкцію або заміну обладнання, виникла необхідність обмежувати номінальну потужність генерації, щоб запобігти аварійним ситуаціям на об'єктах та зберегти їх працездатність. Також із закриттям великих промислових підприємств, які були основними споживачами блок-станцій, власники генеруючих підприємств були змушені знизити генерацію або перейти на погіршений режим роботи основного обладнання.

Таблиця 1

Характеристика найбільших блок-станцій

№	Назва об'єкта	Встановлена потужність		Основне (резервне) паливо	Котельні агрегати	Рік введення
		МВт	Гкал			
1	Білоцерківська ТЕЦ			Мазут (газ)	3 x БКЗ-320-140	1971
2	Дарницька ТЕЦ	160	1080	Вугілля (газ)	5 x ТП-170	1954
3	Дніпровська ТЕЦ	61,6	430	Вугілля (газ)	4 x ТП-87	1967
4	Кіровоградська ТЕЦ	15	140	Газ	ГМ-50-1, ТП-35/50	1930
5	Кременчуцька ТЕЦ	255	1131	Газ	4 x ТГМ-84, 1 x ПТВМ-180, 1 x КГВМ-180	1965
6	Миколаївська ТЕЦ	85	–	Газ	2 x ТКП-2 2 x ТП-230-2 2 x ПТВМ-100 КГВМ-100	1939
7	Смілянська ТЕЦ	8,5	–	Біомаса	КГВМ-20 ДКВР-10-39-44 П6-35/5М	2010
8	Кіровоградська ТЕЦ	1,7	22,962	Біомаса (газ)	3 x Е-16-3,9-360-Д ДЕ-25-1,4-50ГМО	2009
9	Черкаська ТЕЦ	230	430	Газ, вугілля	4 x ПК-19-2 5 x БКЗ-220-100ГЦ 3 x ПТВМ-100 2 x ДКВР-180	1961
10	Чернігівська ТЕЦ	210	500	Газ, вугілля	4 x БКЗ-210-140ПТ ТГМ-84"Б" 2 x ПТВМ-100	1964

Примітка: курсивом позначені водогрійні котли

У зв'язку повномасштабним вторгненням росії на нашу територію, та цинічним знищенням наших енергетичних об'єктів ракетними обстрілами, виникає складна ситуація у сфері генерації. Відповідно до заяви Володимира Кудрицького, голови правління НЕК «Укренерго» у інтерв'ю для журналу «Forbes» [6], немає потреби відновлювати все як було, у планах побудувати нові об'єкти із використанням сучасних технологій та рішень. Також враховуючи національний енергетичний і кліматичний плану (НЕСР) головні пункти якого були озвучені в [7] [8], до 2050 року енергетичний сектор має бути максимально наближений до кліматичної нейтральності. Це позначатиме наявність чистої енергії, подолання енергетичної бідності, розвиток інноваційної та децентралізованої енергосистеми, повноцінне функціонування національних енергетичних ринків і їх інтеграцію в міжнародні.

Оскільки для повоєнного відновлення сектору генерації та промисловості, необхідно значне фінансування та тривалий час, тому виникає необхідність у підтриманні стабільної роботи існуючих об'єктів генерації, та поступовою їх повною реконструкцією або виведенням із роботи установок, що не відповідають встановленим екологічним вимогам.

Можливе скорочення споживання палива та викидів забруднюючих речовин в атмосферу від промислових підприємств

Розглядаючи можливі обсяги зменшення споживання палива та скорочення забруднюючих викидів в атмосферу, не можна повністю покладатися на теоретичні розрахунки. Оскільки варто також враховувати технологічні обмеження певних об'єктів та доцільність застосування заходів по зменшенню об'ємів викидів, тому у деяких ситуаціях економічніше, щоб обладнання допрацювало певний період, доки не буде побудовано технологічно нове підприємство.

Вихідні дані для оцінки скорочення споживання палива та об'ємів викидів забруднюючих речовин на розглянутих блок-станція за 2020 р, представлені у Таблиця 2 [9].

При спалюванні твердого палива використовується лише система очистки димових газів від твердих частинок. Промислові сірко або азотоочистки в Україні не експлуатуються. На даний час працює лише одна напівсуха сіркоочистка на енергоблоці № 2 Трипільської ТЕС, з показниками щодо вихідної концентрації $SO_2 < 400$ мг/нм³, що відповідає директиві ЄС.

