

УДК 662.61

А.М. ЯЛОВА, канд. техн. наук, доц., Н.В. БОНДАР, ст. викл.  
Криворізький національний університет

## ВПЛИВ ШЛАКУВАННЯ ТА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ НА НАДІЙНІСТЬ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА ТЕС

**Мета роботи.** Метою даної роботи є розробка проектних, прогнозних та управлінських рішень для забезпечення теплової ефективності та експлуатаційної надійності напіврадіаційних та конвективних поверхонь нагрівання. Аналіз працездатності твердопаливних теплових електричних станцій яка значною мірою залежить від надійності котельного обладнання.

**Методи дослідження.** у роботі використовувалися загальнонаукові методи дослідження, метод теоретичного аналізу в процесі дослідження науково-практичних розробок та підходів, аналіз джерел з досліджуваної теми, формалізація побудованих моделей, використання методів теорії надійності, теорії множин, математичної логіки. Використано стандартизовані методи проведення теплових випробувань.

**Наукова новизна.** Наукову цінність являє аналіз теплової нерівномірності, перегрівів та прискореному вичерпанні запасу тривалої міцності металу. Вперше проведено узагальнюючий аналіз статистичної інформації, та оцінено динаміку змін утворення відкладені у котлах.

**Практична значимість.** Питання забруднення та шлакування поверхонь нагріву пилувугільних котлів по сьогодні зберігають свою актуальність, незважаючи на великий внесок у дослідження парогенераторів та вугілля. Традиційні проблеми характеризуються великими економічними збитками, пов'язаними з утворенням шлакових відкладень через недосконалість конструкцій котлів, методів їх розрахунку та контролю. На основі результатів проведених теплових досліджень котлів в експлуатаційному діапазоні навантажень складено проект нормативної характеристики шлакування та забруднення поверхонь нагріву. У процесі експлуатації було виявлено низку недоліків у роботі обладнання, пов'язаних з конструкцією котла, зі специфікою мінеральної частини палива.

**Результати.** Створено систему технічної діагностики для визначення інтенсивності шлакування та забруднення поверхонь нагріву в режимі реального часу в частині оцінки коефіцієнтів теплопередачі чистої та забрудненої поверхні теплообміну, що враховують конструктивні та режимні особливості як окремої поверхні, так і котла в цілому, що забезпечують адекватну оцінку показників теплової ефективності напіврадіаційних та конвективних поверхонь нагріву пилувугільного парового котла.

**Ключові слова:** котельний агрегат, шлакування поверхні нагріву, коефіцієнт теплової ефективності, теплопередача, коефіцієнт забруднення, система технічної діагностики, очищення.

doi: 10.31721/2306-5451-2021-1-53-151-157

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Відповідно до Указу Президента України № 37/2017 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 16 лютого 2017 року «Про невідкладні заходи з нейтралізації загроз енергетичній безпеці України та посилення захисту критичної інфраструктури», на виконання графіку ремонту основного обладнання теплових електростанцій (Додаток №2 до наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 25.09.2021 р. «Про підготовку обладнання електростанцій і теплових мереж до надійної та ефективної роботи у 2022 р. та осінньо-зимовий період 2021/2022 року») За даними НАК «Укренерго» на січень 2022р. 15 вугільних ТЕС працюють на території України. Статистичний аналіз видів та причин відмов парових котлів при спалювання твердих органічних палив показує, що однією з основних причин аварійних зупинок котельних агрегатів є низька надійність роботи напіврадіаційних та конвективних поверхонь нагріву, внаслідок їх інтенсивного шлакування та забруднення. Насамперед це викликано особливостями компонування та жорсткими температурними умовами роботи поверхонь нагріву. Виходячи з ситуації, що склалася на ринку енергетичного палива України починаючи з 2014 році, коли частина шахт на Донбасі, що добувають вугілля газової групи, і всі шахти, що добувають вугілля антрацитної групи, виявилися на тимчасово неконтрольованій території, одним з головних антикризових заходів стало переведення енергоблоків теплових електростанцій, які використовують вугілля антрацитної групи (А і П), на спалювання неprojektних видів палива газової групи (Г і ДГ). У зв'язку з цим істотно зростає роль науково-обґрунтованого підходу при виконанні проектних розрахунків, налагодженні та технічної діагностики експлуатаційних режимів поверхонь нагрівання парогенераторів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Що ж стосується аналізу досліджень та публікацій з питання впливу шлакування та забруднення поверхонь нагріву на надійність роботи твердопалив-

