

# ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

ISSN 2522-4344 (Online), ISSN 1562-8965 (Print). The problems of general energy, 2020, 4(63): 50–57  
doi: <https://doi.org/10.15407/page2020.04.050>

УДК 504.620.9

**Н.В. ПАРАСЮК**, канд. техн. наук, ORCID: 0000-0002-8629-3507

**Т.П. НЕЧАЄВА**, канд. техн. наук, ORCID: 0000-0001-9154-4545

**М.В. ЛЕБІДЬ**, ORCID: 0000-0003-0994-4182

Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150, Україна

## ОЦІНКИ КОНТРОЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ ДЛЯ СИСТЕМИ ТОРГІВЛІ КВОТАМИ НА ВИКИДИ В УКРАЇНІ

*У статті представлено основні поняття та визначення, а також принципи підходу, застосованого до розробки контрольних показників викидів парникових газів. Надаються зведені дані про розраховані значення контрольних показників порівняно зі значеннями, які прийняті зараз у системі торгівлі квотами на викиди парникових газів Європейського Союзу. Наведено певні відмінності у побудові та застосуванні контрольних показників в Україні та ЄС, обумовлені структурою та станом економіки, а також особливостями охоплених системою торгівлі галузей. Зазначені певні обмеження, насамперед у наявності необхідних базових даних, які обумовлюють необхідність перерахунку та уточнення значень контрольних показників. У статті представлено результати та аналіз тестових розрахунків щодо вуглецевих обмежень для вугільних ТЕС України при запровадженні СТВ в електроенергетичному секторі України.*

*Ключові слова:* контрольні показники, квоти, електроенергія, тепла енергія, система торгівлі квотами на викиди парникових газів.

У системі торгівлі квотами на викиди (СТВ) парникових газів (ПГ) беруть участь оператори установок<sup>1</sup>, що відповідають певним чітко визначеним критеріям включення до СТВ. У діючій СТВ ЄС та перспективній СТВ України ці критерії визначаються як перелік видів діяльності та показники виробничої потужності установок. Наприклад, для установок для спалювання палива для включення до СТВ номінальна теплова потужність має перевищувати 20 МВт [1]. Включення до СТВ означає, що після закінчення звітної періоду (року) оператор повинен здати до Міндовкілля таку кількість одиниць квоти, що відповідає обсягу викидів ПГ від установки за звітний рік. Одиниці квоти можна придбати на державному аукціоні або в інших операторів-учасників СТВ напряму чи через біржу.

З метою підтримки операторів певна кількість одиниць квоти розподіляється між установками безкоштовно. Основним методом визначення безкоштовної квоти для кожної установки є застосування контрольних показників за формулою [2]:

*Виділена квота = контрольний показник · обсяг продукції · коефіцієнти корегування,*

де контрольний показник – це рівень питомих викидів ПГ, визначений як викиди ПГ на одиницю виробленої продукції (вимірною, наприклад, у тоннах) або на одиницю електричної чи теплової енергії; обсяг продукції – обсяг виробництва продукції або енергії (фактичний за звітний рік або середньорічний за минулі періоди, залежно від конструкції СТВ); коефіцієнти корегування – коефіцієнти, що визначаються конструкцією СТВ для врахування таких факторів, як ризик міграції виробництва («витоку вуглецю»)<sup>2</sup> до інших країн, наявність та величина загального ліміту на викиди ПГ або врахування передач енергоресурсів через межі установки.

<sup>1</sup>Установка – стаціонарний технічний об'єкт, на якому оператор проводить один або більше видів діяльності, а також іншу діяльність, яка має безпосередній технологічний зв'язок з видами діяльності, що проводяться на такому об'єкті, та може впливати на викиди парникових газів.

<sup>2</sup>Витік вуглецю – це перенесення виробництва продукції та викидів двоокису вуглецю або іншого ПГ з країни з певною кліматичною політикою до іншої країни, в якій кліматична політика відсутня або менш жорстка.

© Н.В. ПАРАСЮК, Т.П. НЕЧАЄВА, М.В. ЛЕБІДЬ, 2020

Від того, як визначається обсяг діяльності у формулі для розрахунку безкоштовної квоти, залежить гнучкість та ефективність СТВ. Наприклад, якщо він є фіксованою величиною, визначеною за результатами минулих періодів, оператори можуть опинитися в ситуації з суттєвим надлишком або нестачею безкоштовної квоти відносно фактичних викидів ПГ, залежно від динаміки фактичних обсягів виробництва. Фіксований розподіл безкоштовних квот на основі обсягів діяльності у минулому більше підходить для стабільної економіки, оскільки у випадку суттєвих змін в економіці він буде стримувати розширення виробництва через зростання цін на одиниці квоти або, при його скороченні – призводити до падіння цін та зменшення стимулів до обмеження викидів ПГ. Динамічний розподіл на основі фактичних обсягів виробництва є більш прийнятним для змінної економічної ситуації, але це вимагає щорічного перерахунку виділеної квоти.

