

УДК 622.785:531.78

DOI 10.31319/2519-2884.34.2019.2

РУДЕНКО М.Р., к.т.н., доцент

КАЩЄСВ М.А., к.т.н., доцент

КЛІМОВ Р.О., к.т.н., доцент

ПАНЧЕНКО О.А.\* , нач. агломераційного бюро

РУДЕНКО Р.М., студент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

\*ПАТ «Дніпровський меткомбінат»

## ДАТЧИК ДЛЯ ВИМІРУ ШВИДКОСТІ ГАЗОВОГО ПОТОКУ

**Вступ.** У існуючих сировинних і технічних умовах роботи агломераційного виробництва значним резервом збільшення продуктивності є підвищення якості підготовки шихти (усереднювання, роздільне змішування, огрудкування та спікання) і поліпшення газодинамічного режиму роботи агломераційних машин [1-3]. Підвищення кількості «корисних просмоктувань» через шихту досягають за рахунок збільшення розрідження під колосниковими ґратами. Це призводить до збільшення кількості кисню, який надходить в шар, що агломерується. Таким чином, виникає необхідність в підвищенні потужності тягодуттьових агрегатів. Проте це не завжди виправдано, тому що у ряді випадків енергетичні витрати значно впливають на собівартість [1].

Виникає необхідність у повному автоматичному контролі параметрів газового режиму агломераційного процесу. В різних галузях промисловості для виміру витрати газового потоку широко застосовуються такі дросельні пристрої, як плоскі діафрагми, трубки Вентурі і для локальних вимірів – трубки Прандтля [4, 5]. Як правило, найбільшу точність ці пристрої забезпечують при вимірах газових потоків в трубопроводах круглого перетину. В довідковій літературі майже відсутні відомості про пристрої виміру газових потоків в каналах та трубопроводах прямокутного та інших видів перетинів. Для таких трубопроводів можна використовувати прямокутні діафрагми з отвором, зменшеним пропорційно до геометричних розмірів каналу. Для визначення та побудови достовірних полів швидкостей і відповідних витрат потоків в каналах прямокутного перетину необхідне використання декількох вимірювальних приладів (датчиків), які встановлюються у визначеному порядку відповідно до розбиття по площі каналу. Істотним недоліком будь-яких дросельних приладів, і в тому числі вимірювальних діафрагм та труб Вентурі, є значні втрати тиску. Визначення перепаду тиску, швидкості газового потоку (з підвищеним вмістом тонкодисперсних речовин у вигляді суспензованих твердих часток) в газоходах з різним перетином дозволить створити систему контролю та оптимізувати процес агломерації.

**Постановка задачі.** Покращення процесу агломерації може бути досягнуте за рахунок диференційного режиму розрідження під колосниковими ґратами по довжині агломашини. Визначення аеродинамічних параметрів газового потоку в системі, яка відводить газ, дозволяє дослідити їх вплив на тепломасообмінні процеси в шарі, що агломерується.

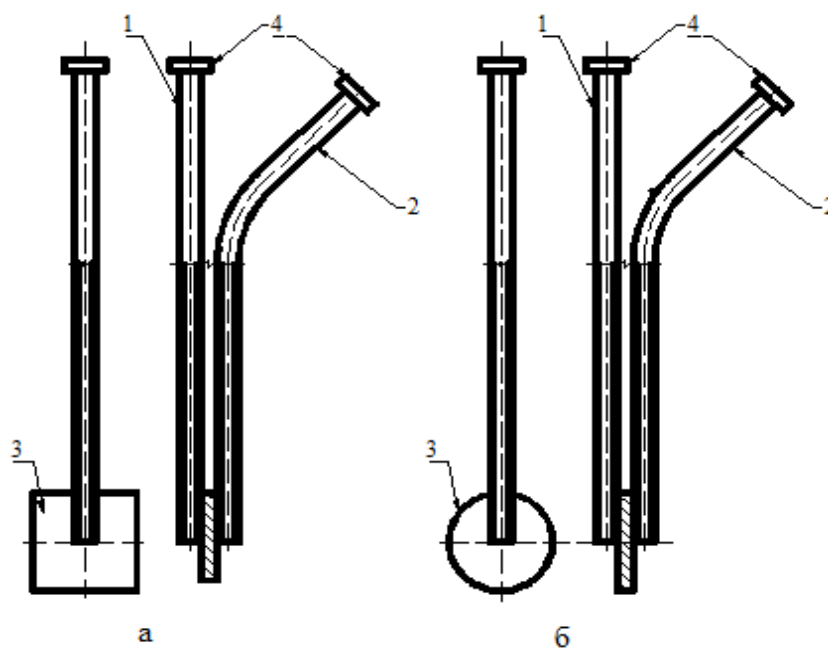
Метою дослідження є розробка конструкції датчика для виміру швидкості газового потоку по перепаду тиску, системи контролю аеродинамічних параметрів роботи основних елементів газового тракту «агломашина–ексгаустер» та визначення впливу на основні технічні показники процесу спікання з метою поліпшення якості агломерату та енергетичної ефективності цього процесу.

