

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИКЛОНА С ОБРАТНЫМ КОНУСОМ И РЕГУЛИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Булыгин Ю.И., проф., д.т.н.; Панченко О.С., асп.; Романов В.А., асп.**  
*(Донской Государственный Технический Университет, г. Ростов-на-Дону, Россия)*

В настоящее время на металлообрабатывающих и деревообрабатывающих предприятиях России циклоны являются основным оборудованием для отделения воздуха от металлической пыли и древесных частиц в аспирационных и пневмотранспортных системах. Применяются они как индивидуально в виде навесного оборудования на станках, так и с системами пневмотранспорта, выполняя преимущественно технологические функции разгрузки и устройств для предварительной очистки воздуха [1].

Эффективность газоочистки в циклонах, как правило, не высока и не превышает 97%, поэтому весьма актуальными являются исследования, направленные на поиск методов и способов повышения эффективности пылеулавливания первой ступени очистки. При повышении степени предварительной очистки становится более эффективной работа тканевых фильтров, осуществляющих окончательную доочистку газов [2].

Постановка задачи. Повышение эффективности процесса пылеулавливания отходящих газов рассматриваемых технологических процессов, за счёт создания нового конструктивного решения циклонного аппарата, в котором предусмотрена возможность регулирования его конструктивных параметров в зависимости от свойств и характеристик пылевоздушной среды.

На кафедре «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета в течение последних лет ведется НИР по исследованию аэродинамических характеристик и эффективности пылеулавливания циклонных аппаратов различной формы.

Одним из предлагаемых технических решений является циклонный аппарат, выполненный в виде обратногоконуса без цилиндрической части. Для решения поставленной задачи была собрана экспериментальная установка «Циклон», на которой проводились испытания циклонных аппаратов разной формы: цилиндрического и конического. Для определения влияния формы циклона на эффективность процессов осаждения в исследуемых циклонных аппаратах были проведены следующие опыты. На вход циклонных аппаратов подавалась смесь воздуха с материалами различной грануляции – электрокорунд, древесные опилки. Размеры фракций определялись с помощью ситового анализа. В результате материал был разделён на фракции, в каждой из которых частицы незначительно различаются размерами. Были определены значения расхода и скорости подаваемого воздуха в циклон  $Q = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $V = 15 \text{ м/с}$ ) при входных концентрациях древесной пыли  $9,45 \text{ г/м}^3$ , электрокорунда  $37,79 \text{ г/м}^3$ , когда не происходит выброс сыпучего материала из выхлопного патрубка. Далее измерялась масса опилок в бункере и рассчитывался коэффициент пылеочистки. Результаты экспериментальных исследований показали, что коэффициент пылеочистки у конического циклона выше, чем у цилиндрического как для древесной пыли, так и для электрокорунда. Эффективность пылеулавливания коническим циклоном оказалась более чем на 10-15% выше, чем цилиндрического аппарата. Были проведены исследования глубины погружения патрубка на эффективность пылеулавливания в диапазоне частиц от 40 до 315 мкм (Рис. 1-2).

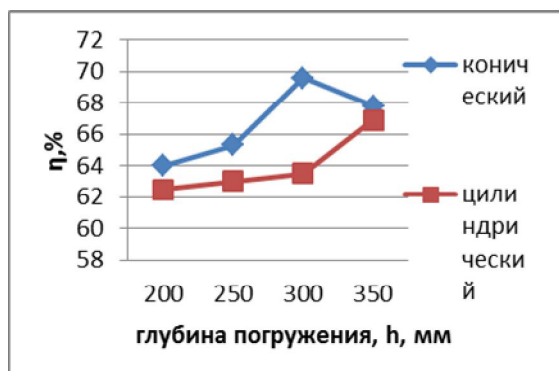


Рисунок.1 - Эффективность пылеулавливания древесной пыли коническим и цилиндрическим циклонами в зависимости от глубины погружения выхлопного патрубка при  $d=40$  мкм

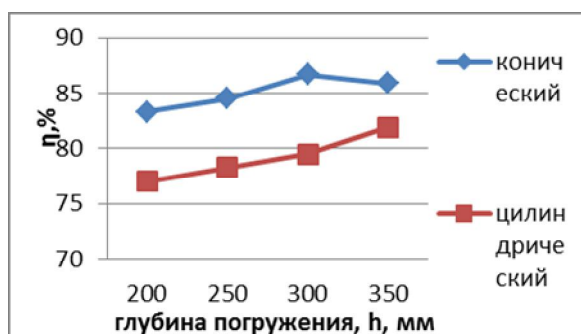


Рисунок 2 - Эффективность пылеулавливания электрокорунда коническим и цилиндрическим циклонами в зависимости от глубины погружения выхлопного патрубка при  $d=63$  мкм

