

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ЗНИЖЕННЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ В СИСТЕМАХ ПИЛОПРИГОТУВАННЯ ВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

Наведено розроблені заходи щодо зниження пожежонебезпечності в системах пилоприготування вугільного палива Зміївської ТЕС за результатами теоретичних і експериментальних досліджень механізму впливу процесів подрібнення на можливість загоряння або самозагоряння пилу і пиловідкладень в млині. Розрахований очікуваний річний економічний ефект завдяки скороченню додаткового спалювання газу під час ремонту вибухових клапанів Зміївської ТЕС при впровадженні методів запобігання самозагорянню вугілля в помольних агрегатах на різних ділянках технологічних трактів, а також загорянню вугілля у млині завдяки регулюванню в них концентрації пилу вугілля і температурного режиму в зоні удару мелючих тіл.

Ключові слова: пожежонебезпечність, системи пилоприготування, млин, молільні тіла, вугільне паливо, самозагоряння вугілля, термо- й механодеструкція вугілля.

Сучасний стан проблеми. Встановлена потужність об'єднаної енергосистеми України становить 52,3 млн. кВт. ТЕС, які працюють на вугіллі, становлять 20 % від загальної потужності енергосистеми України. Слід зазначити, що тільки на одній пилосистемі для помелу вугілля конструктивно передбачено від 29 до 35 вибухових клапанів (в залежності від типу), що підтверджує високу пожежовибухонебезпеку технологічного процесу помелу вугільного палива.

Для забезпечення безпеки роботи обладнання ТЕС при використуванні широкого спектру твердих палив необхідно вивчити механізм впливу процесів подрібнення на можливість загоряння або самозагоряння пилу і пиловідкладень в млині, розробити методи щодо їх запобігання та впровадити їх в виробництво.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженнями проблем самонагрівання і самозагоряння вугілля займалися багато вчених (Саранчук В.І., Померанцев В.В., Галушко Л.Я., Глузберг Г.И., Веселовский В.С. та інші). Сьогодні в Україні в цьому напрямі продовжують працювати Пашковський П.С., Костенко В.К., Греков З. і багато ін. Але дослідження спрямовані, в основному, на визначення пожежовибухонебезпеки вугілля при його дотуванні, транспортуванні і зберіганні. Проблеми самозагоряння вугільного пилу і його відкладень під час помелу, пожежонебезпечність процесів подрібнення в помельних агрегатах залишаються мало дослідженими [1].

Постановка задачі та її розв'язання. Для зниження пожежонебезпечності в системах пилоприготування вугільного палива на об'єктах енергетики необхідно розробити методи зі зниження пожежонебезпечності в системах пилоприготування вугільного палива та впровадити їх у виробництво шляхом дослідження механізму механодеструкції органічних речовин вугілля в помольних установках і визначення її впливу на пожежовибухонебезпеку, визначення умов загоряння вугілля у млині в зоні удару молільних тіл.

Практично будь-яка ланка технологічного ланцюга – від видобутку вугілля на розрізі до спалювання його – в тій чи іншій мірі містить у собі небезпеку пожежі. Боротьба з пожежами на виробництвах, пов'язаних із використанням вугілля, розвивається у декількох напрямках.

Одним з напрямів, розвиток якого може дати істотне підвищення рівня пожежної безпеки за порівняно невеликих витрат на впровадження, є оптимізація процесу помелу вугілля і скупченням, відкладенням пилу, які схильні до самозагоряння.

Зміївська ТЕС – одна з найпотужніших у світі теплових електростанцій, підприємство, основною діяльністю якого є вироблення електричної енергії і тепла, яка забезпечує електроенергією регіони трьох областей: Харківської, Полтавської і Сумської. Встановлена потужність станції становить 2450 МВт. На станції знаходяться в експлуатації 6 блоків проектною потужністю по

200 МВт (I черга), 3 блоки – по 300 МВт і 1 блок – 350 МВт (II черга). На Зміївській ТЕС як основне паливо використовується вугілля, як резервне і розпалювальне паливо – мазут. Приготування вугільного пилу для спалювання відбувається в кульових барабанних млинах [6,7].

Головним джерелом підвищеної пожежонебезпечності пилоприготувального відділення є скупчення пилу на різних ділянках підготовки палива. Крім того, термодеструкція вугілля при помелі підвищує небезпеку самозагоряння, оскільки збільшення летких речовин у млині може призвести до пожежі. Але зниження температури пилу на виході з млина до нормативної величини завдяки подачі холодного повітря може привести до порушення процесу помелу через конденсат.

