

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ И НАПОРНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ВНУТРИ ВСАСЫВАЮЩЕГО СОПЛА
УСТАНОВКИ ПНЕВМО ВАКУУМНОЙ СЕПАРАЦИИ****Кислицин Алексей Александрович**

студент, Сибирский государственный индустриальный университет, РФ, г. Новокузнецк

Бойко Дмитрий Юрьевич

научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, Сибирский государственный индустриальный университет РФ, г. Новокузнецк

Аннотация. Статья посвящена пневматическому сепаратору угля с восходящим стесненным воздушным потоком. Рассмотрены результаты экспериментального измерения скорости и давления (разряжения) внутри воздушного сопла. Предложены варианты конструкции воздушного сопла, направленные на повышение эффективности работы воздушного сепаратора.

Ключевые слова: пневматический сепаратор, воздушный поток, воздушное сопло.

Применение методов пневматической сепарации получило широкое применение в различных отраслях промышленности. Этому предшествовали многолетние исследования: физико-механических свойств сыпучих материалов; кинематики и динамики воздушного потока; технических решений, используемых для реализации методов воздушной сепарации.

Одной из сложных и ответственных задач угледобывающих предприятий является получение концентратов угля с заданными характеристиками зольности [1,2]. В настоящее время, одной из основных, является проблема высокоэффективного обогащения углей трудной степени обогатимости [3]. При этом важным является выбор технологических решений, предполагающий применение новых решений, обладающих высокой эффективностью разделения сыпучих материалов, сравнимой с показателями обогащения в тяжелых средах. Одной из таких технологий является технология пневмо вакуумной сепарации [4], реализация которых происходит на комплексах УПВС.

Принципиальная схема установки УПВС изображена на рисунке 1.

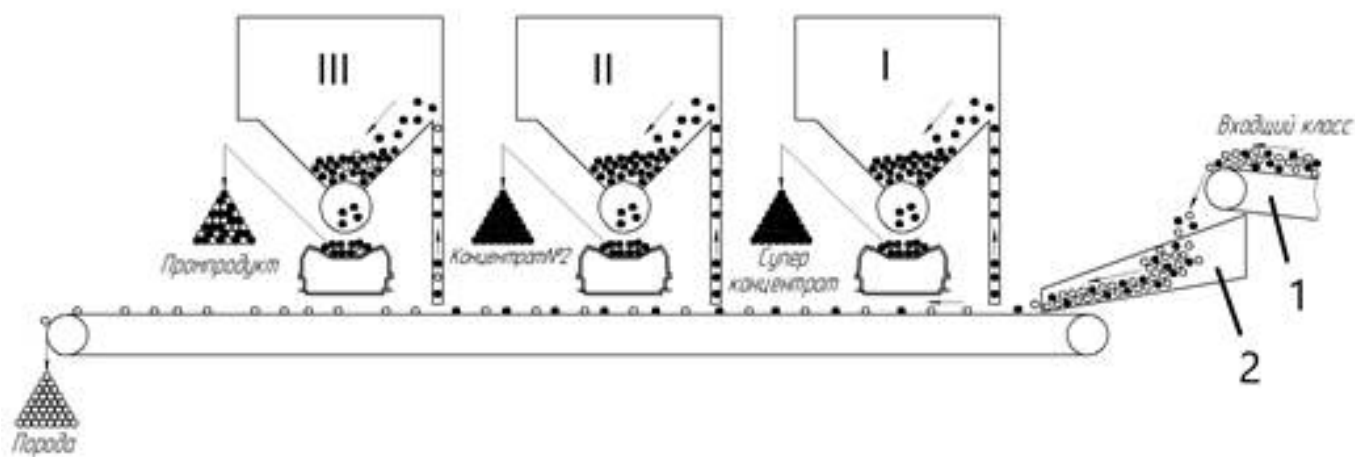


Рисунок 1. Схема установки УПВС, с тремя зонами сепарации

1 – конвейер; 2 – вибропитатель; I, II, III – зоны сепарации.

Схема работы одного воздушного тракта (зоны сепарации) показана на рисунке 2.