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

С увеличением глубины погружения выхлопного патрубка, при одних и тех же значениях скоростей, значения изменения сопротивления циклона у конического аппарата больше чем у цилиндрического, наиболее четко данный эффект просматривается при скоростях 15-20 м/с. Причем при глубине погружения выходного патрубка  $h=300$  мм сопротивление конического циклонного аппарата принимает свои максимальные значения, что может говорить о наибольшей эффективности конического циклонного аппарата данной конструкции при глубине погружения выхлопного патрубка на глубину  $h=300$  мм.

Цилиндрический циклон обладает максимальным сопротивлением при глубине погружения выхлопного патрубка на  $h=350$  мм, что может говорить о наибольшей эффективности цилиндрического циклонного аппарата данной конструкции при глубине погружения выхлопного патрубка на глубину  $h=350$  мм.

Бункер участвует в аэродинамике циклонного процесса, поэтому использование циклонов без бункера или с уменьшенным по сравнению с рекомендуемыми размерами бункером снижает к.п.д. аппаратов. Существенное влияние на циклонный процесс оказывает турбулентность, которая во многом определяет степень очистки. Поток, поступающий в выхлопную трубу, продолжает интенсивно вращаться. Затухание этого вращательного движения, связанное с невозполнимыми потерями энергии, происходит сравнительно медленно. Влияние аэродинамических процессов, происходящих в бункере циклона, на степень очистки подтверждается результатами испытания двух циклонов, присоединенных к общему бункеру [5].

Своеобразный смерч, образующийся в циклоне, пятой опирается о дно пылесборного бункера. При этом в центре смерча винтообразное движение пылегазового потока направлено вверх. Нарушение вращательного движения потока в бункере (в результате уменьшения его высоты или объема и др.) приводит к заметному снижению степени

очистки. В частности, поэтому эффективность группового циклона с общим бункером несколько ниже, чем одиночного аппарата.

Бункер играет не маловажную роль в процессах пылеосаждения в циклонных аппаратах, поэтому одной из целей проекта является исследование влияния объема бункера на эффективность пылеулавливания и аэродинамические характеристики циклонных аппаратов. Исследования производились как для аэродинамических характеристик, так и для эффективности улавливания древесной пыли (Рис. 3) и электрокорунда (Рис.4) в диапазоне частиц 40-315 мкм при расходе 27 м<sup>3</sup>/ч. Эффективность пылеочистки выше у конического и цилиндрического циклонов при объеме бункера 30 л.

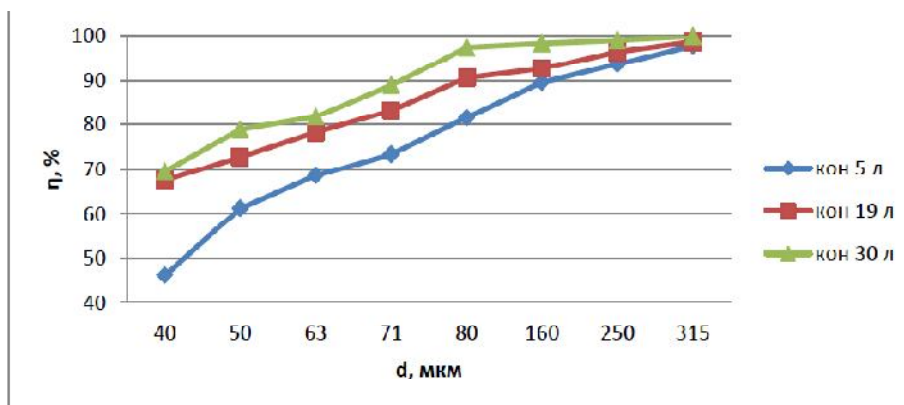


Рисунок 3 - Сравнение эффективности пылеулавливания древесной пыли с бункерами разного объема коническим циклоном

