

Результати високо інтенсивної магнітної сепарації подрібненого магнітного продукту першої стадії високо інтенсивної магнітної сепарації крупністю 53-0 мкм

Вихідний матеріал	D ₈₀ мкм	Індукція магнітного поля (Тл)	Продукт	Вихід, %	Fe _{заг} %	SiO ₂ %	Вилучення Fe _{заг} %	Вилучення SiO ₂ %	SI
Магнітний продукт I стадії вмс	53	1 Тл	Живлення	100,00	57,3	16,83	100,00	100,00	-
			Немагнітний продукт	21,83	28,1	57,87	10,68	75,06	5,0
			Магнітний продукт	78,17	65,5	5,37	89,32	24,94	

Висновки

Таким чином, дроблення досліджуваних гематитових руд в ролер-пресі, в порівнянні з послідовним їх дробленням в щоковій та валковій дробарках до ідентичної крупності, дозволяє при подальшому збагаченні отримати підвищення: виходу кінцевого концентрату від операції на 2,88%, вмісту заліза загального на 1,48% та вилучення на 5,99%. Напрямок подальших досліджень, є подальше підвищення якості отриманого концентрату.

© Олейник Т.А., Николаенко П.К., Николаенко К.В., 2019

Надійшла до редколегії 27.05 2019 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І Піловим

УДК 622.73

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.21339.92962>

А.М. ШЕВЕЛЁВА,

А.Д. ИГНАТЬЕВ

(Украина, Днепр, ИТМ НАНУ и ГКАУ)

РАСЧЕТ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ЭЖЕКТОРА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ПОДВОДОМ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ ПО ОСИ РАЗГОННОЙ ТРУБКИ

Введение. Эффективное управление газовым потоком – один из способов повышения качества процесса в струйном технологическом оборудовании.

Организация управления может осуществляться за счет геометрических и газодинамических воздействий [1]. Одна из наиболее перспективных схем управления – применение дополнительных потоков с варьируемыми параметрами [2].

Цель работы. Данная работа посвящена изучению влияния дополнительной струи газа, направленной по оси разгонной трубки, на скорость смешанного потока на выходе из эжектора при различных значениях давлений на входе

основного (высоконапорного) и дополнительного потоков газа.

Содержание исследований. Исследуемый эжектор состоит из корпуса 1, который содержит канал подачи эжектирующего газа 2, сопло подачи высоконапорного газа 3, бункер подачи эжектируемого материала 4, разгонную трубку 5 (рис. 1). Сопло эжектирующего газа выполнено в виде сужающегося канала.

Особенностью эжектора является наличие кольцевого канала подвода энергоносителя 6, представляющего собой щелевое отверстие, через которое по оси разгонной трубки подается дополнительный поток газа.

Ширина щелевого отверстия составляет 0,5 мм, площадь – 35,34 мм².

