

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВОГО ПОТОКА В ЦИКЛОНЕ С РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫМ КОНТУРОМ

Несмотря на достижения науки в области создания различных конструкций пылеуловителей, конструкции многих циклонов, установленных сегодня на предприятиях, в основе изменились очень незначительно. Центробежные силы могут в несколько раз превышать силы тяготения, и поэтому такие устройства соответствующего размера пригодны для сепарации мелких частиц размером около 1 мкм. Наименьший размер определяется воздействием турбулентности и влиянием вторичных течений [1].

Объектом исследований в данной работе является новая конструкция циклона [2] с рециркуляционным контуром, представленная на рисунке 1. Он состоит из стандартных цилиндрического корпуса 1, конического днища 2 с горизонтальным входным патрубком 3 и бункера 4. Рециркуляция потока происходит в верхней части аппарата.

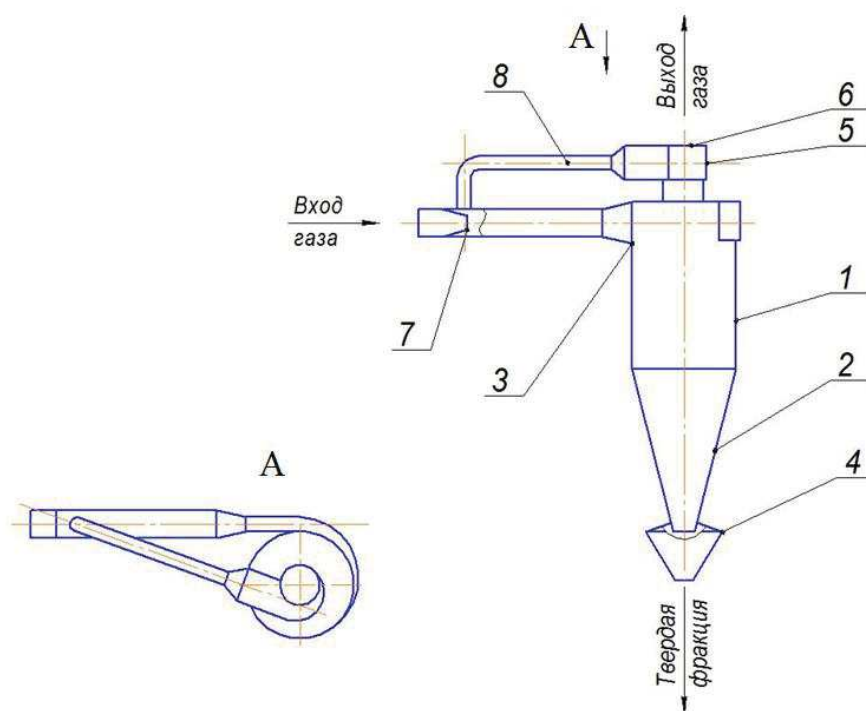


Рисунок 1 – Циклон с рециркуляционным контуром

Запыленный газовый поток подается в центральное отверстие трубы Вентури 7 и далее во входной патрубок циклона. Как известно, в циклоне твердые частицы под действием центробежных сил движутся к стенкам и поступают в нижерасположенный бункер. Однако самые мелкие частицы следуют за потоком воздуха и поступают в выхлопную трубу циклона 5, где они движутся в основном в пристеночной области.

Далее часть уже очищенного газового потока с наибольшим содержанием неуловленных мелких частиц поступает в кольцевой зазор между выхлопной трубой циклона и улиткой 6, откуда поток направляется по рециркуляционной трубе 8 обратно в трубу Вентури и далее на повторное улавливание.

Таким образом, данная конструкция пылеуловителя позволит достичь более высокой степени очистки, в особенности для газов, загрязненных частицами размером до 1 мкм и менее.

