

УДК 628.16.067: 66.067.3+669

*к.т.н. Бревнов А.А.,  
к.т.н. Давыдкова Н.С.  
(ДонГТУ, г.Алчевск, Украина,  
abrevnov@list.ru, ndavydkova@yandex.ru)*

## **ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЦИКЛОНА-ФИЛЬТРА**

*Розглянуто питання можливості покращення умов регенерації фільтроелемента в робочій області циклона-фільтра за рахунок додаткової циліндричної вставки.*

***Ключові слова:** циклон-фільтр, закрутка потоку, кільцева область, розрахункова сітка, розподілення швидкостей та тиску.*

*Рассмотрен вопрос возможности улучшения условий регенерации фильтроэлемента в рабочей области циклона-фильтра за счет дополнительной цилиндрической вставки.*

***Ключевые слова:** циклон-фильтр, закрутка потока, кольцевая область, расчетная сетка, распределение скоростей и давления.*

### **Введение**

Вопрос очистки воздуха от пылевых загрязнений при работе металлургических предприятий является насущным и требует все более новых способов очистки выбросов производственных объектов, в том числе загрязненных особо опасными взвесями.

### **Анализ последних достижений и публикаций**

Известные конструкции отечественных и зарубежных циклонов имеют низкую степень очистки фракций пыли размером менее 15-20 мкм [1]. Это связано с тем, что степень инерционного пылеосаждения при вращательном движении дисперсного потока в циклоне возрастает с уменьшением его поперечного размера и увеличением скорости потока. Однако увеличение скорости сверх оптимального ведет к его быстрому абразивному износу, а уменьшение поперечного размера при соблюдении рациональной скорости – к снижению пропускной способности. Поэтому циклоны используются в качестве первичной ступени обработки выбросов. Для осаждения тонкодисперсной взвеси система очистки должна оборудоваться дополнительными ступенями, в основном - фильтрующими устройствами.

Известны различные конструкции циклонных аппаратов для очистки газов от пыли. К примеру, в патенте [2] представлен фильтрпатрон, выполненный в виде цилиндрического проволочного или стержневого каркаса с верхним глухим и нижним открытым фланцами, на котором закреплен фильтровальный материал. Однако известная конструкция не предохраняет циклон от износа при необходимости интенсифицировать обработку путем увеличения скорости потока. Кроме этого, выносной фильтрующий элемент на выходе увеличивает габариты и представляет неудобство при размещении очистной системы.

Другим, более компактным вариантом, является циклон-фильтр для очистки запыленных газов [3]. Но данный циклон-фильтр имеет существенный недостаток. Интенсификация циклонной обработки в таком циклоне-фильтре достигается путем увеличения скорости дисперсного потока, однако этот факт вызывает изменение характера обтекания потоком вращающейся выхлопной трубы. В результате неравномерного обтекания часть поверхности регенерируется более интенсивно, а часть плотно забивается дисперсными частицами, что приводит к увеличению сопротивления проницаемой поверхности, к еще большей неравномерности и, как следствие, к более быстрому забиванию всей поверхности выхлопной трубы.

### **Постановка проблемы**

Основная идея данного исследования заключается в том, что установка дополнительного неподвижного непроницаемого цилиндра во внутренней кольцевой полости циклона-фильтра должна уменьшить степень неравномерности потока, что даст возможность улучшить условия регенерации проницаемой фильтрующей поверхности аппарата. Известные результаты исследования закрученных потоков в кольцевых областях [4] подтверждают такую возможность.

Целью работы является обоснование возможности уменьшения степени неравномерности потока в рабочей области циклона-фильтра за счет установки дополнительного неподвижного непроницаемого цилиндра, расположенного соосно с проницаемой цилиндрической поверхностью аппарата.

### **Основная часть**

Общий вид циклона-фильтра новой усовершенствованной конструкции представлен на рисунке 1.