Для системи пилоприготування Зміївської ТЕС при використуванні вугілля з відповідними характеристиками знаходяться умови виключення переходу режиму нагріву вугільного пилу в нестационарний, тобто вирішується задача впливу на пожежобезпечність скупчення вугільного пилу в конструктивних елементах помельних агрегатів і визначається товщина пиловідкладень за заданої енергії активації. Вирішення цих задач забезпечить високу пожежобезпечність системи пилоприготування на ТЕС з боку можливого самозагоряння пиловідкладень [6,7].

При підготовці до помелу вугілля необхідно вжити заходів щодо запобігання загорянню вугільного пилу. Загоряння відбувається за наявності таких чинників [8]:

- небезпечна концентрація вугільного пилу в газовій суміші від 150 г до 1500 г на 1 м³ повітря за нормальних умов;
- небезпечна кількість кисню в газовій суміші – понад 14 %;
- небезпечне значення температури в локальних зонах – понад 573 К.

Для кам'яного вугілля небезпечний діапазон концентрацій лежить між 150 г (нижня межа) і 1500 г (верхня межа) на 1 м³ повітря за нормальних умов [8].

Небезпечна концентрація вугільного пилу в газовій суміші може спостерігатися в деяких ділянках млинів через нерівномірність його розподілу в об'ємі млина.

Помел матеріалу в млині здійснюється у декілька етапів. Діаграми помелу показують, що кількість крупного класу матеріалу, а відповідно, середній розмір частинок подрібнюваного матеріалу зменшується зі збільшенням відстані від зони завантаження, тобто часу помелу. Аналіз діаграм помелу [5] вказує, що їх вигляд залежить від властивостей матеріалу, що розмелюється, і від умов помелу (кількість молоткових тіл, їх розміри та ін.). Але за значних відмінностей у швидкості зменшення вмісту крупного класу всі вони мають загальні риси. Характерною особливістю кривих є нерівномірна швидкість зменшення вмісту крупного класу: спочатку вона є найбільшою, потім все більш і більш сповільнюється [2].

Характеристикою подрібнюваного матеріалу є розподіл його частинок за розмірами, або його гранулометричний склад. Значення інтегральної функції $R(\delta)$ описується залежністю Розена – Раммлера:

$$R(\delta) = \exp(-b \delta^n),$$

де b і n — параметри ідентифікації кривої до дослідних даних.

Якщо ж у перерізі млина гранулометричний склад характеризується числами, що в 10 разів менші, то матеріал, представлений частинками менше 0,5 мм, становить близько 80 % подрібнюваного в цьому перерізі.

Аналіз інформації, отриманий за результатами теоретичних і експериментальних досліджень показує, що концентрація пилу (частинки діаметром менше 500 мкм) в різних перерізах млина відрізняються в 10-15 разів.

Концентрація пилу змінюється за довжиною млина безперервно, тому у млині існує переріз, де спостерігаються її небезпечні значення, якщо мінімальна концентрація вугільного пилу буде нижчою 1500 г на 1 м³ повітря.

Для того щоб виключити небезпечну концентрацію вугільного пилу у млині, необхідно подавати подрібнюваний матеріал такого гранулометричного складу і таку кількість матеріалу й аспіраційного повітря, щоб концентрація вугільного пилу була вищою 1500 г на 1 м³ повітря.

У млині діаметром 3,2 м знаходиться близько 1200 кг вугілля на погонний метр. Подача у млин становить: вихідного вугілля – 15-20 кг/с, крупки – 30-40 кг/с; аспіраційного повітря – 1-2 м³/с. Як вже раніше було сказано, дрібна фракція рівномірно розподілена по перерізу млина. При помелі в замкнутому циклі практично всі частинки діаметром менше 0,2 мм (200 мкм) потрапляють у готовий продукт і в матеріалі, що повертається на домол з сепаратора (крупі), спостерігається малий вміст частинок менше 200 мкм. Пилоподібний матеріал знаходиться у вихідному матеріалі, що подається на помел, і у крупці (фракція 200-500 мкм). Його загальний вміст повинен бути більше 5 % від сумарної маси вихідного матеріалу, що подається на помел, і у крупці.

Концентрація кисню в агрегатах помелу вугілля не повинна перевищувати 14 %. Для зниження концентрації кисню частину газів, що відходять, необхідно рециркулювати. Небезпечні ситуації відносно концентрації O₂ іноді виникають при запуску установок. Тому перед пуском млин необхідно вентилувати сушильним агентом для зниження концентрації кисню. За зниження концентрації O₂ підвищується нижня і знижується верхня небезпечна межа концентрації пилу, що звужує небезпечний діапазон.

