

УДК 66.074.2

Моделирование аэродинамических процессов в циклоне

*Куроедова В.В., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Юшинов В.А., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Спиридонов В.С., к.т.н, доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана
e9@mx.bmstu.ru*

Введение. Противоточные циклоны являются наиболее распространенными аппаратами газоочистки, широко применяемыми для отделения пыли от газов и воздуха в самых различных отраслях промышленности: в черной и цветной металлургии, химической и нефтяной промышленности, промышленности строительных материалов, энергетике и др.

Благодаря дешевизне, высокой надежности, простоте конструкции и обслуживания, непрерывности работы, высокой производительности, они являются наиболее распространенным типом сухих механических пылеуловителей.

Принцип действия циклона. Работа циклона основана на использовании центробежных сил, возникающих при вращении газового потока внутри корпуса циклона. Это вращение достигается путем спирального, тангенциального или винтового ввода газа в циклон. В результате действия центробежных сил частицы пыли, взвешенные в потоке газа, отбрасываются на стенки корпуса, тормозятся там за счет сил трения и под действием гравитации выпадают из потока в пылесборный бункер. Газ, освобожденный от пыли, продолжая вращаться, движется в осевом направлении вниз к пылесборному бункеру. Там газ разворачивается на 180°, движется в осевом направлении вверх и выходит из циклона через выхлопную трубу. [1]

Обзор исследований аэродинамики циклонных пылеуловителей. Наиболее тщательные измерения в газовых циклонах были проведены Тер-Линденом. Для этих целей он использовал циклон оптимальной конфигурации со спиральным входом.

Диаграммы Тер-Линдена, на которых представлены осевая компонента скорости и полное давление приведены на рис. 1.

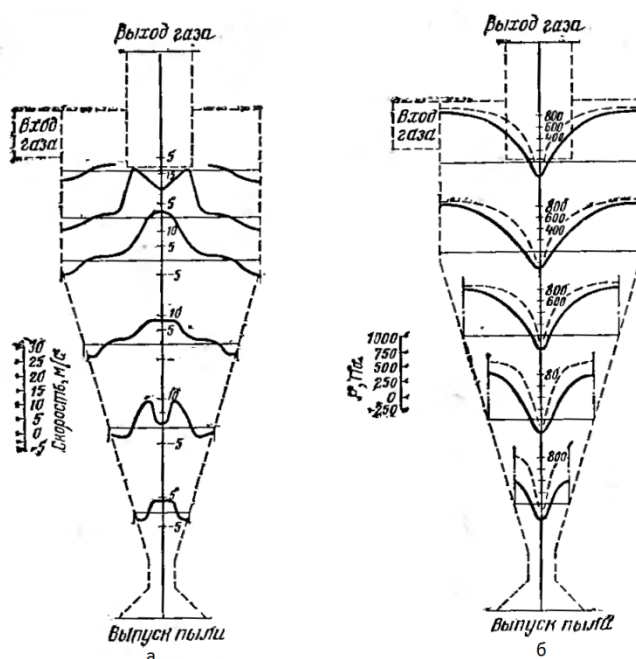


Рис. 1. Изменение вертикальной компоненты скорости и общего давления:
а – вертикальная скорость; б – общее давление

В сечениях циклона в периферийной части потока наблюдается увеличение вертикальной составляющей скорости по радиусу по мере удаления от стенок циклона. Давление падает по радиусу к центру циклона, достигая минимума на оси вращения.

Условия моделирования. Для проверки экспериментальных данных, полученных Тер-Линденом, нами был использован современный метод вычисления в STAR CCM+. Было произведено твердотельное моделирование циклона оптимальных геометрических соотношений. С целью упрощения расчетной задачи и в связи с незначительным влиянием способа закручивания потока на результат исследования был смоделирован циклон с тангенциальным вводом газа. Для получения более достоверных результатов конический циклон был снизу дополнен пылесборным бункером. Далее была сгенерирована многогранная сетка с базовым размером 0.01 м и двумя призматическими слоями. Полученная сеточная объемная модель циклона представлена на рис. 2. Красным цветом выделен вход газового потока, зеленым цветом – выход.