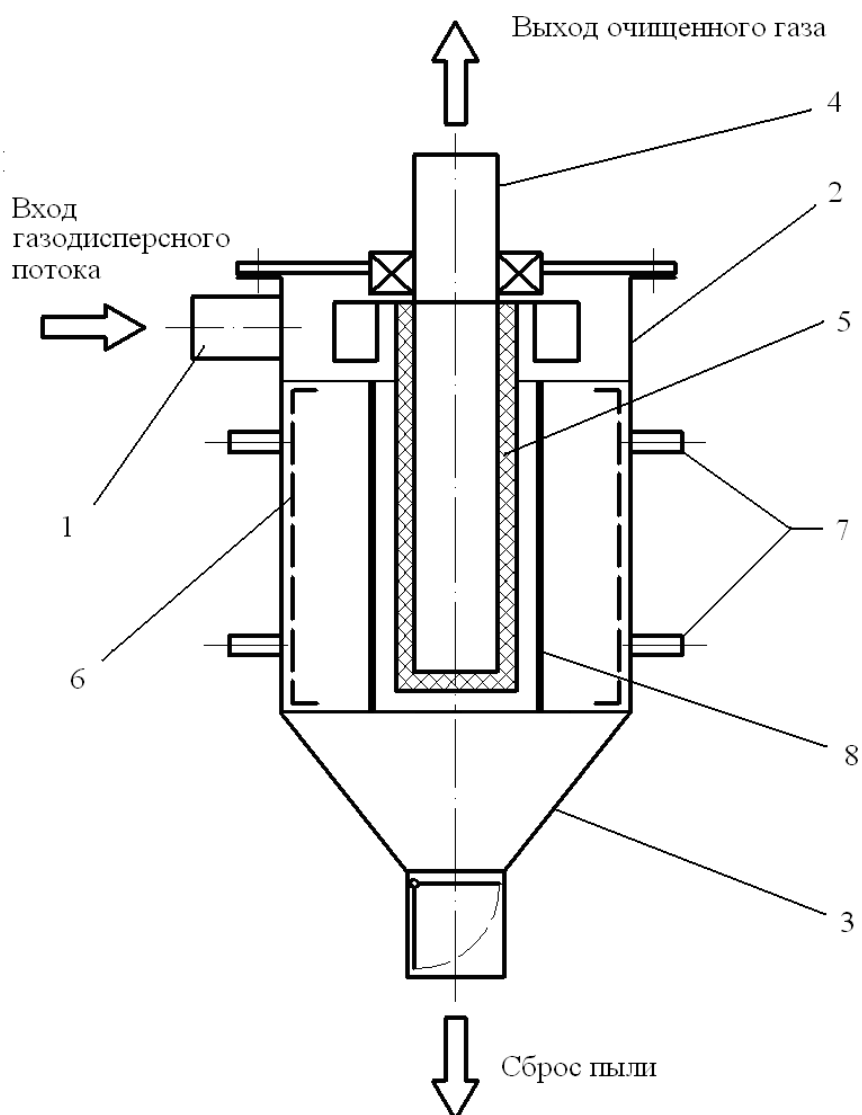


Рисунок 1 - Схема циклона-фильтра

Циклон-фильтр содержит штуцер для ввода запыленного газового потока 1, установленный тангенциально на цилиндрическом корпусе 2, имеющем коническое днище 3; расположенную соосно с цилиндрическим корпусом вращающуюся выхлопную трубу 4 с присоединенным к ней сварным каркасом с плотным фильтровальным материалом 5; закрепленную на внутренней поверхности цилиндрического корпуса 1 циклона-фильтра тонкую фильтровальную ткань 6; установленные радиально снаружи цилиндрического корпуса 1 продувочные штуцера 7; установленный соосно с цилиндрическим корпусом неподвижный непроницаемый цилиндрический элемент 8, образующий кольцевую область с вращающейся выхлопной трубой 4.

Предполагается, что во внутренней части циклона-фильтра снаружи фильтроэлемента улучшение условий регенерации проницаемой фильтрующей поверхности возможно за счет установки непроницаемого неподвижного цилиндрического элемента создающего кольцевую область между этим элементом и проницаемой поверхностью.