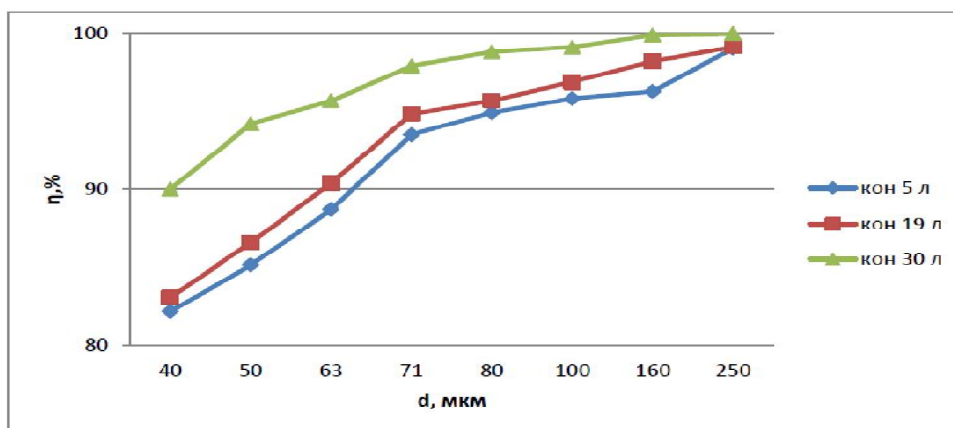


Рисунок 4 - Сравнение эффективности пылеулавливания электрокорунда с бункерами разного объема коническим циклоном

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующий вывод: характеристики циклонов зависят не только от их конструктивных особенностей и величины расхода пылевоздушного потока, но и от объема и конструкции пылесборного бункера, можно предположить, чем больше объем бункера, тем эффективность пылеулавливания лучше.

Экспериментальные исследования выявили ряд параметров циклонного аппарата, которые, в зависимости от вида и свойств пылевоздушной среды, необходимо существенно изменить в конструктивном отношении.

На основе изученных аналогов предложен пылеулавливатель с обратным конусом, представленный на рис.5. Пылеулавливатель обладает существенными достоинствами по сравнению с циклоном, имеющим цилиндрический корпус и пылесборник для удаления улавливаемой пыли. К ним относятся более высокая эффективность предварительной очистки воздуха от пыли металлообрабатывающих и деревообрабатывающих производств.

Преимущества достигаются за счет ряда конструктивных решений: циклон выполнен в виде обратного конуса, соединённого с прямым усеченным конусом по их основаниям, входной патрубок размещён в верхней части боковой поверхности обратного усечённого конуса, верхний вертикальный выхлопной патрубок, выполнен с возможностью вертикального перемещения, нижний прямой усеченный конус соединен с патрубком, погруженным через конус внутрь пылесборника, разделенного перегородкой на верхний и нижний отсеки. Ряд параметров, при этом, уточнены в процессе эксперимента, например, соотношение объёмов циклона и рабочей зоны пылесборника выбраны в пределах 1,0...1,8.

Новая конструкция циклона потребовала инновационных решений. К ним относятся снабжение обратного усечённого конуса циклона пневмоцилиндрами, соединенным с ними нагнетательным устройством, блоком управления и источником питания. Для оперативного определения и контроля режимов пылеулавливания на внешней стороне верхнего вертикального выхлопного патрубка предусмотрена индикаторная шкала с делениями. От циклона требуется высокая эффективность пылеулавливания. Под этим требованием понимается, в том числе, высокая скорость осаждения частиц пыли, что возможно при размещении входного патрубка на конической боковой поверхности, то есть под углом к корпусу циклона. Данное техническое решение позволяет усилить спиралеобразное движение входящего воздуха и, тем самым, приводит к увеличению скорости осаждения частиц пыли.

Техническая реализация идеи оказания влияния на вынос пыли вторичных вихревых потоков, образующихся за счет аэродинамических процессов внутри циклонного аппарата, может быть осуществлена выполнением выхлопного патрубка с возможностью вертикального перемещения с изменением глубины погружения патрубка в зависимости от плотности пыли. Экспериментально подтвердилось, что с увеличением глубины погружения выхлопной трубы наблюдается повышение эффективности, связанное с уменьшением выноса вторичным течением пыли, не успевшей при меньшем погружении за короткое время формирования вращающегося потока перейти из слоев воздуха, опускающихся вдоль выхлопной трубы, в более удаленные слои. При дальнейшем погружении эффективность вновь падает. Экспериментально определено, что оптимальная глубина погружения не должна превышать 0,2...0,6 высоты рабочей части циклона. Кроме того, соединение прямого конуса циклона с обратным конусом бункера выполнено за счёт патрубка. Это имеет существенное значение для снижения турбулентности на входе в пылеприёмник и обеспечения равномерного осаждения пыли на горизонтальную поверхность. Сужение перехода между циклоном и бункером целесообразно для уменьшения обратного выноса пылевидных частиц в тело циклона.