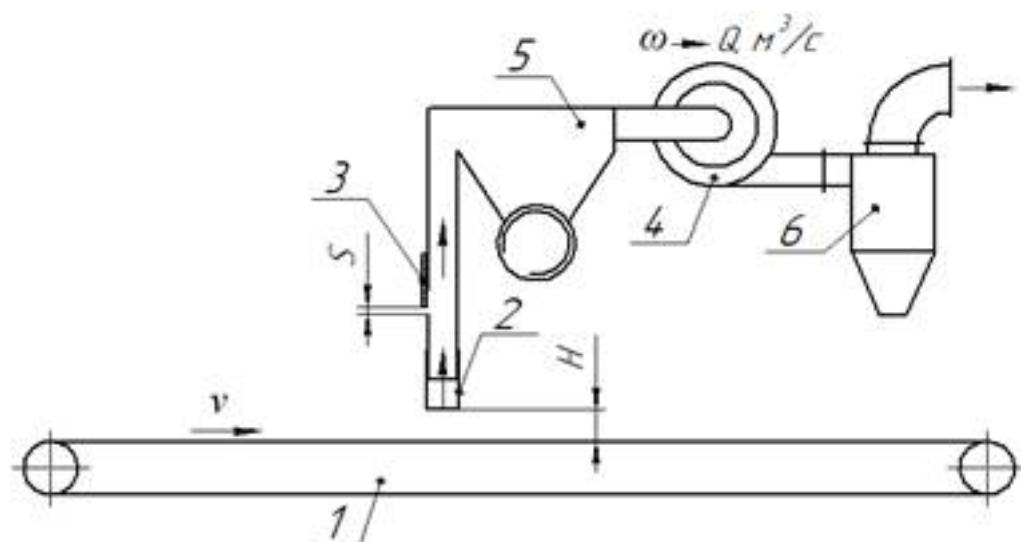


Рисунок 2. Принципиальная схема воздушного тракта УПВС

1 – конвейер; 2 – сопло; 3 – байпас; 4 – тягодутьевая машина; 5 – осадительная камера; 6 – циклон

Процесс сепарации в восходящем воздушном потоке достаточно широко освещен в специализированной литературе. Работы по оптимизации конструкции всасывающих сопел интенсивно ведутся в исследовательских лабораториях высших учебных заведений страны.

Для математического описания движения твердой частицы, в зоне сепарации, используют зависимости, содержащие следующие составляющие: силу тяжести; силу адгезии; силу сцепления, вызванную воздействием на частицу окружающих частиц и поверхности сетчатого конвейера; силу трения; силу лобового давления, вызванную воздействием на частицу воздушного потока; подъемную силу, вызывающую отрыв частицы от поверхности [5,6]. Анализируя повторяемость входящих в основные зависимости параметров, можно сделать очевидный вывод. Эффективность сепарации, в основном, зависит от стабильности

скоростного потока, оказывающего воздействие на сепарируемый материал. Безусловно, с помощью математического моделирования, можно описать движение частицы по стационарной траектории. Однако, из многолетнего опыта эксплуатации, замечено следующее: в углях трудной обогатимости, присутствуют фракции с пограничной плотностью, которые в процессе движения в самом сопле теряют скорость и совершают возвратно поступательное, иногда хаотичное, движение внутри сопла, по вертикали. Соударяясь между собой, частицы с пограничной плотностью получают и отдают импульс встречным частицам, тем самым ухудшая качественные показатели продуктов сепарации (легкие частицы попадают к тяжелым и наоборот). Описание движения частиц с пограничной плотностью вызывает определенные трудности. Для поиска решения по обеспечению исключения нахождения витающих частиц пограничной плотности, было принято решение провести замеры скорости и давления внутри сопла по всей траектории движения частицы.

Для проведения экспериментальных исследований была использована полупромышленная установка пневмовакуумной сепарации находящаяся в лаборатории ООО «Промпереработка», г. Новокузнецк. Сопло установки имеет правильную геометрическую форму, ширина 160мм, длина 1000мм.

Для измерения скорости воздушного потока применялся портативный термоанемометр Testo 405i с функцией измерения температуры воздуха, имеющий возможность совмещения с ПК. Диапазон измеряемой скорости от 0,3 до 30 м/с при точности измерения $\pm 0,3$ м/с.

Для измерения разряжения использовался дифференциальный манометр DT-8920 с функцией измерения температуры воздуха, синхронизируемый с ПК. Диапазон измеряемого давления (разряжения) от 0 до 5000Па, погрешность измерения $\pm 0,3\%$ от диапазона измерения.

Для проведения исследований и снятия показаний скорости воздушного потока в поверхности воздушного сопла были выполнены 16 отверстий в соответствии с рисунком 3.

