

**ДЕРЖАВНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ
УКРАЇНИ**

На правах рукопису

СТУПАК Вія Олександрович

**РОЗРОБКА МЕТОДІВ
ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ГОРІННЯ
ТВЕРДИХ ДОДАТКІВ, ЩО МІСТЯТЬ
ВУГЛЕЦЬ, У ДОМЕННИХ ПЕЧІ**

Спеціальність 05.16.02 "Металургія чорних металів"

**А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ - 1994

АВ 30, 484

Роботу виконано у Державній металургійній Академії України.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Пліскановський С.Г.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор Тарасов В.П.

кандидат технічних наук,
доцент Потапов Б.Б.

Провідне підприємство: інститут УкрДіпромет.

Захист відбудеться 28 июня 1994р. о 12³⁰ год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради при Державній металургійній
Академії України за адресою: 320635, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 4

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державної мета-
лургійної Академії України.

Автореферат розіслано 24 05 1994р.



Вчений секретар
спеціалізованої ради,
кандидат технічних наук

В. С. Паніотов

В. С. Паніотов

ЛННБ України ім. В. Стефаника



00756499 (1)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасні структурні перетворення економіки України із значним скороченням обсягів виробництва потребують впровадження нових, енергозберігаючих технологій. У галузі виробництва чавуну це, перш за все, пошук шляхів подальшої економії коксу та природного газу, витрати яких у сучасних умовах становлять 450 - 650 кг та 100 - 120 м³ на 1 т чавуну.

Зараз у світі прагнуть близько 100 доменних печей з використанням пилувугільного палива (ПВП). Середні витрати вугільного порошку становлять 70-90 кг/т чавуну. На деяких доменних печах досягнуті витрати 150 - 180 кг/т чавуну, що дозволило зменшити витрати коксу до 300 - 330 кг/т чавуну.

Практичний досвід свідчить, що досягнення таких показників можливе тільки за умов прийняття спеціальних заходів, спрямованих на збільшення повноти згорання часток вугільного порошку у фурменних осередках доменної печі. Одним з таких заходів є додавання до складу ПВП твердих палив з високим виходом летких речовин.

Ідея використання додатків газового вугілля до пилувугільного палива, вперше запропонована С.Л.Ярошевським з колегами наприкінці 70-х років, яка не набула до сьогоднішнього часу широкого розповсюдження, потребує у сучасних умовах подальшого розвитку, бо саме цей метод є одним з найефективніших засобів, спрямованих на підвищення витрати ПВП і відповідне зменшення витрати коксу.

Метою роботи є дослідження і розробка методу інтенсифікації горіння вугільного порошку в доменній печі за допомогою додавання до складу ПВП палив з високим виходом летких речовин, спрямованого на підвищення витрат вугілля, що вдувається, і відповідне зменшення витрат коксу і природного газу.

Наукова новизна роботи полягає у тому, що:

- встановлено закономірності зміни температури займання ПВП із вугілля марки "Т", а також ПВП із антрацитом, при додаванні до їх складу палив з високим виходом летких речовин;
- встановлено зв'язок між температурою займання ПВП і повнотою його згорання на початкових стадіях процесу горіння;

- запропоновано методичку розрахунків максимального вмісту паливних додатків для конкретних технологічних умов роботи доменної печі

Практична цінність роботи полягає у тому, що:

- встановлено можливість додавання до складу ПВП паливних додатків з розміром часток до 200мм;

- встановлено оптимальні співвідношення паливних компонентів ПВП, що дозволяють збільшити витрати вугільного пороку з одночасним зменшенням витрат природного газу, з урахуванням можливості повного припинення його вдування у доменну піч;

- запропоновано до впровадження на металургійних підприємствах України ПВП, які містять оптимальні кількості додатків, що дозволяє одержати додаткову економію коксу і природного газу за рахунок інтенсифікації горіння ПВП і підвищення його витрат.

Реалізація результатів роботи. Результати досліджень було використано при складанні Державної науково - технічної програми за пріоритетними напрямками науково - технічного прогресу "Розробка і впровадження на металургійних підприємствах України екологічно чистої технології доменної плавки з вдуванням пиловугільного палива із непридатних до виготовлення коксу марок вугілля з метою різкого зменшення витрат природного газу у доменних печах і зниження шкідливих викидів коксохімічних підприємств за рахунок зниження потреби у коксі". Результати, отримані в дисертаційній роботі, використано Українським промислом при розробці проектних рішень по комплексах приготування і вдування ПВП на металургійних підприємствах України.

Апробація роботи. Основні наукові результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на Всесоюзній науково - технічній конференції "Інтенсифікація металургійних процесів і підвищення якості металів і сплавів" (Тула, 1990); Українському науково - технічному семінарі "Проблеми перетворення енергії і раціонального використання органічного палива в енергетиці" (Київ, 1992); Українсько - німецькому Симпозіумі "Заміна коксу шляхом вдування вугільного пороку і використання інших енергоносіїв у доменному процесі з урахуванням екологічних вимог" (Донецьк, 1992); Всеукраїнській науково - практичній конференції "Теорія і практика розв'язання екологічних проблем у металургійній і гірничовидобувній промисловості (Дніпропетровськ, 1993); наукових семінарах кафедри металургії чавуну Державної металургійної Академії України (Дніпропетровськ, 1990-1994).

