

## ШЛЯХ ЗНИЖЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПИЛОВИДІЛЕННЯ ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ВУГІЛЬНОЇ ШИХТИ ДО КОКСУВАННЯ

Бондар О.І.<sup>1</sup>, Гончаренко М.І.<sup>1</sup>, Засельський В.Й.<sup>2</sup>,  
Пополов Д.В.<sup>2</sup>, Сусло Н.В.<sup>2</sup>, Зайцев Г.Л.<sup>2</sup>, Сагалай Д.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державний заклад «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління»  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ,  
dei20015@ukr.net, deaohoronapraci@gmail.com;

<sup>2</sup>Технологічний інститут Державного університету економіки і технологій  
вул. Степана Тільги, 5, 50006, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.,  
zaselskiy52@ukr.net, dmitrypopolov@gmail.com, suslo\_n-v@ukr.net,  
zajtsev\_gennady@ukr.net, darinasagalay@gmail.com

Сьогодні проблема охорони навколишнього середовища й екології займає першорядне місце в розвитку промислового виробництва. Всі технологічні процеси коксохімічного виробництва характеризуються численними операціями, під час виконання яких виділяється значна кількість пилу. Жорсткість екологічних вимог до процесів виробництва коксохімічних продуктів зумовлює необхідність пошуку технічних рішень щодо зниження промислового пиловиділення. В існуючих технологічних схемах підготовки вугільної шихти, наприклад ГДШ (групового дроблення шихти), до коксування, весь матеріал надходить на ділянку дроблення (у молоткову дробарку), де додатково подрібнюється готовий клас 0...3 мм і нарощується пилоподібна фракція 0,5 мм до 50%. Це негативно позначається на спіканні коксу, а головне – призводить до невинного погіршення екологічного стану на самому виробництві і населеному пункті.

У статті наведені результати вимірів концентрації пилу за удосконаленої технологічної схеми ділянки дроблення вуглепідготовчого цеху коксохімічного виробництва з вологістю шихтового матеріалу  $\omega = 11,2\%$  і  $\omega = 13\%$ .

Завдання дослідження – провести виміри концентрації пилу на ділянці дроблення вугільних концентратів за умови впровадження крутонахиленого грохота для відсіву класу 0...3 мм перед молотковою дробаркою діючої та удосконаленої технологічної схеми коксохімічного виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Крім цього, на основі одержаних даних зроблено порівняльний аналіз пиловиділення в існуючій технологічній схемі ГДШ та удосконаленій, що дозволяє відібрати готовий клас 0...3 мм перед дробленням. Для одержання даних та проведення порівняльного аналізу запропоновано методику досліджень по вимірах концентрації пилу в робочих зонах обладнання.

Дослідження показали, що впровадження нових технічних рішень з удосконалення існуючої технологічної схеми підготовки вугільної шихти до коксування шляхом відсіву класу 0...3 мм перед молотковою дробаркою надають можливість суттєво знизити запиленість ділянки дроблення майже на 40% та покращити екологічний стан на підприємстві і в навколишньому середовищі.  
*Ключові слова:* технологічна схема, молоткова дробарка, вологість, пиловиділення, фракція, вугільна шихта, концентрація пилу.

**The way of reducing industrial dust emission during preparation of coal charge for coking. Bondar O., Goncharenko M., Zaslenskiy V., Popolov D., Suslo N., Zajtsev G., Sahalai D.**

Today, the problem of environmental protection and ecology is of paramount importance in the development of industrial production. All technological processes of coke production are characterized by numerous operations, during which a significant amount of dust is released. The rigidity of environmental requirements for the production of coke products necessitates the search for technical solutions to reduce industrial dust. In the existing technological schemes of preparation of coal charge (group crushing of charge) for coking, all material arrives on a crushing site (in a hammer crusher) where the ready class of 0...3 mm is in addition crushed and dusty fraction of 0,5 mm to 50%. This has a negative effect on the sintering of coke, and most importantly leads to unjustified deterioration of the environmental situation in the production and the settlement.