Використання контрольних показників для розподілу безкоштовних квот у СТВ дає сигнал операторам установок щодо рівнів ефективності певного виду діяльності. Визначення поточних питомих викидів установки або середніх для галузі та порівняння їх зі значенням контрольного показника дає чітку довгострокову перспективу скорочення викидів ПГ, якого могли б досягти установки-учасники СТВ чи галузь у цілому. Мотивація залежить від того, чи буде фактична або прогнозована ціна на одиниці квоти вища за вартість інвестицій для скорочення викидів ПГ.

У випадку, якщо на установці певний вид діяльності не охоплений контрольним показником для продукції або енергії, для розрахунку обсягу квот слід застосувати альтернативні контрольні показники. Альтернативні контрольні показники — це контрольні показники викидів від споживання палива та від технологічних процесів. Їх слід застосовувати відповідно до такої ієрархії: використання контрольних показників для виробництва теплоенергії/електроенергії як кращого варіанту, де це можливо, потім використання контрольного показника для палива, якщо відсутнє вимірювання теплоенергії/електроенергії, і, нарешті, контрольні показники викидів ПГ від технологічних процесів, якщо відсутнє спалювання палива.

Для забезпечення максимальної ефективності зменшення питомих викидів ПГ протягом усьо-

го виробничого процесу доцільно за можливості розробити контрольні показники для кожного виду продукції.

Розробка підходів до визначення контрольних показників викидів ПГ та їх попередніх значень для введення СТВ в Україні була виконана експертною групою в рамках проекту Світового Банку «Партнерство заради ринкової готовності в Україні» (PMR) [2].

Перелік видів діяльності для включення в систему МЗВ<sup>3</sup> та, в перспективі, у СТВ, а також види продукції, для яких мають бути розроблені контрольні показники, визначаються на основі відносної величини внеску цих видів діяльності та продукції у загальні викиди ПГ в країні. Для кожної установки, що включена до СТВ, питоми викиди CO<sub>2</sub> визначаються як середнє за п'ять років значення відношення викидів CO<sub>2</sub> (у тоннах) до обсягів виробництва продукції.

Викиди ПГ від кожної установки розраховуються як сума двох складових – викиди від технологічних (промислових) процесів та викиди від спалювання викопного палива [3]. Для розрахунку викидів ПГ від технологічних процесів<sup>4</sup> використовуються різні методики залежно від виду продукції та наявності даних. За достатніх даних перевага надається методу балансу мас вуглецю, який враховує вхідні та вихідні матеріальні потоки<sup>5</sup>, окрім матеріалів, визначених як «паливо», оскільки такі викиди враховуються як викиди від спалювання палива. За недостатніх даних, підхід переважно базується на Керівництві МГЕЗК щодо проведення національних інвентаризацій ПГ (IPCC, 2006) [4]. Методики моніторингу викидів ПГ наведені у «Методичних рекомендаціях з оцінки викидів ПГ за видами діяльності установок», які будуть затверджені наказом Міндовкілля та наразі розташовані на сайті Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [5].

Основною метою даної статті є викладення основних принципів підходу, застосованого до розробки контрольних показників викидів парникових газів, та оцінка запровадження безкоштовного розподілу квот на викиди CO<sub>2</sub> на підставі отриманих в рамках проекту PMR контрольних показників для електроенергії на функціонування ТЕС України в умовах запровадження СТВ, зокрема щодо нестачі або надлишку квот та необ-

<sup>3</sup> Система моніторингу, звітності та верифікації викидів ПГ. Чинна в Україні з 1 січня 2021 р. згідно Закону України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» від 12.12.2019 р.

<sup>4</sup> Викиди ПГ, крім викидів від спалювання, що відбуваються в результаті навмисних чи ненавмисних реакцій між речовинами або їх перетворення, у тому числі хімічного або електролітичного перетворення металевих руд, термічного розкладання речовин, а також утворення речовин для використання в якості продукції або сировини.

<sup>5</sup> Матеріальний потік – це: а) конкретний вид палива, сировини або продукції, в результаті споживання або виробництва яких викидаються ПГ або б) конкретний вид палива, сировини або продукції, що містить вуглець і включений в розрахунки викидів ПГ із використанням методики балансу мас.

