

УДК: 621.182—693.1

Ісаєв С. Д., Тітов І. Л.

## ТЕПЛОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ І ДОВКІЛЛЯ

*Проаналізовано характер впливу теплових електростанцій на навколишнє середовище, беручи до уваги сучасний екологічний та економічний стан України. На основі загальних висновків розроблено конкретні рекомендації для Трипільської ДРЕС.*

В останні роки при обговоренні безпечних для оточуючого середовища джерел енергопостачання загальна увага прикута до обговорення проблеми атомних електростанцій. В популярній пресі як альтернатива їм пропонується будівництво вітрових електростанцій, розвиток технологій безпосереднього перетворення енергії Сонця на електричну тощо. Але якось у тіні залишилися теплові електростанції. Якщо про них і згадують, то тільки у випадку затримок у постачанні палива. Спробуємо розібратись у загальних проблемах впливу теплової електростанції на довкілля і на сучасну ситуацію в Україні.

Так, за даними преси атомна енергетика виїшла чи не на перше місце по внеску в загальне виробництво електроенергії в Україні. Але фактично з цього ніхто не радіє. Для одних це загроза можливим другим Чорнобилем, для інших — реальна економічна і політична залежність від Росії, після того як закінчився термін безоплатних поставок ядерного палива для АЕС у компенсацію переданих ракет. Тим більше, що про заснування свого власного виробництва уранових стержнів для АЕС в Україні (а уран свій маємо!) згадується лише вряди-годи, вельми неохоче і якось невпевнено. Спеціалістам відомо, що т. зв. альтернативні джерела енергії у найближчому майбутньому навряд чи дадуть суттєвий внесок у загальне виробництво електроенергії. Залишаються традиційні теплові електростанції.

Хоч би як нам хотілося почати з екології, обставини примушують спочатку зачепити питання забезпеченості паливом. Більшість ТЕС в Україні спроектована та побудована в період екстенсивного розвитку промисловості, орієнтованої на військову продукцію, та буму розробки нафтогазових родовищ Західного Сибіру. При цьому навряд чи екологічні причини грали домінуючу роль у переорієнтації електростанцій на газ, скоріше рухав виграв у часі при спро-

щенні процесу. Донбаське вугілля, що коксується, завжди знаходило свого споживача, так що електростанції на вугіллі залишилися для переробки низькосортного палива, що добувалось у нашому регіоні.

Теплові електростанції, що працюють на різних типах палива, варто розглянути окремо, що ми й зробимо пізніше, а зараз обговоримо негативні фактори, які притаманні ТЕС, що працюють в Україні, незважаючи на тип використовуваного палива. На існуючих ТЕС на електроенергію перетворюється максимум 40 % тепла, яке виділяється при спаленні вугілля, нафти чи газу. Решта понад 60 % тепла частково викидається з продуктами спалення через димар, але головна частина тепла втрачається з водою охолодження, яка має на 8—12 °С вищу температуру, ніж вода у природних водоймах. Про теплове забруднення, що спричиняє до загального потепління, реально заговорили тільки зараз. Але й без врахування цього ефекту турбот вистачає. Прямочне охолодження із скиданням теплої води в річку зараз практично не застосовується. Нині діюча у нас система оборотного водопостачання передбачає використання ставків-охолоджувачів. Для їх створення намагаються використовувати непридатні для сільського господарства ділянки, але завжди це можливо. Другий негативний момент — значне туманоутворення та загальне підвищення вологості у районі охолоджувачів. Використання тепла води охолодження ТЕС не тільки можливо, а й доцільно. Єдиний вид такої діяльності, який у нас набув популярності, це створення рибних господарств. Маємо приклади високої продуктивності при застосуванні індустріальних методів виборозведення та відгодівлі. На Трипільській ГРЕС під Києвом саме таким чином здійснюється охолодження оборотної води — у ставку, при якому працює невелике рибгосподарство.

Ринкові механізми, коли вони запрацюють, мають значною мірою стимулювати такі й інші форми використання тепла вод охолодження ТЕС. За кордоном, де земля має ціну, віддають перевагу влаштуванню градирень для охолодження води. За умови безплатної землі ми вважали такий тип охолоджувачів менш доцільним, тепер, можливо, нам доведеться переглянути деякі свої висновки.

Трипільська державна районна електростанція може бути зручним прикладом, оскільки вона обладнана блоками, котрі працюють як на вугіллі, так і на мазуті. Чотири блоки пиловугільні: УГ-4-50 (1, 2) та УГ2-4-53-01 (3, 4), а також два газо-мазутні: ТПП-210 (5, 6). Вугілля належить до “найнебезпечніших” видів палива. Його спалення супроводжується цілим букетом відходів.

Тверді відходи. Шлак та зола. Для найбільш поширеного типу рідкого шлаковидалення лише 15—30 % твердих відходів потрапляє до шлаку, решта у вигляді золи транспортується разом з димовими газами.

