

4. Будников, В.Ф. Диагностика и капитальный ремонт обсадных колонн в нефтяных и газовых скважинах [Текст] / В.Ф. Будников, П.П. Макаренко, В.А. Юрьев. –М. : Недра, 1997. –226 с.: ил.

5. Пат. 105583 Україна, МПК E21B 37/02. Пристрій для підготовки місця встановлення пакера [Текст] / Дорохов М.А., Троцький В.П., Шульга А.М.; заявник та патентовласник Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. - № а 2013 03729; заявл. 26.03.2013 ; опубл. 26.05.2014., Бюл. № 10.

6. А. с. 1726729А1 СССР, МКИЛ E21 B29/00. Труборез-фрезер / Троцкий В.П. ; Украинский научно-исследовательский институт природных газов. – № 1726729 ; заявл. 27.12.88; опубл. 15.04.1992, Бюл. № 14.

УДК: 662.612.3:504

А.В. СИЗОНЕНКО, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОСОБЛИВІСТЬ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

У даній статті оглянуті оптимальні організації процесу спалювання водоемульсійних палив, за допомогою яких можна досягти зниження вмісту NO_x в процесі горіння за рахунок введення пари або вприскування води в зону горіння. Наведено результати роботи експерименту зі спалювання водоемульсійних палив, доведений ефект скорочення викидів NO_x .

В данной статье рассмотрены оптимальные организации процесса сжигания водоемульсионных топлив, с помощью которых можно добиться снижения содержания NO_x в процессе горения за счет ввода пара или впрыскивания воды в зону горения. Приведены результаты работы эксперимента по сжиганию водоемульсионных топлив, доказан эффект сокращения выбросов NO_x .

The article examined optimal organization vodoemulsionnyh fuel combustion process by which it is possible to reduce the content of NO_x in the combustion process due to entering of steam or water is injected into the combustion zone. Given the results of the experiment on the incineration of water-based fuels, proved the effect of reducing NO_x emissions

Постановка проблеми та її зв'язок з основними науковими та практичними завданнями. Особливості спалювання водомазутних емульсій (ВМЕ) полягають в тому, що існуючі форсункові пристрої не в змозі забезпечувати диспергування рідких палив на рівень дисперсності менше ніж 100 мкм. У той же час у краплі емульсії такого розміру, що зійшла з форсункового пристрою міститься кілька тисяч мікрокрапель води. У ви-

сокотемпературній зоні топкової камери крапля емульсії вибухає (аналогічний ефект зафіксовано в [6]) і відбувається вторинне диспергування палива. Чим більше дрібних крапель в емульсії, тим помітніше цей ефект. Інтенсифікувати цей процес можна гомогенізацією водомазутних сумішей (рис.1 [1]). Подрібнення певної кількості води (види на рис. 1 зліва - направо) формує безліч центрів мікробибухів.

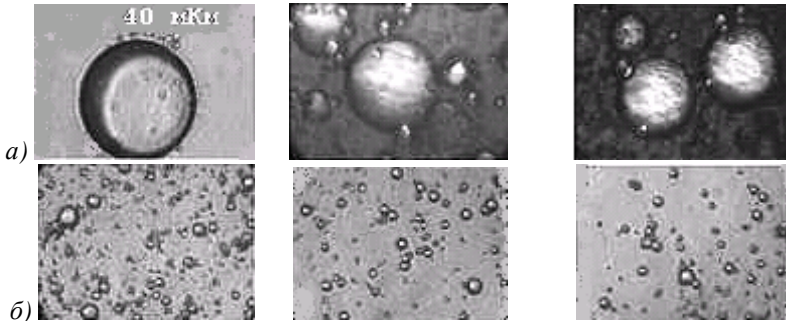


Рис. 1. Структура водомазутних емульсій до (а) і після (б) гомогенізації

Представлені вище ефекти інтенсифікації процесу горіння спостерігалися нами на Дніпродзержинській котельній установці ДТЗ. На рис. 2 а показана фотографія горіння мазуту М100, на рис. 2 б - горіння 7% водомазутної емульсії (ВМЕ) на основі М100; на рис. 2 в - 15% ВМЕ. Візуально можна спостерігати підвищення яскравості факела і його розширення, що свідчить про більш інтенсивне і повне згоряння палива при горінні з високими температурами.

