



ВПЛИВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ВЕЛИЧИНУ ВИКИДІВ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК

Валерій ГАЄВСЬКИЙ, Віктор ФІЛИПЧУК

Національний університет водного господарства та природокористування

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33000, Україна

e-mail: v.r.haievskyi@nuwm.edu.ua

Анотація

У роботі окреслено основні екологічні проблеми вугільної теплової енергетики, які полягають у значній кількості шкідливих викидів від спалювання вугілля та у великій кількості використання водних ресурсів. На основі балансових співвідношень пораховано річну кількість викидів твердих частинок для теплової електростанції (ТЕС), потужністю 2500 МВт та додаткову кількість викидів, пов'язану з неефективною роботою оборотної системи охолодження (ОСО).

Ключові слова: техноекологія, вугільні теплові електростанції, розрахунок шкідливих викидів, конденсатори парових турбін, оборотні системи охолодження.

Стратегія екологічного розвитку України до 2030 року передбачає підвищення індекса екологічної ефективності (Environmental Performance Index, EPI) та зменшення енергоємності ВВП з 0,286 кг (2020 рік) до 0,186 кг (2030 рік) умовного палива (у.п.) на один долар США [1]. Оскільки однією із найбільш енергоємних галузей промисловості є енергетика, то задача енерго- і ресурсозбереження безпосередньо стосується цієї галузі і вирішення цих проблем неодмінно приводить до зменшення екологічних ризиків. З точки зору екологічних проблем електричні станції повинні відповідати екологічним нормативам [2], дотримання яких неодмінно буде приводити до ресурсо- і енергозбереження. Для виробництва електричної енергії використовують різні типи енергогенеруючих систем, основними з яких в Україні за останні роки було [3]:

- атомних електростанцій (АЕС) – 53,90%;
- теплових електростанцій та теплоелектроцентралей (ТЕС і ТЕЦ) – 36,20%;
- гідроелектростанцій (ГЕС і ГАЕС) – 5,10%;

Загальна кількість ТЕС і АЕС в Україні близько 50. Якщо розглядати теплові електростанції, то виробнича потужність окремих енергоблоків ТЕС різна і знаходиться у межах від 150 МВт до 3600 МВт. Для роботи електричних станцій основними природними ресурсами є паливо і вода. Ефективна робота ТЕС потребує постійного відведення тепла в навколишнє середовище, кількість якого становить приблизно 1 Дж відведеної теплової енергії на 1 Дж виробленої електроенергії. Така велика кількість відведеного тепла без сумніву суттєво впливає на екологічний стан навколишнього середовища. Оскільки в середньому на 1 Дж виробленої електроенергії витрачається близько 2,5 Дж енергії згоряння палива то це призводить до викидів в атмосферу величезної кількості шкідливих викидів у вигляді твердих

відходів і газів. Основна частина викидів шкідливих речовин ТЕС відноситься до паросилової частини (див. рис.). У їх складі тверді частинки (зола), діоксид азоту, діоксид сірки, оксид та діоксид вуглецю та викиди тепла. Вони розповсюджуються на великі відстані, що складають десятки, сотні і навіть тисячі кілометрів, що в свою чергу суттєво порушує як регіональний так і загальний екологічний баланс довкілля. Частинкове забруднення навколишнього середовища є одним із найвпливовіших негативних факторів. Так, близько 30-40% маси спалювального вугілля викидається у навколишнє середовище у вигляді золи та інших твердих частинок.

В останні роки ТЕС України виробляли більше 39 млн. МВт·год електроенергії [3]. Для різних типів ТЕС в середньому на 1 МВт·год виробленої електроенергії витрачається 150 - 300 м³ води і це призводило до річного використання водних ресурсів більше 5,9 млрд м³ води з якої кількість свіжої води складає близько 10-20%. Основна частина спожитої води ТЕС (близько 85-90%) використовується оборотними системами охолодження (ОСО). ОСО використовують близько 5,3 млрд м³ води і щонайменше 0,6-0,8 млрд. м³ свіжої води за рік. З точки зору загального і збалансованого природокористування використання такої великої кількості водних ресурсів суттєво впливає на стан навколишнього середовища. Звідси слідує, що ефективна і економічна робота ОСО призводить до значного збереження водних ресурсів і збалансовує екологічну як регіональну так і глобальну ситуацію.