Небезпечне значення температури в локальних зонах (більше 573 К) може виникати в результаті зіткнення мелючих тіл, самозагоряння вугілля, перегріву вугілля при сушці дуже гарячими газами і перегріву деталей обладнання.

Асортимент мелючих тіл у млинах барабанного типу та розміри частинок вугілля, що подаються на помел – один з вирішальних чинників, що впливають на ефективність помелу. Потужність привода сучасних помельних агрегатів досягає 2000 кВт. Враховуючи, що більше 90 % енергії при помелі, на жаль, витрачається на нагрів матеріалу в результаті зіткнення мелючих тіл у млині можуть існувати зони з високою температурою, особливо в зоні контакту крупних мелючих тіл. Асортимент мелючих тіл у млинах для Зміївської ТЕС має вибиратися не одного розміру, а композиційно, але не більшим за 47 мм, а розмір частинок вугілля, що подається на помел, не більшим за 25 мм [3,4].

В основу розробок було покладено принцип запобігання самозагорянню вугілля в помельних агрегатах шляхом відвернення умов самозагоряння пилових відкладень на різних ділянках технологічних трактів, а також загорянню вугілля у млині шляхом регулювання в них концентрації пилу вугілля і температурного режиму в зоні удару мелючих тіл. У процесі проведення промислових випробувань при реалізації розроблених заходів щодо зміни асортименту мелючих тіл (розмір максимальної кулі – 40 мм; мелючих тіл максимального діаметра (40 мм) – 30 %; мелючих тіл середнього діаметра (30 мм) – 35 %; дрібних мелючих тіл (15 мм) – 35 %) і збільшення гранулометрії вугілля, що подається на помел, на 9 %, вдалося знизити на 23 К температуру подрібненого вугілля, знизити термодеструкцію вугілля в 1,32 рази і зменшити на 12 % інтенсивність зростання пиловідкладень на елементах системи пилоприготування.

Для системи пилоприготування на Зміївській ТЕС, при використанні пісного вугілля Донбасу, неможливий перехід режиму нагріву вугільного пилу в нестационарний за товщини пиловідкладень менше 68 мм з імовірністю 0,997. При отриманні суміші палив із загальним вмістом легких речовин 12 % (компонентів від 6 % до 20 %) товщина пиловідкладень не повинна перевищувати 43 мм. Виконання вищенаведених рекомендацій забезпечить високу пожежобезпечність системи пилоприготування на Зміївській ТЕС з боку можливого самозагоряння пиловідкладень.

Крім застосованих заходів щодо зниження пожежонебезпечності, розраховано очікуваний річний економічний ефект, наведений нижче.

Розрахунок очікуваного річного економічного ефекту для умов Зміївської ТЕС.

Коефіцієнти перерахунку енергоресурсів в тонну умовного палива (туп) за вугільним еквівалентом

Вугілля донецьке	0,876
Газ горючий природний (природний), тис. куб. м	1,154

Під час зупинки млина виникає необхідність додатково спалювати газ в об'ємі 10000 м³/год (замість 13173,52 кг/год вугілля).

$10000 \text{ м}^3 \text{ газу} \cdot 1,154 = 11,54 \text{ туп}$; $11,54 \text{ туп} / 0,876 = 13,17352 \text{ т вугілля}$.

Вартість 10000 м³ газу = 21546 грн.

Вартість 13,17352 т вугілля = $13,17352 \text{ т} \cdot 519 \text{ грн за тонну} = 6837,1 \text{ грн}$.

Економічні втрати при додатковому спалюванні протягом 1 годин 10000 м³ газу (або 11,54 туп) замість 13173,52 кг вугілля (або 11,54 туп) складають 21546 грн (ціна газу) – 6837,1 грн (ціна вугілля) = 14708,9 грн.

Зміївська ТЕС	2006	2007	2008 січень-квітень	2008 травень-грудень	2009
Кількість вилясків	12	10	5	2	4
Час на відновлення роботи пилосистеми, години	27	21	12	4	7

Кількість вилясків у середньому за рік зменшилася в 2 рази або для умов Зміївської ТЕС – на 5-7 вилясків (на 7-18 годин ремонту та додаткового спалювання газу) менше в рік, що становить економічний ефект, за сьогоднішніми цінами на паливо, від 102956 до 264744 грн на рік без урахування скорочення витрат на ремонт.

