УДК 621.928.37

В. И. Петров, И. Ф. Фатихов, А. Г. Сизов,
А. С. Никитин

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦИКЛОННЫХ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ

Ключевые слова: циклон, эффективность, противоточный циклон, прямоточный циклон, вихревой пылеуловитель.

В статье представлен аналитический обзор существующих конструкций циклонных пылеуловителей, перечислены их основные достоинства по сравнению с другими аппаратами аналогичного назначения. Приведена классификация циклонных пылеуловителей, описаны конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения возвратно-поточных циклонов, прямоточных циклонов и вихревых пылеуловителей. Проанализированы факторы, влияющие на эффективность работы циклонных аппаратов. Предложена усовершенствованная конструкция вихревого пылеуловителя.

Keywords: cyclone, efficiency, countercurrent cyclone, continuous-flow cyclone, vortex dust collector.

The article presented an analytical review of existing designs of cyclone dust collectors, lists their main advantages compared to other vehicles of similar purpose. Classification of cyclone dust collectors, design features, advantages and disadvantages, application of back-and-flow cyclone, flow cyclone and whirl dust collectors are described. The factors influencing the efficiency of the cyclone apparatuses are analyzed. Modified design of the vortex dust collector is proposed.

Проблема защиты окружающей среды от выбросов загрязненного газа чрезвычайна актуальна. По данным ООН, ежегодно в атмосферу выбрасывается 2,5 млн. тонн пыли. По прогнозам министерства природных ресурсов РФ с 2030г. первенство в топливно-энергетическом балансе в России займут уголь и атомная энергетика, что потребует конструктивного и технологического совершенствования пылеочистного оборудования [1].

Широкое распространение циклонных пылеуловителей на производстве обусловлено следующими достоинствами [2]:

1) простота конструкции и сравнительно небольшая стоимость;

2) возможность функционирования в условиях высоких температур и давлений без каких-либо принципиальных изменений в конструкциях;

3) возможность улавливания и классификации абразивных включений при защите внутренних поверхностей циклонов специальными покрытиями;

4) высокая производительность и сохранение требуемого уровня фракционной эффективности очистки с ростом массовой концентрации твердой фазы;

5) возможность сухого осаждения продукта.

При всем многообразии конструктивного исполнения циклонные пылеуловители можно разделить на следующие группы:

1) возвратно-поточные (противоточные) циклоны;

2) прямоточные циклоны;

3) вихревые пылеуловители (ВПУ) или пылеуловители со встречными закрученными потоками (ВЗП).

Самыми распространенными сухими механическими пылеуловителями являются *возвратно-поточные циклоны* [3].

Основными параметрами, характеризующими работу циклона, являются эффективность очистки и гидравлическое сопротивление, которые зависят от конструктивных особенностей аппарата и скорости движения газового потока.

По конструкции ввода запыленного потока циклоны подразделяются на следующие типы [4]:

1) с простым тангенциальным вводом газа;

2) с тангенциальным вводом газа с винтовой верхней частью;

3) с простым спиральным вводом газа;

4) со спиральным вводом газа с винтовой верхней частью;

5) с осесимметричным вводом по направляющим лопаткам.

Для пылеочистки используют как цилиндрические, так и конические циклоны. Цилиндрические циклоны НИИОГАЗ: ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24 предназначены для сухой очистки газов, выделяющихся при технологических процессах.

Конические циклоны НИИОГАЗ: СДК-ЦН-33, СК-ЦН-22 предназначены для улавливания твердых частиц из технологических газов после реакторов и вспомогательных систем.

Сравнительные испытания циклонов различного типа, выполненные в НИИОГАЗ и его филиале представлены на (рис. 1) [5].

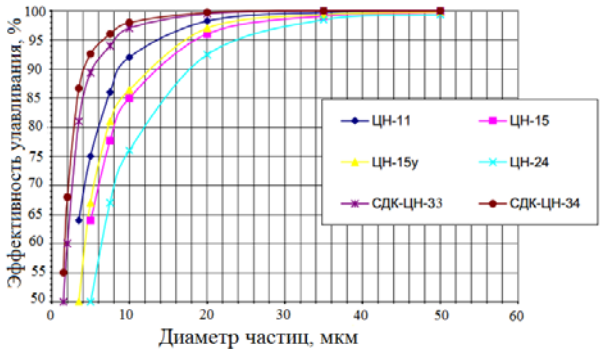

Рис. 1 – Эффективность циклонов ЦН различных марок

Попытки снизить гидравлическое сопротивление циклонных пылеуловителей при

одновременном уменьшении габаритов и получении целого ряда других преимуществ привели к разработке *прямоточных циклонов* (рис. 2).