Видалення золи з димових газів вимагає значних зусиль. Найдешевіший метод із застосуванням циклонів, по-перше, не дає потрібної ефективності (максимально до 85—90 %), а по-друге, він пов’язаний із швидким абразивним зносом обладнання. Перехід на мокрі методи очищення, хоча й збільшує ефективність до 95—97 %, але додає проблем з регенерації чистої води. Найефективнішим методом видалення золи виявились електрофільтри, які дозволяють працювати з ефективністю очистки 95—97 %. Такі фільтри, хоч вони й громіздкі, самі, або у комплексі із мокрими циклонами, встановлюються на нових сучасних ТЕС.

Загальні об’єми відходів золи та шлаку надто великі: на ТЕС в СРСР у 1990 році їх утворювалось понад 100 млн т. Лише в Україні обсяг золошлаковідвалів перевищує 200 млн т [1]. Зростання запасів золи та шлаків у відвалах примусило активно шукати їм застосування. Промисловість досить швидко зорієнтувалась на шлаки як сировину, що використовується для виготовлення різноманітних будівельних матеріалів (від шлаковати до готових панельних елементів). Технологічно це зручно було робити безпосередньо з шлакових розплавів, які стікають з топкового устрою, або відокремити виробництво, долучивши до спрацювання ще й золу. Лише після Чорнобильської аварії з’ясувалось, що такі матеріали мають підвищену радіоактивність.

Але ж і досягнута на той момент доля спрацювання золошлаковідвалів (близько 10 %) не могла нас задовольнити. Очевидний вихід із становища полягає у максимальному розширенні застосування золошлаків як наповнювачів бе-

тонних сумішей при будівництві дамб, фундаментів, інших технічних споруд, при вапнуванні кислих ґрунтів тощо. А от застосування у житловому будівництві має бути взято під жорсткий радіаційний контроль. Все це стосується також нових технологій виготовлення клінкеру з додаванням золошлаків.

Для вловлювання золи на Трипільській ДРЕС використовуються електрофільтри, які складаються з встановлених у загальному корпусі однотипних систем електродів, що коронують та осаджують, з механізмами струшування. На електрофільтр спрямовується постійний струм напругою 80 000 В, висота електрофільтра — 8 м, швидкість руху газів — 2 м/с. Золошлаковидалення гідравлічне зі зворотним водопостачанням. Зола та шлак потрапляють на трьохсекційний золовідвал загальною площею 125 га та ємністю 16,72 млн м<sup>3</sup>, який нині цілком заповнений. У шлаку міститься багато горючих речовин (8—21 %). Вихід шлаку на рік — 149 тис. т, золи — 808 тис. т. Брудні води спрямовуються до озер, де вони освітлюються і знов використовуються (замкнений контур). Тепла вода з конденсаторів поступає у водосховище, де використовується у рибному господарстві.

Проектний коефіцієнт корисної дії системи золовловлювання на Трипільській ДРЕС становить 97—98,5 %. У той же час нормами передбачено ступінь золоочищення не менше 99 % для вугілля середньої зольності. При спалюванні багатозольного та слабко вологого вугілля димові гази очищуються в електрофільтрах значно гірше (проте й норма ефективності очистки тут більша — 99,5 %). Головна причина менш ефективної очистки полягає у високому питомому опорі шару золи, який утворюється на електродах електрофільтра.

При спалюванні мазуту утворюється деяка кількість недоопалу, який викидається у повітря з димовими газами. Небезпечні викиди, що утворюються при цьому, містять і ряд високотоксичних речовин, зокрема ванадій, який є цінною сировиною. Тому, незважаючи на малу зольність мазуту, димові гази мазутних котлів треба очищати від твердих продуктів згоряння.

Нині мазутна зола від двох котлів на Трипільській ДРЕС не вловлюється і повністю спрямовується через димар разом із цінними продуктами в атмосферу забруднюючи навколишнє середовище. Встановлення додаткового обладнання вимагає капіталовкладень, однак маємо зауважити, що очищення димових газів після спалення мазуту може себе виправдати за умови одержання із золи важливого елемента — ванадію. Останній знаходить застосування як легуюча домішка при виготовленні сталі. Це до-

зволяє компенсувати витрати за рахунок продажу золи, а також частково за рахунок зменшення експлуатаційних витрат на очистку димоводів від сажі. Зважаючи на 200—250 т/рік ванадіймісної золи, що її можна одержати на Трипільській ДРЕС та її орієнтовну ціну 1,5 грн. за кг, очисні споруди окупляться досить швидко. До того ж викиди з Трипільського димаря звільняються від токсичних сполук ванадію та сажі. Не забуваймо, що сажа сорбує на собі токсичні продукти неповного згоряння, наприклад, канцерогенний бензпірен.