Публікації по роботі. Результати досліджень відображено у 10 роботах, надрукованих у наукових журналах та збірках.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, загальних висновків і рекомендацій, переліку літератури із 125 найменувань і 9 додатків. Робота надрукована на 164 сторінках, з урахуванням 26 малюнків і 23 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

В першій главі на підставі опрацювання значної кількості літературних джерел, у тому числі, патентних матеріалів, розглянуто основні аспекти теорії горіння твердого палива стосовно до процесу горіння ПВП у потоці дуття доменної печі.

В сучасних температурно - дуттєвих умовах роботи доменних печей при вдуванні ПВП на відстані 0,3-1м від зрізу фурми тривалість контакту вугільних часток з потоком дуття за різними оцінками не перевищує 0,025с у внутрішньому просторі фурменного пристрою і 0,01с у фурменному осередку. У той же час, тривалість повного згорання часток вугілля розміром 70 - 90мкм може складати 0,05 - 0,1с, що на порядок вище. Ця невідповідність є одною з головних причин, що перешкоджають збільшенню витрат ПВП на доменних печах, так як збільшення кількості часток, які не згоріли і залишаються у горні, сприяє погіршенню газопроницливості нижньої частини печі та призводить до інших небажаних наслідків.

Таким чином, інтенсифікація початкових стадій горіння ПВП (нагрівання часток, виділення і займання летких речовин), що відбуваються у внутрішньому просторі фурменного пристрою і займаючи майже 50% загальної тривалості горіння, сприятиме більш повному згоранню вугільного пороку у фурменному осередку, збільшенню витрати вугілля, що вдувається і кількості замінюваного ним коксу.

В другій главі зроблено теоретичний і експериментальний аналіз можливості інтенсифікації початкових стадій горіння ПВП при вдуванні у доменну піч.

Для розрахунків тривалості нагріву до займання часток ПВП використовувалось рішення диференційного рівняння прогрівання частки, одержане В.В.Померанцевим із рівняння теплового балансу. Розрахункова формула записується так:

$$\tau_{\theta/Q_{\max}} = 0,384 \frac{c_z \rho_z \delta^2}{Nu \lambda_r} \ln \left(1 - \frac{Q}{Q_{\max}} \right), \quad (1)$$

де $\tau_{\theta/Q_{\max}}$ - повна тривалість прогріву інертної сухої частки, с;
 c_z - питома теплоємність частки, кДж/(кг К); ρ_z - густина матеріалу частки, кг/м³; δ - діаметр частки, м; λ_r - теплопровідність газу, Вт/(м К); Q/Q_{\max} - відношення кількості тепла, сприйнятого часткою, до максимального, можливого при даній температурі потоку.

Величини Q і Q_{\max} розраховуються за формулами

$$Q = \frac{\pi \delta^2}{6} \rho_z c_z (T_r - T_{z_0}) \quad (2)$$

і

$$Q_{\max} = \frac{\pi \delta^2}{6} \rho_z c_z (T_r - T_{z_0}) \quad (3)$$

З урахуванням (2) і (3) співвідношення Q/Q_{\max} запишеться у вигляді:

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{T_r - T_{z_0}}{T_r - T_{z_0}}, \quad (4)$$

де T_{z_0} і T_r - початкова і поточна температура частки, К; T_r - температура газового середовища, К.

При розрахунках тривалості нагріву вугільних часток до займання необхідно враховувати, що коли займання сталося, основна передумова розрахунків стає недійсною, теплопередача суттєво підсилюється, процес газифікації та термічної деструкції вугільної частки прискорюється. За цих умов розрахунки тривалості нагріву за формулою (1) можуть вестись тільки до моменту займання:

$$\tau_{z_{\text{заім}}} = 0,384 \frac{c_z \rho_z \delta^2}{Nu \lambda_r} \ln \left(1 - \frac{T_{z_{\text{заім}}} - T_{z_0}}{T_r - T_{z_0}} \right). \quad (5)$$

Одержану формулу (5) було використано для порівняної оцінки ефективності додавання до складу ПВП із вугілля марки "Г" і ПВП з антрацити 5 - 50% додатків газового, дліннопламеного, бурого вугілля, а також торфу та гідролізованого лігніну (розрахунки проводилися на персональному комп'ютері по розробленій програмі у середовищі "турбо-бейс ІК").

Для одержання порівняних даних по температурі займання окремих палив і їх сумішей використовувалась методика ІГС (Інститут гірничої справи), у основу якої покладено штучне окислення вугілля твердим окислювачем, взятим у визначеному співвідношенні до іспитуваної наважки вугілля. Результати дослідження температур займання різних паливних сумішей відображено на мал.І.