них котлів слід відмітити наступні роботи Майстренко О.Ю. Сучасні розробки Інституту вугільних енерготехнологій НАН України для теплової енергетики. [1]. Гапонич Л.С. Коротка характеристика сучасного стану роботи ТЕС України [2]. Також роботи Капустянського А.О., Кукоти Ю.П., Лис С.С, Мисак С.Й. та ін.

**Постановка задачі.** Елементи поверхонь нагріву є головними в котельному агрегаті та їх справність, насамперед, визначає економічність та надійність котельної установки. Працездатність теплових електричних станцій значною мірою залежить від надійності котельного обладнання. Більшість відмов відбувається через пошкодження труб поверхонь нагрівання. Основна причина пошкоджень полягає в тепловій нерівномірності, перегрівах та прискореному вичерпанні запасу тривалої міцності металу. Теплова нерівномірність є наслідком нерівномірності тепло сприйняття. Нерівномірність тепло сприйняття пов'язана з неоднорідними розподілами температури та швидкості продуктів згоряння та циркулюючого теплоносія. Локальне або загальне збільшення тепловіддачі від продуктів згоряння та зниження тепловіддачі до теплоносія викликають режими погіршення теплообміну та перегріву металу вище за розрахункову або гранично допустиму температури. Утворення відкладень у котлах завдає економічної шкоди, знижує безпеку експлуатації та погіршує умови праці. Економічні збитки можуть бути пов'язані: з обмеженням потужності та зменшенням вироблення електроенергії та тепла; з зупинкою котла на проведення розшлаковування та очищення; з зростанням температури газів, що йдуть, і зниженням економічності; з витратами на проведення стоянкової розшлаковки та апаратами очищення у процесі роботи; з пошкодженням поверхонь нагрівання під час роботи апаратів очищення та шлаковими утвореннями, що падає; з обмеженням кола допустимого вугілля, і, як наслідок, більш високими витратами палива. У процесі пилувугільного спалювання в топці можуть утворюватися відкладення, що відрізняються за структурою, площею поширення та розмірам.

У зв'язку із цим, завданням досліджень є розробка проектних, прогнозних та управлінських рішень для забезпечення теплової ефективності та експлуатаційної надійності напіввирадіаційних та конвективних поверхонь нагрівання пилувугільного котла.