Для досягнення мети необхідно визначити напрямки поліпшення аеродинамічних параметрів роботи газового тракту агломашини, розробити раціональну конструк-

цію приладу для контролю аеродинамічних характеристик газового потоку на різних ділянках газового тракту, дослідити вплив розрідження на параметри аглопроцесу та визначити основні техніко-економічні критерії для оцінки ефективності роботи основного тягодуттєвого устаткування. При виконанні роботи використовувались методи математичного аналізу та експериментального дослідження.

**Результати роботи.** У результаті пошуку раціонального способу визначення витрати газового потоку розроблено нову конструкцію датчика. Вона представлена двома трубками-приймачами статичного тиску, кінці яких з одного боку розділені газонепроникною площиною. Датчик є частиною вимірювальної діафрагми, тобто частиною вимірювальної шайби, в площині якої встановлено приймачі статичного тиску.

Таке технічне рішення обумовлене наступним. Стандартні вимірювальні діафрагми створюють тиск по всій площині шайби, а вимір перепаду тиску здійснюється в одному місці по колу газоходу біля площини шайби. Внаслідок цього виникла пропозиція видалити ту частину площини діафрагми, яка не використовується для виміру перепаду тиску і створює лише безповоротні втрати тиску. Це дозволяє виділити самостійно в якості датчика ділянку площини шайби (рис.1) спільно з приймачами статичного тиску 1 і 2, кінці яких з одного боку розділені газопроникною площиною (стінкою) 3, а з іншого боку мають штуцери 4 для приєднання до імпульсних ліній. Розділова площина встановлюється між кінцями трубок так, щоб їх торці знаходилися в геометричному центрі цієї площини.



а – прямокутна стінка; б – кругла стінка

Рисунок 1 – Різновиди датчика для виміру перепадів тиску газового потоку з різними видами розділових стінок

Лабораторні та промислові випробування датчика цієї конструкції дали позитивні результати. Збіжність результатів вимірів перепадів тиску запропонованим датчиком з результатами вимірів зразковою напірною трубкою ТН-1,5 типу «НИИОГАЗ» (зав. № П-2-1;  $K_T = 0,592$ ; Свідоцтво про перевірку № 12-1084-18 від 12.04.2018 р.) представлено в табл.1 [6].

Таблиця 1 – Експериментальні дані порівняльних вимірів датчиками різних конструкцій

Точки вимірів на відстані від стінки газоходів, $\times 10^{-3}$ м	Середнє коливання розрідження, кПа		
	Датчик а	Датчик б	Напірна трубка ТН-1,5 типу «НИИОГАЗ»
100	0,040-0,060	0,040-0,060	0,040-0,050
200	0,090-0,110	0,090-0,110	0,080-0,100
300	0,130-0,150	0,120-0,140	0,120-0,140
400	0,150-0,160	0,160-0,170	0,160-0,180
500	0,170-0,190	0,160-0,180	0,180-0,190
600	0,200-0,220	0,190-0,210	0,200-0,210
700	0,240-0,260	0,220-0,250	0,230-0,250
800	0,240-0,260	0,250-0,0260	0,250-0,270

З установкою датчиків для виміру швидкості газового потоку проведено дослідження роботи агломашини з визначенням параметрів газоповітряного тракту.