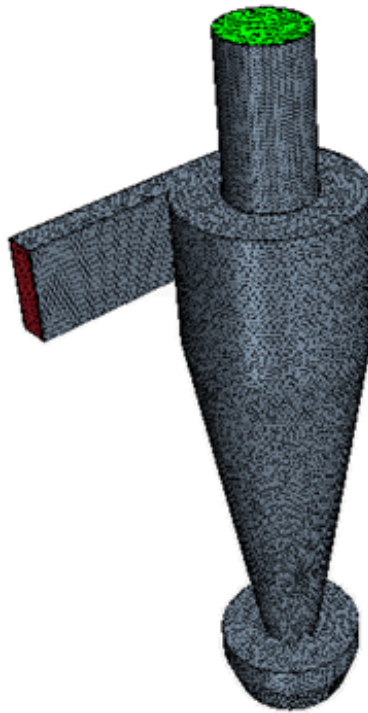


Рис. 2. Сеточная объемная модель циклона

Далее был произведен выбор физической модели. В данной работе, с целью сокращения расчетного времени, была использована модель турбулентности k-omega. В группе материалов выбран газ с плотностью 1.18415 кг/м^3 и динамической вязкостью $1.85508 \times 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$, что соответствует параметрам воздуха при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 101325 Па . Скорость на входе W рассчитывается, исходя из скорости в сечении цилиндрической части циклона, оптимальное значение которой равно $3,5 \text{ м/с}$. Площадь сечения цилиндрической части равна:

$$F = \pi R^2 = \pi \times 0,15^2 = 0,071 \text{ м}^2,$$

где R – радиус цилиндрической части.

Расход газа в циклоне:

$$Q = F \times W = 0,071 \times 3,5 = 0,247 \text{ м}^3/\text{с}$$

Скорость газа во входном патрубке:

$$W_{\text{вх}} = \frac{Q}{a \times b} = \frac{0,247}{0,05 \times 0,15} = 32,987 \text{ м/с},$$

где a и b соответственно ширина и высота входного патрубка.

Результаты. В результате расчета получены изменение вертикальной компоненты скорости по периферии циклона и изменение полного давления. Изменение осевой скорости представлено в линиях тока на рис. 3 и в сечении вихря циклона на рис. 4.

Изменение полного давления в сечении вихря циклона представлено на рис. 5. Объемное распределение давления в сечении цилиндрической части представлено на рис. 6.