хідності проведення технічного переоснащення енергоблоків ТЕС.

Для розрахунку викидів ПГ від спалювання палива застосовується єдина методика для всіх видів викопного палива, а також альтернативного палива<sup>6</sup> на установці (за винятком спалювання небезпечних або побутових відходів), а також викиди CO<sub>2</sub> від процесів очищення відхідного газу, наприклад, видалення діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>). Згідно зі стандартною методикою, яка буде затверджена наказом Міндовкільля [6], розраховуються викиди CO<sub>2</sub> на основі даних про діяльність установки (наприклад, обсяги спожитого палива), виражених в тераджоулях на основі нижчої теплотворної здатності (НТЗ), помножених на відповідний коефіцієнт викидів (КВ) CO<sub>2</sub> та відповідний коефіцієнт окислення (КО). Коефіцієнт окислення використовується для корегування кількості викидів CO<sub>2</sub> у разі неповних хімічних реакцій під час спалювання, тобто для врахування вуглецю, що міститься в золі або шлаках.

Як зазначено у Звіті про методи розподілу квот (задача 3 проекту PMR) [3], кращим методом розробки контрольних показників для продукції, електроенергії та теплоенергії є використання фактичних даних установок для побудови кривих порівняння питомих викидів аналогічних установок.

Альтернативний контрольний показник для палива визначається, виходячи зі структури споживання палива в енергетичних та промислових галузях, які планується включити до національної СТВ. Також враховується можливість стимулювати споживачів до переходу на паливо з меншими питомими викидами ПГ.

Виробництво електроенергії в рамках майбутньої української СТВ здійснюється трьома типами установок: теплові електростанції (ТЕС), під'єднанні до Об'єднаної енергосистеми України (ОЕС), теплоелектроцентралі (ТЕЦ) та промислові установки, що виробляють електроенергію для власного споживання. Також електроенергія виробляється на гідроелектростанціях (ГЕС), атомних станціях (АЕС) та електростанціях на відновлюваних джерелах енергії (ВДЕ), які не викидають CO<sub>2</sub>. За умови жорсткої інтерпретації принципу «один вид продукції – один контрольний показник», ці установки теж мають враховуватися при розрахунку контрольного показника, в результаті чого, швидше за все, він би дорівнював нулю для цих типів генерації. Імовірно, що застосування такого контрольного показника не буде політично прийнятним в Україні найближчим часом, оскільки наявні потужності

джерел енергії, які не використовують викопне паливо, не можуть повністю задовольнити попит на електроенергію в Україні. Таким чином, під час розробки контрольного показника для електроенергії повинно бути враховано тільки ті типи установок, які будуть включені до СТВ.

Згідно з даними Національного кадастру викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990–2018 рр. [7] серед 14 ТЕС України 7 призначено для спалювання бітуминозного вугілля (Зуївська, Вуглегірська, Запорізька, Курахівська, Ладижинська, Добротвірська, Бурштинська), 6 – для спалювання низькорекційного вугілля (Трипільська, Зміївська, Придніпровська, Старобешівська, Слов'янська, Луганська), Криворізька ТЕС призначена для спалювання антрацитів класу А та пісного вугілля. Дві ТЕС – Зуївська та Старобешівська – знаходяться на тимчасово неконтрольованих територіях і в ОЕС України не працюють. Також в Україні експлуатується 44 ТЕЦ, що постачають електроенергію у загальну мережу, і близько 100 промислових ТЕЦ, теплова потужність на вході яких перевищує 20 МВт, тобто вони будуть включені до СТВ.

У табл. 1 наведені попередні значення контрольних показників для електроенергії [2]. Порівняти ці значення зі значенням контрольного показника в ЄС СТВ неможливо, тому що контрольний показник для електроенергії в ЄС немає і безкоштовна квота на її виробництво не надається, а також немає диференціації контрольних показників за технологіями та за видами спожитого палива. Слід зазначити, що наведені у табл. 1 значення є лише орієнтовними і потребують подальшого перерахунку і уточнення, оскільки базуються на неверифікованих обсягах викидів ПГ від установок, які, до того ж, звичайно не охоплюють всіх установок відповідної галузі. Надійні, верифіковані дані для уточнення контрольних показників очікується отримати за результатами роботи системи МЗВ в Україні.

**Таблиця 1.** Попередні значення контрольних показників в електроенергетиці, т CO<sub>2</sub>/МВт·год [2]

Вид продукції	Значення контрольного показника в Україні
Електроенергія, включаючи:	1,03
ТЕС	1,09
ТЕЦ	0,62
на вугіллі	1,09
на природному газі	0,46

<sup>6</sup>Термін «альтернативні види палива» вживається в значенні, наведеному в Законі України «Про альтернативні види палива».