На Трипільській ДРЕС для очистки від сульфуроксидів вугільний пил перед вприскуванням у факельну топку перемішується з вапном. Це дозволяє зв'язувати близько 30 % сірковмісних сполук, які випадають після видалення шлаку за допомогою води у вигляді шламу. Вапняковий шлам, що утворюється на ДРЕС у кількості 800 т на рік, належить до вологих відходів, які скидаються у систему гідрозолоутримання.

Димові гази, навіть повністю звільнені від знесених частинок, містять токсичні оксиди сульфуру та нітрогену. Сульфур міститься у вугіллі як у складі органічних сполук, так і у вигляді сульфідів феруму та сульфатів металів. При спаленні й термічних процесах, що його супроводжують, більша частина сульфуру перетворюється на  $\text{SO}_2$  (сульфурдіоксид), але одночасно у рівноважних процесах у топці та каталітичних процесах, що протікають при помірних температурах, спостерігається утворення  $\text{SO}_3$  (сульфуртриоксиду, або сульфатного ангідриду) [2]. Якщо перший є небезпечним у першу чергу для навколишнього середовища, то останній через свою агресивність значно посилює корозійні процеси на поверхнях теплообміну та усьому обладнанні очистки газів. Незважаючи на те, що вміст  $\text{SO}_3$  становить лише близько одного відсотка від вмісту  $\text{SO}_2$  у димових газах, проблема максимального зменшення цієї величини стоїть гостро.

Існує багато методів очистки димових газів від  $\text{SO}_2$ , заснованих на селективному поглинанні сульфурдіоксиду різними реагентами. Найбільш економічними є мокрі способи очистки, але ж вони мають одну суттєву хибу — зволожують димові гази і тим погіршують їхню здатність розсіюватись. В результаті часто концентрація  $\text{SO}_2$  у приземному шарі біля ТЕС, незважаючи на очистку, вища за допустимі норми.

В Україні розроблено, перевірено і готове до впровадження сульфурвловлююче обладнання, яке використовує магнізово-циклічний, аміачно-озонний, аміачно-циклічний і вологовапняковий методи. Однак ефективність роботи технологічного обладнання очистки від сульфур-

оксидів становить лише 60—90 %. Крім недостатньої ефективності, сульфурвловлююче обладнання має й інші вади. Так, воно надто громіздке, площа, яку воно займає, наближається до площі основних споруд електростанції. З іншого боку, експлуатація сульфурвловлювачів пов'язана зі споживанням значної кількості реагентів (вапняку, вапна, аміаку й ін.). Наприклад, для уловлювання 1 т сульфуроксидів з димових газів ТЕС потрібно 1,8 т вапняку. А для того, щоб одержані сульфати мали товарну цінність, потрібні додаткові капітальні витрати. Так, при очищенні аміачно-циклічним методом як готові продукти можна одержати 100 % сульфурдіоксид та амоній сульфат. При магнізовому методі проміжно утворюється магній сульфат, який далі переходить стадію одержання сульфатної кислоти. При організації таких обслуговуючих виробництв на базі сульфурочистки димових газів ДРЕС потужністю 3200 МВт, що працює на донецькому вугіллі, наприклад, можна було би щорічно одержувати 300 тис. т сульфурдіоксиду та 500 тис. т амоній сульфату, або 700 тис. т сульфатної кислоти. Однак, для організації таким чином стадії сульфурвловлювання необхідні капіталовкладення, що становлять приблизно 15—30 % від вартості самої електростанції, до того ж удвічі зростуть витрати електроенергії на власні потреби ТЕС.

Мазут як паливо для електростанцій також містить сульфурвмісні сполуки (від 2,5 до 3,5 %). Без очистки газів сульфур у вигляді  $\text{SO}_2$  потрапляє до атмосфери. Паливне устаткування на Трипільській ДРЕС віддзеркалює загальні величини використання вугілля та мазуту перед розвалом СРСР.

Іншою небезпечною складовою частиною димових газів є нітрогеноксиди і передусім  $\text{NO}$  та  $\text{NO}_2$  (звичайно визначають їх суму, як  $\text{NO}_x$ ). Утворення оксидів нітрогену при високотемпературному спалюванні палива обумовлене переважно окислюванням молекулярного азоту повітря безпосередньо в зоні горіння. З іншого боку, при низькотемпературному спалюванні палива збільшується частка оксидів азоту, що утворилися в результаті окислювання зв'язаного азоту, який входить до складу палива. Цей процес відбувається легше і скоріше, ніж окислювання молекулярного азоту повітря при відносно низьких температурах, наприклад, для вугілля при 250—280 °C. Зі збільшенням потужності енергетичних котлів вихід оксидів азоту зростає [3] (див. табл. 1). Максимальний вихід оксидів азоту спостерігається в зоні активного горіння.

В інших зонах, де рівень температури нижчий, атмосферний азот практично не окислюється.