**Виклад матеріалу та результати.** У 2019 році Україна видобула 31,21 млн тонн вугілля. На Донеччині в 2019 році видобули 11 256 781 тонну вугілля. У Луганській області 2019 року видобули 328 775 тонн. вугілля. У Дніпропетровській області у 2019 році видобуло 18 196 651 тонну вугілля. На Львівщині видобули 1 359 588 тонн вугілля. На «Волиньвугілля» у 2019 році видобули 69 758 тонн. вугілля. Основними технічними характеристиками твердого палива є: зольність, волога, сірка, вуглець, водень, азот, вихід летючих на сухий без зольний стан, нижча теплота згоряння. З 14 ТЕС України сім використовують для спалювання вугілля газової групи марок Д, ДГ, Г, а інші сім – для спалювання вугілля марок А і П. Серед традиційних причин аварійної роботи котлів за умов шлакування та забруднення є нестабільний паливний баланс електростанцій, освоєння нового вугілля та технологій їх переробки, відсутність або неповнота відомостей для ряду палив, що використовуються. З 2014 р припинились закупівлі донецьких антрацитів та пісного вугілля з шахт, тимчасово окупованих територій. Проблему, що намагались вирішити за рахунок імпорту вугілля. Технічні характеристики вугілля з ПАР  $Q_{ir} = 4850$  ккал/кг,  $A_d = 30-32\%$ ,  $V_{daf} = 17-18\%$ ; е пісне вугілля, що спалювалось попередньо  $Q_{ir} = 6000-6150$  ккал/кг,  $A_d = 16-18\%$ ,  $V_{daf} = 15-16\%$ . Згідно з «Правилами технічної експлуатації електричних станцій і мереж», котли ТЕС можуть бути переведені на спалювання непроєктних палив, палив погіршеної якості або сумішей палив за умови аналізу, дослідження та реалізації режимних або конструкторських заходів, що забезпечують безпечну експлуатацію пиле систем, умови стійкого горіння і шлаковидалення, а також повноту вигорання палива [3-5]. Під час спалювання в котлі вугілля, відмінних від проектних, змінюється механізм роботи всього паливне-пальникового комплексу. Тому необхідно виконати аналіз ймовірних причин пошкодження котельних агрегатів у процесі експлуатації на новому паливі.

Основною вимогою до енергетичних установок, є забезпечення надійної та економічної роботи стаціонарного обладнання. Проте експлуатація енергетичного обладнання супроводжується численними аварійними ситуаціями, що призводить до незапланованих (аварійних) зупинок. Як показує досвід експлуатації та ремонту енергообладнання близько 30-40% відмов енергоблоків припадає на частку котлів та котельно-допоміжного обладнання. У свою чергу, головною причиною відмов котлів є пошкодження поверхонь нагрівання (рис.1), через які відбува-

ється приблизно 50% позапланових зупинок. Питома кількість відмов на котел становить 4-4,5 рази на рік.

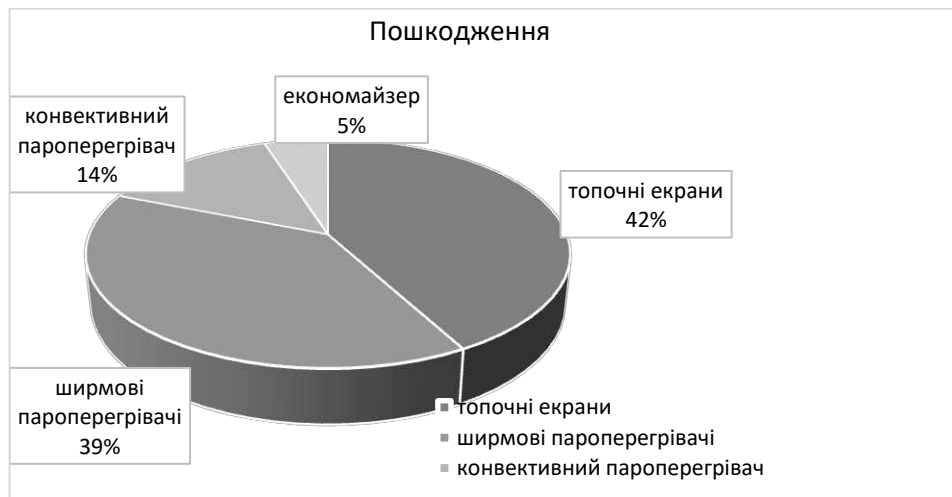
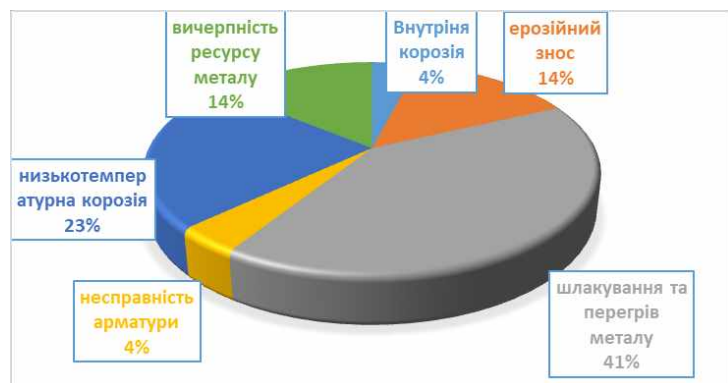