З використанням експериментальних даних по температурі займання виконано розрахунки тривалості до займання часток різних палив розміром від 10 до 150мм. Встановлено, наприклад, що додавання до складу ПВП 25% торфу знижує тривалість до займання у тому ж розмірі, що і підвищення температури дуття на 100 °С. Дуже важливим для практики є те, що займання часток лігніну або торфу розміром 150мм відбувається водночас із частками антрациту (або вугілля марки "Т") розміром 80 - 90мм.

Одержані експериментальні і розрахункові дані щодо впливу компонентного складу ПВП на температуру його займання дозволили зробити висновок про те, що при додаванні до складу ПВП палив з високим виходом летких речовин слід очікувати збільшення повноти згорання часток вугілля при вдуванні його у доменну піч.

Третю главу присвячено дослідженням інтенсифікуючої дії паливних додатків на різних стадіях процесу горіння ПВП.

На спеціально розробленій і виготовленій лабораторній установці (мал.2) було проведено 2 серії досліджень. Перша - по моделюванню процесу горіння ПВП і різних сумішей на початкових стадіях процесу горіння (до виходу потоку ПВП у окислючу зону доменної печі). У другій серії досліджень вивчалась повнота згорання ПВП з паливними додатками на заключних стадіях.

Параметри лабораторної установки для моделювання процесу горіння часток вугілля на початкових стадіях розраховувались у відповідності до другої теореми подібності (Л - теорема). Тривалість перебування часток ПВП у ізотермічній зоні установки (0,018 - 0,025с) дорівнювала тривалості їх перебування на ділянці "патрубок вводу - зріз фурми" при віддаленні точки вдування од зрізу фурми 0,3 - 0,6м і температурно - дуттєвих умовах, притаманних для сучасних доменних печей.

Одним з умов моделювання початкових стадій горіння була відповідність співвідношень "вуглець палива/кисень дуття" на моделі реальним співвідношенням при вдуванні ПВП у доменну піч. Співвідношення розраховувалися за формулою:

$$S = \frac{Q_c}{Q_{O_2}} = \frac{Q_n \cdot P \cdot C_{\text{вугл}} \cdot n}{1440 \cdot n \cdot Q_d \cdot O_{2d}} \quad \text{г/л} \quad (6)$$

де Q_n - витрата ПВП у доменну піч, кг/т чавуну; P - добова продуктивність печі, т/сут; $C_{\text{вугл}}$ - вміст вуглецю у вугіллі, відн.од.; n - кількість фурм на печі; Q_d - витрата дуття, м³/хв.; O_{2d} - доля кисню в дутті, відн.од.; Q_c - витрата вуглецю з ПВП за 1 хв. через одну фурму, кг/хв.; Q_{O_2} - витрата кисню у складі дуття за 1 хв. через одну фурму, м³/хв..

Відоме співвідношення S дозволяло розрахувати необхідні витрати повітря

$$Q_n = \frac{Q_{\text{підж}} \cdot C_{\text{вугл}}}{0,21 \cdot S} \quad \text{л/хв.} \quad (7)$$

де $Q_{\text{підж}}$ - продуктивність підживлювача, г/хв.; $C_{\text{вугл}}$ - вміст нелетючого вуглецю у вугіллі, відн.од.; $0,21$ - вміст кисню у повітрі, відн.од..

Для визначення повноти стгорання ПВП у експериментах матеріал, який прореагував, аналізувався на вміст золи, після чого проводилися розрахунки за формулою:

$$\varphi_G = \left[1 - \frac{A_{\text{пвп}}^c (100 - A_{\text{зал}}^c)}{A_{\text{зал}}^c (100 - A_{\text{пвп}}^c)} \right] \cdot 100, \% \quad (8)$$

де φ_G - повнота стгорання, %; $A_{\text{пвп}}^c$ - вміст золи у вихідному ПВП, % на суху масу; $A_{\text{зал}}^c$ - вміст золи у ПВП, що прореагувало, % на суху масу.

Формулу (8) було одержано шляхом перетворення рівняння

$$\frac{A_{\text{пвп}}^c}{100} + \frac{G_{\text{пвп}}^r}{G_{\text{пвп}}^r + G_{\text{пвп}}^a} = \frac{A_{\text{зал}}^c}{100} + \frac{G_{\text{зал}}^r}{G_{\text{зал}}^r + G_{\text{зал}}^a} \quad (9)$$

де $G_{\text{пвп}}^r$ та $G_{\text{зал}}^r$ - вага горючої маси вихідного ПВП і залишку, який прореагував, г.; $G_{\text{пвп}}^a$ та $G_{\text{зал}}^a$ - вага золи у вихідній кількості ПВП і у залишку, г..