Таблиця  
Вміст оксидів азоту в димових газах котлів

Потужність котла, т/рік	Коефіцієнт надлишку повітря в топці котла	Об'ємна частка NO <sub>x</sub> у димових газах, %
4		0,012-0,015
250	1,02	0,027
250	1,095	0,037
900	1,01-1,03	0,040-0,045
1160	1,02	0,042

Це означає, що зниження температури горіння палива сприяє зменшенню вмісту нітрогеноксидів у викидах. Для оцінки величини викиду нітрогеноксидів щодо сульфуроксидів та золи з димарів ТЕС наведемо такі дані: у 1989 році ТЕС Міненерго СРСР викинули у навколишнє середовище 7,3 млн т SO<sub>2</sub>, 4,6 млн т золи та 2,7 млн т NO<sub>x</sub>.

Зниження викидів NO<sub>x</sub> з димовими газами електростанцій забезпечується режимними і конструктивними заходами, спрямованими на зменшення утворення газів у топках котлів (двоступеневе спалювання, рециркуляція димових газів у зону горіння, спалювання палива при малих надлишках повітря, розробка нових типів горілок і різноманітне конструктивне вирішення топкового обладнання). Вибір оптимального методу залежить як від потужності котла, так і від типу палива (газоподібне, рідке, тверде). На газомазутних енергетичних котлах таким чином вдається скоротити викид нітрогеноксидів на 35—40 %, при спалюванні твердого палива зниження викиду NO<sub>x</sub> не перевищує 25 %. При цьому збільшення вартості ТЕС не перевищує 2 %.

Перспективним способом зниження викидів нітрогеноксидів є очистка димових газів, що все ширше практикується за кордоном. Але устаткування для очищення димових газів через високу вартість доцільно використовувати лише після того, як будуть вичерпані методи, засновані на коригуванні технології спалення.

Серед методів звільнення від нітрогеноксидів найпоширенішим є аміачно-каталітичний метод розкладання оксидів азоту. Його ККД може досягти 85 %.

Одним із кардинальних рішень, яке дозволяє суттєво зменшити утворення нітрогеноксидів у топці, є проведення процесу у "киплячому шарі" [4]. Подрібнене вугілля разом з подрібненим вапняком надходить у шар над решіткою, де підтримується у підвішеному стані потужним потоком розігрітого повітря. Частки вугілля, що перебувають у стані турбулентності, згоряють дуже ефективно. Зона горіння перетинається водяни-

ми трубами таким чином, що більша частина тепла передається теплопровідністю, а це ефективніше, ніж радіаційний та конвективний шлях теплопередачі, який переважає в топках інших конструкцій. Така ефективність теплопередачі дозволяє суттєво знизити температуру в зоні горіння (з 1650 °С у циклонного котла до 780—870 °С), що на порядок зменшує швидкість окиснення азоту. До того ж вапняк, домішаний до вугілля, зв'язує 90 % і більше сульфур, який вивільнюється з вугілля при горінні, оскільки саме знижена робоча температура в печі сприяє протіканню реакції між сіркою та вапняком з утворенням сульфату кальцію. Додатковим позитивним фактором є значно зменшена "вимогливість" таких топок до якості вугілля, що сприяє використанню низькосортного вугілля. При температурах, нижчих за температуру плавлення шлаку, поверхні теплообміну не забруднюються плавленим шлаком, що знижує теплопровідність. Котел "киплячого шару" переважає звичайний практично по всіх показниках, включаючи об'єм, площу розміщення та масу (металу). Але необхідність кардинальної зміни всього устаткування, в т. ч. на заводах, які виготовляють обладнання котлів, стало перепорою швидкому переобладнанню ТЕС.

Найбільш екологічним паливом для ТЕС є газ. Він практично вільний від сульфурвмісних сполук і при його спалюванні не спостерігається утворення суттєвих кількостей сажі. Різке збільшення добування природного газу в Сибіру та побудова газопроводів до Європи дозволили зняти критичну ситуацію із забрудненістю повітря у великих містах СРСР шляхом переводу міських та приміських ТЕС на газове опалення. У 1990 році по СРСР виробництво електроенергії майже на 40 % базувалось саме на спалюванні природного газу. У димових газах таких ТЕС єдиним забруднювачем атмосфери залишаються нітрогеноксиди. Але й їхній вміст у залежності від конструктивних особливостей топки знижується до 125—250 мг/м<sup>3</sup> порівняно із 190—290 мг/м<sup>3</sup> при роботі на мазуті.