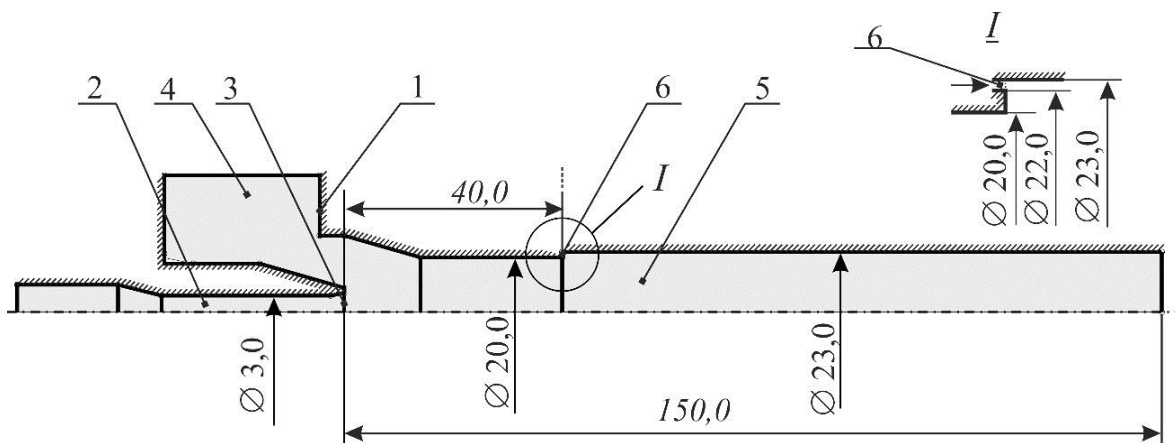


Рис. 1. Схема эжектора с осевым подводом энергоносителя:

- 1 – корпус; 2 – канал подачи эжектирующего газа; 3 – сопло подачи высоконапорного газа;
- 4 – бункер подачи эжектируемого материала; 5 – разгонная трубка;
- 6 – канал подвода дополнительного энергоносителя

Численное моделирование проводилось с использованием решения осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (Reynolds Averaged Navier-Stokes) при помощи программного комплекса ANSYS Fluent.

В расчетах использовались следующие параметры газа:

- 1) газ идеальный, $k = 1,4$;
- 2) число Прандтля – 0,85;
- 3) удельная теплоемкость $C_p = 1006,43 \text{ Дж/кг К}$;
- 4) теплопроводность – 0,0242 Вт/м К;
- 5) молекулярная масса – 28,966 кг/кмоль;
- 6) температура воздуха – 300 К;
- 7) давление окружающей среды – 101325 Па;
- 8) интенсивность турбулентности – 5%;
- 9) приведенный радиус турбулентности:
 - для эжектирующего потока – 5 мм;
 - для эжектируемого потока – 30 мм;
 - для кольцевого подводящего канала – 1 мм.

Вязкость определялась по формуле Сазерленда.

Підготовчі процеси збагачення

Также приняты допущения:

- 1) протекающие в эжекторе процессы не сопровождаются химическими реакциями и фазовыми переходами;
- 2) стенки конструкции не проводят тепло.

Вычисления проводились с использованием стандартной « $k-\varepsilon$ » модели турбулентности.

На данном этапе расчеты выполнялись для однофазного потока без учета частиц твердой фазы. Скорость воздуха рассчитывалась в разгонном канале устройства и в окрестностях дополнительного подвода газа.

Для расчета эжектора использовался метод осреднения параметров неравномерного потока (G-E-Ф) [3].

Для достижения необходимой точности результатов использовалась структурированная расчетная сетка, построенная в приложении ANSYS MESHING с использованием стандартных инструментов Sizing и Inflation. Для обеспечения заданного значения относительного расстояния до стенки в пристеночных областях эжектора пограничный слой разрешен слоями призматических элементов.

Сходимость решения контролировалась по графику ошибок и относительной «невязке» по расходу, которая не превышала 0,2%.

В процессе исследований изменялись значения давлений эжектирующего и дополнительного потока энергоносителя (табл. 1).

Таблица 1

Граничные условия для эжектора с осевым подводом

№ п/п	Давление эжектирующего потока на входе p_1 , МПа	Давление эжектируемого потока на входе, МПа	Давление дополнительного потока газа на входе p_v , МПа	Давление смешанного потока на выходе, МПа
1	0,3		0,1	
2	0,3		0,13	
3	0,3		0,15	
4	0,3		0,18	
5	0,3		0,21	
6	0,4		0,1	
7	0,4		0,13	
8	0,4	0,1	0,15	0,1
9	0,4		0,18	
10	0,4		0,21	
11	0,5		0,1	
12	0,5		0,13	
13	0,5		0,15	
14	0,5		0,18	
15	0,5		0,21	

Анализ результатов. На рис. 2-4 представлены наиболее характерные картины течения в эжекторе с дополнительным подводом, которые иллюстрируют поля скоростей для исследуемого диапазона значений.