The article presents the results of dust concentration measurements according to the improved technological scheme of the crushing site of the coal preparatory shop of coke production with the humidity of the charge material  $\omega = 11,2\%$  and  $\omega = 13\%$ . The task of the research is to measure the concentration of dust in the area of crushing coal concentrates under the introduction of a steep sieve for screening class 0...3 mm before the hammer crusher of the current and improved technological scheme of coke production PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih". In addition, on the basis of the obtained data, a comparative analysis of dust release in the existing technological scheme and advanced, which allows to select the finished class 0...3 mm before crushing. To obtain data and conduct a comparative analysis, a research method for measuring the concentration of dust in the working areas of the equipment is proposed. Studies have shown that the introduction of new technical solutions to improve the existing technological scheme of preparation of coal charge for coking by screening class 0...3 mm before the hammer crusher provide an opportunity to significantly reduce dustiness of the crushing site by almost 40% and improve the environmental condition environment. *Key words:* technological scheme, hammer crusher, moisture, dust emission, fraction, coal charge, dust concentration.

**Постановка проблеми.** Сьогодні суттєво погіршився гранулометричний склад вугільних концентратів, що надходять у цехи вуглепідготовок для подальшої їх переробки і використання під час одержання коксу. Наприклад, вугільна шихта, що поступає на комбінат ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», містить готового класу 0...3 мм (який не потребує переробки) – 70,7%, в якому знаходиться до 35% класу менше 0,5 мм, що представляє пилоподібну фракцію [1; 2].

**Актуальність дослідження.** У наявних технологічних схемах підготовки вугільної шихти, наприклад, ГДШ (групового дроблення шихти) до коксування, весь матеріал надходить на ділянку дроблення (у молоткову дробарку), де додаткове подрібнення готового класу 0...3 мм нарощує пилоподібну фракцію 0,5 мм до 50%, що негативно позначається на спіканні коксу, а головне – призводить до невиправданого погіршення екологічного стану виробництва і населеного пункту.

Дослідження виконано в рамках НДР «Розроблення екологічно прийнятних технологій поводження з відходами гірничорудної та металургійної промисловості» за номером Державної реєстрації 0120U101148.

**Мета статті** – дослідження зменшення пиловиділення на ділянці дроблення вугільних концентратів за умови впровадження крутонахилого грохота для відсіву класу 0...3 мм перед молотковою дробаркою в існуючій технологічній схемі ГДШ коксохімічного виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

**Новизна.** Зменшення обсягу пиловиділення дрібнодисперсного класу 0–0,5 мм у наявних умовах підготовки вугільної шихти до коксування можливо за рахунок відсіву готового класу 0...3 мм перед подачею вугілля в молоткову дробарку. Проте складність реалізації такої задачі полягає в тому, що відсівний пристрій повинен мати високу продуктивність – забезпечувати продуктивність 240 т/год по готовому класу в умовах обмеженої площі наявної технологічної схеми ділянки дроблення.

У зв'язку з цим групою фахівців технологічного інституту Державного університету економіки і технологій та Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління були досліджені процеси пиловиділення під час роботи удосконаленої технологічної схеми підготовки вугільної шихти зі встановленим експериментальним відсівним пристроєм [3] (рис. 1), за схемою його установки в системі ланцюгів і апаратів вуглепідготовчого цеху (рис. 2).

Виміри концентрації пилу проводили для вугільної шихти вологістю 11,2% і 13% за прискорених коливань коробка, рівних 33 м/с<sup>2</sup>, (з) вільною опорою і жорстко закріпленою сіючою поверхнею, що нахилена до горизонту під кутом 50°. Розмір щілини секцій решіт з поперечними колосниками був обраний відповідно до рекомендацій [3] за формулою:

$$L_{\min} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \left( \frac{d_k}{\cos \alpha} + \frac{h_n}{2} \operatorname{tg} \alpha \right), \quad (1)$$

де:  $K_1$  – коефіцієнт, що враховує матеріал сіючої поверхні;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує форму отворів і частинок;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу;

$d_k$  – діаметр куска, мм;

$h_n$  – товщина просіваючої поверхні;

$\alpha$  – кут нахилу просіваючої поверхні, град.

Марочний і гранулометричний склад вугільної шихти, що поступає на дроблення (табл. 1).

Відбір проб здійснювався у різні періоди часу аналітичними аерозольними фільтрами типу АФА-ВП-20-1 з фільтротримачами типу JPA-10 з використанням аспіраатора А-01. Як зважувальний пристрій, що дозволяє визначити маси дослідних і контрольних фільтрів, використані цифрові ваги AXIS модель А500.