Співвідношення, що входить у формулу (8)

$$\frac{A_{\text{пел}}^{\text{с}}(100 - A_{\text{зал}}^{\text{с}})}{A_{\text{зал}}^{\text{с}}(100 - A_{\text{пел}}^{\text{с}})} = q_{\text{в}} = \frac{G_{\text{зал}}^{\text{с}}}{G_{\text{пел}}^{\text{с}}} = 1 - 0,01 \varphi_{\text{с}} \quad (10)$$

являє собою механічний недопал $q_{\text{в}}$, який визначається як співвідношення ваги горючої маси залишка $G_{\text{зал}}^{\text{с}}$ до ваги горючої маси вихідного ПВП $G_{\text{пел}}^{\text{с}}$.

На початку було проведено експерименти по моделюванню процесу горіння "чистих" ПВП, тобто окремо для кожного виду палива. Результати, одержані в експериментах, відображено у таблиці I.

Таблиця I.

Повнота згорання палив (фракція 100...71 мкм) на початкових та заключних стадіях горіння.

Повнота згорання по формулі (8)	В и д п а л и в а						
	Антрац	"Т"	Газов	Ділля	Бурий	Торф	Лігніт
Початкові стадії	12,2	17,4	41,4	44,1	51,4	59,8	56,5
Заключні стадії	43,1	45,8	65,4	67,2	69,8	76,9	73,9

Подальші експерименти показали, що додавання до складу ПВП із вугілля марки "Т" або антрациту від 10 - 15 до 50% паливних додатків з високим виходом летких речовин сприяє підвищенню на 5 - 20% повноти згорання часток вугілля. Результати проведених досліджень показано на мал. I.

Достовірність і об'єктивність, необхідні при обробці експериментального матеріалу, вимагали відповіді на запитання - чи не є збільшення повноти згорання ПВП з паливними додатками, що наблюдалися у експериментах, результатом "механічного змішування" двох по-різному згорілих компонентів (таблиця I). Інакше кажучи, доцільно було виділити із зміни повноти згорання при горінні ПВП з додатками саме ту частину, яка обумовлена "каталітичною" дією додатків. З цієї метою було розроблено відповідну математичну модель, що описує характер зміни гіпотетичної повноти згорання ПВП, яке являє собою "механічну суміш" двох компонентів з різним вмістом золи і різною повнотою згорання у ідентичних умовах:

$$\rho_{\text{сум}} = 1 - \frac{\left(A_1^c - A_1^c d + A_2^c d \right) \left(100 - \frac{100(1-d)}{\frac{100-\varphi_1}{A_1^c} + \frac{\varphi_1}{100}} - \frac{100d}{\frac{100-\varphi_2}{A_2^c} + \frac{\varphi_2}{100}} \right)}{\left(\frac{100(1-d)}{\frac{100-\varphi_1}{A_1^c} + \frac{\varphi_1}{100}} + \frac{100d}{\frac{100-\varphi_2}{A_2^c} + \frac{\varphi_2}{100}} \right) (100 - A_1^c + A_1^c d - A_2^c d)} \cdot 100, \% \quad (\text{II})$$

Вихідними даними для розрахунків за формулою (II) є A_1^c та A_2^c - вміст золи у вихідному вугіллі і додатку, % на суху масу; φ_1 та φ_2 - повнота згорання базового вугілля та додатку у ідентичних умовах, % (дані табл. I); d - частка додатку у суміші, відн. од..

Повнота згорання за формулою (II) для сумішей з вмістом додатків від 0 до 50% розраховувалася для усіх випробуваних варіантів на персональному комп'ютері по програмі, розробленій у середовищі "турбо - сейсик". Графічне відображення цих розрахунків дано у вигляді пунктирних ліній на мал. I.

В експериментах по горінню ПВП з паливними додатками було встановлено:

- повнота згорання ПВП з паливними додатками на початкових стадіях тісно пов'язана із температурою займання відповідних сумішей;
- крупність часток досліджених паливних додатків до ПВП у діапазоні 50 - 200 мкм помітно не впливає на повноту згорання як на початкових, так і на заключних стадіях горіння;
- додавання до складу ПВП паливних додатків з високим виходом летких речовин інтенсифікує початкові стадії процесу горіння, а мінімальна кількість додатків до ПВП при цьому залежить від елементного складу і вмісту окремих топливних компонентів у суміші.

Термографічний аналіз, проведений для ПВП різного компонентного складу за спеціально розробленою методикою, дозволив одержати додаткові дані, які характеризують процес горіння і термічної деструкції ПВП з додатками при швидкості нагріву до 2000 град./хв.. Встановлено, наприклад, що сумарна тривалість стадій горіння ПВП (антрацит), які відбуваються до займання коксового залишку, при додванні 5% бурого вугілля зменшувалась на 8%, при додванні 5% торфу - на 21%, а при додванні 25% бурого вугілля - на 28%.

У механізмі інтенсифікуючої дії паливних додатків суттєва роль належить летким речовинам, які виділяються при нагріванні часток вугілля. За дослідями Л.Богданці, наприклад, температура займання вугілля, за однакових умов, зворотно пропорційна кількості горючих складових, які містяться у летких речовинах.