Перехід на газ стимулював прихід газотурбінної техніки на електростанції. Результатом цього стала технологія газопаротурбінних ТЕС, коли енергія високотемпературної плазми знімається на газовій турбіні, а енергія низькотемпературної плазми трансформується на енергію пару і рухає парову турбіну. Це дозволило підняти ККД до 50 %, тим самим економлячи паливо і зменшуючи навантаження на довкілля. Другим кроком стала технологія газифікації палива. Процес одержання з вугілля генераторного газу був давно відомий, але у поєднанні з газотурбінною технікою ця технологія сприяла дру-

гому народженню як внутріциклової газифікації вугілля. Особливістю мішаних технологій, заснованих на газифікації мазуту й вугілля, є можливість проміжної очистки газу від сульфурвмісних сполук (десульфуризація). Остання дозволяє одержувати товарний продукт — сірку. У ФРН дослідно-промисловий блок парогазотурбінного устаткування потужністю 170 МВт із газогенераторами “Лурги” на твердому паливі перебуває в експлуатації з 1972 р. Досвід роботи показав, що при роботі на генераторному газі викид оксидів сірки зменшується на 90 %, оксидів азоту — на 50 % порівняно зі спалюванням вугілля. Основною проблемою у створенні ПГУ з газифікацією твердого палива є розробка промислового обладнання, до складу якого входить апаратура, за допомогою якої здійснюється високотемпературна очистка генераторного газу від твердих часток і сірковмісних сполук.

Лише один тип стічних вод ТЕС, а саме — води охолоджувальної системи, вважаються умовно чистими, повертаються без додаткової очистки. Всі інші типи стічних вод ТЕС потребують очистки. Забруднення води нафтопродуктами на ТЕС відбувається при експлуатації і ремонті мазутного господарства внаслідок витоків трансформаторної оливи, витоків турбінної оливи при ремонті устаткування, аварійного витоку і розливу оливи та мазуту, при охолодженні підшипників різноманітних обертових механізмів. Концентрація нафтопродуктів у стічних водах ТЕС у середньому дорівнює 100 мг/л. Стічні води утворюються при проведенні операцій промивки механічних фільтрів, регенерації іонітних фільтрів, продування освітлювачів, змиву целюлози, а також за рахунок дренажу реагентного господарства, витоків води через нещільності арматури і т. п. Вони містять механічні домішки, розведені солі, кислоти, луки тощо. Вміст солей у стічних водах коливається в широких межах і досягає 20—30 г/л. Значення рН цих стічних вод коливається у широких межах: від 1 до 13.

На більшості ТЕС видалення золи і шлаку з котельної в золовідвал здійснюється гідравлічним способом. При цьому тверді речовини випадають у золовідвалі в осад, освітлена вода в розімкнутих (прямоточних) системах скидається у ставок, у замкнутих (оборотних) — повертається назад на ТЕС для повторного використання. Освітлені води золовідвалів містять гідроксид кальцію, сульфідну та сульфатну кислоти, а також Фтор, Арсен, Ванадій, Меркурій та інші токсичні елементи.

У процесі експлуатації парогенераторів утворюються відкладення на конвективних поверхнях нагрівання котлів і регенеративних підігрівачах повітря. Це призводить до росту опору

газового тракту парогенератора і підвищенню температури газів, що видаляються. Тому виникає необхідність у змиванні хвостових поверхонь нагрівання водою. При змиванні парогенераторів, що працюють на сульфурвмісному мазуті, стічні води містять сульфатну кислоту в концентрації до 0,5 % і токсичні сполуки, що містять Ванадій, Нікель, Купрум; при обмиванні хвостових поверхонь нагрівання парогенераторів, де спалюють тверде паливо, стоки в залежності від характеристики палива містять механічні домішки, розведені солі, Фтор, Арсен та інші забруднювачі [5].

На ТЕС, що працюють на органічному паливі, стічні води з'являються при хімічному змиванні основного устаткування, яке необхідно для підтримки чистоти внутрішніх поверхонь нагрівання парогенераторів і трубних систем теплообмінних апаратів, а також при консервації теплоенергетичного устаткування для його захисту від корозії в періоди зупинок. Ці стічні води мають “залповий” характер і позначені великою розмаїтістю речовин, які містяться в них, що залежить від технології змивання: органічні і мінеральні кислоти, гідразин, поверхнево-активні речовини тощо.

Для видалення гетерогенних забруднень звичайно застосовуються три методи очистки: відстоювання, флотація і фільтрування. Перший метод полягає у застосуванні відстійників, які у випадку очистки від забруднень вуглеводнями називають нафтопастками. Застосування таких нафтопасток для виділення мазуту з конденсатів мазутного господарства ТЕС виявилось не ефективним, тому що затримувалися лише плаваючі домішки (плівка) і великі за розміром частинки.

При флотації дисперсні частки із стічних вод липнуть до поверхні бульбашок газу, що утворюються в об'ємі рідини. Бульбашки захоплюють ті частки і транспортують їх до поверхні, звідки їх видаляють у вигляді концентрату (піни).