АТМОСФЕРА

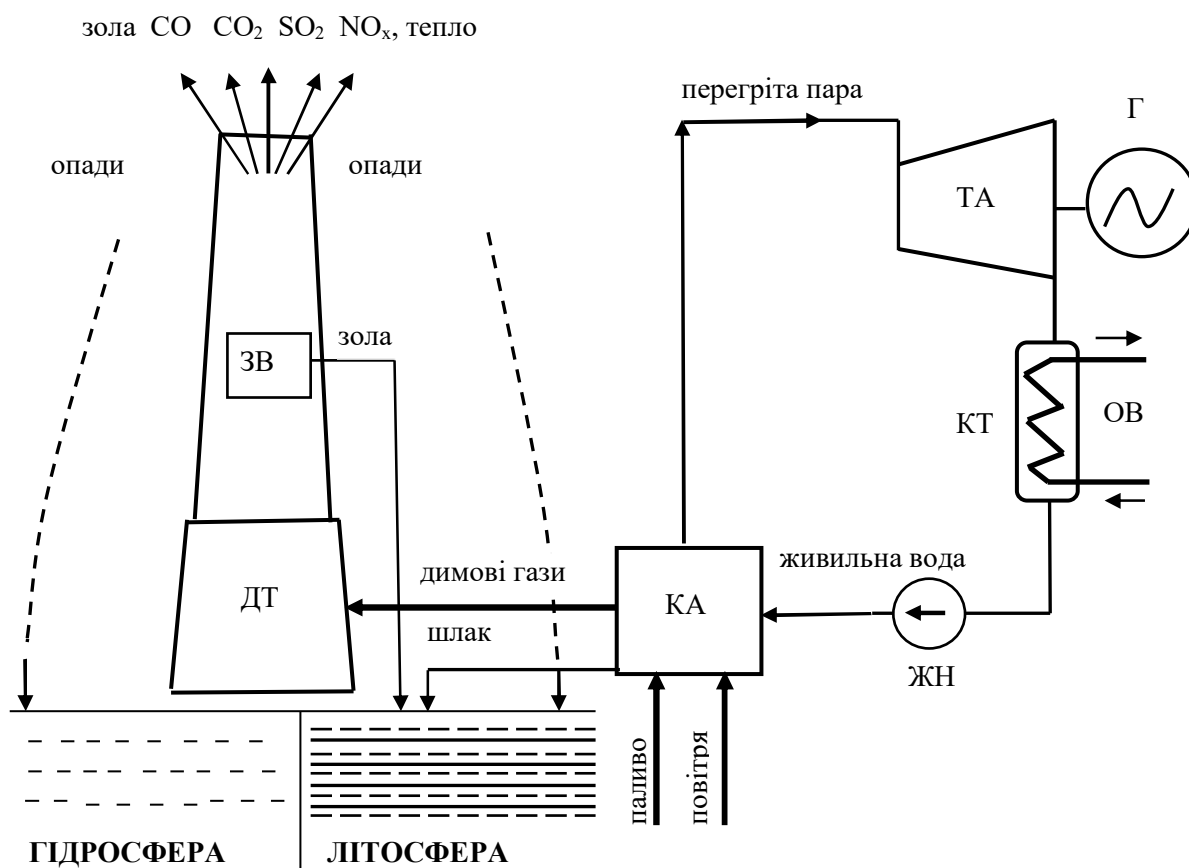


Рис.1. Схема екологічного впливу паросилової частини ТЕС.

ДТ – димова труба; ЗВ – система зололовлювання; КА – котлоагрегат; ЖН – живильний насос;
ТА – турбоагрегат; Г – генератор; КТ – конденсатор турбіни; ОВ – охолоджуюча вода

Одним із негативних факторів роботи ТЕС є недооохолодження конденсату (недогрів охолоджувальної води). Недогрів охолоджуючої води ОСО збільшує тиск в конденсаторі турбіни і таким чином знижує коефіцієнт корисної дії як самої турбіни так і всієї ТЕС, що при сталому виробітку електроенергії на стільки ж збільшує споживання палива. При збільшенні використання палива збільшується кількість викидів твердих частинок, що в свою чергу приносить суттєвий негативний вплив не навколишнє середовище.

Таким чином, при неефективній роботі ТЕС, викидається збільшена кількість твердих частинок у навколишнє середовище і розрахунок та контроль цієї збільшеної кількості є важливою екологічною задачею.

Метою даної роботи є розрахунок кількості викидів твердих частинок на прикладі ТЕС, потужністю 2500 МВт і оцінка впливу недостатньо ефективної роботи ОСО на паросилову частину ТЕС (див. рис.) і збільшену кількість таких викидів.

Масова кількість викидів твердих частинок визначається за співвідношенням [4]:

$$M_{\text{ТВ}} = 10^{-2} \cdot B \cdot \left[\alpha_{\text{ВК}} \cdot A^{\text{P}} + q_4 \cdot \left(\frac{Q_{\text{H}}^{\text{P}}}{32,682} \right) \right] \cdot (1 - \eta_3), \quad (1)$$

де B – витрата палива, (од.маси)/(од.часу); $\alpha_{\text{ВК}}$ – доля золи у викиді; A^{P} – зольність на робочу масу, %; q_4 – втрати теплоти від механічної неповноти згоряння; Q_{H}^{P} – нижча теплота згоряння, МДж/кг; η_3 – ККД золонловлювання. Втрати від механічної неповноти згоряння q_4 визначають за спеціальними номограмами або за співвідношенням [5]:

$$q_4 = 32,862 \cdot \frac{A^{\text{P}} \cdot C_{\text{Г}} \cdot \alpha_{\text{ВК}}}{Q_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot (100 - C_{\text{Г}})}, \quad (2)$$