Висновки

Розроблені та упроваджені профілактичні заходи щодо зниження пожежонебезпечності на системах пилоприготування Зміївської ТЕС. А саме:

- недопущення пиловідкладень до критичної товщини, які залежать від конкретних умов їх створення та місцезнаходження;
- вибір асортименту мелючих тіл, який унеможливило зростання температур до небезпечних значень під час подрібнення вугілля у млині;
- рекомендовано розмір частинок вугілля, що подають на помел, який забезпечить зменшення тепловиділення у млині завдяки підвищенню ефективності помелу;
- виключення небезпечної концентрації вугільного пилу в млині;
- зниження небезпечної концентрації кисню в агрегатах помелу вугілля.

Очікуваний річний економічний ефект завдяки скороченню додаткового спалювання газу під час ремонту вибухових клапанів становить від 102956 до 264744 грн на рік без урахування скорочення витрат на ремонт.

Внесено зміни до інструкції з експлуатації системи пилоприготування енергоблоків 200 МВт та до інструкції з експлуатації систем пилоприготування котлів ТПП-210 та ТПП-210А Зміївської ТЕС.

Список літератури:

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных решений / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
2. Баранов А. М. Повышение взрывобезопасности при помоле твердого топлива в мельницах барабанного типа / А. М. Баранов, А. И. Морозов // Проблемы надзвичайних ситуацій: зб. наук. праць УЦЗ України. – Харків, 2007. – Вип. 6. – С. 29 – 39.
3. Баранов А. М. Влияние фракционного состава измельченного материала на величину энергии разрушения при помоле / А. М. Баранов, А. И. Морозов // ХДТУБА. – Харків, 2005. – Вип. 34. – с. 162 – 167.

4. Баранов А. М. Влияние ассортимента мелющих тел в мельницах барабанного типа на эффективность разрушения измельчаемого материала при помоле / А. М. Баранов, А. И. Морозов // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харків, 2006. – Вип. 30. – с. 118 – 122.
5. Богданов В. С. Шаровые барабанные мельницы / богданов В. С. – Белгород: БелГТАСМ, 2002. – 258 с.
6. Інструкція по експлуатації системи пилоприготування енергоблоків 200 МВт / Зміївська ТЕС. – 2008. – 55 с.
7. Інструкція по експлуатації пилосистем котлів ТПП-210, ТПП-210А / Зміївська ТЕС. – 2008. – 55 с.
8. Дуда В. Цемент / Дуда В. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.

А.И. Морозов, канд. техн. наук (Национальный университет гражданской защиты Украины)

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРООПАСНОСТИ В СИСТЕМАХ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Приведены разработанные мероприятия по снижению пожароопасности в системах пылеприготовления угольного топлива Змиевской ТЭС по результатам теоретических и экспериментальных исследований механизма влияния процессов измельчения на возможность загорания или самовозгорания пыли и пылеотложений в мельнице. Рассчитан ожидаемый годовой экономический эффект при уменьшении дополнительного сжигания газа во время ремонта взрывных клапанов Змиевской ТЭС за счет внедрения методов предотвращения самовозгорания угля в помольных агрегатах на разных участках технологических трактов, а также загорания угля в мельнице за счет регуляции в них концентрации пыли угля и температурного режима в зоне удара мелющих тел.

Ключевые слова: пожароопасность, системы пылеприготовления, мельница, мелющие тела, угольное топливо, самовозгорание пылевых отложений.

A.I.Morozov, Candidate of Sciences (Engineering) (National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv)

DEVELOPMENT OF METHODS OF DECREASE OF FIRE RISK IN SYSTEMS OF DUST PREPARATION OF COAL FUEL AND THEIR PRACTICAL USAGE

The article deals with the methods developed for the fire risk decrease in systems of dust preparation of coal fuel at Zmievsk power station on the basis of the results of theoretical and experimental researches of the mechanism of influence of crushing processes on possibility of fire arising or self-ignition of dust and dust deposits in a mill. Expected annual economic benefit is calculated at reduction of additional burning of gas during repair of explosive valves at Zmievsk power station. Such reduction is made by introducing prevention methods for self-ignition of coal in mill units on different sites of technological paths, and also self-ignition of coal in a mill by regulation of coal dust concentration and a temperature mode in a zone of blow of grinding balls.

Key words: fire risk, systems for dust preparation process, grinding balls, mill, coal fuel, spontaneous combustion of coal.