Фільтрування частіше є заключною стадією очистки, якій передують попередні стадії — відстоювання та флотація, тому перед фільтрами вода являє собою дуже розведену емульсію. При фільтруванні забрудненої води через завантаження емульговані краплини нафтопродуктів налипають до поверхні зерен завантаження. Уся схема нафтоочистки така. Забруднені нафтопродуктами стічні води збираються в бак, де відбувається первинне відстоювання грубодисперсних нафтопродуктів. Далі стічні води прямують у нафтопастку, із якої зливаються в проміжний бак, а потім насосом подаються в пристрій флотації і далі на фільтрування. На теплових електростанціях використання описаної повної схеми

є досить частим. Проблема ліквідації стічних вод, що містять нафтопродукти (оливи, мазут), вважається однією з найскладніших через те, що джерела забруднення води нафтопродуктами розподілені практично по всій території електростанції, а саме забруднення є наслідком багатьох чинників. Одна з основних причин — недосконалість конструкції засобів системи охолодження, в яких охолоджувальна вода вступає в контакт з мастилами. У книзі Покровського В. М. та Аракчеєва Е. П. [6] пропонується підняти тиск води, або застосувати герметизуючі покриття у місцях з'єднання трубок конденсаторів із трубними дошками. Запобігання змішуванню нафтовмісних стоків із чистими водами значно скорочує обсяг води, що підлягає очистці. Повне припинення скидання нафтопродуктів у водні об'єкти може бути досягнуто або їх надійним депонуванням, або використанням нафтовмісних стічних вод в інших системах ТЕС: у системі гідрозоловидалення на ТЕС, що спалюють тверде паливо, в системі водопідготовки після необхідної очистки, або введенням таких вод у зону горіння, котре дозволяє удвічі зменшити вміст нітрогеноксидів без суттєвого зниження економічності котла [2].

При гідрозоловидаленні (ГЗВ) у воду переходять мінеральні сполуки, кількість і якість яких залежить від виду палива, параметрів системи ГЗВ, способу зололовлювання й ін. Мінералізація робить воду, яка транспортується, непридатною не тільки для скидання у водні об'єкти, але в ряді випадків і для використання в оборотній системі через забруднення комунікацій та вологі золовідвали. Тому 40 % ГЗВ дотепер працюють на прямотоку, а велика частина оборотних систем — із продуванням, тобто зі скиданням стічних вод у водні об'єкти. Крім мінеральних солей стічні води систем ГЗВ містять значну кількість високотоксичних речовин, солей металів, надходження яких у водні об'єкти неприпустимо.

Нині на ТЕС очистка стоків ГЗВ проводиться за допомогою методів осадження та сорбції. Реагентом, який найчастіше використовується при осадженні арсен-, фтор-, хромвмісних та інших токсичних домішок, є вапно (у вигляді вапняного молока). При цьому утворюються сполуки кальцію з миш'яком і фтором, а також гідроокис хрому, які випадають в осад. Проте застосування тільки вапна не завжди сприяє зниженню концентрації домішок у воді такою мірою, щоб можна було скинути стічні води у водойми.

Очистка води від токсичних домішок сорбцією заснована на їхній здатності закріплюватися на поверхні твердих сорбентів за рахунок утворення хімічних зв'язків чи фізико-хімічної

сорбції. Така очистка частіше використовується на заключній стадії очистки води після осадження основної частини домішок. Зола ТЕС також може бути сорбентом, але не для брудних вод гідрозолотранспортування.

Нині основним напрямком зниження негативного впливу стоків ГЗВ на якість природних вод є переведення діючих прямоточних систем ГЗВ на оборотний цикл із поверненням освітленої води на ТЕС для повторного використання. Експлуатація таких систем дозволяє істотно зменшити скидання забруднених вод ГЗВ у водні об'єкти. Але скорочення обсягу води, що скидається, веде до пропорційного збільшення концентрації забруднюючих речовин у цих скидах, так що абсолютна кількість солей із золошлакових відходів ТЕС, що поступово розчиняються дощовими водами і потрапляють до водойм чи до ґрунтових вод, практично не змінюється. Інша проблема — перехід на безпродувну систему роботи оборотного водопостачання ГЗВ. Річ у тому, що залпове скидання великої кількості токсичних речовин при продуванні системи робить значно більший негативний вплив на стан водного об'єкта, ніж скидання з прямоточної системи. Інший бік проблеми — фільтрація з дощовими водами небезпечних речовин із золошлакових відвалів до ґрунтових та підземних вод. Повна захищеність відвалів за допомогою гідроізоляції ложа та стінок є витратною і не цілком надійною. Перспективна у цьому плані лише утилізація золошлаковідвалів. За цих умов чи не єдиним виходом із скрути є зменшення води, необхідної для транспорту золи та шлаку і максимальне зневоднення відходів, щоб зробити їх придатними для депонування. При проведенні очищення вод промивання повітряпідігрівачів виникає можливість не тільки повернути воду для повторного використання, а й одержати цінну сировину — солі нікелю та ванадію. Для цього необхідна стадія нейтралізації промивних вод, наприклад, за допомогою вапняного молока, з наступним відділенням нерозчинних солей металів, що випали. Такі технологічні стадії вже закладають до проектної документації нових ТЕС.