Основні результати дослідів показують, що тривалість спікання і питома продуктивність агломераційної установки збільшується прямо пропорційно збільшенню розрідження під колосниковими ґратами (рис.2).

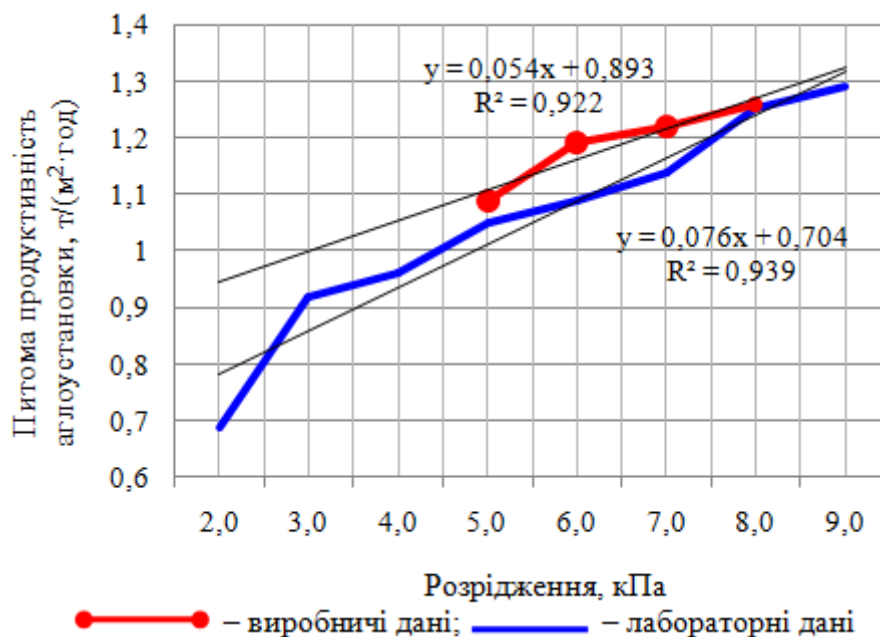


Рисунок 2 – Вплив розрідження на питому продуктивність агломераційної установки

При цьому початкова газопроникність аглошихти завжди вища, ніж газопроникність шару, що спікається, оскільки більшість процесів, які розвиваються в шарі, збільшують його газодинамічний опір [3]. Порівняння характеру збільшення питомої продуктивності на лабораторній установці узгоджується з промисловими даними, отриманими в результаті порівняння роботи агломераційної машини №11 до та після капітального ремонту. Проте за різних умов (підготовка шихти, розрідження під колосниковими ґратами) питома продуктивність агломашини вища, ніж лабораторної установки.

При низькому розрідженні (до 4,0 кПа) процес агломерації протікає повільно, температура газів, що відходять, становить 573-623 К, що свідчить про розширення зони агломерації. З розширенням зони горіння твердого палива спостерігається неповне

горіння (нестача кисню), змінюються умови дисоціації і відновлення оксидів заліза. При цьому оксиди заліза, відновлені до вюстити, утворюють з оксидами порожньої породи CaO і SiO<sub>2</sub> при індексі основності більше 1,1 з'єднання, які при охолодженні руйнуються до пилоподібного з'єднання.

При збільшенні розрідження з 4,0 до 6,0 кПа якість агломерату покращується. Середній вміст дріб'язку < 0,006 м знижується з 28,0 до 21,9%. Подальше збільшення розрідження призводить до менш значного зниження вмісту дріб'язку (рис.3).