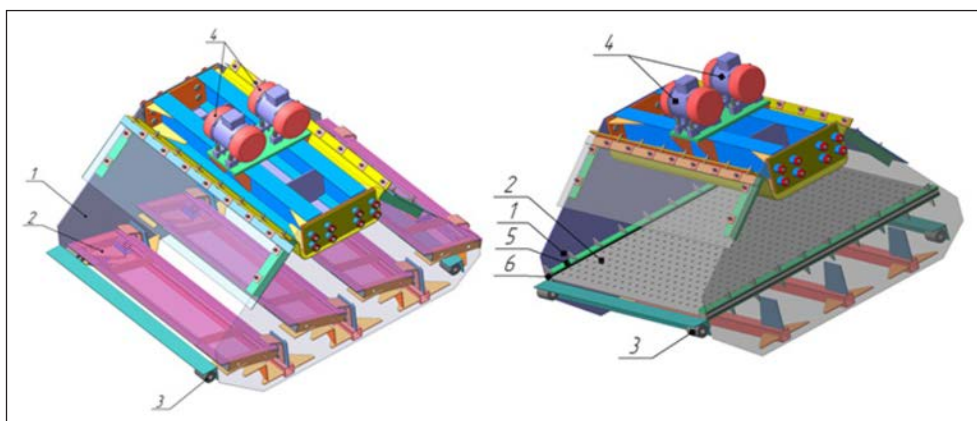


Рис. 1. Крутонахилений грохот для відсіву дрібних класів із закріпленою (а) і вільно опертою (б) сіючою поверхнею:

1 – короб; 2 – сіюча поверхня; 3 – амортизатор; 4 – віброзбудник; 5 – опора; 6 – упор

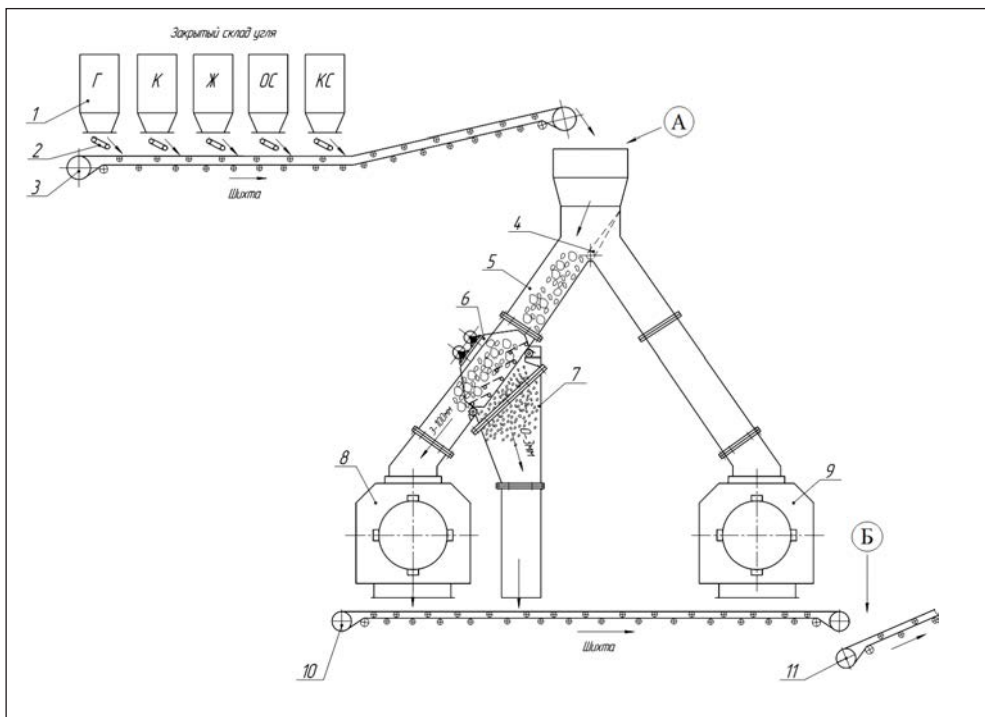


Рис. 2. Технологічна схема підготовки вугільної шихти з встановленим експериментальним грохотом для відсіву готового класу 0-3 мм у системі вуглепідготовки коксохімічного виробництва:

- 1 – бункер; 2 – стрічковий автодозатор; 3 – конвеєр шихтоподачі; 4 – клапан; 5 – жолоб;
- 6 – експериментальний грохот для відсіву дрібного класу; 7 – рух дріб'язку в бункері;
- 8, 9 – молоткова дробарка; 10 – збірний конвеєр; 11 – перевантажувальний конвеєр

Таблиця 1

**Марочний і гранулометричний склад вугільної шихти в вуглепідготовчому цеху КХП ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»**