На первый взгляд наличие дополнительного неподвижного непроницаемого цилиндра должно уменьшать окружную скорость потока. Зато вращение выхлопной трубы вызывает вихри Тейлора, способствующие интенсивному образованию относительной скорости потока в кольцевом зазоре, имеющей более равномерную структуру. Следовательно, регенерация фильтрующей поверхности должна улучшаться. Подбором ширины кольцевого зазора между проницаемой поверхностью и неподвижным непроницаемым цилиндром можно добиться оптимальных условий для очистки газопылевого потока от частиц определенной крупности.

Таким образом, наличие дополнительной непроницаемой цилиндрической поверхности должно дать следующие преимущества:

1. Улучшение структуры потока в кольцевой области между цилиндрической вставкой и вращающейся проницаемой поверхностью в результате возникающих в кольцевой области вихрей Тейлора;

2. Возможность удаления части пылевого слоя с проницаемой поверхности за счет увеличения относительной скорости потока и фильтроэлемента, что улучшает условия регенерации фильтрующей поверхности;

3. Недопущение к проницаемой поверхности, за счет наличия цилиндрической непроницаемой вставки наиболее крупных частиц пыли, отброшенных к периферии начальной закруткой потока.

Для численного исследования потока внутри циклона-фильтра был использован математический пакет прикладных программ «Fluent» с использованием графического редактора «Gambit» для генерации области течения и расчетной сетки.

Возможность использования трехмерной расчетной области для исследования потоков в пакете «Fluent» позволяет определить распределение скоростей, давлений и других газодинамических характеристик с достаточно большой точностью. При этом большое количество расчетных узлов существенно увеличивает время расчета, поэтому для минимизации расчетного времени в случае осесимметричных потоков пользуются или плоской моделью расчетной области в осесимметричной постановке, или рассматривают часть трехмерной модели.

В рамках данной работы был рассмотрен сектор, показанный на рисунке 2, как часть общей цилиндрической расчетной области с периодическими граничными условиями на боковых радиальных поверхностях.