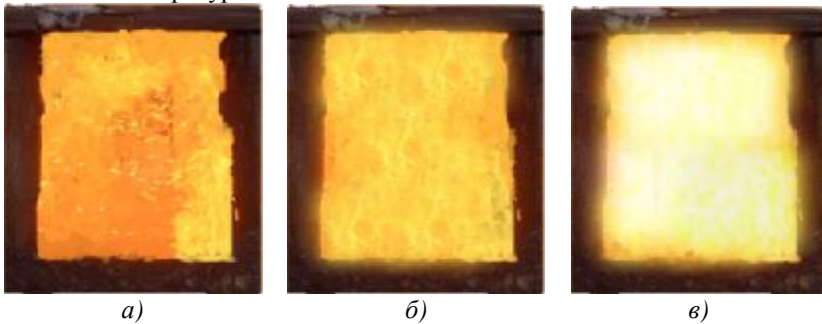


Рис. 2. Горіння мазутного палива в котлі ДКВР:
а) - мазут М100; б) - 7% ВМЕ; в) - 15% ВМЕ.

В результаті таких мікробибухів в топці виникають вогнища турбулентних пульсацій (пульсації факела описані також в роботі [7]) і збільшується число елементарних крапель палива, завдяки чому факел збільшується в об'ємі і більш рівномірно заповнює топкову камеру (рис. 2), що

призводить до вирівнювання температурного поля топки із зменшенням локальних максимальних температур і збільшенням середньої температури в топці; підвищення світності факела завдяки збільшенню поверхні випромінювання; істотного зниження недопалу палива; дозволяє знизити кількість витрат повітря і зменшити пов'язані з ним тепловтрати.

Факел палаючого емульгованого палива в топковому просторі скорочується в об'ємі і стає прозорим. Температура вихідних газів зменшується в порівнянні зі зневоднених мазутом на 30-35°C. Зміна параметрів процесу горіння і складу вихідних газів свідчать про підвищення ефективності використання палива.

Постановка завдання. У натуральних рідких паливах горючі елементи знаходяться в різних хімічних сполуках, по теплоті утворення яких немає даних. Так як теплоту згорання рідких палив неможливо аналітично визначити за їх елементарним хімічним складом, то її визначають експериментально за допомогою калориметра.

При спалюванні мазуту в атмосферу викидається значна кількість відпрацьованих газів, до складу яких входять різні сполуки, які мають шкідливий вплив на здоров'я людини і навколишнє середовище. Суттєво впливає на їх утворення також режим горіння. Так, наприклад, при спалюванні мазуту з надлишком повітря $\alpha=1,1\div 1,2$ в ядрі факела розвивається порівняно висока температура при великому температурному градієнті між ядром і периферійною зоною факела. Крекінг в ядрі факела супроводжується утворенням простих, легкозаймистих молекул з малим сажевиділенням. При цьому на першій стадії сірка, що міститься в паливі, окиснюється до SO_2 . Але зменшення часу згорання може призвести до істотного зниження вмісту утворених NO_x тільки в тому випадку, якщо одночасно буде передбачено інтенсивне відведення теплоти від ядра факела, а також від продуктів реакції після завершення процесу горіння. Такий комплексний вплив на процес зменшення утворення оксидів азоту, досягається за рахунок подачі в топку ВМЕ.

Основна частка оксидів азоту при горінні (до 80%) утворюється в об'язі зони максимального тепловиділення. Таким чином, підвищення тепловиділення при спалюванні палива призводить до надмірного утворення оксидів азоту. Тому необхідно оптимізувати ці показники процесу горіння з метою створення умов досягнення максимального тепловиділення при мінімумі виникнення NO_x .