Рис.1. Статистика пошкоджень поверхонь нагріву пилувугільного котла

Однією з головних причин відмови котлів, що спалюють тверде паливо, є інтенсивне шлакування та забруднення поверхонь нагріву (39%), або викликаний шлакуванням перегрів металу труб (рис 2).

Рис.2. Статистика причин пошкоджень поверхонь нагріву

Причиною великої кількості пошкоджень поверхонь нагрівання з причини шлакування є відсутність інформації в експлуатаційного персоналу про ступень шлакування або забруднення кожної з поверхонь нагріву у поточний момент. В даний час експлуатаційний персонал судить про інтенсивності шлакування та забруднення поверхонь нагріву тільки по непрямим показникам, аналізуючи показання штатного контролю. З діаграми робимо висновок, що найбільш пошкодженими елементами пилувугільних котлів, є напіврадіаційні та конвективні поверхні нагрівання.



Незважаючи на багатий досвід досліджень процесу шлакування через ряд причин, досі відсутня ефективна методика оцінки забруднення, що дозволяє виконувати оперативні обчислення для працюючого обладнання та прийняття відповідних рішень, спрямованих на зменшення негативних наслідків. Інтенсивне забруднення поверхонь нагрівання впливає на зниження коефіцієнта корисної дії котельного агрегату та його встановленої потужності, зменшення терміну міжремонтного періоду та збільшення витрат на розшлаковування поверхонь нагрівання. В даний час визначення шляху вирішення зазначеної проблеми можливе лише з урахуванням всіх взаємозв'язків факторів, що визначають процес утворення та зростання відкладень золи на основі їх системного аналізу за положеннями різних теорій та гіпотез.

Інтенсивність забруднення підпорядковується експоненційному закону відповідно до рівняння

$$m = m_0 \cdot e^{-kr}$$

де  $m_0$  - потік забруднень, що падає на чисту поверхню нагріву в момент часу  $\tau = 0$ ;  $k$  - коефіцієнт пропорційності, що залежить від величини теплового радіаційного потоку  $q_p$ , що проходить через шар відкладень. Встановлена залежність сформульована на основі системи рівнянь, що описують молекулярне перенесення для процесів теплопровідності, в'язкості та дифузії в газах та рідинах (рівняння Фур'є, Ньютона, Фіка в одновимірній постановці). Універсальною характеристикою утворення відкладень, на думку авторів, є температура стінки, при досягненні

якої виникають щільні забруднення золою та шлаком на передній частині поверхні труби, що визначається за емпіричною формулою

$$t_{\text{від}} = 554 - 5,8w_z + 1,7d_n, \quad (1)$$

де  $w_z$  - швидкість газів;  $d_n$  - зовнішній діаметр труби.

Зазначається, що формула цілком працездатна для температури газів  $t_z = 600-1200$  °С;  $w_z = 5-20$  м/сек;  $d_n = 32-57$  мм.

При цьому підвищення температури газів на 100 °С призводить до зростання приблизно 30 °С. З наведеного рівняння видно, що зі зростанням швидкості газу та зменшенням діаметра труб створюються більш сприятливі умови для осідання дрібних фракцій золи, які значно активніше щодо процесів зв'язування.