де $C_{\text{Г}}$ – вміст горючих у летючій золі, % [6] З врахуванням (1) і (2) запишемо:

$$M_{\text{ТВ}} = 10^{-2} B \alpha_{\text{ВК}} A^{\text{P}} \left[1 + K \cdot \left(\frac{C_{\text{Г}}}{100 - C_{\text{Г}}} \right) \right] (1 - \eta_3), \quad (3)$$

де K – константа, що залежить від одиниць вимірювання теплоти згоряння. Із (3) видно, що кількість викидів твердих частинок залежить від характеристик палива (A^{P} , $C_{\text{Г}}$, K), технологічних режимів котлоагрегата ($\alpha_{\text{ВК}}$) та від технологічних заходів екологічної безпеки (η_3). Визначимо масу викидів твердих частинок за рік для ТЕС, потужністю 2,5 млн. кВт з рідким шлаковидаленням, що спалює за рік у середньому $6 \cdot 10^9$ кг Донецького антрациту марки АСШ і оцінимо збільшення викидів при зменшенні ефективності роботи ОСО, що привело до підвищення температури конденсату в конденсаторі турбін на 1 °С. Оскільки для водного шлаковидалення $\alpha_{\text{ВК}} = 0,85$, для вугілля марки АСШ $A^{\text{P}} = 22,9\%$ та $C_{\text{Г}} = 4\%$ [6], враховуючи, що $K = 1$, отримаємо $M_{\text{ТВ}} = 1,048 \cdot 10^9$ кг твердих викидів, що будуть складатись із золи та недопалених частинок. Вказані викиди в певній мірі будуть збиратися системами золонловлювання. Порахована кількість твердих частинок становить 17,5% від загальної маси спаленого за рік палива. Для ефективності золонловлювання 95% ($\eta_3 = 0,95$) маса твердих частинок, що викидається в атмосферу буде становити 52 тис.тон за рік, що становитиме 0,87% від загальної маси спаленого за рік палива. Оскільки теплота згоряння палива для Донецького вугілля марки АСШ становить 20,89 МДж/кг, то контамінаційний коефіцієнт (питомі викиди)

твердих частинок в атмосферу будуть визначатись відношенням $8,7 \cdot 10^{-3} / 20,89$ і становлять 0,416 кг/ГДж. Таке значення близьке до значення 0,437кг/ГДж, наведене у [7]. При недостатньо ефективній роботі ОСО, що привела до підвищення температури конденсату, наприклад, з 30 °С до 31 °С тиск у конденсаторі збільшиться на 0,25 кПа. При роботі п'яти парових турбін по 500 МВт таке зниження вакууму призведе до падіння потужності кожної турбіни на $\Delta N = 0,97$ МВт (всієї ТЕС на 4,85 МВт) і таким чином збільшить витрату палива, а значить і контамінаційний коефіцієнт на 0.194%. З врахуванням попередніх обрахунків, недостатньо ефективна робота ОСО, що призводить до підвищення температури у конденсаторі всього на 1 °С призведе до надлишкових викидів твердих частинок при відсутності золовловлювання 2,033 тис. тон в рік і в присутності золовловлювання викидів в атмосферу буде 102 т/рік.

Таким чином, результат досліджень показує, що ефективна робота ОСО суттєво впливає на екологічний стан навколишнього середовища і є необхідною умовою природоохоронного режиму роботи всієї ТЕС.

Література

1. Закон "Про Основні засади (Стратегію) екологічної політики України на період до 2030 року". <http://nppn.org.ua/news/strategiya-ekopolitiki>
2. Закон України "Про основи національної безпеки України" //Відомості Верховної Ради України. - № 39. - 26.09.2003. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/964-15#Text>
3. Інформаційне агенство Мінпром. <https://minprom.ua/>
4. Методика определения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций: МТ-34-70-010-83. М.: Союзтехэнерго, 1980.
5. Мейкляр М. В. Краткий справочник по паровым котлам, М. – Л., Госэнергоиздат, 1961.
6. Роддатис К. Ф., Полтарецкий А. Н. Справочник по котельным установкам малой мощности, М. – Энергоатомиздат, 1992.
7. George R. F., Chass R. L. Control of contaminant emissions from fossil full-fired boilers. — Journal of the Air Pollution Control Association, 1967, v. 17, № 6, p. 392 – 395. <https://doi.org/10.1080/00022470.1967.10468997>.

INFLUENCE OF THE EFFICIENCY OF WORKING OF CIRCULATING COOLING SYSTEMS OF THERMAL POWER PLANTS ON THE AMOUNT OF EMISSIONS OF SOLID PARTICLES

Valeriy GAYEVSKII

National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4180-7436>

Viktor FYLYPCHUK

National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5763-5398>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304824>

Keywords: *technoecology, coal thermal power plants, calculation of harmful emissions, steam turbine condensers, circulating cooling systems.*

Abstract

The paper identifies the main environmental problems of coal-fired power generation, which consist of a significant amount of harmful emissions from burning coal and the greatest use of water resources. On the basis of the balance relationships, the annual amount of emissions of solid particles for a thermal power plant (TPP) with a capacity of 2500 MW and the additional amount of emissions associated with the inefficient operation of the circulating cooling system (CCS) were calculated.