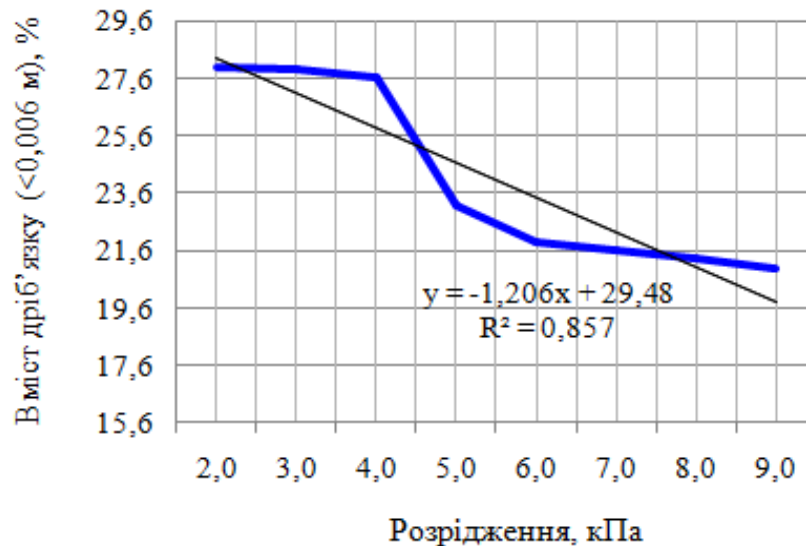


Рисунок 3 – Вплив розрідження на міцність агломерату

Визначення впливу розрідження на швидкість газу в вакуум-камері визначали на дослідній агломераційній установці кафедри металургії чорних металів ДДТУ. Отримані результати дослідів наведено на рис.4. При цьому встановлено, що в діапазоні розрідження від 2,0 до 9,0 кПа швидкість газового потоку має залежність

$$\omega = 0,1305 \cdot \Delta p + 0,8556, \text{ м/с} \quad (1)$$

де  $\Delta p$  – розрідження газового потоку, кПа.

При цьому величина достовірності апроксимації сягає 0,9611.

При постійному розрідженні перед ексаустером можливе значне відхилення рівня розрідження в газовому тракті агломашини (перед батарейним мультициклоном, в колекторі і під колосниковими ґратами) [7]. Слід зазначити, що по довжині зони газодсмоктування агломашини розрідження під колосниковими ґратами і швидкість газового потоку у вакуум-камері також відрізняються. Істотну роль грають «шкідливі просмоктування». Тому є дуже важливою інформація про кількість газу, що проходить в різних частинах газового тракту агломашини.

Особливе значення має газовий режим на початку процесу агломерації (підігріву шихти, запалювання твердого палива), в зоні дії горну та в кінці. Проведено інструментальні виміри проб газу під шаром аглошихти. Згідно з розробленою методикою пробо-відбірну трубку встановлювали між палетами. Один кінець трубки уклали на колосникове поле по осі агломашини у напрямі руху. При проходженні через завантажувальний пристрій укладена трубка засипалась шихтою. Вільний кінець трубки підключався до приладів. Одночасно визначали швидкісний напір у вакуум-камерах та колекторі за допомогою запропонованих датчиків для виміру швидкості газового потоку.

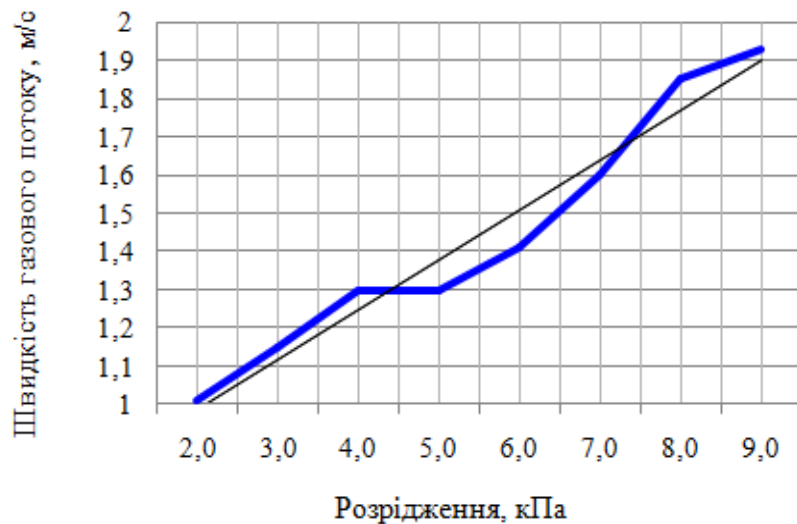


Рисунок 4 – Вплив розрідження на швидкість газу в вакуум-камері дослідної агломераційної установки

Результати вимірів і розрахунків наведено на рис.5, з якого видно, що найбільша кількість газу проходить через перші і останні вакуум-камери. Саме там найвища кількість шкідливих підсмоктувань.