Результати роботи. Обробку отриманих даних за змістом NO_x в продуктах згорання водо-мазутної емульсії виконували з використанням методів планування експерименту. На основі апріорної інформації відомо, що кількість NO_x в продуктах згорання емульсії визначається відношенням вмісту мазуту до вмісту води, часткою поверхнево-активної речовини, часом відстоювання емульсії і коефіцієнтом надлишку повітря. Переважані фактори були обрані як варійовані змінні. Відношення вмісту

мазуту до вмісту води X_1 змінювали в діапазоні 0.6÷1.0%. Кількість активатора X_2 - в межах 0÷30%. Витримку емульсії X_3 - від 0 до 12 годин. Коefіцієнт надлишку повітря X_4 - в ході експериментів становив 1÷1.5. В якості залежної змінної Y розглядали вміст NO_x в продуктах згоряння. Для виключення систематичної помилки встановлювали випадковий порядок постановки дослідів в часі. Для опису багатофакторної залежності обраний ортогональний багатокомпозиційний план 2^4 і квадратична модель.

Математико-статистичну обробку експериментів виконали за прийнятною методикою [2]. Після обробки результатів експериментів отримано рівняння регресії для обчислення функції відгуку з точністю до 0.7%.

$$Y = 1.387 - 3.6 \cdot 10^{-2} X_1 + 4.08 \cdot 10^{-2} X_4 + 8.54 \cdot 10^{-3} X_3^2 - 2.187 \cdot 10^{-2} X_1 \cdot X_2 - 0.0194 X_1 \cdot X_3 - 2.187 \cdot 10^{-2} X_1 \cdot X_4 + 0.0118 X_2 \cdot X_4 \quad (1)$$

Аналіз отриманих результатів показує, що найбільше впливає на вміст NO_x в продуктах згоряння відношення вмісту мазуту до вмісту води (X_1). Очевидно, що зі збільшенням кількості води в співвідношенні C_m / C_v вміст NO_x в продуктах згоряння зменшується. Порівняльний аналіз процесу горіння мазуту і водо-мазутної емульсії показав, що диспергована волога впливає на фізичні і хімічні топкові процеси. Фізичний вплив полягає в явищі мікробибухів дрібних крапельок води, що знаходяться в середині паливної оболонки. При цьому відбувається додаткове перемішування палива з повітрям. Дисоціація молекул водяної пари, вивільненої у результаті мікробибухів, призводить до збільшення концентрації активних центрів реакції. Значні концентрації гідроксильного радикала збільшують швидкість вигорання оксиду вуглецю. Додатково покращує вигорання водомазутних емульсій реакція водяної пари - реакція між парою і розпеченим вуглецем. Поліпшення перемішування частинок палива і повітря за рахунок «мікробибухів» дозволяє знизити надлишок повітря до критичного значення і таким чином підвищити ККД котла.

Спалювання емульсій призводить до зменшення оксидів азоту в продуктах згоряння, так як знижується температура полум'я. Крім того, збільшення кількості активних центрів реакції активізує горіння і відповідно знижує концентрацію атомарного кисню. В результаті знижується швидкість окиснення азоту. Швидке і повне вигорання палива сприяє зменшенню кількості сажі.

Збільшення виходу NO_x до критичного значення пояснюється підвищенням концентрації вільного кисню. При подальшому підвищенні α на вихід NO_x впливає температура горіння. При зміні α змінюється також і теоретична температура горіння.

Аналогічні дослідження виконані для дослідження впливу перерахованих факторів X_i на теплоту згоряння емульсії.

Після обробки результатів експериментів отримано рівняння регресії для обчислення функції відгуку з точністю до 1%.

$$Y = 6976.946 + 483.42X_1 - 339.77X_2 + 248.28X_3 + 217.07X_4 - 246.9966X_1^2 - 222.0042X_2^2 + 552.7617X_3^2 - 421.9439X_4^2 - 176.25X_1 \cdot X_2 - 126.25X_1 \cdot X_3 - 103.75X_1 \cdot X_4 - 662.5X_2 \cdot X_3 - 125X_2 \cdot X_4 - 187.5X_3 \cdot X_4 \quad (2)$$