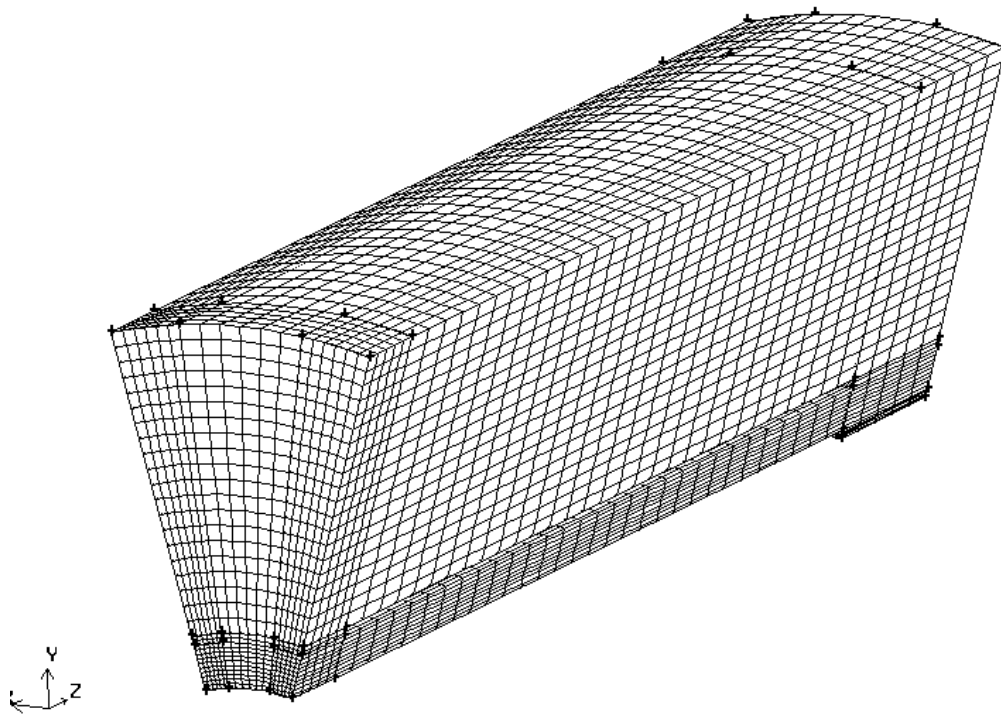


Рисунок 2 – Расчетная схема рабочей области  
в осесимметричной постановке

Согласно расчетной схеме для расчета потока были заданы следующие граничные условия: на переднем торце – условия равномерной начальной скорости при входе в расчетную область, на непроницаемых поверхностях – условия прилипания потока, на нижней проницаемой поверхности – давление на выходе, на боковых поверхностях – условия периодических границ в окружном направлении.

Разбиение расчетной области сеткой проводилось по схеме «Мар». При этом в кольцевой области между проницаемой поверхностью и дополнительной непроницаемой вставкой, которая является областью наиболее вероятного возникновения турбулентных пульсаций, производилась более детальная разбивка.

Начальными условиями для расчета были величина осевой скорости на входе 4 м/с, угловая скорость закрутки потока – 10 1/с при отсутствии радиальной скорости.

Расчет производился для сектора длиной 1,6 м с радиусами внешней и внутренней поверхности, соответственно, 0,4 и 0,2 м. Цилиндрическая вставка была расположена на расстоянии 0,04 м по радиусу от проницаемой поверхности.

На рисунках 3 и 4 показаны графики изменения соответственно осевой и тангенциальной скоростей вблизи проницаемой поверхности, а именно на расстоянии 1 мм от фильтроэлемента.