Для уловлювання твердих частинок в Україні використовують сухі та мокрі технології уловлення. Щодо викидів азоту при спалюванні вугілля, то переважна більшість енергетичних котлів працює з рідким шлаковидаленням, що підвищує викиди термічних оксидів азоту.

Найбільш розповсюдженою технологією очистки димових газів від **твердих частинок** є електрофільтри. Нові електрофільтри української розробки дозволяють забезпечити необхідні концентрації твердих частинок для існуючих установок 50 МВт (30–50 мг/нм³). Більша ступінь очищення димових газів від твердих частинок досягається

завдяки застосуванню рукавних фільтрів, а концентрація золи в димових газах може бути досягнута нижче 20 мг/м³ при 6% O₂ та нижче, що відповідає жорстким вимогам директиви ЄС [10]. Однак при їх застосуванні для очищення димових газів, що надходять із котлоагрегатів виникають певні проблеми: щодо їх регенерації (наливання твердих частинок на матеріал фільтру), пошкодження матеріалів фільтру гострими твердими частинками, забезпечення умов безпечної їх експлуатації (недопущення займання матеріалу) [11].

Таблиця 2

Основні екологічні показники розглянутих блок-станцій

№	Назва об'єкта	ID*	Споживання, ГДж мазут / газ / вугілля	SO ₂ , т	NO _x , т	Пил, т
1	Білоцерківська ТЕЦ	39.1	- / 6 091,739 / -	78,3	441,4	3,1
2	Дарницька ТЕЦ	41 42.1	- / 2 635,531 / 6 955,861 - / 2 699,554 / 2 135,289	3 527,5 1 092,9	1 6671,1 664,9	2 269,5 755,6
3	Дніпровська ТЕЦ	45 47 48	- / 875,086 / - - / 326,721 / - - / 466,779 / -	0	0	0
4	Кіровоградська ТЕЦ	59 60 62 63 64 65 66 67 68	- / 543,444 / - - / 725,091 / - - / 135,378 / - - / 954,239 / - - / 639,077 / - - / 311,832 / - - / 507,161 / - - / 190,235 / - - / 148,793 / -	0	0	0
5	Кременчуцька ТЕЦ	57.1	2 993,519 / 8 707,061 / -	1 309,5	761,9	39,5
6	Миколаївська ТЕЦ	72	- / 1 771,153 / -	0	0	0
7	Смілянська ТЕЦ	-	<i>Біомаса</i>		119,9	5,6
8	Кіровоградська ТЕЦ	13.1 14 15.1 16.1	- / - / 6 611,12 - / - / 7 381,648 - / - / 4 768,307 - / - / 2 237,762	14 242,8 3 072,3 643,2 1 321,7	1 164 857,3 - 1 580,7	89,4 1 131,2 - 7 050,6
9	Черкаська ТЕЦ	90 91 95	- / 263,243 / - - / 11 222 / 447,973 - / 482,325 / -	- 8 716,5 -	26,3 8 690,2 48,3	- 4 050,5 -
10	Чернігівська ТЕЦ	96	- / 1 879,409 / 10 510,321	5 799,3	2 474,2	2 781,4

*ID підприємства, відповідно до списку Національного плану скорочення

0 – дані відсутні або у закритому доступі

Найбільш маловитратними способами очищення димових газів від **оксидів сірки** є подача сорбенту в топкову камеру, однак тільки при використанні технології ЦКШ вдається досягнути суттєвого результату до 90%, в порівнянні із факельним спалюванням 5-10% [11]. Слід зауважити, що недоліком використання зв'язування оксидів сірки сорбентом в ЦКШ є різке збільшення парикового газу – закису азоту (N₂O), згідно із [12] даний показник становить 56 г/ГДж, при чому як при факельному спалюванні – 1,4 г/ГДж, а у камері згорання газової турбіни – 2,5 г/ГДж.

Технології очищення димових газів від оксидів сірки досить відпрацьовані в розвинених країнах, наприклад в США необхідний ступінь очищення димових газів від SO₂ дорівнює 98%. Найбільш дешевий і простий промисловий спосіб десульфатції полягає в поглинанні оксидів сірки лужною водою. Так при розташуванні ТЕС на березі моря, можна використовувати лужну морську воду для поглинання SO_x [13]. Поширені у світі методи очищення димових газів від оксидів сірки [11], що вимагають високих капітальних витрат, але при цьому гарантують високу ступінь очистки:

- Мокра вапнякова технологія – до 98%;
- Аміачно-сульфатна технологія – до 99%;
- Сульфатно-магнієва технологія – до 97%;
- Спрощена мокро-суха вапнякова технологія – 60%;
- З циркулюючою інертною масою або абсорбером ЦКШ – 93%;
- З використанням мокрих золоуловлювачів з трубами Вентурі – 60%.