Проведений аналіз складу летких речовин, які виділяються з палив, показав близьку до лінійної залежність температури займання від виходу CO із палива (коефіцієнт лінійної кореляції 0,994).*

Отримані результати схожі із результатами досліджень інших авторів, за якими температура займання пов'язана з концентрацією парамагнітних центрів у складі вугілля (значна частина цих центрів являє собою вільні радикали).

Рентгенографічні дослідження проб вихідного ПВП і того, що прореагувало із вугілля марки "Т", а також прореагуваншого ПВП з додатками 25% газового вугілля і торфу показали, що названі добавки в деякій мірі впливають на процес горіння, але ж характер впливу цих додатків відрізняється (мал.3). Так, для прореагуваншого вугілля "Т" і прореагуваншої суміші цього вугілля з газовим, форма і розташування на рентгенограмах характерних максимумів практично співпадають. Для проби прореагуваншого у тих же умовах ПВП з додаванням торфу, напівширина головного максимуму та інтенсивність максимумів у розташуванні далеких кутів суттєво відрізняються.

В четвертій главі зроблено розрахунково - аналітичну оцінку впливу складу ПВП на показники доменної плавки і запропоновано заходи, які сприятимуть підвищенню витрат ПВП і зниженню витрат коксу і природного газу.

Розрахунки проводилися за методом О.Н.Рамма ** з використанням методів планування експерименту. За базові варіанти для розрахунків було прийнято показники роботи доменної печі №1 Донецького металургійного заводу і доменної печі №8 Дніпровського металургійного комбінату.

* - аналіз проводився за спеціально розробленою методикою з використанням хроматографу "Пошук - 2"

** - алгоритм доповнено к.т.н. Приходько Ю.О. деякими розрахунковими співвідношеннями і розрахунковими процедурами, які містять автоматичну корекцію базового режиму. Ітераційні розрахунки норм компенсації вдування ПВП та ін.

Проведені розрахунки показали, що додавання до складу ПВП (з вугілля марки "Т" або антрацити) від 10 до 40% паливних додатків з високим виходом летких речовин додатково знижує теоретичну температуру горіння у фурменних осередках доменної печі. Відповідні розрахунки дані розміщено у таблиці 2.

Таблиця 2.

Вплив складу ПВП на теоретичну температуру горіння і норми компенсації її зниження при вдуванні ПВП у доменну піч у кількості 150 кг/т чавуну (для умов роботи ДП № 8 Дніпровського меткомбінату)

Склад ПВП	Теоретична температура горіння, °С	Зниження теоретичної температури		Режим компенсації ПВП	
		град/на 1% додатку на 1 кг/т чавуну	град/на 10 г. ПВП на 1 м куб. дуття	Збільшення вмісту кисню у дутті, %	Збільшення температури дуття, °С
"Т"	2074	--	16,5	24,25	1120
T+25%Г	2067	0,0019	17,4	24,44	1131
T+25%Б	2062	0,0032	18,1	24,57	1139
T+25%Гр	2057	0,0045	18,8	24,69	1146

Шляхом розрахунків було встановлено, що при компенсації вдування ПВП зміною витрати природного газу, використання у складі ПВП паливних додатків сприяє одержанню додаткової економії природного газу : для газового вугілля - 0,001 м³, для бурого вугілля - 0,0017 м³, для торфу - 0,0022 м³ на кожний відсоток додатку (на 1 кг/т чавуну).

Розраховано коефіцієнти заміни коксу пиловугільним паливом із паливними додатками різних марок для різних режимів компенсації його вдування і умов роботи доменної печі. Показано, що при незмінній витраті ПВП, із збільшенням вмісту додатків у його складі, коефіцієнт заміни коксу що злижується, за рахунок зменшення сумарної кількості вуглецю, внесеного у піч з вугільним порошком. З другого боку, як свідчать результати попередніх досліджень (глави 2 і 3), інтенсифікація процесу горіння часток вугілля шляхом додавання паливних додатків дозволяє збільшити витрати вугілля, що вдувається, і за рахунок цього може бути одержана додаткова економія коксу.

Розміри додаткової економії коксу суттєво залежать від виду і кількості наливного додатку у складі ПВП, а також від технологічних умов роботи доменної печі. Так, наприклад, при компенсації вдування ПВП збільшенням вмісту кисню у дутті, додавання у складу ПВП 40% торфу і збільшення за рахунок цього витрат ПВП з 130 до 170 кг/т чавуну не дає додаткової економії коксу, незважаючи на достатньо високий коефіцієнт заміни коксу для цієї суміші ($K_3=1$). У зв'язку з цим було зведено ефективний коефіцієнт заміни коксу, який розраховується як відношення додаткової економії коксу до кількості ПВП, за рахунок якої її досягнуто. Для розглянутого вище випадку ефективний коефіцієнт заміни дорівнює 0,025 кг коксу/кг ПВП на 1 т чавуну.