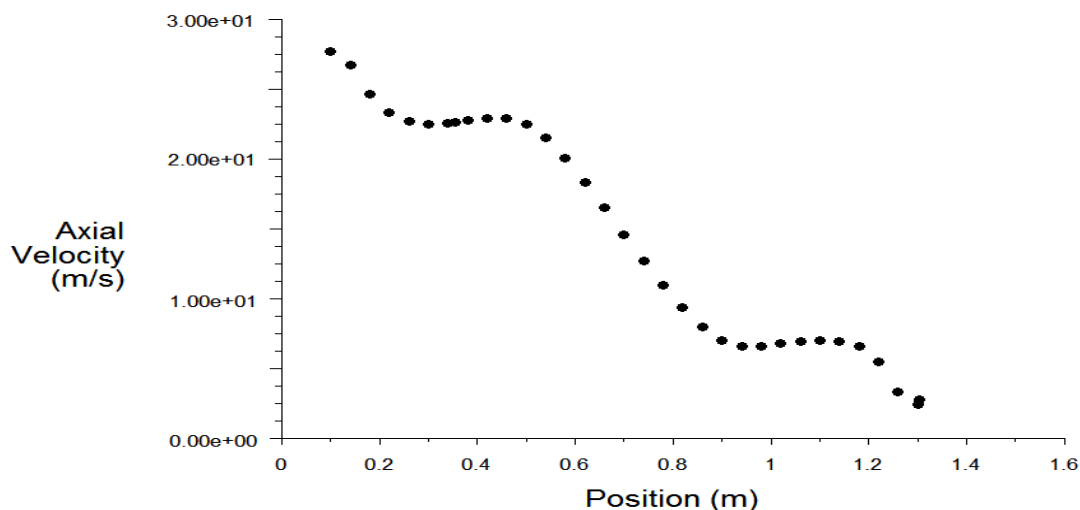


Рисунок 3 – Изменение осевой скорости по осевой координате

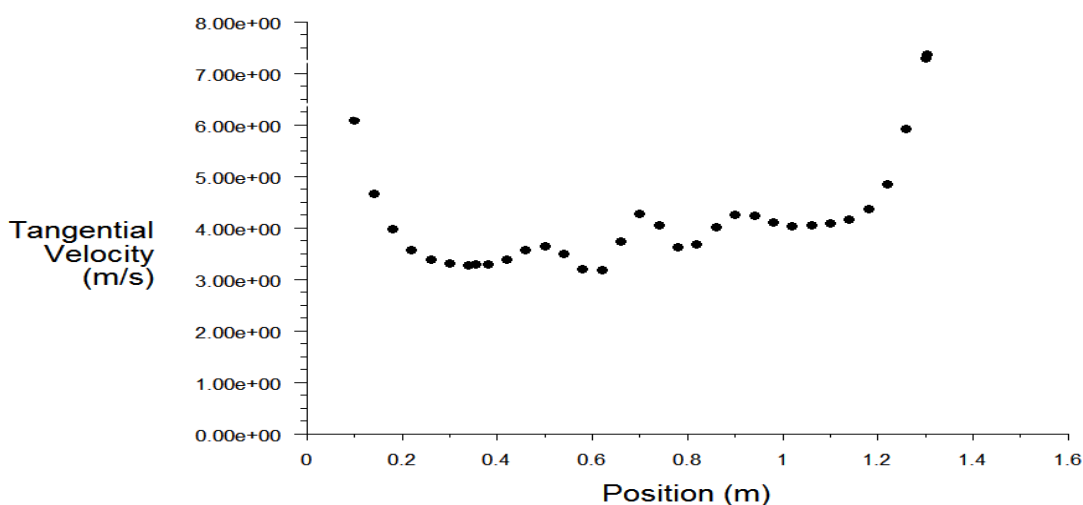


Рисунок 4 – Изменение тангенциальной скорости по осевой координате

Из этих графиков видно, что осевая скорость уменьшается по мере приближения к конечным сечениям расчетной области, что естественно для течения вблизи проницаемой поверхности, но является фактором не улучшающим условия регенерации фильтрующей поверхности. Однако изменение тангенциальной скорости, величина которой сопоставима с осевой скоростью в начальных сечениях расчетной области, в соответствии с графиком на рисунке 4, несущественно. То есть имен-

но эта составляющая дает возможность говорить об относительной скорости вблизи проницаемой поверхности, а, следовательно, она является основной характеристикой с точки зрения улучшения регенерации фильтрующей поверхности. Кроме того наличие тангенциальной скорости по всей длине кольцевой расчетной области позволяет отбросить к внешней поверхности наиболее крупные частицы пыли за счет центробежных сил.

### **Выводы**

Таким образом, в результате проведенного исследования была обоснована возможность применения дополнительной цилиндрической поверхности в кольцевой области циклона-фильтра. Графики изменения скоростей в расчетной области подтверждают наличие относительной скорости потока вблизи проницаемой поверхности, что является положительным фактором с точки зрения очистки проницаемой поверхности от пыли.

### **Перспективы дальнейшего развития**

Направлением дальнейшего развития работы является определение рациональной ширины кольцевого зазора между проницаемой поверхностью и непроницаемой цилиндрической вставкой, а также исследование поведения твердых частиц пыли в газовом потоке внутри рабочей области.

### **Библиографический список**

1. Биргер М.И. *Справочник по пыле- и золоулавливанию* / [М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков и др.] // Под общ. ред. А.А. Русанова. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 312 с.
2. Патент РФ 2306984, МПК В04С 9/00. Циклон Кочетова / опубли. 2007.09.27. Бюл. 27. Кочетов О.С., Кочетова М.О., Львов Г.В. № 2006101515; заявл. 20.01.2006; опубли. 17.03.2008. Бюл. №27. – 4с.
3. Патент РФ: 22361678, МПК В01Д 50/00, В04С 9/00. Циклон-фильтр / Зиганишин М.Г., Алещенко И.С., Зиганишин А.М., Павлов Л.В. №2008110843; заявл. 14.03.2008; опубли. 20.07.2009. Бюл. №17. – 4с.
4. Мочалин Е.В. *Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: в 8 т.* / Е.В. Мочалин, А.А. Халатов // Гидродинамика закрученного потока в ротационных фильтрах. - Киев: Ин-т техн. Теплофизики НАН Украины, т. 8. – 2010. – 428 с.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Мочалиным Е.В.*