

**Мытько Д.Ю., Мисюля Д.И.,  
Гребенчук П.С.**

(Белорусский государственный технологический университет)

## **ПРОХОДИМОСТЬ ГАЗА В ЦИКЛОНЕ С РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫМ КОНТУРОМ**

На сегодняшний день вопросы, связанные с очисткой газа от пыли очень актуальны. По мнению американских экологов, количество пыли, образующейся в промышленности, будет увеличиваться ежегодно на 4% за счет роста промышленного производства, что приведет к серьезному загрязнению окружающей атмосферы и негативному влиянию на здоровье людей. Таким образом, очистка промышленных выбросов с отходящими газами представляет одну из самых актуальных задач как в санитарном, так и в технологическом и экономическом отношениях [1].

Эффективным методом решения данной проблемы является установка газоочистного оборудования и его модернизация. Ранее [2] рассматривались способы повышения эффективности очистки газа от пыли. За основу данных исследований был взят циклон СЦН-40-300 с рециркуляционным контуром.

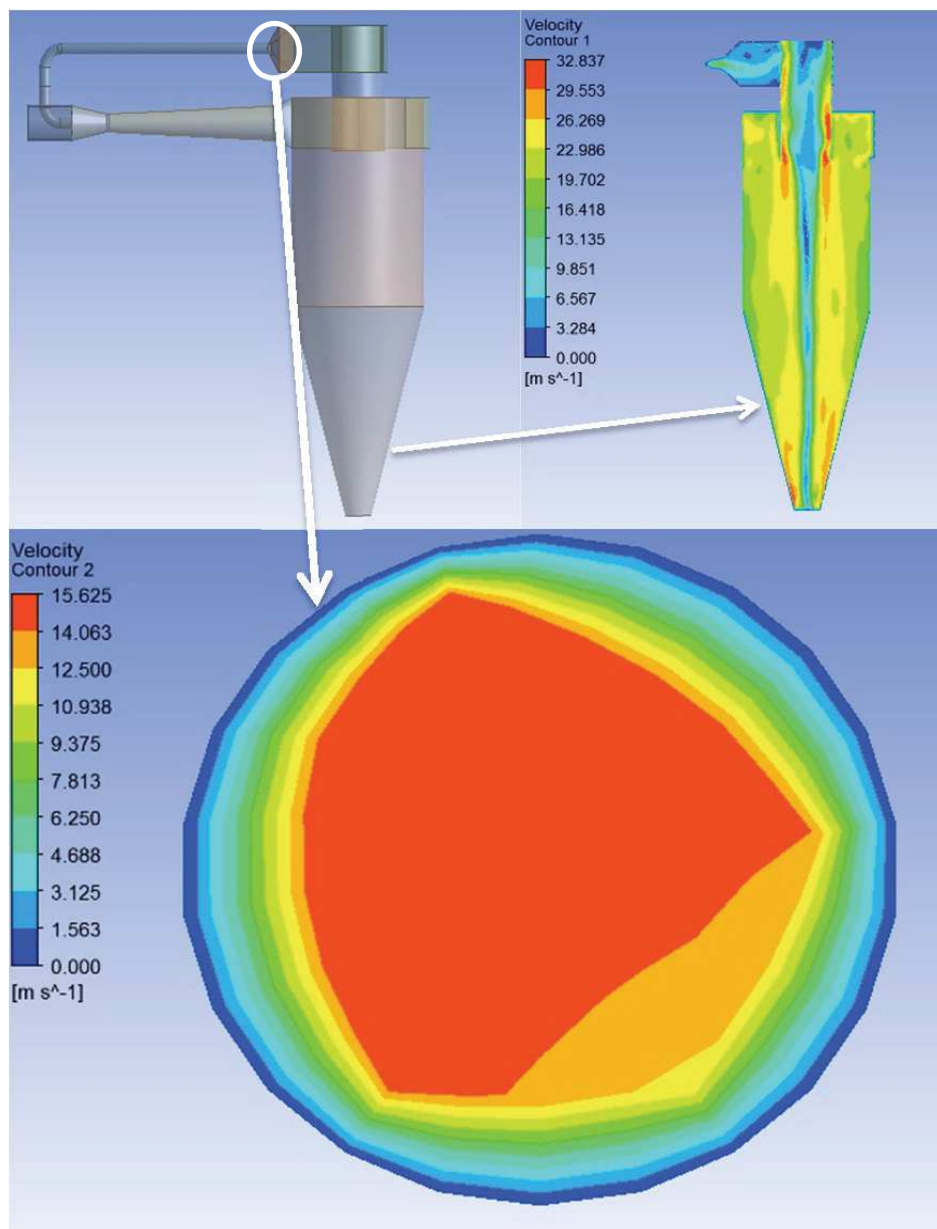
Рециркуляция в циклоне осуществляется следующим образом. Часть очищенного газового потока в выхлопной трубе, с наибольшим содержанием неуловленных мелких частиц поступает в кольцевой зазор между выхлопной трубой циклона и выхлопной трубой улитки, откуда он направляется по рециркуляционной трубе обратно в трубу Вентури и далее на повторное улавливание (рисунок). Для увеличения интенсивности циркуляции служит труба Вентури. Подача мелкой неуловленной фракции частиц обратно в циклон повышает концентрацию частиц в циклоне, вероятность их столкновения и образования агломератов. Это позволит повысить эффективность очистки газа от наиболее трудноотделяемых тонкодисперсных частиц.