Для прикладу в таблиці 3 розміщено розрахункові дані, які показують коефіцієнти заміни коксу ПВП і отриману економію коксу при додаванні до складу ПВП від 10 до 40% паливних додатків. Як видно з таблиці 3, додавання до складу ПВП паливних додатків, яке супроводжується збільшенням витрат ПВП, дозволяє одержати додаткову економію коксу, розміри якої, за інших рівних умов, залежать від складу ПВП (виду додатку). При відомому співвідношенні цін на кокс і пилуюгільне паливо значення ефективного коефіцієнту заміни коксу вугіллям можуть використовуватися для визначення граничної, за даних технологічних умов, кількості додатків до ПВП, перевищення якої неприйнятве з економічних міркувань.

За результатами виконаних розрахунків було зроблено оцінку граничного (по значенню ефективного коефіцієнту заміни коксу) вмісту у складі ПВП різних видів паливних додатків для різних технологічних умов роботи доменної печі.

Одержані результати, з урахуванням експериментальних даних по температурах займання і повноти згорання ПВП (мал.1), дозволили визначити оптимальні межі по кількості паливних додатків до ПВП. Відповідні матеріали передано Укрдпромезу у вигляді рекомендацій для використання при виконанні проєктних робіт по комплексах виготовлення і вдування ПВП у доменні печі підприємств України.

У заключній частині роботи дано рекомендації по підвищенню ефективності вживання ПВП з паливними додатками, запропоновано структурну схему АСУ процесом вдування ПВП, яка може бути інтегрована до системи управління тепловим станом горна доменної печі.

Таблиця 3.

Вплив додатків до ПВП із вугілля марки "Т" на коефіцієнти заміни коксу і очікувана економія коксу при збільшенні витрат ПВП (компенсація здування ПВП - зміною вмісту кисню у дутті)

Базова витрата ПВП, кг/т чавуну	Проектна витрата ПВП, кг/т чавуну	Вміст додатку у складі ПВП						
		0	газове вугілля			торф		
			10	25	40	10	25	40
130	130	1,3*	1,28	1,25	1,21	1,23	1,15	1,01
		169	166	163	157	160	150	131
	140	—	1,27(0,9) 178	1,25(0,6) 175	1,21(0) 169	1,23(0,3) 172	1,15 162	1,01 141
	150	—	1,27(1,1) 191	1,25(0,95) 188	1,21(0,6) 181	1,23(0,75) 184	1,15(0,2) 173	1,0 150
	160	—	1,27(1,23) 203	1,25(1,03) 200	1,21(0,8) 193	1,23(0,9) 196	1,15(0,53) 185	1,0 160
	170	—	1,26(1,26) 215	1,25(1,08) 212	1,20(0,88) 204	1,22(0,98) 208	1,15(0,68) 196	1,0(0,93) 170

* - чисельник - коефіцієнт заміни коксу ПВП, кг коксу/кг ПВП, у дужках - значення ефективного коефіцієнту заміни;
- знаменник - економія коксу, кг/т чавуну.

В И С Н О В К И

1. Підбір паливних додатків до складу ПВП повинен проводитися з урахуванням їх різного впливу на температурний бар'єр займання. Мінімальна кількість додатків, яка знижує температуру займання складає: до вугілля марки "Т" - 10% і до антрациту - 15%. Додатки торфу і лігніну знижують температуру займання за будь-яких співвідношень з базовим вугіллям.

2. Розрахунками з використанням експериментальних даних встановлено, що зменшення температури займання ПВП на 40 - 50 град. дозволяє скоротити на 20 - 30% тривалість займання часток вугілля в потоці дуття доменної печі. Розрахункові дані підтверджуються результатами досліджень методом диференційного термічного аналізу стосовно до умов горіння ПВП у внутрішньому просторі фурменного пристрою.

3. Дослідженнями по моделюванню процесу горіння ПВП в потоці нагрітого дуття при віддаленні місця вдування ПВП од зрізу фурми 0,3 - 0,6м встановлено, що повнота згорання ПВП, які містять у своєму складі від 10 - 15 до 50% паливних додатків з високим виходом летких речовин на зрізі фурми на 5 - 20% перевищує повноту згорання ПВП, яке не містить додатків.

4. Розраховано коефіцієнти заміни коксу пиловугільним паливом з паливними додатками для різних режимів компенсації його вдування і умов роботи доменної печі. Показано, що додавання до складу ПВП до 30% паливних додатків з високим виходом летких речовин, яке супроводжується збільшенням витрати вугілля, що вдувається, дозволяє додатково зменшити витрати коксу і природного газу на виплавку чаууну.

5. Рекомендовано для вдування у доменні печі металургійних підприємств України ПВП оптимального складу, що дозволяють одержати додаткову економію коксу і природного газу. Максимальну економію коксу може бути досягнуто при вдуванні ПВП з вугілля марки "Г" або антрациту з додаванням : вугілля марок "Г" або "Д" - 25 - 30%; бурого - 20 - 25%; торфу або лігніну - 10 - 15%.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ НАДРУКОВАНО У ТАКИХ РОБОТАХ

1. Використання лігніну у доменній плавці/Котов В. І., Бондаренко П. К., П. К., Ступак Ю. О. // Матеріали Всес. наук. - техн. конф. молодих вчених і спеціалістів "Інтенсифікація металургійних процесів та підвищення якості металів і сплавів" (19 - 21 березня 1990р., Тула). - Тула, 1990. - с. 5 - 7.