Найбільш вивченими та розповсюдженими технологіями зниження викидів **оксидів азоту** під час спалювання палива є пригнічення їх утворення під час горіння, або часткове відновлення в топковій камері [11] [14]. У той же час, топкові технології зниження утворення та викидів NO_x широко застосовуються в світі при спалюванні всіх палив, причому, у випадку твердих, як перший ступінь зниження концентрації оксидів азоту в димових газах, що дозволяє заощаджувати вартісні реагенти, наприклад, аміак. Тобто, топкові методи зниження утворення NO_x у поєднанні їх

з методами очистки димових газів складають цілісну технологію яка дозволяє знизити питомі викиди оксидів азоту до необхідного рівня з найменшими капітальними та експлуатаційними витратами, що є ознакою належності топкових технологій зниження утворення та викидів NOx при спалюванні твердих палив, у тому числі відходів.

Зауважимо, що застосування топкових методів зниження NOx при спалюванні твердого палива, може порушити режим шлаковидалення, особливо рідкого, а при сухому можливе збільшення горючих у віднесенні. Незважаючи на це, можливо знизити оксиди азоту до 50% і більше комбінацією різних топкових заходів зниження NOx.

Оскільки переважна більшість котлоагрегатів в Україні відпрацювали парковий ресурс, але значна частина котлів має залишковий фізичний, відповідно, рекомендується їх перемаркування на меншу потужність з застосуванням методів зниження NOx, що ґрунтуються на використанні штатного тягодуттєвого обладнання (перепуск димових газів з димососу на всмоктування дуттєвого вентилятора – «саморециркуляція») [15]. Відмітимо такі основні позитивні аспекти зменшення номінальної потужності котлоагрегатів, при їх перемаркуванні [15]:

- спалювання природного газу буде проходити в топці більшого об'єму (зменшення теплової напруги топкової камери), що збільшує ресурс топкових екранів, пальників і перших по ходу димових газів пакетів конвективної частини;

- зменшення максимального об'єму димових газів на 30–40% дозволить застосувати повноцінну рециркуляцію димових газів на новій номінальній потужності для зниження NOx із застосуванням існуючого тягодуттєвого обладнання. При застосуванні рециркуляції додатково збільшується ресурс топкової камери, пальників і перших по ходу газів конвективних пакетів за рахунок зменшення температурного рівня між димовими газами та поверхнями.

Однак, у разі якщо котли відпрацювали свій парковий ресурс і мають залишковий фізичний, а вартість їх реконструкції чи модернізації більше орієнтовно 50% вартості закупки нового котла (з урахуванням проектних, монтажних та пуско-налагоджувальних робіт), то необхідність заміни старих котлів на нові, обґрунтовується такими факторами як [15]:

- при установці нового котла всі елементи його номенклатури серійно випускаються промисловістю (арматура, поверхні нагріву, тощо) і можуть бути замовлені та замінені в найкоротші терміни з нижчими фінансовими витратами в порівнянні з замовленням не серійного обладнання;

- використовуються сучасні КВП (контрольно-вимірвальні прилади) та серійна система автоматичного управління котлом, що побудована на новій елементній базі;

- топка котла, як правило, розрахована під номенклатуру пальників, що випускаються на даний час не тільки вітчизняними, а й закордонними виробниками, у тому числі розрахована на пальники Low NOx burner;

- кількість постійного технічного персоналу менше чи він може бути взагалі відсутній, що зменшує експлуатаційні затрати;

- викиди забруднюючих речовин відповідають директивам ЄС.

Також треба враховувати, що у зв'язку з тим, що для існуючих ПСУ середньою вхідною тепловою потужністю від 1 до 50 МВт допускаються значно вищі рівні викидів забруднюючих атмосферу речовин ніж для більш потужних і, зважаючи на низький коефіцієнт використання встановленої потужності майже всіх котлоагрегатів в цілому по Україні [15].