Контрольний показник для споживання палива визначено на рівні 55,66 т CO<sub>2</sub>/ТДж через середні питомі викиди для природного газу в Україні за 2012–2016 рр. за даними Національного кадастру викидів ПГ (2018 р.).

Як у розрахунку контрольних показників, так і в розподілі квот необхідно враховувати потоки енергетичних ресурсів крізь межі установки. До них включаються електрична та теплова енергія, а також супутні технологічні гази (коксівий, доменний та інші). У продукції, для якої визначається контрольний показник, споживання палива або електроенергії може бути взаємозамінним (наприклад, теплова енергія може вироблятися в печі або за рахунок електроенергії; компресор може приводитися в дію електроенергією або спалювання палива). Тому для визначення контрольного показника у межі процесу включають непрямі викиди ПГ, пов'язані з виробництвом електроенергії.

З іншого боку, може знадобитися коригування розрахованих за контрольними показниками квот для забезпечення коректного врахування непрямих викидів ПГ та для уникнення подвійного нарахування квот на ті самі викиди ПГ. Правила розподілу квот базуються на припущенні, що буде запроваджена СТВ з динамічним розподілом квот на основі фактичних обсягів виробництва. Оптимальний підхід був би

іншим у разі застосування фіксованого розподілу обсягу квот на весь період зобов'язань СТВ на основі контрольних показників та обсягів виробництва за минулі роки.

У табл. 2 зведені правила розрахунку контрольних показників та розподілу квот для різних типів виробника та споживача при наявності імпорту та експорту електроенергії крізь межі установки. У випадку взаємозамінності електроенергії та палива здійснюється коригування при розподілі квот виробникам продукції – віднімаються непрямі викиди ПГ, пов'язані зі споживанням електроенергії. Це робиться, щоб уникнути подвійної видачі квот, оскільки квота на ці викиди ПГ буде надана виробнику електроенергії через контрольний показник для виробництва електроенергії. Також такий підхід забезпечує однакові умови для установок, що використовують електроенергію з мережі, і тих, що забезпечують свої виробничі процеси самостійно з використанням палива.

Розподіл квот для теплової або електричної енергії, виробленої ТЕЦ, є таким самим, як і для теплової або електричної енергії, виробленої котельними або ТЕС, або промисловими установками.

Розподіл безкоштовних квот оцінюється для кожного з варіантів шляхом множення відповідних контрольних показників на медіану об-

**Таблиця 2.** Правила врахування потоків електроенергії при розрахунку контрольних показників та розподілі квот

Установка	Контрольний показник (що включається до розрахунку)	Квота
<b>Виробник електроенергії:</b>		
в СТВ	прямі викиди від виробництва електроенергії	на основі контрольного показника для електроенергії
поза СТВ	не розраховується	не надається
<b>Споживач електроенергії:</b>		
виробник продукції, яка має контрольний показник, з взаємозамінністю електроенергії та палива	прямі викиди від виробництва продукції плюс непрямі викиди від спожитої електроенергії*	на основі контрольного показника для даного виду продукції з коригуванням на відношення прямих викидів до суми прямих і непрямих викидів
виробник продукції, яка має контрольний показник, без взаємозамінності електроенергії та палива	прямі викиди від виробництва продукції	на основі контрольного показника для даного виду продукції
виробник продукції, яка не має контрольного показника, установка в СТВ	не розраховується	на основі контрольного показника для палива або технологічних процесів
поза СТВ	не розраховується	не надається

\* Непрямі викиди визначаються за середнім коефіцієнтом викидів для виробництва електроенергії, що отримується з енергосистеми (0,56 т CO<sub>2</sub>/МВт·год). Для його розрахунку показники виробництва електроенергії були отримані з Всесвітньої бази даних енергетичних балансів Міжнародного енергетичного агентства (2018), а загальні викиди CO<sub>2</sub> від виробництва електроенергії – з Національного кадастру викидів ПГ (2018). Викиди CO<sub>2</sub> від ТЕЦ, що відносяться до виробництва електроенергії, оцінені на основі відношення у відсотках виробленої електричної енергії до сукупного виробництва електричної та теплової енергії за даними Всесвітньої бази даних енергетичних балансів (2018).

сягу виробництва кожної установки протягом певного періоду (не менш 5 років). Нестача або надлишок квоти визначається як різниця між квотою та фактичними викидами кожної установки у відповідному році. Для оцінки витрат отримані значення нестачі або надлишку квоти множаться на орієнтовну ціну одиниці квоти.