2. Моделювання процесу горіння пиловугільного палива у фурмі доменної печі/Бондаренко П. К., Котов В. І., Ступак Ю. О. // Изв. вузов. Черная металлургия. - 1990. - № 7. - с. 103.

3. Вплив додатків лігніну на повноту згорання вугільного порошку/Ступак Ю. О., Кочура В. В. // Изв. вузов Черная металлургия. - 1991. - № 10. - с. 92 - 93.

4. Інтенсифікація горіння ПВП шляхом підбору сумішей різного вугілля /Ступак Ю. О. // Тез. доп. наук. - практич. семінару " Проблеми перетворення енергії і раціонального використання органічного палива в енергетиці" I - 3 вересня 1992р., м.Київ. - Київ, 1992. - с. 22.

5. Інтенсифікація спалювання пилувугільного палива шляхом підбору сумішей різних марок вугілля/Ступак Ю.О.// Матеріали українсько - німецького Симпозіуму "Заміна коксу шляхом вдування вугільного пороку і використання інших енергоносіїв у доменному процесі з урахуванням екологічних вимог" 9 - 10 грудня 1992р., м.Донецьк. У 2 - х томах. - Донецьк, 1992. - Том 2., - с. 19 - 20.

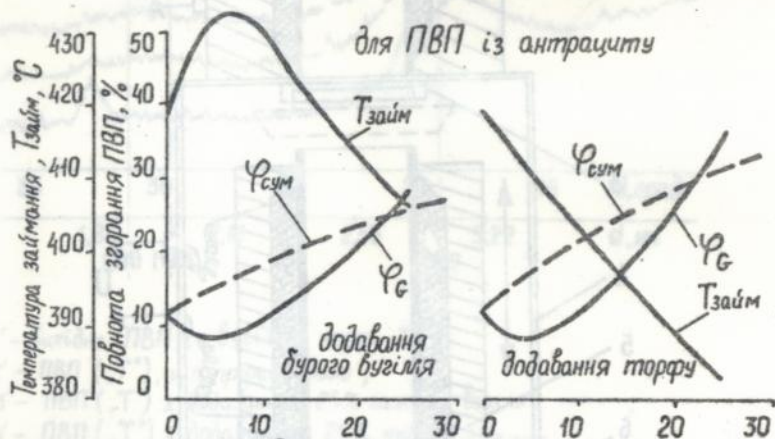
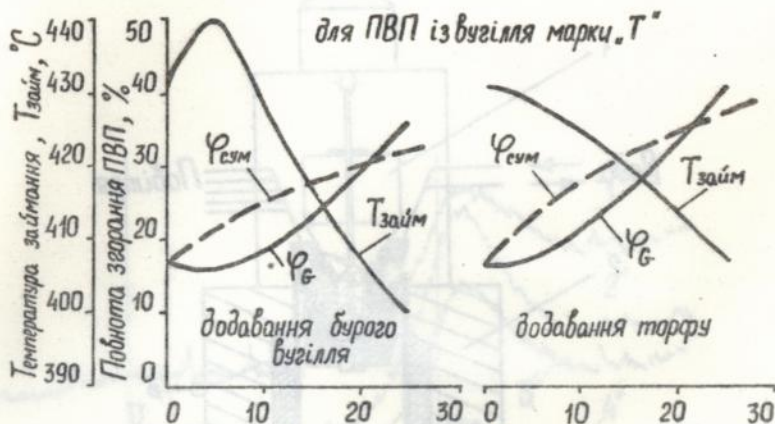
6. Пліскановський С.І., Ступак Ю.О. Заміна коксу у доменній печі пилувугільним паливом із суміші вугілля, непридатного для виготовлення коксу// Всеукраїнська науково - практична конференція "Теорія та практика вирішення екологічних проблем у гірничовидобувній і металургійній промисловості". - Дніпропетровськ, 1993. - с. 43.

7. Аналіз процесу займання часток пилувугільного палива, яке вдувається у доменну піч, за допомогою математичної моделі/Ступак Ю.О.// Тези доп. Всеукраїнської науково - практичної конференції "Теорія та практика вирішення екологічних проблем у гірничовидобувній і металургійній промисловості". - Дніпропетровськ, 1993. - с. 156.

8. Дослідження можливості використання лігніну при огрудкуванні сировини і в доменному виробництві/Бондаренко П.К., Ступак Ю.О., Терещенко М.В., Котов В.І., Захарченко В.М.// Металургическая и горно-рудная промышленность. - 1993. - № 2. - с. 6 - 8.

9. Вплив паливних додатків на температуру займання пилувугільного палива/Ступак Ю.О.// Изв. вузов. Черная металлургия. - 1993. - № 6. - с. 85 - 86.

10. Дослідження процесу горіння ПВП у лабораторних умовах /Ступак Ю.О.// Изв. вузов. Черная металлургия. - 1993. - № 8. - с. 35 - 36.