Розглядаючи техніко-економічні показники впровадження природоохоронних технологій та заходів на блок-станціях проводяться із використанням збільшення середньої зваженої собівартості електричної та теплової енергії за життєвий цикл (LCOE). Так, як блок-станції переважно покривають потреби промислових підприємств, а в енергосистему віддають надлишок електричної енергії, то цілком можна розглянути тільки в частині електричної енергії. Далі приведено капітальні та питомі витрати для деяких технологій [16]:

1. Для уловлювання твердих частинок використовують:

a. електростатичні фільтри (питомі витрати складають: капітальні 25,6–46,4 дол./кВт, експлуатаційні 0,028–0,037 цент/кВт·год);

b. тканинні або рукавні фільтри (питомі витрати: капітальні 36 дол./кВт, експлуатаційні 0,186 цент/кВт·год).

2. Для очищення від SO₂:

a. напівсуха десульфуризація (питомі капітальні витрати 1,67–5,3 дол./кВт, вартість уловлювання оксидів сірки 60,8 дол./т (0,216 цент/кВт·год));

b. мокре сіркоочищення димових газів (питомі капітальні витрати 83,74–173 120,9 дол./кВт, вартість уловлювання оксидів сірки 73,6 дол./т (0,261 цент/кВт·год));

c. новітня інтегрована десульфуризація (питомі витрати: капітальні 46,52–65,13 дол./кВт, експлуатаційні 1,67–2,23 цент/кВт·год).

3. Для зменшення викидів NOx:

a. селективне некаталітичне відновлення (питомі капітальні витрати 9,3–13,96 дол./кВт);

b. селективне каталітичне відновлення (питомі капітальні витрати 65,13–83,74 дол./кВт).

Також авторами у роботі [16] було приведено розрахунок для 14-ти варіантів заходів з очищення димових газів від пилових частинок, двооксиду сірки та оксидів азоту. Результати яких показали зростання собівартості

електроенергії складатиме: мінімально 4,5 коп./кВт·год (відсутні сіркоочистка та золоочистка, лише селективне некаталітичне відновлення); максимально 103 коп./кВт·год (електростатичний фільтр; новітня інтегрована десульфуризація; селективне некаталітичне відновлення + селективне каталітичне відновлення).

Висновки

Зважаючи на складну економічну ситуацію у зв'язку із війною розпочатою країною агресором, енергетична система України зазнала великих пошкоджень від російських ракетних атак: близько половини системи пошкоджено, зруйновано більше двадцяти об'єктів генерації [17]. До того ж наразі працююче обладнання більшості блок-станцій вже відпрацювало свій ресурс та потребує заміти або реконструкції.

Якщо розглядати споживання первинних енергоресурсів, та об'єми викидів забруднюючих речовин на перспективу, то слід враховувати, що параметри із якими наразі працює основне енергетичне обладнання в Україні, можна розглядати максимум на 5 років після закінчення війни. Оскільки всі енергетичні об'єкти, що були сильно пошкоджені, не будуть відновлюватися, бо це не вигідно та не доцільно. А енергоблоки які морально та фізично застарілі, але зберегли свою працездатність, будуть виведені із експлуатації відразу, як буде введено нові потужності. Це буде зумовлено тим, що технології дуже суттєво відрізнятимуться, і модернізувати «старі» буде економічно не вигідно, адже сучасні технології дозволяють отримати кінцевий продукт/послугу із нижчою собівартістю, а також мають менший вплив на навколишнє середовище.

Тому розглядаючи перехідний період, що виникне після закінчення війни і до введення нових потужностей. В цей період актуальним буде питання підтримання працездатності існуючих блок-станцій, які потребують модернізації та вдосконалення систем очищення димових газів. Як показав аналіз, то середнє зростання собівартості електроенергії складатиме 64,5 коп./кВт·год.