Для создания геометрической модели циклона с рециркуляционным контуром было использовано 3D-Моделирование. Для описания движения частиц в циклоне была выбрана RNG k- ϵ -модель [3], имеющая следующие отличия:

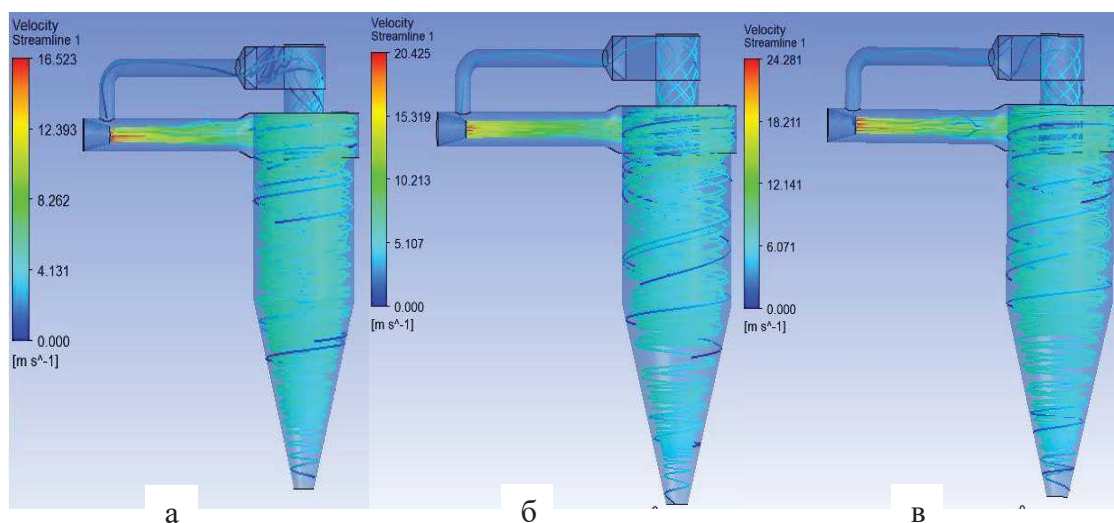
- дополнительный член в уравнении, который улучшает точность вычислений для процессов с высокими скоростями;
- в модели учтено влияние завихренности на турбулентность, что увеличивает точность для высокозавихренных процессов.

Моделирование движения газа в циклоне с рециркуляционным контуром проводилось при трех различных скоростях на входе в патрубок, которые определялись из диапазона условной скорости газа и находятся в пределах 1,3–1,9 м/с.

На рисунке 2 показана трассировка частиц в циклоне при трех разных скоростях газа на входе. Из рисунка видно, что частицы движутся в пристеночной области циклона с максимальной скоростью у входа в патрубок, которая постепенно снижается к нижней части цилиндрического корпуса.

Также можно заметить, что частицы заходят в рециркуляционный контур циклона, таким образом, можно сказать, что рециркуляция газового потока осуществляется. Как и следовало ожидать, увеличение скорости во входном патрубке положительно влияет на рециркуляцию газа, но тем самым увеличивается гидравлическое сопротивление.

Были получены планы тангенциальных и осевых скоростей, а также потерь давления в корпусе циклона. У стенок циклона



**Рисунок 2 – Скорость движения частиц по траекториям:
 скорость на входе в патрубок: а – 16,43 м/с; б – 20,22 м/с; в – 24,01 м/с**

гидравлическое сопротивление увеличивается, так же как и обе составляющие скорости потока. При этом с увеличением тангенциальной скорости снижается скорость вихря в центральной оси аппарата, а при увеличении скорости газа во входном патрубке давление у стенок конической части циклона снижается.

Полученные результаты могут быть использованы для обоснованного выбора конструктивных и технологических параметров центробежных пылеуловителей с рециркуляционным контуром при их проектировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство и принцип действия циклонов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studopedia.ru>. Дата доступа: 20.04.2019.
2. Мисюля Д.И., Кузьмин В.В., Мытько Д.Ю. Повышение эффективности очистки газов в циклонах с помощью частичной рециркуляции потока // Нефтехимия-2018: материалы I Международного научно-технического форума по химическим технологиям и по нефтегазопереработке.: в 2-х частях. – Минск: БГТУ, 2018. – Ч. 1. С. 230–231.
3. Renormalization group modeling and turbulence simulations / S.A. Orszag, V. Yakhot, W.S. Flannery, F. Boysan, D. Choudhury, J. Maruzewski, B. Patel // International conference on near-wall turbulent flows, Tempe, Arizona, 1993.