На представлених рисунках прийняті наступні позначення:

- 1 – лінія тока ежектуруючого потоку;
- 2 – лінія тока ежектуруемого потоку;
- 3 – косої скачок уплотнення;
- 4 – прямої скачок уплотнення;
- 5 – гранична лінія тока ежектуруючого потоку;
- 6 – границя зони трансзвукового течення;
- 7 – лінія тока кільцевої струї вдуваного потоку;
- 8 – гранична лінія тока кільцевої струї вдуваного потоку.

Нижче приведено аналіз картин течення в ежекторі при різних параметрах ежектуруючого і ежектуруемого потоку.

1. Давлення ежектуруючого потоку $p_1 = 0,3$ МПа, ежектуруемого $p_v = 0,1$ МПа (рис. 2).

В цьому випадку в сопелі реалізується сверхкритичне вихідне, при цьому на виході з сопла утворюється зона сверхзвукового течення. При взаємодії з ежектуруемым потоком утворюється косої 3 і прямої 4 скачки уплотнення до вирівнювання давлень. Далі відбувається передача енергії ежектуруемому потоку і вирівнювання поля швидкостей по довжині розгонної трубки.

Особливістю даного варіанта є те, що тиск в кільцевому підводящем каналі рівно атмосферному. Незважаючи на це, витрата через щіль вдува становить порядку 13% загальної витрати через ежектор. При цьому утворюється стійкий кільцевий «пристеночний» шар, розповсюджений до кінця розгонної трубки, товщиною порядку 0,05 її діаметра, що слабо впливає на течення в ежекторі.

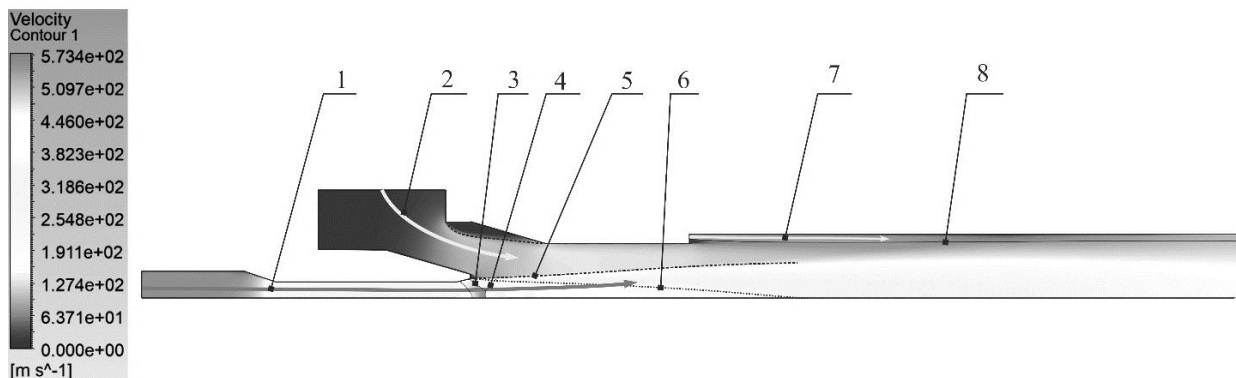


Рис. 2. Картина течення в ежекторі при $p_1 = 0,3$ МПа; $p_v = 0,1$ МПа

2. Давлення ежектуруючого потоку $p_1 = 0,4$ МПа, ежектуруемого $p_v = 0,15$ МПа (рис. 3).

В цьому варіанті утворюється витягнута зона з системою косої і прямої скачки уплотнення і інтенсивне прискорення ежектуруемого потоку.

Витрата через щіль вдува становить порядку 22% загальної витрати через ежектор. Товщина пристеночного шару в цьому випадку істотно більше і до-

Підготовчі процеси збагачення

стигает 0,1 – 0,15 диаметра разгонной трубки. Дополнительный подвод оказывает значительное влияние на скорость потока в конце разгонной трубки и на другие характеристики эжектора, в частности, на коэффициент эжекции и диаметр выходной струи, что потенциально позволит управлять процессом эжекции в пределах заданной геометрии.