Список використаної літератури

1. International Energy Agency, «Coal 2017: Analysis and Forecasts to 2022».
2. Кабінет Міністрів України розпорядження від 24 листопада 2021 р. № 1512-р, «Про внесення змін до Національного плану скорочення викидів від великих спалювальних установок та визнання таким, що втратило чинності, розпорядження Кабінету Міністрів України від 13 червня 2018 р. № 428». Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-2017-%D1%80#Text>.
3. Overview: National coal phase-out announcements in Europe. Status as of June 2018. / Europe Beyond Coal.
4. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Available: <https://www.epa.gov/>.
5. American Coal Ash Association:», Available: <https://www.aca-usa.org>.
6. Володимир Кудрицький, Interviewee, «Не потрібно відновлювати енергосистему як було». Голова правління НЕК «Укренерго» про дефіцит, пошкодження мереж і наступну зиму. [Інтерв'ю]. 29 травень 2023.
7. Юлія Свириденко, «Національний енергетичний і кліматичний план України має стати частиною повоєного відновлення країни» Міністерство економіки України, 24 квітня 2023. Available: <https://www.me.gov.ua/News/Detail?lang>.
8. Ольга Чайка, «Жодного зв'язку з реальністю». 21 червня Україна презентує в Лондоні черговий «план Маршала». Forbes дізнався про деталі енергетичної частини програми відбудови,» 16 червень 2023. Available: <https://forbes.ua/money/zhodnogo-zv'yazku-z-realnistyu-21-cher-vnya-ukraina>.
9. Susak Oleg, «Міністерство енергетики та вугільної промисловості України». Available: <https://view.officeapps.live.com/> [Дата звернення: 01 червень 2023].
10. Directive 2010/75/EU, of the European parliament and of the council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) : Official Journal of the European Union. 2010. 17 December. 119 p.
11. А.В. Сміхула, І.Я. Сігал, Б.І. Бондаренко, Технології зниження шкідливих викидів до атмосфери тепловими електростанціями та котельними великої і середньої потужності України, Київ: ФОП Маслаков, 2019.
12. ГДК 34.02.305-2002, Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок: методика визначення, Київ: КВІЦ, 2002.
13. Katsuo Oikawa, Chaturong Yongsiri, Kazuo Takeda, Takayoshi Harimoto, «Seawater Flue Gas Desulfurization: Its Technical Implication and Performance Results,» *Environmental Progress*, т. 22, № 1., 67-73, 2003.
14. Smoot L.D., Hill S.C. та Xu H., «NOx control through reburning» *Progress in Energy and Combustion Science*, т. 24, № 5, pp. 385-408, 1998.
15. Сігал І.Я., Сміхула А.В. та Домбровська Е.П., «Технології та досвід провадження методів зниження утворення оксидів азоту при спалюванні газу в котлах,» *Ukrainian-Polish Conference "The problems of air pollution and purification: control, monitoring, catalytic, photocatalytic and sorption methods of treatment"*, pp. 30-31, 6-8 November 2016.
16. Кривда О.В. та Шахбазов І.О., Оцінка економічності впровадження заходів зменшення викидів, «II Міжнародна науково-практична конференція «Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи», Київ, 2021.
17. Артур Крижний, «Будуємо нову країну: як Україна замінить старі й зруйновані електростанції,» Уніан, 2023.