Для кожної установки нестача або надлишок квоти перераховуються у витрати в гривнях на тонну продукції, а також оцінюється середня ціна одиниці її продукції (тонни або мегават-години електричної чи теплової енергії). Після цього розраховується співвідношення отриманого значення витрат до середньої ціни товару у відсотках.

Якщо більша кількість установок отримає надлишок квоти, результатом буде збільшення пропозиції на ринку, і, отже, це може призвести до зниження ціни одиниці квоти на  $\text{CO}_2$ . У результаті буде менший стимул до скорочення викидів  $\text{CO}_2$ . І, навпаки, якщо у компаній буде нестача квот, відбудеться загальне зростання попиту на ринку, підвищення цін, та з'явиться більший стимул до скорочення викидів.

Згідно Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів [6] моніторинг викидів парникових газів від установки здійснюється оператором з використанням методики на основі розрахунків або методики на основі неперервних вимірювань.

Для організації постійних неперервних вимірювань концентрацій та об'ємної витрати димових газів потрібно використовувати вимірювальне обладнання, якого на більшості ТЕС України ще не встановлено.

Згідно із стандартною методикою оператор розраховує викиди парникових газів від спалювання для кожного матеріального потоку шляхом множення даних про діяльність, пов'язаних із обсягом палива, що спалюється, виражених у тераджоулях, на основі нижчої теплотворної здатності, на коефіцієнт викидів парникових газів, виражений у тоннах  $\text{CO}_2$  на тераджоуль, та на коефіцієнт окислення, що застосовується до того ж рівня точності, що і для коефіцієнта викидів парникових газів.

Вугільна продукція, що постачається на ТЕС України, супроводжується тільки технічним аналізом з характеристиками палива, які не дають можливості безпосередньо розрахувати специфічний показник викиду вуглецю в реальних умовах (за стандартною методикою). Тому у роботі [8] представлено розроблений науковцями Інституту вугільних енерготехнологій НАН України метод розрахунку коефіцієнтів викидів  $\text{CO}_2$ , що утворюються при спалюванні вугілля

на ТЕС, за даними технічного аналізу вугілля з урахуванням нижчої теплоти згоряння вугілля та втрат теплоти через механічний недопал. За цим методом розраховано специфічні коефіцієнти викидів  $\text{CO}_2$  для ТЕС генеруючих компаній за фактичними показниками споживання вугілля у 2017–2018 рр.

Оцінки запровадження безкоштовного розподілу квот на викиди  $\text{CO}_2$  при виробництві електроенергії на вугільних ТЕС України при запровадженні СТВ з використанням попередньо визначеного контрольного показника викидів  $1,09 \text{ т CO}_2/\text{МВт}\cdot\text{год}$  проведено за фактичними показниками їх функціонування у 2018 р., наведеними у [9], та специфічних коефіцієнтів викидів  $\text{CO}_2$  [8] (табл. 3). Відповідно до обсягу визначених безкоштовних квот для кожної ТЕС обраховано надлишок або нестача квот для покриття її річного обсягу викидів та вартості закупівлі при необхідності додаткових квот. Плату за дозволи на обсяги викидів, що перевищили обсяги безкоштовного розподілу квот, прийнято на рівні 30 дол. США/т  $\text{CO}_2$ , що відповідає поточним значенням вартості квот на викиди у європейській СТВ. Аналогічні розрахунки було проведено за умови технічного переоснащення енергоблоків ТЕС з підвищенням їх ефективності. Технічне переоснащення передбачає маловитратну реконструкцію котельного та турбінного обладнання зі збільшенням ККД енергоблоку на 2–3%. Орієнтовні витрати на такі заходи – 210 тис. дол. США/МВт для енергоблоку 300 МВт та 250 тис. дол. США/МВт для енергоблоку 200 МВт [10]. На даний час технічне переоснащення і реконструкцію проведено на 20 енергоблоках ТЕС, оцінки таких заходів проведено для 37 енергоблоків. У розрахунках було зроблено припущення щодо використання виключно вугілля при виробництві електроенергії. У загальному споживанні палива на вугільних енергоблоках ТЕС частка вугілля склала 98,2 і 98,3% у 2017 і 2018 роках [8], при цьому розраховані викиди  $\text{CO}_2$  від споживання природного газу та мазуту незначні.