Нарешті, великі об'єми устаткування ТЕС викликають і великі об'єми стічних вод, що утворюються при хімічних промивках обладнання та процесах консервації-розконсервації обладнання. Різноманітний характер домішок утруднює очищення і вимагає застосування універсальної схеми. Остання передбачає збір усіх відпрацьованих розчинів і частини найбільш забруднених вод ( $\text{pH} < 6$ ) до збірника; виділення з розчину токсичних речовин, вміст котрих значно перевищує їх ГДК у водних об'єктах (солі заліза, міді, цинку, гідразин, з'єднання фтору) разом з утилі-

зацією осаду в баках-нейтралізаторах та очистка води від органічних речовин, амонійних солей, нітратів, сульфідів, скидання яких розраховується за показником “біохімічна потреба в кисні” (БПК) у водному об’єкті. На практиці ж експлуатації ТЕС ці стічні води в кращому разі нейтралізуються вапном; осадження і відділення катіонів важких металів не відбувається, хоча технологія така й розроблена.

Більшість теплових електростанцій України обладнані спорудами механічної очистки: відстійниками, нафтопастками, флотаторами, механічними і вугільними фільтрами. Переважно вони мають шламовідвали або шламонакопичувачі, а деякі ТЕС — ставки-відстійники.

Основним устаткуванням для фізико-хімічної очистки є баки-нейтралізатори, що встановлені більш ніж на 40 % ТЕС. Теплоелектроцентралі, як правило, розташовані на території міської забудови, часто за узгодженням із санітарно-епідеміологічною службою й іншими контролюючими органами скидають свої господарсько-побутові стоки в міську каналізацію. Зі споруд біологічної очистки на електростанціях найбільшого поширення набули грати, пісколовки, відстійники, біофільтри, аерофільтри, ємності для хлорування, мулові площадки. Проте діюче водоохоронне устаткування не забезпечує захист водних об’єктів від забруднення в повному обсязі. Так, ступінь очистки нафтовмісних стоків на очисних спорудах, збудованих за старими проектами, не відповідає сучасним вимогам охорони водних об’єктів, 40 % ТЕС працюють із прямоточною системою ГЗВ. Така система залишилась нам у спадок від системи Міненерго СРСР і необхідна розробка, створення і впровадження в Україні якісно нового водоохоронного устаткування, що відповідає сучасним екологічним вимогам, а також підтримка високих технічних характеристик при організації виробництва цього устаткування.

Трипільська ДРЕС типова для України і стан її “екологічності” віддзеркалює загальну ситуацію. Якщо з позиції керівника цієї ДРЕС, який вболіває за стан навколишнього середовища, накреслити план заходів, які мають бути здійснені у напрямку поліпшення ситуації, конкретні дії можна розділити на дві групи. З урахуванням сучасної економічної ситуації в Україні у першу чергу мають здійснюватись відносно дешеві проекти, наприклад ті, здійснення яких має пілотний характер, тобто ті, на яких будуть перевірені технологічні рішення, котрі в разі успіху слід поширити на цілий об’єкт. Заходи другої черги мають кардинальніший характер як щодо зусиль по їх впровадженню, так і за очікуваними наслідками.

#### **На першому етапі рекомендується:**

1. На електрофільтрах перших чотирьох блоків здійснити пробні конструктивні й технологічні вдосконалення, спрямовані на поліпшення їхньої роботи:
  - 1.1 на одному фільтрі з метою підвищення надійності та ефективності запровадити імпульсне високе змінне споживання;
  - 1.2 на іншому фільтрі з метою зменшення об’єму сторонніх газів, що до нього потрапляють, провести реконструкцію РПП, суть якої полягає у виділенні двох додаткових фільтрів, які містяться в зоні розділу газового та повітряного секторів; в останніх утвориться залишковий тиск, що забезпечить нормальний перетік повітря;
  - 1.3 з метою зменшення присосу повітря в електрофільтри реалізувати на одному з фільтрів промазку зварних швів корпусів та бункерів;
  - 1.4 з метою підвищення ефективності роботи електрофільтрів запровадити розпилення водяної пари в димових газах перед тим, як вони потраплять в електрофільтр, що призведе до зменшення температури газів та підвищення поверхневої електропровідності частинок після сорбції або конденсації води.
2. На газомазутних блоках з метою зниження викидів в атмосферу ванадійвмісної мазутної золи змонтувати під конвективними шахтами котлів сепаратори-відокремлювачі дробу з циклонами.
3. На всіх котлах з метою зменшення утворення нітрогеноксидів при горінні організувати впорскування води до факела, або вводити останню у вигляді емульсії з паливом.