Аналіз отриманих результатів показує, що найбільше впливає на теплоту згоряння чинник X_1 - вміст води в емульсії (аналогічні результати покладені в основу технічних рішень [8, 9] по спалюванню мазуто- і волого наповнених паливних гранул). Очевидно, що зі збільшенням обсягу дискретної фази (води) теплота згоряння водо-мазутної емульсії підвищується, що й відображено якісно і кількісно в результатах експериментів. Слід зазначити, що при спалюванні палива ця залежність проявляється інакше. У процесі диспергування ВМЕ краплі води при швидкому нагріванні (термоударі), розриваючись, обумовлюють додаткове дроблення паливної речовини. В результаті цього утворюється потік високодисперсного палива. У свою чергу, краплі менших розмірів швидше випаровуються і факел стає коротшим. Таким чином, спалювання відбувається ефективніше з меншим хімічним і механічним недопалом. Тому, незважаючи на помітне зниження теплоти згоряння ТЕ при збільшенні вмісту в ній води, вода позитивно впливає на горіння. Однак, значне збільшення об'єму води недоцільно. У наших експериментах, встановлена гранична концентрація H_2O - 21%, перевищення якої призводило до необгрунтованого зниження теплоти згоряння, тобто вже не впливало на скорочення NO_x в продуктах згоряння.

Вплив коефіцієнтів при квадратичних факторах відображає, швидше за все, особливості вибору діапазону зміни варійованих величин факторів. Таким чином, при зміщенні коефіцієнтів при факторах були б іншими і інші коефіцієнти. Тому закономірності $Y = f(X_{12}, X_{22}, X_{32}, X_{42}, X_1X_2, X_1X_3, X_1X_4, X_2X_3, X_2X_4, X_3X_4)$ опускаємо.

Так як отримані регресійні залежності для всіх показників виявилися адекватними то це дозволило використовувати їх для управління процесом горіння ВМЕ з метою його оптимізації. В якості функції мети взята теплота горіння. В результаті отримана наступна оптимізаційна модель спалювання матеріалу з максимальним тепловиділенням:

$$\begin{cases} Y_{\min} = 1.987 - 9.6 \cdot 10^{-2} X_1 + 4.09 \cdot 10^{-2} X_4 + 8.54 \cdot 10^{-3} X_3^2 - 2.187 \cdot 10^{-2} X_1 \cdot X_2 - 0.0194 X_1 \cdot X_3 - 2.187 \cdot 10^{-2} X_1 \cdot X_4 + 0.0118 X_2 \cdot X_4; \\ Y_{\max} = 6976.946 + 483.42 X_1 - 339.77 X_2 + 248.28 X_3 + 217.07 X_4 - 246.9966 X_1^2 - 222.0042 X_2^2 + 552.7617 X_3^2 - 421.9439 X_4^2 - 176.25 X_1 \cdot X_2 - 126.25 X_1 \cdot X_3 - 103.75 X_1 \cdot X_4 - 662.5 X_2 \cdot X_3 - 125 X_2 \cdot X_4 - 187.5 X_3 \cdot X_4 \end{cases} \quad (3)$$

Чисельні значення обмежень прийняті після підсумовування середніх величин з інтервалами розкидів.

Враховуючи прийняті допущення, функція Лагранжа прийме наступний вигляд

$$L = Y_2 + \lambda_1(Y_1 + X_5 + 0,2) \quad (4)$$

Для визначення оптимальних значень X_k отримана система рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial L}{\partial X_1} = 1.387 - 3.6 \cdot 10^{-2} X_1 + 4.08 \cdot 10^{-2} X_4 + 8.54 \cdot 10^{-3} X_3^2 - 2.187 \cdot 10^{-2} X_1 X_2 - 0.0194 X_1 \\ \quad - 2.187 \cdot 10^{-2} X_1 X_4 + 0.0118 X_2 X_4; \\ \frac{\partial L}{\partial X_2} = \lambda_1 \end{array} \right. \quad (5)$$

В результаті рішення рівнянь отримані стаціонарні точки функції Лагранжа в кодованих значеннях змінних X_i . Точковий прогноз показників за отриманими моделям дозволяє визначити оптимальні значення керуючих чинників процесу горіння.

Висновки.

При оптимальній організації процесу спалювання ВМЕ можна досягти зниження вмісту NO_x в продуктах горіння до 60% при переході обладнання на роботу з малим надлишком повітря; до 50% при інтенсифікації тепловідводу і до 40% при введенні пари або вприскуванні води в зону горіння.