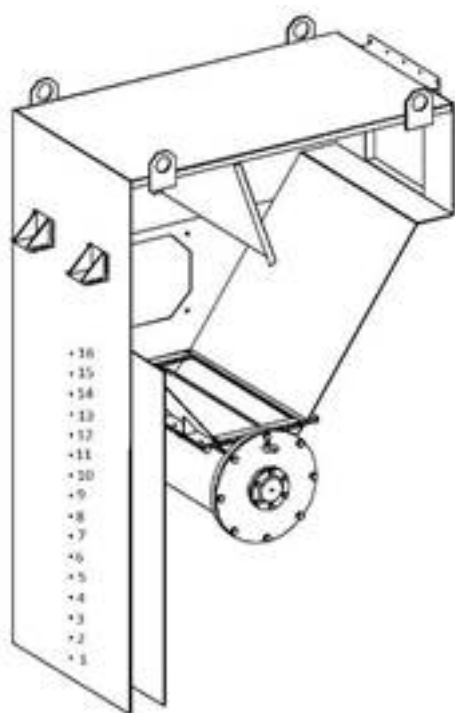


Рисунок 3. Схема расположения отверстий

Приборы неподвижно крепились на магнитную стойку, которая примагничивалась к металлической поверхности сопла в заданной точке. Датчик приборов позиционировался

строго по геометрическому центру сечения сопла. В соответствии с матрицей планирования эксперимента, выбор точки измерения происходил в случайном порядке. Каждый замер повторялся 3 раза, продолжительность 60-100 секунд. Данные передавались и сохранялись на ПК. Полученные данные были обработаны в статистическом пакете R. На основании полученных данных были построены эмпирические графики изменения параметров всасывающего воздушного потока по высоте сопла.