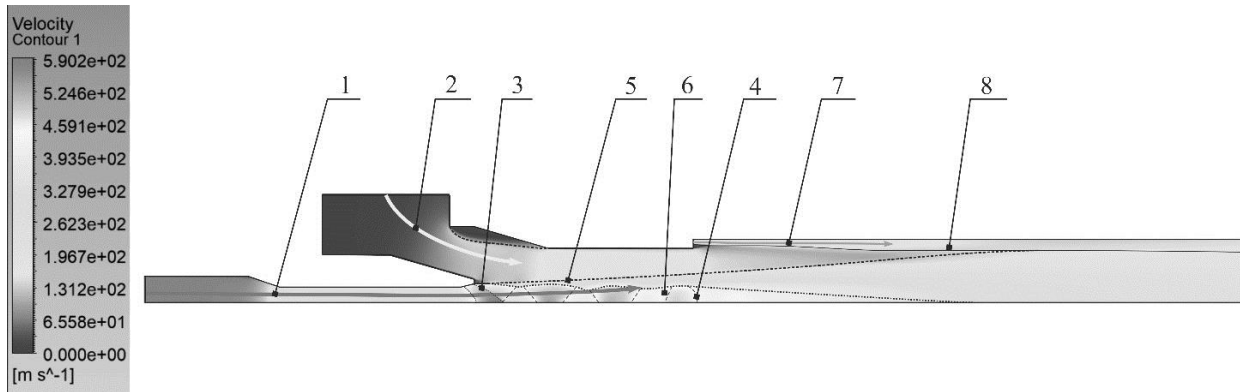


Рис. 3. Картина течения в эжекторе при $p_1 = 0,4$ МПа; $p_v = 0,15$ МПа

3. Давление эжектирующего потока $p_1 = 0,5$ МПа, эжектируемого $p_v = 0,21$ МПа (рис. 4).

Картина течения в этом случае аналогична предыдущему. Расход через щель вдува составляет порядка 30% общего расхода через эжектор. Толщина «пристеночного» слоя в этом случае существенно больше и достигает 0,15 – 0,22 диаметра разгонной трубки.

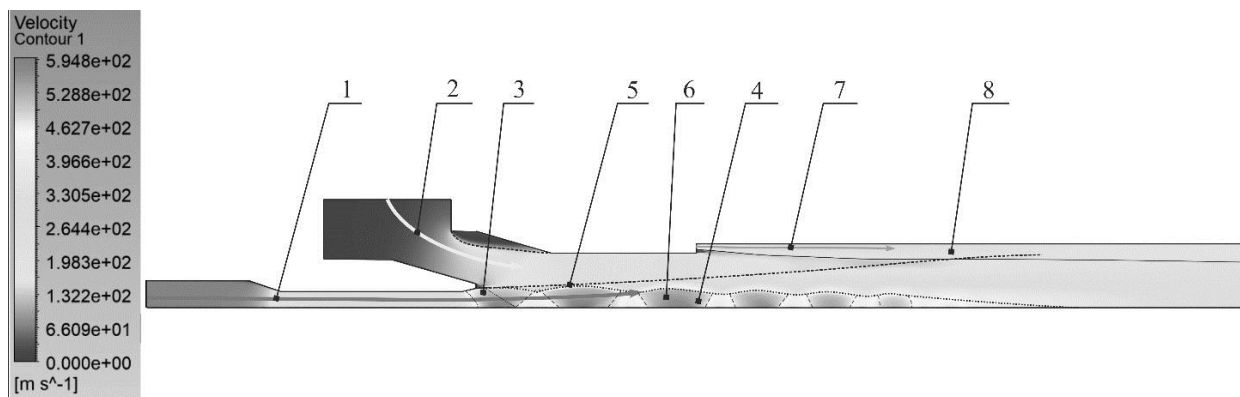


Рис. 4. Картина течения в эжекторе при $p_1 = 0,5$ МПа; $p_v = 0,21$ МПа

Зависимости изменения средней скорости потока на выходе из разгонной трубки от давления эжектирующего потока представлены на рис. 5, а от давления дополнительного потока – на рис. 6.

