

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСУ ІНЖЕКТУВАННЯ СУМІШІ РЕАГЕНТІВ

Кисляков В.Г.<sup>1,2</sup>, Єлісеев В.І.<sup>1</sup>, Петруша В.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАНУ, м. Дніпро, Україна

<sup>2</sup>Український державний університет науки та технологій, м. Дніпро, Україна

**Анотація.** На основі теорії двофазних течій (газ - тверді частинки), що базується на математичному описі досліджуваних систем, розроблено методуку теоретичного оцінювання впливу характеристик двофазних потоків та характеристики траси, що транспортує двофазний потік, на зміну параметрів двофазного потоку. Зроблено припущення, що між дисперсною та дисперсійною середовищами відсутній масообмін, крім того відкинуто дисипативні та пульсаційні члени для несучого середовища, так як передбачається, що енергія міжфазової взаємодії значно перевищує ці енергетичні втрати. На «холодній» моделі проведено лабораторні дослідження процесу інжектування рафінуючої суміші. У лабораторних дослідженнях у якості реагентів використовували соду, вапно та їх суміш з оксидом заліза. Отримано уточнені коефіцієнти Бусройда. Зроблено порівняння теоретичних розрахунків з отриманими в лабораторних умовах.

**Ключові слова:** чавун, домішки, комплексна обробка, коефіцієнт Бусройда, модель.

**Вступ.** Комплексна обробка чавуну, що включає видалення сірки, кремнію і фосфору має переваги перед стандартною технологією поетапного рафінування чавуну у вигляді зменшення загального циклу плавки, теплових втрат і зменшення витрат у подальшому конвертерному переділі. У розглянутій технології як реагент пропонується використовувати суміш на основі  $\text{CaO} - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{FeO}$ . Значний науковий і практичний інтерес становлять дослідження гідро-газодинамічних закономірностей процесу інжектування цієї суміші.

**Основний матеріал.** На основі теорії двофазних течій (газ - тверді частинки), що базується на математичному описі досліджуваних систем, розроблено методуку теоретичного оцінювання впливу характеристик двофазних потоків (витрата газової фази, інтенсивність подачі твердої фази) та характеристики траси, що транспортує двофазний потік (діаметр каналу,

довжина горизонтальних, вертикальних та похилих ділянок, матеріал траси), на зміну параметрів (перепад тиску, між початком та закінченням траси, швидкість газової та твердої фаз) двофазного потоку [1, 2].

Для даного процесу початкова величина або швидкість частинок відіграють важливу роль, внаслідок чого ці значення досить суттєво можуть вплинути на визначені параметри і, зокрема, визначення коефіцієнта Бусройда [3].

Попередні розрахунки показують, що коефіцієнт Бусройда при горизонтальному русі двофазного середовища слабо впливає на перепад тиску, тому приймемо його рівним 0.5, як це було прийнято при розрахунках траси [4]. В експерименті його можна уточнити. Коефіцієнт Бусройда на вертикальній ділянці руху двофазного середовища впливає значніше, тому він становить більший інтерес у розрахунках. З досвіду дослідження траси випливає, що його величина може змінюватися не більше 0,00002 – 0,0002. Внаслідок цього проведемо результати розрахунків цих двох крайніх значень коефіцієнта.

З використанням розробленої методики виконано розрахунки перепаду тисків, швидкостей газової та твердої фаз для частинок CaO з діаметром 60, 100 мкм; FeO - 70, 450 мкм; Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - 100 мкм) і Al - 500 мкм за витрати газу 100 нл/хв та інтенсивності подачі твердої фази 1,67 кг/с та 2,5 кг/с, які транспортують каналом діаметром 4 мм з горизонтальною ділянкою 1 м і вертикальною 0,6 м.

Для уточнення теоретично отриманих значень коефіцієнта Бусройда було проведено лабораторні дослідження. Як реагенти були використані - кальцинована сода, негашене вапно, оксид заліза (II) та рідина ПАР. Лабораторна установка дозволяла в процесі досліджень змінювати витрату газу-носія та інтенсивність подачі реагенту.