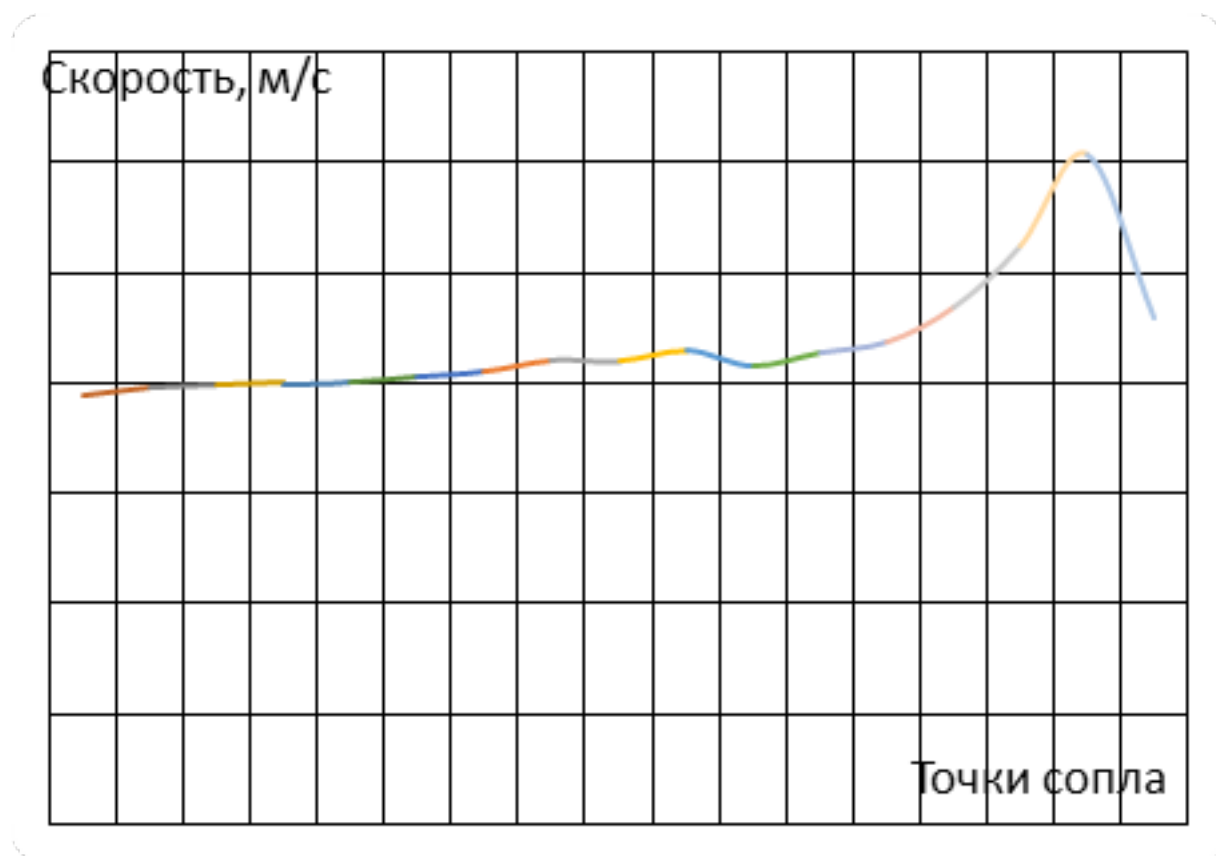


Рисунок 4. График изменения скорости по высоте сопла

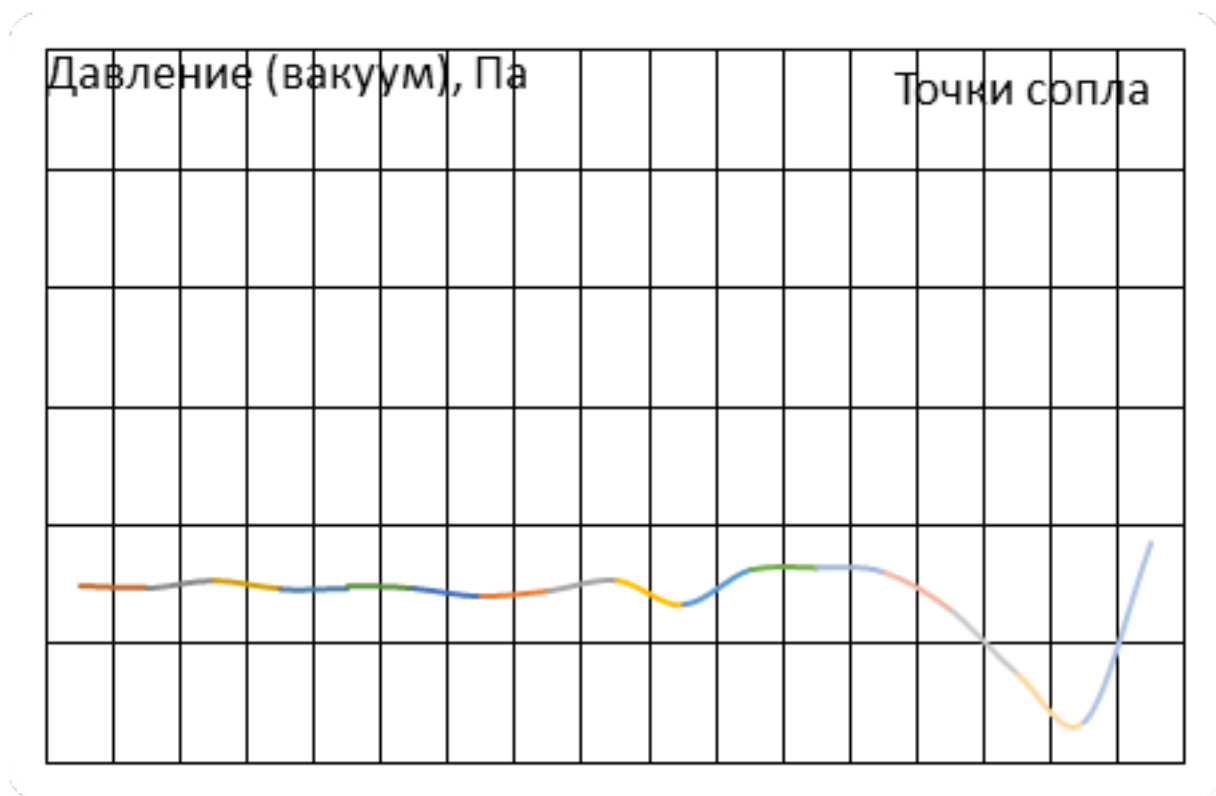


Рисунок 5. График изменения давления по высоте сопла

Выводы:

Получен график распределения скорости и давления (разряжения) по высоте всасывающего рабочего тракта установки пневмовacuумной сепарации. Данные были использованы для проектирования сопла, с равными скоростными характеристиками, предназначенного для сепарации углей трудной обогатимости.

Список литературы:

1. Технологическое оборудование для обогащения углей Под общ. ред. Л.А. Антипенко –М.: Кучково поле, 2010.- 352с.,ил.
2. Антипенко Л.А. Обогащение угля. Вчера, сегодня, завтра. – Изд-ство «Лико», 2020, 332с
3. Авдохин В.М. Обогащение углей Т2. Технологии обогащения полезных ископаемых. – М.: Горная книга, 2012. – 310с., ил.
4. Кузьмин А.В., Люленков В.И., Качуров К.В., Кардаков А.Л., Бойко Д.Ю. Способ сухого обогащения угля. Патент РФ № 2282503, 2005. Оpubл. 27.08.2006, БИ №24
5. Гибайдуллин Д.А., Осипов П.П. Аэрогидродинамика дисперсной частицы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2020.-176с.
6. Гальперин В.И. Воздушная классификация сыпучих материалов. Москва. -2006. – 88 с.