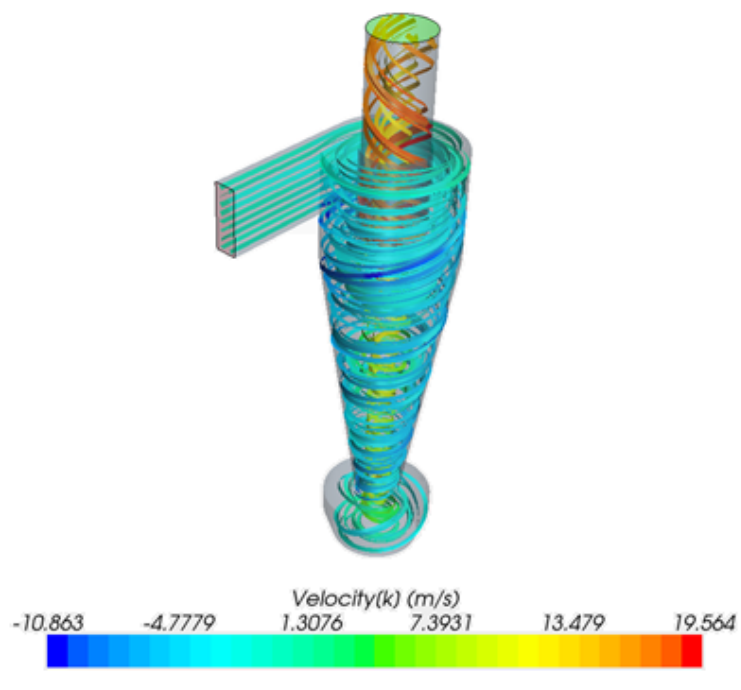


Рис. 3. Линии тока вертикальной компоненты скорости

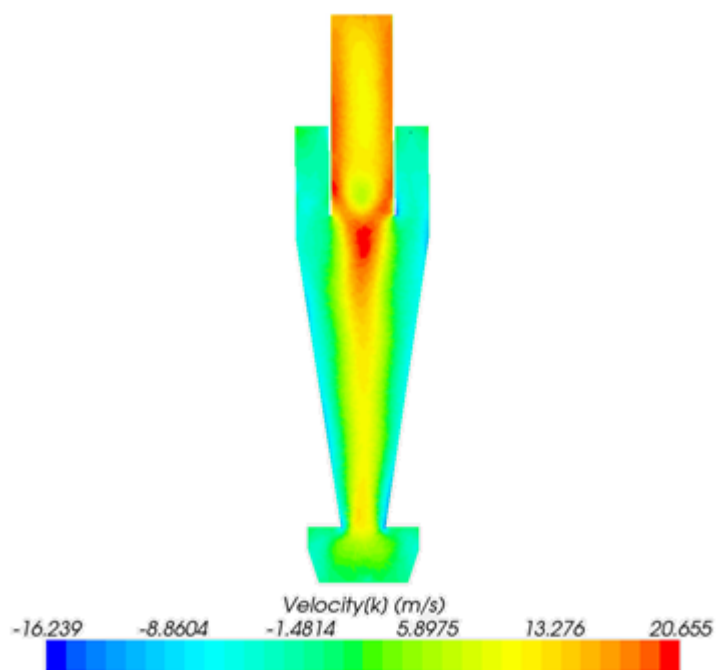


Рис. 4. Вертикальная компонента скорости в сечении вихря циклона

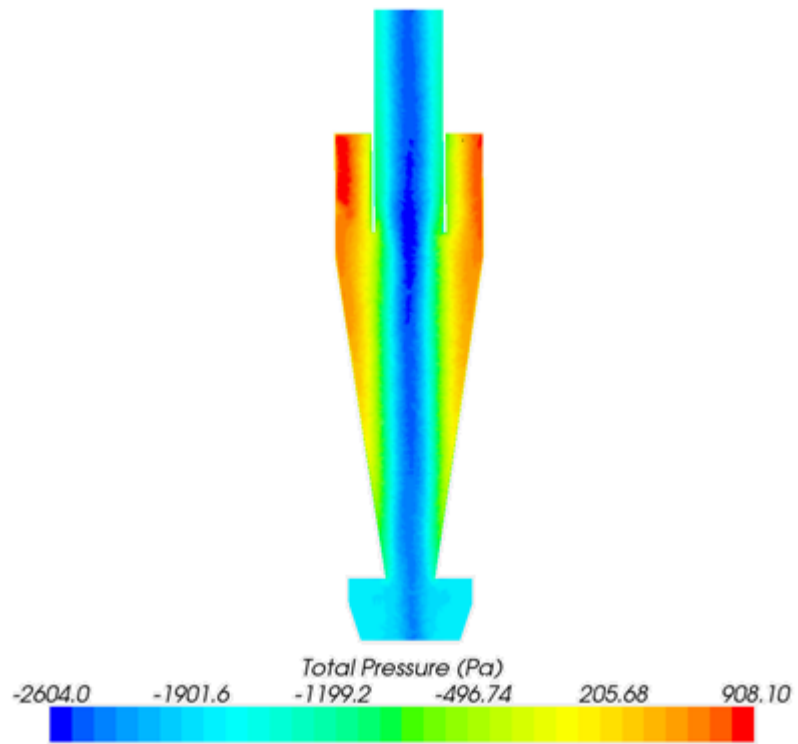


Рис. 5. Полное давление газа в сечении вихря циклона

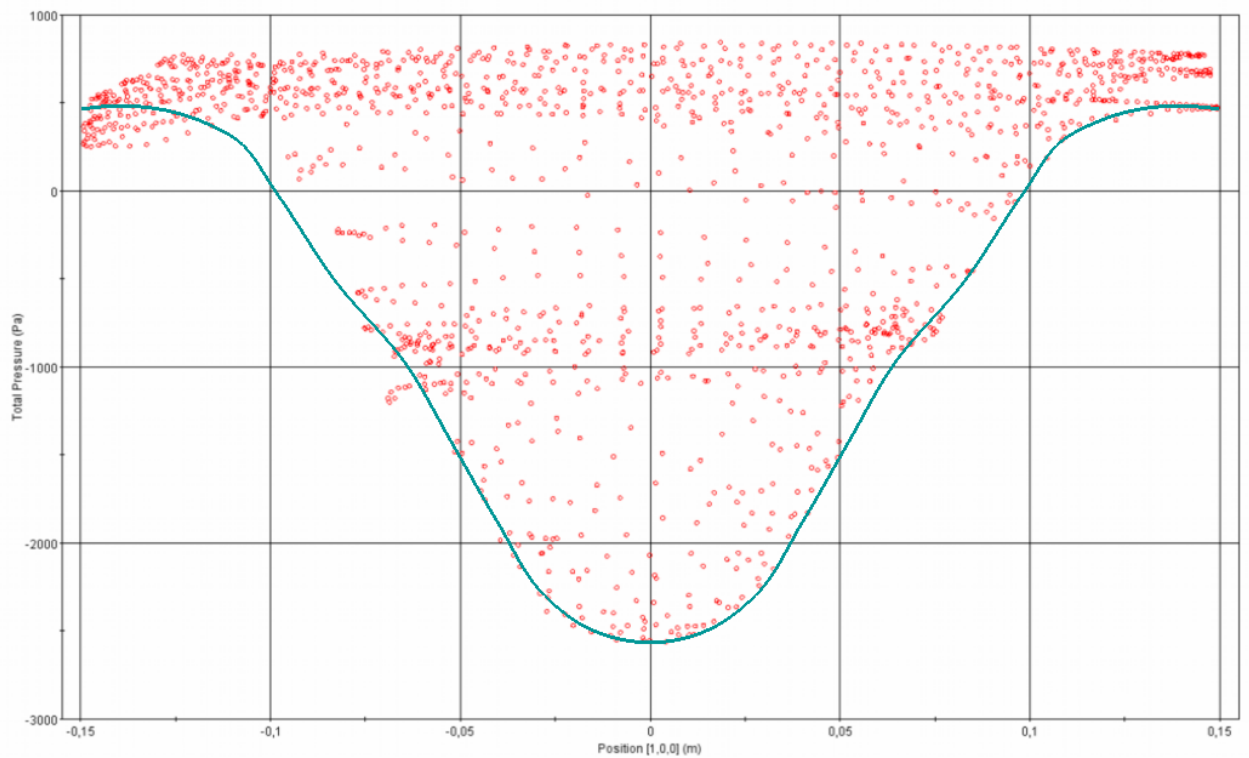


Рис. 6. Объемное распределение полного давления в сечении цилиндрической части

Заключение. В данной работе были исследованы аэродинамические характеристики противоточного циклона. Наблюдается удовлетворительное согласование полученных результатов с измерениями Тер-Линдена. Возможности программы STAR CCM+ позволяют достаточно быстро и точно произвести анализ протекающих в циклоне аэродинамических процессов, что существенно сокращает объем испытаний.

Список литературы

1. Старк С.Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии. М.: Металлургия, 1977. 328 с.
2. Страус В. Промышленная очистка газов. М.: Химия, 1981. 616 с.
3. Потёмкина А.В., Лукаш Е.С. Теоретические и экспериментальные исследования влияния глубины погружения выхлопного патрубка на аэродинамические свойства и эффективность циклонных аппаратов // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2010. Т. 10. № 4 (47). С. 526-533.