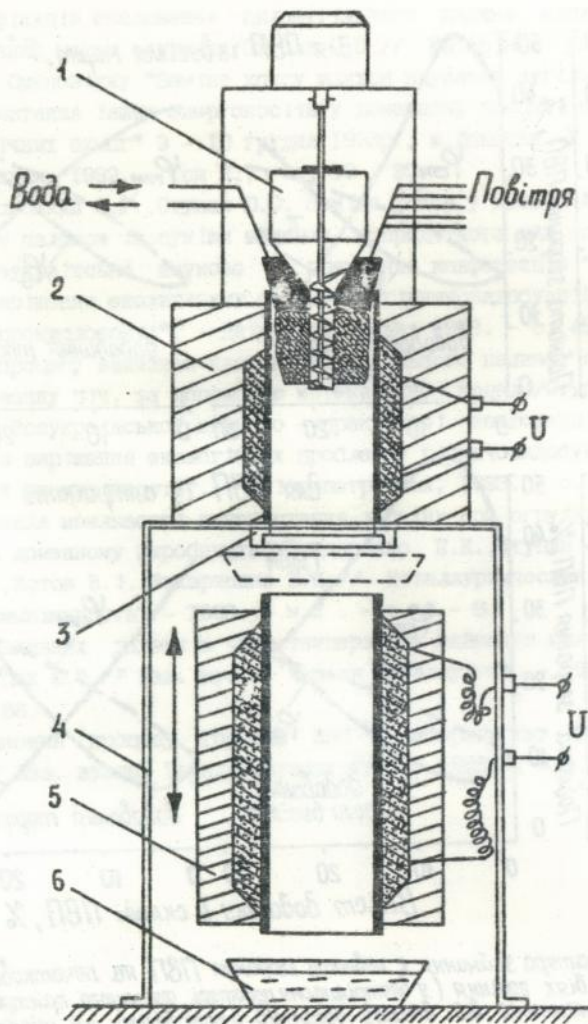


Вміст додатку у складі ПВП, %

Температура займання і повнота згорання ПВП на початкових стадіях горіння (у внутрішньому просторі фурмиюючого пристрою) в залежності від вмісту додатків бурого вугілля та торфу

- за даними досліджень;
- - - за розрахунками (формула 11)

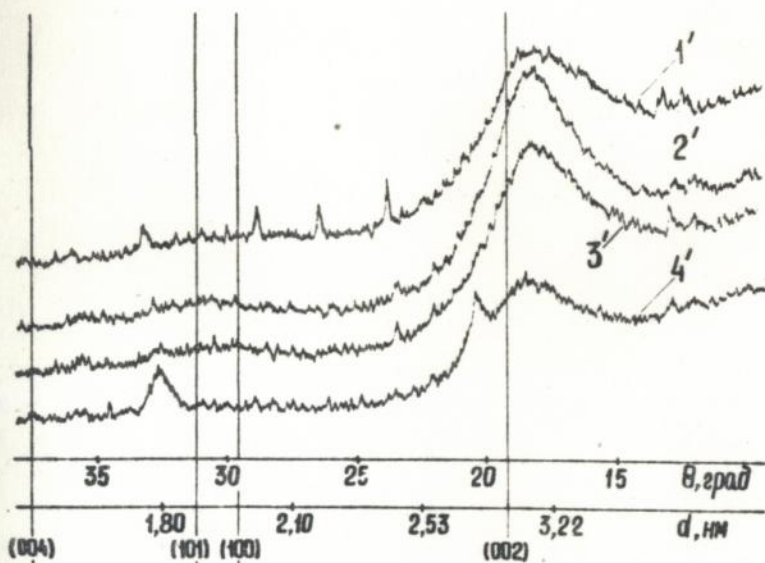
Мал. 1.



- 1 - шнековий підживлювач з приводом від електродвигуна; 2 - нагрівач;
 3 - кільцеве ущільнення; 4 - металевий каркас; 5 - нагрівач;
 6 - посудина з водою для вловлювання прореагувавших часток.

СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Мал. 2.



1' - вихідне ПВП із вугілля марки „Т”;

2' - ПВП („Т”), що прореагувало;

3' - ПВП („Т”) з додаванням 25% газового вугілля — — —;

4' - ПВП („Т”) з додаванням 25% торфу — — —.

* Вертикальні лінії відповідають кутовим положенням максимумів інтенсивності для чистого графіту.

РЕЗУЛЬТАТИ РЕНТГЕНОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Мал. 3.

457969

Синь

АВ 30.484
АВ 30.484

Підписано до друку 18.05.1994.
Формат 60x84/16. Папір друк. № 2. Друк офсетний.
Фіз. друк. арк. 1,0. Облік.-вид. арк. 0,94. Умов. друк. арк. 0,83.
Тираж 80 пр. Замовлення № 69. Безкоштовно.

Державна металургійна академія України,
320635, Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 4

ДЗ ДМетІ, 320005, Лозманське шосе, 3-б.