Процес утворення відкладень можна розділити на три шари та три стадії: перенесення маси через прикордонний шар, зчеплення частинок з поверхнею нагрівання та збільшення товщини шару. Первинний шар утворюється за рахунок лужно-силікатних сполук, частинки яких за умовами гравітаційно-термофорезно-аеродинамічної сепарації першими десублімуються на чистій поверхні нагрівання. Формування проміжного шару багато в чому визначається селективним відкладенням легкоплавких евтектик. Зовнішній, вторинний шар відкладень починає утворюватися після досягнення внутрішнім шаром розмірів, достатніх для термоізоляції труби. Забезпечення на зовнішній поверхні проміжного шару такої температури, при якій осідають частинки летучої золи можуть залишатися у липкому стані, і є визначальним фактором для ініціалізації подальшого зростання вторинних відкладень. Інтенсивність шлакування обернено пропорційна величині різниці температур поверхні золової частинки та температури поверхні металу трубного пучка. Розвиток питання визначення умов утворення вторинних (гребнеподібних) відкладень у цій роботі досягнуто шляхом обґрунтування рівняння критичної умовної температури на зовнішній поверхні забруднень, за якої починається їх зростання

$$t_{\text{кв}} = t_z - \frac{1}{\alpha_1} \left( \frac{Q}{H} \right), \quad (2)$$

де  $t_z$  - температура газів;  $Q/H$  - питоме тепло сприйняття поверхонь нагріву;  $\alpha_1$  - тепловіддачі від газів до зовнішньої поверхні.

Також слід відзначити більш сучасний підхід у трактуванні проблеми шлакування [9]. Результати досліджень узагальнені у вигляді математичної моделі, що враховує динаміку руху та фізико-хімічні властивості зольної частки. Визначено форму аналітичного опису сил адгезії, деформації та відображення рідких або розм'якшених шлакових частинок при ударі об поверхню труби. Критеріальне рівняння, що характеризує процес утворення золи шлакових відкладень у загальному вигляді записується в формі наступного функціоналу

$$K_{\text{шл}} = f \left( \frac{\rho_{\text{жс}} w^2}{E_{\text{жс}}} \right); \left( \frac{\sigma_{\text{жс}} (1 + \cos \theta)}{\rho_{\text{жс}} w^2 \delta_{\text{жс}}} \right); \frac{\eta}{\rho_{\text{жс}} w^2 \delta_{\text{жс}}}; \frac{E_m}{\rho_m w^2 \delta^2}; \frac{\beta^1}{\beta^{11}}, \quad (3)$$

де  $\frac{\rho_{\text{жс}} w^2}{E_{\text{жс}}}$  - відношення сил інерції до пружних сил (критерій Коші);  $\frac{\sigma_{\text{жс}} (1 + \cos \theta)}{\rho_{\text{жс}} w^2 \delta_{\text{жс}}}$  - відношення питомої енергії сил адгезії частинок золи до їх кінетичної енергії;  $\frac{\eta}{\rho_{\text{жс}} w^2 \delta_{\text{жс}}}$  - критерій Вебера;  $\frac{E_m}{\rho_m w^2 \delta^2}$  - коефіцієнт зміни швидкості частки, що відскочила;  $\frac{\beta^1}{\beta^{11}}$  - коефіцієнт ефективності зіткнення (коефіцієнт реалізації).

Для прогнозування шлакуючих та забруднюючих властивостей вугілля пропонуємо спосіб їх ранжування за рядом різних ознак, емпіричних показників та індексів. Зокрема схильність до утворення залістих відкладень визначається потенціалом  $P_n = 3,96-2,47/\text{Fe}_2\text{O}_3$  що характеризує частку піритного заліза в перерахунку на  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  від загального вмісту заліза для важкої фракції вугільного пилу. Індекс прогнозування сульфатно-кальцієвих відкладень визначається

$$P_{\text{ca}} = \frac{\text{CaO} \sqrt{K_2\text{O}}}{\text{Na}_2\text{O}}. \quad (4)$$

Вугілля, схильне до утворення таких відкладень, має  $P_{ca} \geq 10$ .