Склад шихти	Гранулометричний склад вугільного концентрату (%) по класах, мм									Клас 3-0 мм
	100-80	80-60	60-40	40-25	25-10	10-6	6-3	3-1,5	0,5-0	
Ж 27										70,7
К 35	0,7	1,1	1,4	1,6	2,3	9,6	12,6	35,9	34,8	
К+КО+ОС12										
К+КО+КЖ26										

Концентрацію пилу С відповідно до [4; 5] та проведених дослідів визначали за формулою:

$$C = \frac{M_{\text{пилу}} \cdot 10^6}{V} \text{ (мг/м}^3\text{)}, \quad (2)$$

де:  $M_{\text{пилу}}$  – маса пилу, що осіла на фільтрі з урахуванням  $\varnothing M_{\text{контр}}$  (маса контрольного фільтру в г);

$V$  – об'єм повітря, що пройшло через фільтр, в л.

Математичну обробку одержаних результатів проводили варіаційно-статичним методом. Достовірність відмінності цих даних від контрольних оцінювали за допомогою критерію Ст'юдента [6].

**Виклад основного матеріалу.** Загальний вигляд розробленого експериментального відсівного при-

строю (рис. 2), встановленого в жолобі подачі вугільної шихти (технологічна схема рис. 1), складається з двох різних типів сіючих поверхонь. У одному разі сіюча поверхня утворювалася чотирма секціями решіт з поперечно розташованими круглими колосниками діаметром 10 мм (рис. 2а), в іншому – вільно опертою пластиною з отворами круглої форми (рис. 2б). Як віброзбудник застосовувалися два мотор-вібратори, які працюють в режимі самосинхронізації і генерують спрямовані перпендикулярні коливання до сіючої поверхні [7]. Мотор-вібратори забезпечені дебалансними масами, які розміщені під кришками з ущільнювальними кільцями, що не викликає додаткове пилення від встановленого обладнання [8]. Технічна характеристика експериментального відсівного пристрою представлена в табл. 2.

Таблиця 2

## Технічна характеристика експериментального відсівного пристрою вугільного дріб'язку

№ з/п	Параметри	Одиниці виміру	Величина
1	Продуктивність по живленню	т/год	300
2	Крупність, до	мм	100
3	Амплітуда коливань	мм	1...3
4	Кут нахилу сіючої поверхні	град.	50
5	Привод: мотор-вібратор кількість установлена міцність	тип шт. кВт	VV41B/4 2 5Б2
6	Габаритні розміри: довжина ширина висота	мм мм мм	2040 1484 1435
7	Маса	кг	900

На гістограмі (рис. 3) представлені результати вимірів концентрації пилу при працюючому обладнанні ділянки дроблення вуглепідготовчого цеху

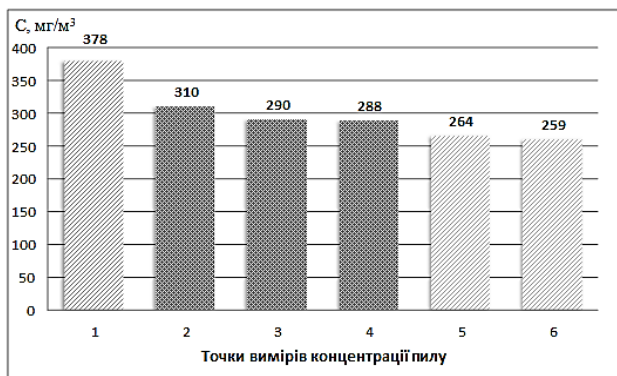


Рис. 3. Гістограма зміни пиловиділення на ділянці дроблення за вологості шихти  $\omega = 11,2\%$ :

1 – під час роботи без відсівного пристрою (точка В);  
2 – під час роботи без відсівного пристрою (точка А);  
3 – під час роботи з відсівним пристроєм з жорстко закріпленою сіючою поверхнею (точка А); 4 – під час роботи з відсівним пристроєм з вільно опертою сіючою поверхнею (точка А); 5 – під час роботи з відсівним пристроєм з вільно закріпленою сіючою поверхнею (точка В); 6 – під час роботи з відсівним пристроєм з жорстко закріпленою сіючою поверхнею (точка В).

коксухімічного виробництва з вологістю шихтового матеріалу  $\omega = 11,2\%$ .