References

1. International Energy Agency, «Coal 2017: Analysis and Forecasts to 2022».
2. Kabinet Ministriv Ukrainy [Cabinet of Ministers of Ukraine], Rozporiadzhennia vid 24 листопада 2021 р. № 1512-р, «Pro vnesennia zmin do Natsionalnogo planu skorochennia vykydiv vid velykykh spaliuvalnykh ustanovok ta vyznannia takym, shcho vtratilo chynnist, rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13 chervnia 2018. № 428» [order dated November 24, 2021 No. 1512-r, "On amending the National Plan for the reduction of emissions from large incineration plants and recognizing as invalid the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated June 13, 2018 No. 428"], Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-2017-%D1%80#Text>, (accessed 18 July 2023).
3. Overview: National coal phase-out announcements in Europe. Status as of June 2018. *Europe Beyond Coal*.
4. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Retrieved from: <https://www.epa.gov/>, (accessed 18 July 2023).
5. American Coal Ash Association:, Retrieved from: <https://www.acaa-usa.org>, (accessed 15 July 2023).
6. Chaika, O., Orel, I. (2023, 29 travnia). Ne potribno vidnovliuvaty enerhosystemu yak bulo [There is no need to restore the power system as it was]. *Holova «Ukrenerho» pro defitsyt, poshkodzhennia merezh i nastupnu zymu* [The head of "Ukrenergo" about the shortage, damage to networks and the coming winter]. (Interv'iu – Forbes.ua), Retrieved from: <https://forbes.ua/money/29052023-13786>, (accessed 15 July 2023).
7. Svyrydenko, Yu. (2023, 24 kvitnia). Natsionalnyi enerhetychnyi i klimatychnyi plan Ukrainy maie staty chastynoiu povoiennoho vidnovlennia krainy [The national energy and climate plan of Ukraine should become part of the country's post-war recovery]. *Ministerstvo ekonomiky Ukrainy* [Ministry of Economy of Ukraine]. Retrieved from: <https://www.gov.ua/News/Detail?lang-uk-UA&-amp;id=799a369f-e2a5-4a66-a2b1-0e62897c6eal&title=NatsionalniiEnergetichniiKlimatichniiPlan>, (accessed 10 July 2023).
8. Chaika O. (2023, 16 chervnia). «Zhodnogo zviazku z realnistiu». 21 chervnia Ukraina prezentuie v Londoni chervhovi «plan Marshalla» ["No connection with reality." On June 21, Ukraine will present another "Marshall Plan" in London]. *Forbes diznavsia podrobytsi enerhetychnoi chastyny prohramy vidbudovy – Forbes.ua* [Forbes learned the details of the energy part of the reconstruction program]. Forbes.ua. Retrieved from: <https://forbes.ua/money/zhodnogo-zv'yazku-z-realnistiu-21-chervnyia-ukraina-prezentuie-v-londoni-cherhoviy-plan-marshala-forbes-diznavsya-podrobitsi-energetichnoi-chastini-programi-vidbudovi-16062023-14253>, (accessed 11 July 2023).
9. Susak O. (2018). lcp-ied_art72_1. *Ministerstvo enerhetyky ta vuhilnoi promyslovosti Ukrainy* [Ministry of energy and coal production of Ukraine]. Retrieved from: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https://cdr-eionet.europa.eu/Converters/ua/eu/lcp_ied/envxppjxw/lcp-ied_art72_1.xls&wdOrigin=BROWSELINK, (accessed 1 Juny 2023).
10. Directive 2010/75/EU, of the European parliament and of the council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) : Official Journal of the European Union. 2010. 17 December. 119 p.
11. Smikhula, A., Sihal, I., Bondarenko, B., & Semeniuk, N. (2019). *Tekhnolohii znyzhennia shkidlyvykh vykydiv do atmosfery teplovymy elektrostantsiamy ta kotelnymy velykoi i serednoi potuzhnosti Ukrainy* [Technologies for reducing harmful emissions into the atmosphere by thermal power plants and boiler plants of large and medium capacity of Ukraine]. FOP Maslakov. (in Ukrainian).
12. HDK 34.02.305-2002, (2002), *Vykydy zabrudniuvalnykh rehovyn u atmosferu vid enerhetychnykh ustanovok: metodyka vyznachennia* [Emissions of pollutants into the atmosphere from power plants: method of determination], Kyiv: KVITs.
13. Katsuo Oikawa, Chaturong Yongsiri, Kazuo Takeda, Takayoshi Harimoto, (2003), «Seawater Flue Gas Desulfurization: Its Technical Implication and Performance Results,» *Environmental Progress*, vol. 22, № 1, pp 67-73.
14. Smoot L.D., Hill S.C., Xu H., (1998) «NOx control through reburning,» *Progress in Energy and Combustion Science*, т. 24, № 5, pp. 385-408.
15. Sihal I.Ia., Smikhula A.V., Dombrovska E.P., (2016, November), «Tekhnolohii ta dosvid provadzhennia metodiv znyzhennia utvorennia oksydiv azotu pry spaliuvanni hazu v kotlakh» [Technologies and experience of implementing methods of reducing the formation of nitrogen oxides during gas combustion in boilers], *Ukrainian-Polish Conference "The problems of air pollution and purification: control, monitoring, catalytic, photocatalytic and sorption methods of treatment"*. pp. 30-31.
16. Kryvda, O., & Shakhbazov, I. (2021, April). Otsinka ekonomichnosti vprovadzhennia zakhodiv zmenshennia vykydiv z dymovymy hazamy na TES Ukrainy [Evaluation of the cost-effectiveness of implementing measures to reduce emissions with flue gases at TPPs of Ukraine]. *II Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiia Biznes, innovatsii, menezhment: problemy ta perspektyvy* [II International scientific and practical conference Business, innovations, management: problems and prospects]. pp. 172-173.
17. Kryzhnyi, A. (2023, 29 April). Buduiemo novu krainu: yak Ukraina zaminiatyme stari y zruinovani elektrostantsii [Building a new country: how Ukraine will replace old and destroyed power plants.], *Novyny Ukrainy – UNIAN* [News of Ukraine – UNIAN], Retrieved from: <https://www.unian.ua/economics/energetics-buduyemo-novu-krajynu-yak-ukrajina-zaminyatime-stari-y-zruynovani-elektrostanciji-12237192.html>, (accessed 8 July 2023).