Отже з метою зменшення шлакування трубних поверхонь температурний режим в зоні активного горіння необхідно забезпечувати стійке вигорання вугілля на знижених навантаженнях за умови досягнення нормативного значення теплових напруг топочного перерізу та обсягу шляхом оптимального поєднання конструктивних характеристик топкової камери, типу, кількості та розташування пальникових пристроїв, режимних факторів та технічних характеристик палива.

Наслідки, що впливають на роботу парогенераторів через шлакування і забруднення, залежать не тільки від процесів, що розглядаються, але і від типу поверхні нагріву. Наприклад, інтенсивне шлакування топкових екранів призводить до падіння брил шлаку в холодну вирву з завалом та руйнуванням шлакових комодів, порушення аеродинаміки пальникових струменів та вигорання вугільного пилу через затулювання пальникових пристроїв шлаком, підвищення температури газів на виході з топки у зв'язку зі зниженням теплової ефективності екранів, що призводить до посилення шлакування ширмового пароперегрівача. У свою чергу, шлакування та забруднення ширмових і конвективних поверхонь нагріву характеризується такими негативними наслідками, як підвищення температури газів, що йдуть, підвищення рівня температури в пароперегрівачах, що призводить до перевищення допустимої температури металу змійовиків (рис. 3).



Рис.3. Вплив шлакування та забруднення на надійність роботи

При інтенсивному зростанні рівня забруднення конвективних поверхонь нагріву настає обмеження продуктивності котельного агрегату, пов'язане зі зростаючим аеродинамічним опором конвективних пакетів у зв'язку з перекриттям міжтрубного простору відкладеннями (рис.4). Зазначені фактори призведуть до перевитрати палива та зниженню ККД котлів, до зниження безшлакувальної потужності, до збільшення викидів золи та оксидів азоту, до зниження надійності та ресурсу наявного обладнання, а також підвищення витрат на ремонт та ручне розшлакування котлів.



Рис.4. Утворений шлак в топці котла

Від інтенсивності утворення на трубах зовнішніх відкладень та рівня їх стабілізації залежать такі показники роботи котлів, як коефіцієнт корисної дії (ККД) та безшлакувальна потужність. В США та Європі поширений поділ на окремо утворення зовнішніх відкладень та на шлакування і забруднення. Під шлакуванням зазвичай розуміється процес утворення відкладень у топці, а під забрудненням - у конвективних поверхнях нагріву (пароперегрівач, економайзер, повітропідігрівач).

В даний час експертна оцінка зміни якості

палива не дає змоги визначити зміну тепло сприйняття різних поверхонь нагріву парових котлів. У зв'язку з цим виникає необхідність у створенні залежності, за допомогою якої визначалася б величина зміни тепло сприйняття поверхонь нагріву через зміну якості палива. Крім того, досвід експлуатації показує, що значення коефіцієнтів теплової ефективності та забруднення, отримані на діючих котельних агрегатах, значно відрізняються від рекомендованих нормативних значень, ризиків (підтвердження гарантійних показників) та обмеження номінальної паропроductивності котла внаслідок перевищення температур металу труб поверхонь нагріву допустимих значень. У зв'язку з цим для підвищення надійності експлуатації парових котлів необхідно виявити та обґрунтувати фактори, що впливають на показники теплової ефективності при спалюванні різних палив залежно від типу та конструктивних характеристик поверхонь нагрівання котельних агрегатів.