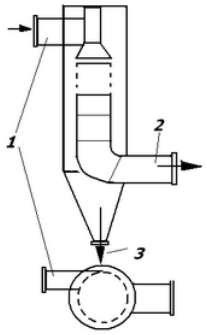

Рис. 2 – Прямоточный циклон: 1 - тангенциальный вход запыленного газа; 2 - выход очищенного газа; 3 - выгрузка уловленной пыли

Циклоны ЦКТИ предназначены для предварительной очистки дымовых газов перед электрофильтрами в системах золоулавливания, а также в качестве первой ступени очистки в любых отраслях, где имеет место высокая начальная запыленность. В тоже время прямоточные циклоны существенно уступают возвратно-поточным по следующим причинам:

1) значительно меньшая проработанность технических характеристик;

2) недостаточное количество данных по промышленному применению;

3) отсутствие или труднодоступность необходимой технической документацией для их включения в проекты и для изготовления.

Вихревые пылеуловители (ВПУ) были разработаны значительно позже циклонов. За прошедшее время создан целый ряд конструкций ВПУ (рис.3).

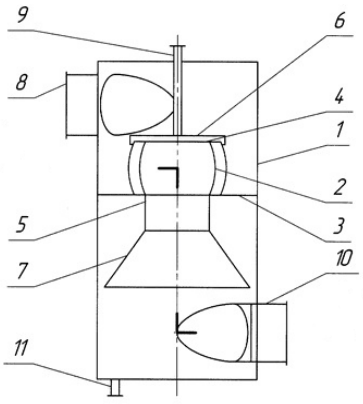

Рис. 3 – Вихревой пылеуловитель: 1 - корпус; 2 - пластина; 3, 4 - тарелки; 5 - сепаратор; 6 - ороситель; 7 - диффузор; 8, 10 - патрубки подвода и отвода газа; 9, 11 - патрубки подвода и отвода жидкости

Вихревые пылеуловители ВЗП и ВЗП-М предназначены для проведения тепломассообменных процессов в различных отраслях промышленности [6-8].

К основным преимуществам ВПУ перед циклонами следует отнести:

1) более интенсивную сепарацию частиц по высоте аппарата;

2) более эффективное улавливание тонкодисперсной пыли (менее 5 мкм);

3) широкий диапазон нагрузок по газу и дисперсной фазе;

4) меньшую энергоемкость;

5) многосопловой ввод газового потока.

С целью минимизации энергозатрат и повышения эффективности улавливания твердых частиц при циклонной очистке газов на кафедре «Оборудования химических заводов» КНИТУ разработаны вихревые пылеуловители (рис. 3) [9,10]. Данные аппараты могут быть использованы для сухой и мокрой пылеочистки. Особенностью этих пылеуловителей является то, что они работают при нисходящем движение газового потока.

Нами проведены исследования гидравлического сопротивления вихревого пылеуловителя при различных расходах жидкой фазы (рис.4).

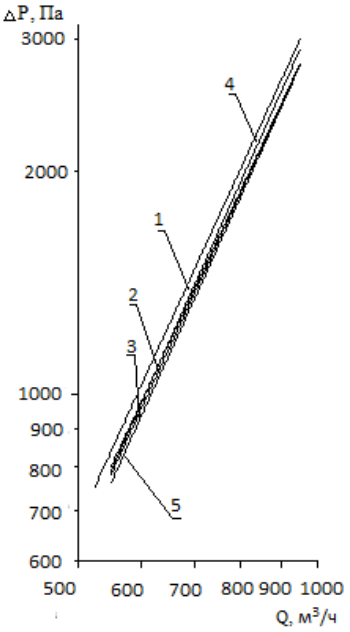

Рис. 4 – Зависимость гидравлического сопротивления вихревого аппарата пылеочистки от изменения расхода газа: 1 - L = 0 м^3/ч; 2 - L = 0,36 м^3/ч; 3 - L = 0,72 м^3/ч; 4 - L = 1,22 м^3/ч; 5- L = 1,44 м^3/ч

Исследования показали, что гидравлическое сопротивление орошаемого вихревого аппарата меньше, чем гидравлическое сопротивление сухого. Разработанные вихревые аппараты, предпочтительно использовать при очистке больших расходов газового потока.