Одержані результати свідчать, що установка відсівного пристрою дозволяє суттєво знизити (більш ніж на 30%) концентрацію пилу в зоні роботи молоткової дробарки (точка В) як з жорстко закріпленою, так і з вільно закріпленою сіючою поверхнею.

На гістограмі (рис. 4) показано розподіл концентрації пилу при працюючому обладнанні з вологістю шихтового матеріалу  $\omega = 13\%$ .

З одержаних результатів видно, що зі збільшенням вологості рівень концентрації пилу в середньому для всіх досліджуваних точок і варіантів використаного обладнання порівняно з результатами з вологістю матеріалу  $\omega = 11,2\%$ , знизився ще на 10÷15%.

**Головні висновки.** Результати дослідження стосовно впровадження нових технічних рішень, що стосуються удосконалення наявної технологічної схеми підготовки вугільної шихти до коксування шляхом відсіву класу 0...3 мм перед молотковою дробаркою, надають можливість суттєво знизити запиленість ділянки дроблення не менш ніж на 40% та покращити екологічний стан як на самому підприємстві, так і в навколишньому середовищі.

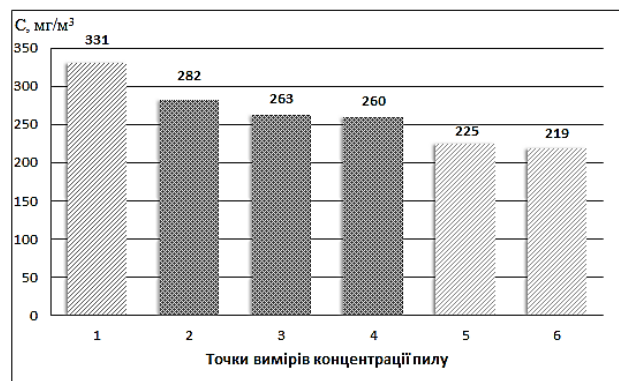


Рис. 4. Гістограма зміни пиловиділення на ділянці дроблення за вологості шихти  $\omega = 13\%$ :

1 – під час роботи без відсівного пристрою (точка В);  
2 – під час роботи без відсівного пристрою (точка А);  
3 – під час роботи з відсівним пристроєм з жорстко закріпленою сіючою поверхнею (точка А); 4 – під час роботи з відсівним пристроєм з вільно опертою сіючою поверхнею (точка А); 5 – під час роботи з відсівним пристроєм з вільно закріпленою сіючою поверхнею (точка В); 6 – під час роботи з відсівним пристроєм з жорстко закріпленою сіючою поверхнею (точка В).

## Література

- Лялюк В.П. Совершенствование подготовки угольных шихт – путь к повышению качества кокса для доменной плавки / В.П. Лялюк, В.А. Шеремет, П.И. Огорвин, А.Д. Учитель, И.А. Ляхова, Д.А. Кассим, Г.Л. Зайцев. *Бюллетень научной-технической и экономической информации «Черная металлургия»*. 2010. № 3. С. 25–31.
- Лялюк В.П. Организация рационального дробления угольной шихты – путь к повышению качества кокса для доменной плавки / В.П. Лялюк, В.А. Шеремет, А.В. Кекух, П.И. Огорвин, С.А. Писарь, А.Д. Учитель, И.А. Ляхова, Д.А. Кассим. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2010. № 2. С. 48–52.
- Засельський В.Й. Удосконалення обладнання та процесів вуглепідготовки і коксортування металургійного виробництва / В.Й. Засельський, Д.В. Пополов, Г.Л. Зайцев [та ін.]. Кривий Ріг : Вид. Р.А. Козлов, 2019. 203 с.
- Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли / А. П. Клименко. Москва : Химия, 1978. 208 с.

5. Беспалов В.И. Теория и практика обеспыливания воздуха / В.И. Беспалов Д.С. Данельянц, Й.В. Мишнер. Киев : Наук. думка, 2000. 190 с.
6. Воронина О.А. Математические основы планирования и проведения эксперимента. Учеб. пособие / О.А. Воронина. Орел : ОрелГТУ, 2007. 124 с.
7. Засельський В.Й. Інерційні грохоти з неоднорідними коливаннями / В.Й. Засельський. Дніпропетровськ : Пороги, 2007. 144 с.
8. Пополов Д.В. Повышение надежности работы грохотов агломерата, работающих в трактах шихтоподготовок доменных цехов / Д.В. Пополов, В.Й. Засельский. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2018. № 7. С. 215–219.