#### **Рекомендується на другому етапі:**

1. Переобладнати електрофільтри, збільшити їхню висоту з 8 м до 12 м. При цьому швидкість руху газів зменшується з 2 м/с до 1,2 м/с.
2. Побудувати на ТЕС дослідний котел з “киплячим шаром” і для нього здійснити будівництво на ТЕС технологічної лінії по підготовці та грануляції палива. Спалювання гранульованого палива у киплячому шарі може зменшити викиди з котла у 7—10 разів. Економічний ефект приблизно дорівнюватиме витратам на очистку димових газів. Гранульоване паливо отримують шляхом додавання у розмолоте вугілля відходів руди і фабрик по збагаченню вугілля або золи і наступної конгломерації суміші у грануляторах у гранули діаметром до 12 мм, які надходять в киплячий шар котла, де згорають. Зола, що утворюється при згоранні, може використовуватися як легкий заповнювач для сучасних будівельних конструкцій. Будівництво такої лі-

нії може бути забезпечено за рахунок капіталовкладень на будівництво заводу золоаглопористого гравію в обсязі приблизно 20—40 млн. грн.

3. На основі вже існуючого заводу розширити виробництво шлакоблоків та гіпсоблоків, використовуючи золошлакові відходи.
4. Збудувати піч опіку шламу для його відновлення до властивостей вапна, що забезпечить багаторазове використання реагенту. При наявності печі опіку економічний ефект може досягти 40 тис. грн. на рік.

Так само можуть бути сформульовані пропозиції щодо вдосконалення технології інших ТЕС, розташованих в Україні. Але навряд чи це зможе кардинально розв'язати проблеми екологічності одержання електроенергії з викопного палива. З часу утворення незалежної України наша енергетична політика ніби впала у летаргичний сон. Але не можна жити снами минулого. Ситуація, коли дешеве паливо за порухом чарівної кременівської палички потоком ринуло з далекого Сибіру, кардинально змінилась. Давно пора зрозуміти, що екологічно безпечного методу одержання енергії не існує. Багата Європа збагнула це давно й енергетична криза стала лише додатковим поштовхом. Поки будь-які технології не почнуть підіймати нашу промисловість, палкі розмови про енергозберігаючі технології будуть лише наркотиком, здатним приспати нашу увагу до навколишнього середовища. Ми не такі багаті, щоб купувати собі дешеві

речі, тобто вирішувати нинішні проблеми ТЕС у межах нашої бідності. Латання дірок має заступити чергу хоч і повільному, але спрямованому рухові у визначеному стратегічному напрямку. Маємо визначити той напрямок, враховуючи головні фактори, як об'єктивні, що впливають з наших природних ресурсів, так і суб'єктивні, які беруть до уваги природні ресурси у наших сусідів у поєднанні з прогнозом політичної ситуації в регіоні. Про невизначеність політики щодо розвитку атомної енергетики ми вже згадували. Справді, природний газ є найбільш "екологічним" паливом. Але чи ми маємо перспективу перевести на нього більшість ТЕС? А куди дівати некоксівне вугілля? І де місце у цій трійці мазуту? Якщо ж без останніх двох не обійдеться, то чи не почати вже нині розробляти найбільш бережливу щодо довкілля технологію газифікації палива, замість того, щоб витратити кошти на малоперспективну технологію очищення димових газів? Технологія "киплячого шару" є вельми привабливою з багатьох причин. Але її розвиток потребує капіталовкладень, на які можна зважитись, якщо вугілля і надалі залишиться стратегічно важливим паливом для ТЕС. Така ж ситуація з технологіями водовикористання, водоочистки та оборотного водокористування на ТЕС. Характер комплексу водних технологій залежить від обраного стратегічного варіанту. Маємо визначитись. І пам'ятаймо, що від нашого рішення великою мірою залежить екологічна ситуація в Україні на наступні десятиріччя.

1. Гирусов Е. В. Экология и экономика природопользования.— М.: 1998.— 445 с.

2. Кормилицын В. И. Экологические аспекты сжигания топлива в паровых котлах.— М.: Изд. МЭИ.— 1998.— 335 с.

3. Электроэнергетика и природа / Под ред. Г. Н. Лялика и А. Ш. Резниковского.— М.: Энергоатомиздат, 1995.— 350 с.

4. Болдхаузер Р. Е., Игер К. Е. Будущее тепловых электростанций на угольном топливе / В мире науки.— 1987.— № 11.

5. Клячко Б. И. Коррозия и загрязнение поверхности нагрева паровых котлов при сжигании сернистых мазутов.— М.: БТИ.— 1963.

6. Покровский В. Н., Аракчеев Е. П. Очистка сточных вод тепловых электростанций.— М.: Энергия.— 1980.

7. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС.— М.: Энергоатомиздат, 1985.

*Isaev S. D., Titov I. L.*

## **THERMAL POWER PLANT AND THE ENVIRONMENT**

The character of effect of thermal power plants on the environment is analysed, taking into consideration modern ecological conditions in Ukraine. On the basis of common conclusions the particular guidelines for Tripil'ska SRPP are made.