Слід зазначити, що ефект зменшення NO_x за рахунок одночасного застосування різних способів не відповідає сумарному ефекту від кожного способу окремо. Як показує досвід одночасне застосування, наприклад, малого надлишку повітря і рециркуляції дозволяє зменшити викиди NO_x тільки на 50-70%.

Список літератури:

1. Долинский А.А. Теплофизические процессы в эмульсиях/ Долинский А.А., Павленко А.М., Басок Б.И. Киев: Наукова думка, 2005. -398 с.
2. Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов/ Хартман К., Лецкий Э., Шефер В. -М.: Мир, 1977. -552 с.
3. Павленко А.М. Структурообразование и дезинтеграция эмульсий в вихревых аппаратах/ Павленко А.М., Басок Б.И. Днепропетровск: ДГТУ, 2009. -205 с.
4. Бородин В.А., Дитякин Ю.Ф. Распыливание жидкостей/ Бородин В.А., Дитякин Ю.Ф. М: машиностроение, 1967. -267 с.
5. Ляховский Д.Н. Вопросы аэродинамики и теплопередачи в котельно-топочных процессах. М: Госэнергоиздат, 1958. -67 с.
6. Білецький В.С. Термічне дроблення вуглемаєляних гранул // Збагачення корисних копалин. -2002. -№ 15. -С. 90-93.
7. Білецький В.С., Сергєєв П.В. Дослідження спалювання вугілля та вуглемаєляних комплексів / Білецький В.С., Сергєєв П.В. // Гірничий вісник. -Кривий Ріг: КНУ, 2014. -Вип. 97. -С. 252-256.
8. Патент 4417899 США. С10L 5/14. Самовибухаючі вугільні гранули і метод їх одержання/ Дж. Морріс, А. Гайтдаунді. - The Board of Regents of The University of Oklahoma. Заявл. 17.12.81. Опубл. 29.11.83.
9. А.с. 1114469 СССР. МКИЗ ВОЗВ 13/00. Способ управления процессом масляной агломерации/ В.С.Белецкий, А.Т.Елишевич,

Т.В.Карлина. Донецк. политехн. ин-т. - № 3613558/22-03. Заявл. 24.05.83.
Опубл. 23.09.84. Бюл. №35, 3 с.

УДК 004: 378

О.Ю. СЕРДЮК, аспірант,
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ЄДИНИЙ ОЦІНОЧНИЙ ПОКАЗНИК КОМП'ЮТЕРНОГО ТЕСТУВАННЯ

Представлений принципово новий оціночний показник завдань і тестів, заснований на одночасному обліку складності, якості, часу і виконання завдання. Розроблений показник узгоджений з критерієм оцінки ефективності відкритих економічних систем і може бути використаний як базовий критерій визначення ступеня готовності до інтеграції навченого в реальне середовище.

Представленный принципиально новый оценочный показатель задач и тестов, основанный на одновременном учете сложности, качества, времени и выполнения задания. Разработанный показатель согласован с критерием оценки эффективности открытых экономических систем и может быть использован как базовый критерий определения степени готовности к интеграции обученного в реальную среду.

There is presented fundamentally new estimate of tasks and tests, based on the simultaneous view of the complexity, quality, and time for the task in the article. Develop indicators are agreed with the criterion of evaluation of the effectiveness of open economic systems and can be used as a basic measure of the degree of readiness for the integration of learning in the real environment.

Вступ. У даній статті обговорюється розробка та використання критерію оцінки тестового завдання в процесі використання електронних навчальних і контролюючих систем шляхом обчислення єдиного оціночного показника, який допомагає максимально наблизити оцінку результатів тестування до критерію оцінки ефективності відкритих економічних систем, сформованому природним шляхом в результаті функціонування виробничих систем і систем масового обслуговування.

Даний метод включає в себе інтеграцію всіх значущих чинників ціннісної характеристики якості отриманих в освітньому процесі знань, умінь і навичок.

Представлена методика дозволяє одержувати більш точне уявлення про отримані навичках в тренінгах. Це дозволяє відобразити їхню реальну практичну цінність по відношенню до відкритих економічних систем.