Отже основним завданням є створення методики визначення коефіцієнтів забруднення (теплової ефективності поверхонь нагрівання) в режимі реального часу. В основу даного алгоритму покладено рівняння теплового балансу між середовищем що гріє та нагрівається, при відомих температурах робочого середовища

$$Q_{\text{факт}} = \phi(H^I - H^{II}) - Q_{\text{дон}} \frac{D_{\text{не}}}{B_p} (h^I - h^{II}) - Q_l, \quad (5)$$

де  $H^I, H^{II}$  – ентальпії газів до та після поверхні нагрівання, кДж/кг;  $D_{\text{не}}$  – витрата робочого середовища, кг / с;  $h^I, h^{II}$  – ентальпії робочого середовища до та після поверхні нагрівання, кДж/кг;  $Q_{\text{дон}}$  – теплосприйняття додаткових (прилеглих) поверхонь;  $Q_l$  – теплосприйняття поверхні нагрівання випромінюванням;  $\phi$  – коефіцієнт збереження тепла.

Як характеризуюча величина обраний коефіцієнт теплової ефективності  $\psi$  – як найбільш інформативний. Оцінка коефіцієнта теплової ефективності довільної поверхні нагрівання здійснюється за співвідношенням

$$\psi = K_{\text{факт}} / K,$$

де  $K_{\text{факт}}$  – фактичний коефіцієнт теплопередачі реальної поверхні нагрівання кВт/(м ° С);  $K$  – коефіцієнт теплопередачі для чистої поверхні (без урахування коефіцієнта забруднення), кВт/(м ° С).

Фактичний коефіцієнт теплопередачі у свою чергу для довільно взятої поверхні нагрівання визначається за рівнянням

$$K_{\text{факт}} = \frac{Q_{\text{факт}} B_p}{F \Delta t}, \quad (6)$$

де  $F$  – площа поверхні теплообміну, м;  $\Delta t$  – середньологарифмічний температурний тиск, °С;  $Q_{\text{факт}}$  – фактичне теплосприйняття поверхні нагріву, кДж/кг;  $B_p$  – розрахункова витрата палива, кг/с.

Визначення значень температурного напору ( $\Delta t$ , °С) та фактичного теплосприйняття поверхні нагріву ( $Q_{\text{факт}}$ , кДж/кг) здійснюється шляхом вирішення системи нелінійних балансових рівнянь при відомих температурах теплоносіїв, які приймають участь у теплообміні, як на вході, так і на виході з кожної аналізованої поверхні, що вимірюються системою штатного контролю котла.

**Висновки і напрямки подальших досліджень.** Своєчасне застосування засобів очищення напіврадіаційних та конвективних поверхонь нагрівання від зовнішніх відкладень у режимі реального часу при різних режимах роботи котла, що базуються на аналізі даних оперативного контролю показників теплової ефективності до та після використання обдувних апаратів дозволяє підвищити надійність та економічність експлуатації котла, а також ефективність застосовуваних засобів очищення.

#### Список літератури

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року – К.: Міністерство палива та енергетики, Національна академія наук України, 2017.
2. ЗВІТ З ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ Реконструкція комплексу споруд ТОВ «Придніпровський ОЕЗ» з добудовою котельного відділення з встановленням 3х твердопаливних котлів номінальною термічною потужністю 28 МВт кожний та паросилової дільниці з когенераційною установкою електричною потужністю до 26 МВт // м. Кропивницький 2019.

3. **Ольховский Г.Г.** Оценка стоимость строительства и эксплуатации угольных ТЭС (на примере США). М. ОАО «ВТИ». 2008. – 44 с.
4. **Чернявський М.В., О.Ф. Буляндра** Результати та перспективи модернізації існуючих пилувугільних енергоблоків ТЕС України// Зб. тез доповідей «Вугільна теплоенергетика: проблеми реабілітації та розвитку». – 2014. – С. 46-50.
5. **Чернявський М.В.** Сучасні проблеми паливозабезпечення та паливоспоживання ТЕС України. Енерготехнології та ресурсосбереження. – 2015. - №3. – С. 5-19.
6. **Чернявський Н.В.** Топливообеспечение и топливотребление ТЭС Украины: история, современное состояние, проблемы внедрения рынка 115 энергетического угля. Новини енергетики. – 2015. – № 4. – С. 26-29
7. **Васильев В.В., Гребеньков П.Ю.** Тепловая эффективность конвективных поверхностей нагрева котлов при сжигании канско-ачинских углей // Сб.докл. международной научно-технической конференции: Эксплуатация и модернизация энергоблоков мощностью 800 МВт. Шарыпово, 2002.– С.72-82.
8. **Гапонич Л.С., Дунаєвська Л.С., Гапонич Л.С., Яцкевич С.В.** Коротка характеристика сучасного стану роботи ТЕС України. Зб. тез доповідей «Вугільна теплоенергетика: проблеми реабілітації та розвитку». – 2014. – С. 79-82.
9. **Капустянський А.О., Варламов Г.Б.** Аналіз діяльності паливно-енергетичного комплексу України. Науковий журнал Вісник ТНТУ України – 2016 – № 3(83) – С. 144–153