1 – загальна кількість газу; 2 – кількість газу під шаром шихти;  
3 – кількість шкідливих підсмоктувань

Рисунок 5 – Розподіл газу по вакуум-камерам

Визначаючи вимірюваннями кількість природного газу і повітря, що подаються на пальники, розрахунком – кількість димового газу, що утворюється, та вимірюваннями – кількість газу, що відводиться з шару, за допомогою датчика, є можливість в автоматичному режимі підтримувати необхідний рівень розрідження в перших вакуум-камерах. Це унеможливить підсмоктування холодного повітря в запалювальний горн, знизить рівень шкідливих підсмоктувань через торцеві ущільнення та підвищить рівень корисних підсмоктувань через шар шихти в середній частині агломашини.

Встановлені залежності забезпечують використання розробленого приладу в

широкому діапазоні вимірювань параметрів газопилового потоку системи «агломашина-ексгаустер».

**Висновки.** На підставі лабораторних і промислових досліджень роботи датчика в газоходах по перепаду тиску визначено, що встановлення датчиків в газоходах діаметром понад 100 мм практично не викликає втрат тиску газоповітряного потоку. Точність виміру перепадів тиску запропонованими датчиками відповідає точності виміру зразкової стандартизованої напірної трубки ТН-1,5 типу «НИИОГАЗ». Конструкція датчика дозволяє контролювати різницю тиску в газоходах з різними геометричними формами поперечного перерізу при високій експлуатаційній надійності роботи в умовах як повітряного, так і запиленого газоповітряного потоку. Простота конструкції визначає надійність роботи протягом тривалого періоду часу. Використання датчика дозволить створювати системи автоматичного контролю аеродинамічної характеристики газоходів (вакуум-камер, колектора, пилогазоочисного устаткування) з різними конфігурацією і перетином.

Встановлено, що зі збільшенням розрідження під колосниковими ґратами агломашина в діапазоні від 5,0 до 8,0 кПа продуктивність збільшується від 1,09 до 1,27 т/(м<sup>2</sup>·год.). Аналіз розподілу об'єму пилогазового потоку по вакуум-камерах агломашина показав його нерівномірність.

Визначено, що найбільша кількість газу проходить через перші і останні вакуум-камери. Це пов'язано зі значними «шкідливими» підсмоктуваннями.

Аналізуючи кількісні характеристики продуктивності газового тракту агломераційної машини по елементах, можливе визначення величини «шкідливих підсмоктувань», а також місць втрат.

За рахунок контролю параметрів горну, кількості газу, що відсмоктується з під шару, можливе встановлення автоматичної системи, яка забезпечить достатній рівень розрідження під горном та підвищить кількість корисних просмоктувань в середній частині агломашина.

Пропонований датчик за своїми технічними перевагами може бути використаний в різних галузях промисловості.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Коротич В.И., Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н. Агломерация рудных материалов. Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2003. 400с.
2. Теплотехнические методы анализа агломерационного процесса / под ред. Ю.Г.Ярошенко. Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2004. 224с.
3. Теоретические основы производства окускованного сырья: учеб. пособ. для высших учебных заведений / Д.А.Ковалев и др. Днепропетровск: ИМА-пресс, 2011. 476с.
4. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергия, 1978. 704с.
5. Блинов О.М., Беленький А.М., Бердышев В.Ф. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Металлургия, 1993. 288с.
6. КНД 211.2.3.063-98. Метрологічне забезпечення. Відбір проб промислових викидів. Інструкція. К.: Міністерство охорони навколишнього середовища та ядерної безпеки України, 1998. 28с.
7. Бондаренко В.Д., Руденко Н.Р., Чернявский С.И. Влияние вредных подсосов на показатели агломерационного процесса. *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2002. №4. С.14-17.

Надійшла до редколегії 27.03.2019.