Для порівняння отриманих оцінок на основі попередньо визначеного контрольного показника викидів для вугільних ТЕС з європейським рівнем було проведено аналогічні розрахунки обсягів безкоштовного розподілу квот для цих ТЕС за результатами їх діяльності у 2018 р. з використанням європейського контрольного показника викидів (табл. 4). У СТВ ЄС безкоштовні квоти можуть надаватися для виробництва електроенергії лише за певних умов, що стосуються необхідності модернізації енергетичної системи. Контрольним показником за замовчу-

**Таблиця 3.** Оцінки квот на викиди CO<sub>2</sub> для ТЕС України на основі фактичних даних 2018 р. з використанням попередньо визначеного контрольного показника 1,09 т CO<sub>2</sub>/МВт·год

Компанія, ТЕС	Відпуск електроенергії, тис. МВт·год	Питомі витрати палива на відпущену електроенергію, кг уп/МВт·год		Викиди CO <sub>2</sub> , тис.т		Обсяг безкоштовних квот, тис.т	Нестача / надлишок (-) квот, тис.т		Витрати за покупку квот, млн дол. США	
		факт	після переоснащення*	факт	після переоснащення		факт	після переоснащення	факт	після переоснащення
<b>ДОНБАСЕНЕРГО</b>										
Слов'янська	3145,6	407,4	376,2	3686,8	3404,8	3428,7	258,1	-23,9	7,7	0,0
<b>ЦЕНТРЕНЕРГО</b>										
Вуглегірська	3935,3	389,7	355,9	4205,5	3840,4	4289,4	-84,0	-449,0	0,0	0,0
Трипільська	2008,2	421,7	382,4	2335,5	2117,7	2189,0	146,5	-71,3	4,4	0,0
Зміївська	1883,8	420	387,0	2173,7	2002,7	2053,3	120,4	-50,6	3,6	0,0
<b>ДНІПРОЕНЕРГО</b>										
Криворізька	2244,1	422,5	389,1	2532,5	2332,2	2446,0	86,5	-113,8	2,6	0,0
Придніпровська	1521,8	409,7	390,2	1718,0	1636,2	1658,7	59,2	-22,5	1,8	0,0
Запорізька	5913,6	349,8	331,0	5682,5	5376,7	6445,8	-763,3	-1069,2	0,0	0,0
<b>ЗАХІДЕНЕРГО</b>										
Бурштинська	8771,7	428,2	406,9	10238,5	9730,3	9561,1	677,3	169,2	20,3	5,1
Добротвірська	2270,0	410,3	390,7	2528,6	2408,1	2474,3	54,3	-66,2	1,6	0,0
Ладизинська	3613,8	397,5	362,4	3944,1	3595,5	3939,0	5,1	-343,5	0,2	0,0
<b>СХІДЕНЕРГО</b>										
Курахівська	5798,6	405,1	398,5	6389,9	6286,3	6320,5	69,3	-34,2	2,1	0,0
Луганська	2002,1	438,5	409,3	2492,7	2326,8	2182,2	310,4	144,5	9,3	4,3
<b>Разом</b>	<b>43108,5</b>			<b>47928,0</b>	<b>45057,8</b>	<b>46988,2</b>	<b>939,8</b>	<b>-1930,4</b>	<b>53,6</b>	<b>9,4</b>

\* Визначення питомих викидів для ТЕС після переоснащення енергоблоків враховує як підвищення їх ККД, так і вже проведені реконструкції енергоблоків, що входять до складу цих ТЕС.

ванням, який може бути застосований у таких випадках, є 0,6408 т CO<sub>2</sub>/МВт·год виробленої електроенергії, який є єдиним як для вугільної, так і для газової генерації.

Проведені оцінки показали, що при використанні попередньо визначеного контрольного показника викидів для вугільних ТЕС України практично тільки 2 ТЕС за фактичними даними їх роботи у 2018 р. можуть працювати без купівлі додаткових квот на викиди. Це Вуглегірська та Запорізька ТЕС, які мали найнижчі фактичні питомі витрати палива на відпущену електроенергію і споживають вугілля газової групи з меншими питомими викидами CO<sub>2</sub>, порівняно з низькорекційним антрацитовим вугіллем. У разі підвищення економічності роботи енергоблоків за рахунок маловитратної реконструкції при даному значенні контрольного показника, навпаки, тільки 2 ТЕС будуть

змушені купувати квоти на викиди. Це Бурштинська та Луганська ТЕС з найвищими фактичними питомими витратами палива на відпущену електроенергію.