Выводы

Проанализировав существующие конструкции циклонных пылеуловителей, можно сделать следующие выводы:

1) Постоянное совершенствование циклон-

ных пылеуловителей привело к созданию весьма широкого ряда конструкций аппаратов (возвратно-поточные циклоны, прямоточные циклоны и вихревые пылеуловители).

2) Прямоточные циклоны рационально использовать при пониженных требованиях к эффективности очистки газов, для улавливания крупнодисперсной пыли и минимизации энергетических затрат на проведение процесса.

3) Вихревые пылеуловители имеют наиболее высокую эффективность улавливания тонкодисперсной пыли, однако они более сложны конструктивно. Их применение оправданно при улавливании пыли с большим содержанием мелкой фракции. Современные вихревые циклоны позволяют достаточно эффективно улавливать пыль с размером частиц 10 мкм и менее.

Литература

1. *Асламова, В. С.* Прямоточные циклоны. Теория, расчет, практика / В. С. Асламова. - Ангарск: Ангарская гос. техн. акад., 2008. - 233 с.
2. *Карпов, С. В.* Высокоэффективные циклонные устройства для очистки и теплового использования газовых выбросов / С. В. Карпов, Э. Н. Сабуров; под ред. Э. Н. Сабурова. - Архангельск: Изд-во Архангельского гос. техн. ун-та, 2002. - 504 с.
3. *Васильченко, Н. М.* Газоочистное оборудование: каталог / сост.: Н. М. Васильченко [и др.]. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1988. - 120 с.
4. *Коузов, П. А.* Очистка газов и воздуха от пыли в химической промышленности / П. А. Коузов, А. Д. Мальгин, Г. М. Скрябин. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Химия, 1993. - 320 с.
5. *Ватин, Н. И.* Очистка воздуха при помощи аппаратов типа циклон / Н. И. Ватин, К. И. Стрелец. – СПб.: Химия, 2003. - С. 19-22
6. *Мисюля, Д. И.* Сравнительный анализ технических характеристик циклонных пылеуловителей / Д. И. Мисюля, В. В. Кузьмин, В. А. Марков // Труды БГТУ. - 2012. - № 3: Химия и технология неорган. в-в. - С. 154-162.
7. *Петров В.И.* Оптимизация конструкции и режимов работы вихревых контактных устройств. Часть 1. ВКУ с цилиндрическим контактным патрубком // Вестник Казанского национального технологического университета. -2010. - № 12.-С.452-459.
8. *Петров В.И.* Оптимизация конструкции и режимов работы вихревых контактных устройств. Часть 2. ВКУ со сферическим контактным патрубком // Вестник Казанского национального технологического университета. -2010. - № 12.-С.459-464.
9. Пат. 2314146 Российская Федерация, МПК B01D 53/18, B01D47/06. Вихревой пылеуловитель/Шарипов А.Ш., Хамидуллин Р.Н.; заявитель и патентообладатель Шарипов А.Ш., Хамидуллин Р.Н. - № 2006101947/15; заявл. 16.01.2006; опубл. 10.08.2007.
10. Пат. 2232625 Российская Федерация, МПК B01D47/00, B01C3/00. Вихревой аппарат для проведения физико-химических процессов с нисходящим потоком фаз/Хамидуллин Р.Н., Останин Л.М., Махоткин И.А., Махоткин А.Ф.; заявитель и патентообладатель Казанский государственный технологический университет. - № 2003120604/15**;** заявл. 07.07.2003; опубл. 20.07.2004. Бюл. № 20.

© В. И. Петров – д.т.н., проф. каф. оборудования химических заводов КНИТУ; **И. Ф. Фатихов** – магистрант той же кафедры, Fatikh2105@yandex.ru; **А. С. Никитин** – асп. той же кафедры.