Рукопис подано до редакції 20.11.2021

УДК 316.6

А.М. ТУРИЛО, д-р екон. наук, проф.  
Криворізький національний університет

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ І ЛЮДСЬКИЙ КАПІТАЛ В УМОВАХ ІНФОРМАЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНОЇ ЕКОНОМІКИ – КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК АДАПТАЦІЇ І ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА

**Мета.** Метою даної роботи є дослідження інтелектуального і людського капіталу в умовах формування й функціонування інформаційно-інноваційної економіки та їх ролі й впливу на процеси адаптації і забезпечення економічної безпеки підприємства.

**Методи дослідження.** В процесі дослідження для змістовного розкриття сутності проблеми було використано методи наукової абстракції, структурно-декомпозиційної, аналізу та синтезу, логічного узагальнення, причинно-наслідкового зв'язку, логіко-прогностичний, змістовно-порівняльний.

**Наукова новизна.** Визначено зміст категорії «інтелект». Обґрунтовано необхідність і актуальність використання в науково-дослідницькій, навчально-методичній і методико-прикладній сферах категорій «добрий інтелект» і «добросесний інтелектуальний капітал». Представлено структурні елементи духовно-морального капіталу і розкрито його значимість стосовно впливу на всі інші складові людського капіталу. Розмежовано за змістовним за змістовним аспектом добросесний і еґотичний інтелектуальний капіталу Удосконалено структуру людського капіталу відносно підприємства, як об'єкта дослідження в аспекті «людський капітал» підприємства «живий» і людський капітал підприємства «неживий». Визначено сфери, напрями і особливості розгляду і оцінки категорії «людський капітал». Запропоновано структурно-логічну формулу щодо можливого оцінювання рівня і величини людського капіталу.

**Практична значимість.** Представлений матеріал конкретизує зміст, підвищує науковий рівень і можливість обґрунтованого використання відзначених даних роботи термінів і категорій в різних сферах життєдіяльності людини, зокрема в економічній.

В роботі розмежовано за змістом такі поняття і категорії, як знання, розум, інтелект, інтелектуальний капітал. Акцентовано увагу відображено роль інтелекту та інтелектуального капіталу у формуванні і формуванні і розвитку високоякісного суспільства, що базується на принципах моралі, духовності, демократизма, справедливості, прогресу тощо. Показано, що на рівні підприємства якість людського капіталу робітника – це ключовий чинник його економічної безпеки, адаптації та соціальної і економічної ефективності.

Запропоновано методико-прикладний підхід до оцінювання людського капіталу.

**Результати.** Визначено сутність і складові елементи таких категорій як «інтелектуальний капітал», «духовно-моральний капітал», «людський капітал підприємства», «людський капітал робітника». Надано логіко-методичні підходи до оцінювання рівня і величини людського капіталу.

**Ключові слова:** інтелектуальний капітал, духовно-моральний капітал, людський капітал, людський капітал підприємства, людський капітал робітника, економічна безпека підприємства.

doi: 10.31721/2306-5451-2021-1-53-157-163

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** У світовому суспільстві, в економіках країн відбуваються квантові зміни.