Оцінка загальних витрат ТЕС на покупку додаткових квот на викиди CO<sub>2</sub> відповідно до фактичних даних 2018 р. складає 53,6 млн дол. США. При цьому оцінка витрат на переоснащення 37 енергоблоків ТЕС склала 2,1 млрд дол. США. Отже, безкоштовний розподіл квот з використанням попередньо визначеного показника викидів для вугільних ТЕС дозволить їх роботу у СТВ за умови докупівлі квот на ринку без проведення масштабних заходів з модернізації устаткування.

Застосування більш жорстких обмежень на безкоштовний розподіл квот з використанням контрольних показників, наприклад, на рівні СТВ ЄС – 0,6408 т CO<sub>2</sub>/МВт·год, приводить до значно гірших умов функціонування ТЕС на

**Таблиця 4.** Оцінки розподілу квот на викиди CO<sub>2</sub> для ТЕС України на основі фактичних даних їх діяльності у 2018 р. з використанням контрольного показника СТВ ЄС 0,6408 т CO<sub>2</sub>/МВт·год

Компанія, ТЕС	Обсяг безкоштовних квот, тис.т	Нестача / надлишок (-) квот, тис.т		Витрати за покупку квот, млн дол. США	
		факт	після переоснащення	факт	після переоснащення
<b>ДОНБАСЕНЕРГО</b>					
Слов'янська	2015,7	1671,1	1389,1	50,1	41,7
<b>ЦЕНТРЕНЕРГО</b>					
Вуглегірська	2521,7	1683,8	1318,7	50,5	39,6
Трипільська	1286,9	1048,6	830,8	31,5	24,9
Зміївська	1207,1	966,6	795,6	29,0	23,9
<b>ДНІПРОЕНЕРГО</b>					
Криворізька	1438,0	1094,5	894,2	32,8	26,8
Придніпровська	975,1	742,8	661,1	22,3	19,8
Запорізька	3789,4	1893,1	1587,2	56,8	47,6
<b>ЗАХІДЕНЕРГО</b>					
Бурштинська	5620,9	4617,6	4109,4	138,5	123,3
Добротвірська	1454,6	1074,0	953,5	32,2	28,6
Ладизинська	2315,7	1628,4	1279,8	48,9	38,4
<b>СХІДЕНЕРГО</b>					
Курахівська	3715,8	2674,1	2570,6	80,2	77,1
Луганська	1282,9	1209,8	1043,9	36,3	31,3
<b>Разом</b>	<b>27623,9</b>	<b>20304,1</b>	<b>17433,9</b>	<b>609,1</b>	<b>523,0</b>

ринку СТВ. Навіть після переоснащення жодна ТЕС значно перевищує свій дозволений обсяг викидів CO<sub>2</sub>, отже, необхідні значно більші кошти на придбання додаткових квот або на більш витратне переоснащення енергоблоків з підвищеним рівнем ефективності.

Тенденції розвитку генеруючих потужностей ОЕС України останніх років свідчать про стрімке впровадження нових потужностей на відновлюваних джерелах енергії, що обумовлено як удосконаленням та здешевленням таких технологій, так і значною державною підтримкою, що робить їх функціонування високорентабельним. Генеруюча компанія ДТЕК Енерго, яка володіє переважно більшістю вітчизняних ТЕС, у 2018–2019 рр. основні інвестиції у розвиток власної генерації спрямовувала на будівництво сонячних та вітроелектростанцій. Так, у 2018 р. у розвиток ВДЕ компанія вклала 9,6 млрд грн. інвестицій порівняно з 1,4 млрд грн. на традиційну генерацію. У 2019 р. інвестування у ВДЕ збільшилося до майже 11 млрд грн. з одночасним скороченням до 1,1 млрд грн. у теплову енергетику. Для ТЕС кошти спрямовувалися на капремонт та пе-

реобладнання антрацитових блоків на спалювання вугілля газової групи [11]. Водночас протягом останніх років компанією ДТЕК Енерго було знято з експлуатації 7 вугільних енергоблоків та 1 газомазутний енергоблок ТЕС.

Маловитратна реконструкція вугільних енергоблоків, проведена в основному протягом 2010–2017 рр. за рахунок інвестиційної надбавки до тарифу, продовжила експлуатаційний ресурс енергоблоків ТЕС на 15–20 років. Після впровадження нового ринку електричної енергії фінансування таких заходів було припинено, і наразі проводиться пошук джерел інвестування. Тому до часу впровадження національної СТВ частина енергоблоків ТЕС без реконструкції перейде між фізичного зносу і буде виведена з експлуатації, в тому числі в рамках виконання Національного плану скорочення викидів (НПСВ).