За допомогою розробленої методики були виконані розрахунки, які дали змогу порівняти лабораторні значення з теоретичними розрахунками. Зведені дані представлені в таблиці 1.

Порівняння лабораторних даних з теоретичними розрахунками

	Інтенсивність гр/хв	Концентрація, кг/м <sup>3</sup>	Витрата газа- носія, м <sup>3</sup> /ч	Тиск на вході установки, МПа	Тиск за розрахунками, МПа
Сода	400	6,66	3,6	0,15	0,17
	550	7,85	4,2	0,20	0,19
Вапно	100	2,00	3,0	0,15	0,15
	100	1,66	3,6	0,20	0,16
	160	2,46	3,9	0,21	0,19
	160	2,29	4,2	0,22	0,19
Суміш	230	3,29	4,2	0,22	0,21
	410	6,83	3,6	0,22	0,24

**Висновки:** Отримані експериментальні дані дозволили уточнити оціночні величини необхідних коефіцієнтів. Для цього скористалися тими величинами, які отримано під час витікання двофазного середовища в атмосферний простір, тобто з відомим кінцевим тиском, що дорівнює атмосферному. За допомогою розробленої методики були виконані розрахунки, які дали змогу порівняти теоретично отримані значення з лабораторними значеннями.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Soo S.L. Fluid dynamics of multi-phase systems. Toronto-London: Blaisdell. 1967.
2. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. I. – М.: Наука, 1987, 464с.
3. Волошин А.И., Пономарев Б.В. Механика пневмотранспортирования сыпучих материалов. – Киев: Наукова думка, 2001, 520с.
4. Елисеєв В.И., Толстопят А.П., Флеер Л.А., Совит Ю.П., Шевченко А.Ф., Шевченко С.А. Движение двухфазного потока в фурме. Вісник Дніпропетровського університету. Серія Механіка, Вип. 23, Т., 2019, Т. 27, № 5, С. 21 – 34.

#### STUDYING THE REGULARITIES OF THE PROCESS OF INJECTING A MIXTURE OF REAGENTS

V.G. Kislyakov, V.I. Yeliseiev, V.P. Petrussha

**Abstract.** *Based on the theory of two-phase flows (gas - solid particles), which is based on the mathematical description of the systems under study, a methodology for theoretical evaluation of the influence of the characteristics of two-phase flows and the*

*characteristics of the route transporting the two-phase flow on the change in the parameters of the two-phase flow has been developed. It is assumed that there is no mass transfer between the dispersed and dispersed media, and the dissipative and pulsation terms for the carrier medium are rejected, since it is assumed that the energy of interfacial interaction significantly exceeds these energy losses. Laboratory studies of the refining mixture injection process were carried out on the "cold" model. In laboratory studies, soda, lime, and their mixture with iron oxide were used as reagents. The refined Busroyd coefficients were obtained. Theoretical calculations were compared with those obtained in the laboratory.*

**Keywords:** *cast iron, impurities, complex processing, Busroyd's coefficient, model..*

#### **REFERENCES:**

1. Soo S.L. Fluid dynamics of multi-phase systems. Toronto-London: Blaisdell. 1967. [in English].
2. Nigmatulin R.I. Dinamika mnogofaznyh sred. Ch. I. – M.: Nauka, 1987, 464s. [in Russian].
3. Voloshyn A.Y. , Ponomarev B.V. Mekhanyka pnevmotransportyrovaniya sypuchykh materialov. – Kyev: Naukova dumka, 2001, 520 s. [in Russian].
4. Elyseev V.Y., Tolstopiat A.P., Fler L.A., Sovyt Yu.P., Shevchenko A.F., Shevchenko S.A. Dvyzhenye dvukhfaznoho potoka v furme. Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Seriiia Mekhanika, Vyp. 23, T., 2019, T. 27, № 5, S. 21 – 34. [in Russian].