Конструктивной особенностью аппарата является также то, что соотношение объёмов циклона и рабочей зоны пылесборника выбирается в оптимальных пределах, определенных для разной пыли. Соотношения объёмов циклона и рабочей зоны пылесборника оказывают влияние на динамическое поведение своеобразного смерча, образующегося в циклоне. Смерч продолжает своё движение в пылесборнике и имеет в центре винтообразное движение пылегазового потока направленное вверх. Изменение соотношения этих объёмов приводит к увеличению этого движения вверх и тем самым, к снижению степени очистки. Следует заметить, что конструкция пылесборника предусматривает выполнение условия поддержания его объема в заданных пределах. Пыль прежде, чем попасть в нижний отсек пылесборника, двигаясь спиралеобразно, оседает на поверхности, например, самооткрывающейся перегородки в верхнем отсеке пылесборника. Пыль равномерным слоем опускается на полукруглые люки, например, из сотового углепластика и уравнивающие их полукруглые стальные противовесы. При этом на небольшие поверхности противовесов действует значительно меньший вес пыли.

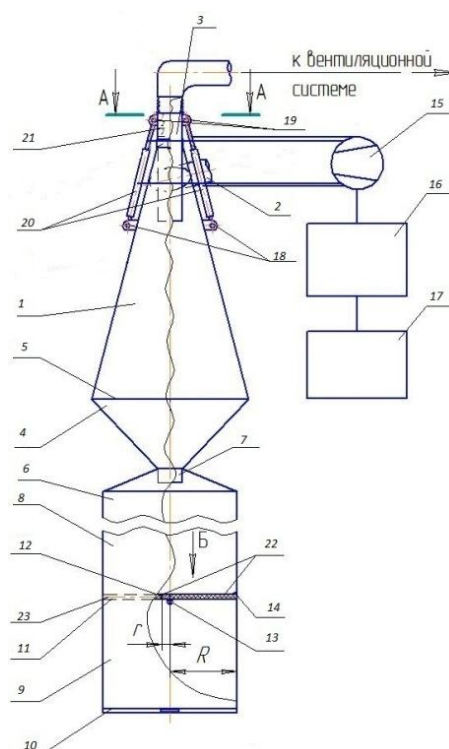


Рисунок 5 - Пылеулавливатель: 1- верхний конус циклона, 2-входной патрубков, 3- выхлопной патрубков, 4-нижний конус циклона, 5 - основания конусов, 6 - пылесборник, 7 - патрубков, 8 - верхний отсек пылесборника, 9 - нижний отсек пылесборника, 10 – задвижка, 11– перегородка, 12 – полукруглые люки, 13 - противовесы, 14 – ось, относительно которой вращается перегородка, 15-нагнетательное устройство, 16- блок управления, 17- источник питания, 18 - кольцевой упор, 19 - проушины, 20 - основания пневмоцилиндров, 21 - выдвижные штоки пневмоцилиндров, 22 – шкала с делениями, 23 – кольцевой упор.

Конструктивно противовес выполняется массой, позволяющей в пустом пылесборнике поддерживать равновесие самооткрывающейся перегородки. При достижении высоты допустимого слоя пыли в верхнем отсеке пылесборника, полукруглые люки поворачиваются за счет действия веса пыли относительно продольной оси циклона. Пыль сбрасывается в нижний отсек пылесборника и полукруглые люки возвращаются в исходное положение, обеспечивая заданный объем пылесборника и эффективную очистку воздуха.

#### Перечень ссылок

1. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов электрофильтрами. М.: Химия, 1967; Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. М.: Стройиздат, 1974
2. Лазарев В. А. Циклоны и вихревые пылеуловители: Справочник. — Нижний Новгород: «Фирма ОЗОН-НН», 2006. — 320 с.
3. Лазарев В. А. Применение циклонов в составе рециркуляционных аспирационных систем деревообрабатывающих производств // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад, 2005. № 2. С. 34 — 39
4. Ter Linden A., Investigation into cyclone Dust Collectors. Proc. Inst. Mech. Eng., 1949. pp160-233.
5. Christian Fredriksson Exploratory Experimental and Theoretical Studies of Cyclone Gasification of Wood Powder. Doctoral thesis. Lulea University of technology. Sweden. 1999.