Таким чином, результати розрахунків показують, що, враховуючи стан основного генеруючого обладнання ТЕС, їх використання як маневрених потужностей в ОЕС, особливо при зростанні частки негарантованих потужностей

ВДЕ, що приводить до прискороного зносу та перевитрат палива, запровадження СТВ збільшить витрати ТЕС на закупівлю додаткових квот, що знизить їх конкурентоздатність на ринку електроенергії.

## ВИСНОВКИ

Для визначення контрольних показників і розподілу квот основним є збір базових даних від установок в рамках системи МЗВ. Необхідно забезпечити охоплення системою МЗВ всіх установок, які мають бути включені до майбутньої СТВ; включити у звітність дані не лише для установки в цілому, а й на рівні підустановок.

Проведені оцінки щодо запровадження СТВ в електроенергетиці України показали, що за поточного стану генеруючого обладнання ТЕС і умов їх функціонування в енергосистемі при безкоштовному розподілі квот з використанням попередньо визначеного для вугільних ТЕС контрольного показника викидів майже всім станціям необхідно буде купувати додаткові вуглецеві одиниці.

Проведення маловитратної реконструкції обладнання ТЕС з підвищенням ККД енергоблоків на 2–3% в цілому забезпечить неперевищення безкоштовного обсягу дозволених викидів. Але це потребує значних коштів порівняно з витратами на закупівлю додаткових квот, що при невизначеності джерел надходження інвестицій не спонукає генеруючі компанії до впровадження таких заходів, і відповідного очікуваного скорочення викидів діоксиду вуглецю не відбудеться. Крім того, поточний стан впровадження заходів для виконання НПСВ свідчить про те, що найближчим часом широкомасштабної реконструкції енергоблоків ТЕС в Україні не очікується, що обумовлює погіршення показників їх функціонування, в тому числі і щодо викидів ПГ.

1. Про затвердження переліку видів діяльності, викиди парникових газів в результаті провадження яких підлягають моніторингу, звітності та верифікації: Постанова Кабінету Міністрів України від 23 вересня 2020 р. № 880. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/880-2020-%D0%BF#Text> (дата звернення: 10.10.2020).

2. Партнерство заради ринкової готовності в Україні (PMR). Пілотні проекти з моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів і розробка контрольних показників для системи торгівлі квотами на викиди парникових газів. Завдання 4. Відповідні контрольні показники для потенційних видів діяльності системи торгівлі квотами на викиди ПГ: звіт про розрахунок контрольних показників. – Лютий 2020 р.: URL: <https://www.thepmr.org/content/technical-work-program-0> (дата звернення: 10.08.2020).

3. A Guide to Greenhouse Gas Benchmarking for Climate Policy Instruments. 14 April 2017. URL: [https://newclimate.org/wp-content/uploads/2017/05/pmr-technicalnote-benchmark\\_web.pdf](https://newclimate.org/wp-content/uploads/2017/05/pmr-technicalnote-benchmark_web.pdf) (дата звернення: 10.08.2020).

4. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (дата звернення: 10.08.2020).

5. Методичні рекомендації з оцінки викидів парникових газів за видами діяльності установок. URL: <https://tinyurl.com/y4ejzyln> (дата звернення: 10.08.2020).

6. Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів: Постанова Кабінету Міністрів України від 23 вересня 2020 р. № 960: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D0%BF#Text> (дата звернення: 10.10.2020).

7. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory, Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 1990–2018. URL: <https://unfccc.int/documents/228016> (дата звернення: 10.08.2020).

8. Вольчин І.А., Гапонич Л.С. Викиди парникових газів на українських теплових електростанціях. *Енерготехнології та ресурсосбереження*. 2019. № 4. С. 3–12. <https://doi.org/10.33070/etars.4.2019.01>

9. Вольчин І.А., Гапонич Л.С. Оцінка викидів забруднюючих речовин на теплових електростанціях України. *Проблеми загальної енергетики*. 2019. Вип. 4(59). С. 45–53. <https://doi.org/10.15407/pge2019.04.045>

10. Левин М.М., Бабичев Л.А., Гуля О.М. Техническое переоснащение угольных энергоблоков 150–300 МВт. *Енергетика та електрифікація*. 2013. № 3. С. 61–75.

11. Інтегрований звіт 2019. ДТЕК. URL: [https://dtek.com/content/announces/dtek\\_integrovaniy-zvit-2019\\_pdf\\_s194\\_t3225.pdf](https://dtek.com/content/announces/dtek_integrovaniy-zvit-2019_pdf_s194_t3225.pdf).04.045 (дата звернення: 20.09.2020).

*Надійшла до редколегії: 15.10.2020*