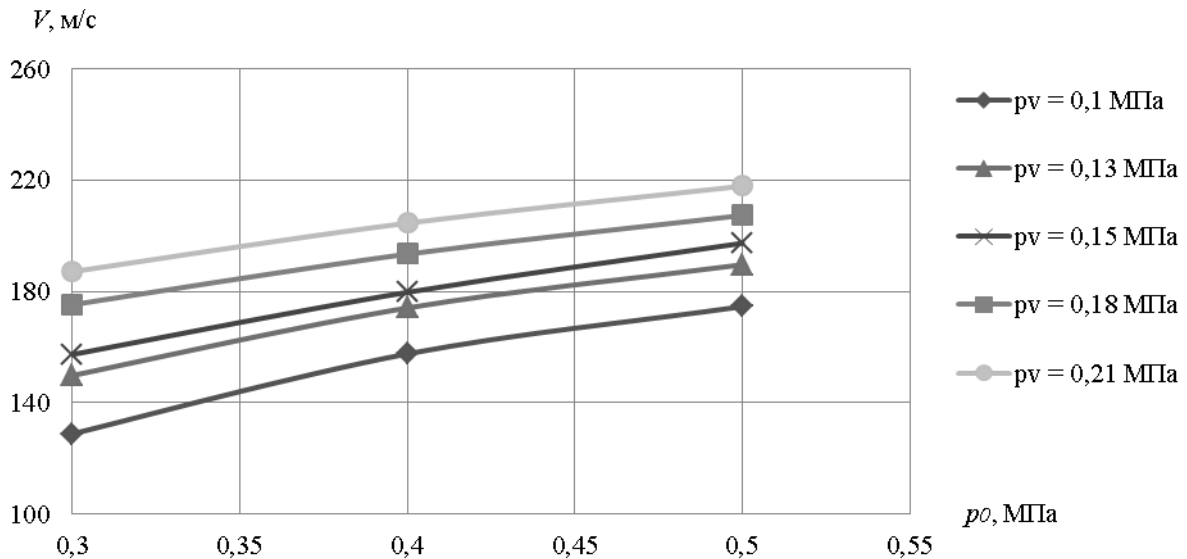


Рис. 5. Средняя скорость потока на выходе из разгонной трубки в зависимости от давления основного потока