Целью исследования было добиться результата проходимости газа через рециркуляционный контур. С помощью программного пакета ANSYS FLUENT смоделирован циклон СЦН-40-300 с рециркуляционным контуром. Для симуляции движения газа в циклоне выбираем следующую модель:

- Reynolds Stress (7 eqn);
- Quadratic Pressure-Strain.

Модель Рейнольдсовых [3] напряжений имеет англоязычную аббревиатуру "RSM" (Reynolds Stress Model) и является одной из самых

сложных моделей турбулентности, представленной в коммерческих пакетах CFD. Эта модель не использует предположение об изотропности турбулентной вязкости, а для замыкания уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу, решает уравнения переноса для Рейнольдсовых напряжений совместно с уравнением для скорости турбулентной диссипации  $\varepsilon$ .



**Рисунок – Результаты моделирования циклона СЦН-40-300 с рециркуляционным контуром**

Так как модель RSM описывает эффекты кривизны [4], закрученности, вращения, резкого изменения напряжений между слоями более строго, чем одно- и двух- параметрические модели турбулентности, то

она имеет большой потенциал для более точного расчета сложных потоков. Однако RSM модель все-таки имеет некоторые упрощения, которые были приняты для составления уравнений переноса Рейнольдсовых напряжений. Использование этой модели турбулентности рекомендуется в случаях, когда анизотропность турбулентного потока оказывает доминирующее влияние на характер турбулентного течения (циклоны, сильно закрученные потоки в камерах сгорания, вращающиеся области, вторичные течения в каналах, вызванные большими нормальными напряжениями и т.д.).

На рисунке представлены результаты моделирования скорости движения газового потока в циклоне и на входе в рециркуляционный контур.

По результатам моделирования можно увидеть, что газ поступает в рециркуляционный контур с максимальной скоростью 15,625 м/с, которая постепенно снижается к стенкам.

Расход циркулирующего газа составил 0,0075 м<sup>3</sup>/с, что составляет 6,69 % от общего расхода газа в циклоне (0,112 м<sup>3</sup>/с). Таким образом, гидравлическое сопротивление аппарата с введением рециркуляционного контура возрастет незначительно. Это же подтверждается предыдущими исследованиями [2].

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что газ вместе с тонкодисперсными частицами поступает в рециркуляционный контур. Таким образом, проходимость газа в рециркуляционном контуре достигнута.

Циклоны с рециркуляционным контуром могут быть использованы в химической, нефтехимической, строительной и других отраслях, где необходимо очищать воздух от пыли с повышенной концентрацией тонкодисперсных частиц.

#### Литература

1. Циклоны [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elib.spbstu.ru>. Дата доступа: 18.04.2019.

2. Д.И. Мисюля, ст. науч. сотрудник, канд. техн. наук, доцент; В.В. Кузьмин, доцент, канд. техн. наук; Д.Ю. Мытько, магистрант (БГТУ, г. Минск) Повышение эффективности очистки газов в циклонах с помощью частичной рециркуляции потока. УДК 621.928.37+621.928.93 Минск, 2018 г. – Мн.: БГТУ, 2018.

3. Daly B.J., Harlow F.H. Transport equations in turbulence // *Physics of Fluids*. – 1970. – Vol. 13. – P. 2634–2649.

4. Lien F.S., Leschziner M.A. Assessment of turbulent transport models including non-linear RNG eddy-viscosity formulation and second-moment closure // *Computers and Fluids*. – 1994. – Vol. 23, № 8. – P. 983–1004.