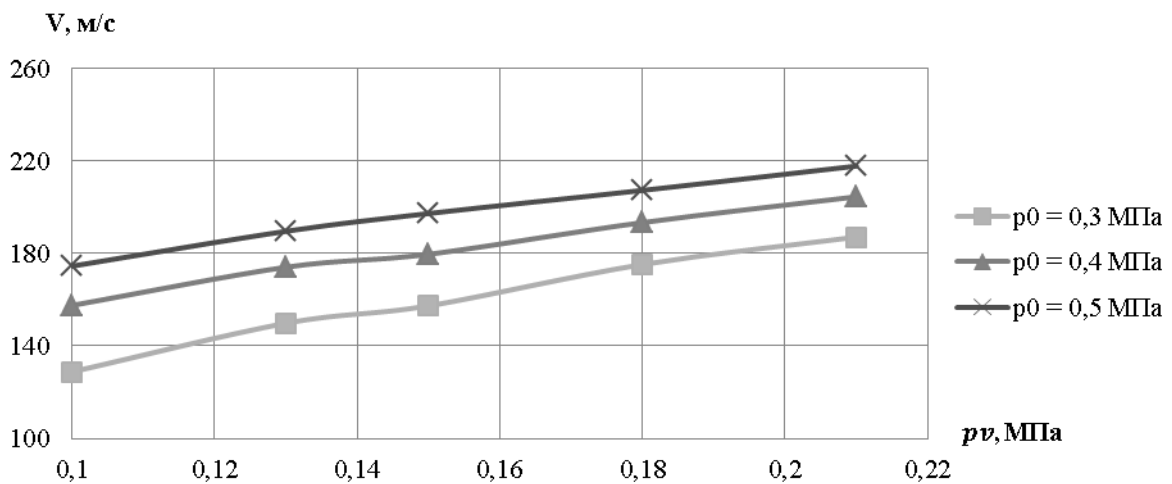


Рис. 6. Средняя скорость потока на выходе из разгонной трубки в зависимости от давления дополнительного потока

В случае, когда давление дополнительного потока совпадает с атмосферным, наблюдается торможение основного потока, скорость которого ниже по сравнению с классическим эжектором почти на 15 %. При давлении 0,13 МПа скорости потока в эжекторе с дополнительным подводом и без подвода выравниваются. А начиная от давления 0,15 МПа, дополнительный поток обжимает основной и увеличивает его скорость. И при 0,21 МПа прирост скорости на выходе из разгонной трубки по сравнению с классическим эжектором достигает примерно 10 %.

В рассматриваемом диапазоне значений давления эжектирующего и дополнительного потоков оказывают одинаковое влияние на скорость течения в эжекторе. При этом характер зависимости скорости от давлений близок к линейному.

Выводы. Существенное влияние дополнительного потока на скорость смешанного потока на выходе из разгонной трубки начинается со значений давлений основного потока 0,4 МПа и дополнительного 0,15 МПа. Наибольшее влияние дополнительный поток оказывает на увеличение скорости на выходе при $p_1 = 0,5$ МПа; $p_v = 0,21$ МПа.

Данная конструкция в заданных диапазонах значений давлений позволяет достичь максимальных скоростей смешанного потока на выходе из разгонной трубки в пределах от 180 м/с до 220 м/с.

Список литературы

1. Александров В.Ю., Климовский К. К. Оптимальные эжекторы (теория и расчет). – М.: Машиностроение, 2012. – 136 с.
2. Шевелёва А.М. Методы повышения качества готового продукта при струйном измельчении / Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 69 (110). – С. 86-94.
3. Панченко В.И., Бикбулатов Р.Р. Применение метода осреднения параметров неравномерного потока для расчета газового эжектора с цилиндрической камерой смешения / Изв. вузов. Авиационная техника, 2011. – №4. – С. 29-32.

© Шевелёва А.М., Игнатъев А.Д., 2019

*Надійшла до редколегії 29.06 2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.7

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.21339.92962>

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук
(Україна, Харків, Харківський НТУ «Харківський політехнічний інститут»),
Ю.С. МІЩУК, Є.А. САПРИКІНА
(ТОВ «Науково-технічне підприємство «Бурова техніка»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕМІШУВАЧА "ТУРБОТРОН" ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА SOLIDWORKS

Постановка проблеми і стан її вирішення. У ряді робіт, як на емпіричному так і на теоретичному рівні, в тому числі на основі моделювання, досліджується ефективний дво- або триімпелерний перемішувач «Турботрон» первинно застосований в кінці ХХ ст. в німецькому варіанті технології масляної агломерації вугілля «Oliflok» [1-4]. Надалі цей перемішувач використаний в українській технології масляної агломерації вугільних шлаків [5, 6]. В останні роки пропонується використовувати «Турботрон», зокрема, в системі регенерації бурових розчинів. Проведено його первинне моделювання за допомогою комп'ютерної системи Flow Simulation програмного середовища SolidWorks [8, 9] і отримано параметричні поля швидкостей для окремих різновидів імелерів. Запропоновано і запатентовано вдосконалення конструкції перемішувача "Турботрон" –