

*д. т. н., проф. Батлук В.А.
(НУ «Львовская политехника»,
г. Львов, Украина)
аспирант Проскурина И.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

РЕШЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОБЛЕМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

У даній статті зроблена спроба розробки математичної моделі процесу пилловловлювання в механічних полях та досліджена кінетика процесу, на підставі якого запропоновані конструкції апаратів «сухого» пилоочищення, «ноу – хау» яких – наявність другого ступеню очищення у вигляді жалюзійного відокремлювача.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Решение актуальной научной проблемы: обеспечение высокоэффективного улавливания полидисперсной пыли, которая образуется при выдаче кокса из камер коксовых батарей, путем создания принципиально новых конструкций аппаратов для очистки воздуха от пыли, с целью уменьшения вредных выбросов и негативного влияния на здоровье человека представляют сегодня первостепенную задачу. Анализ известных методов очистки воздуха от пыли доказал, что несмотря на большое количество конструктивных решений в этом направлении, в данное время не существует аппаратов, которые могли бы обеспечить высокоэффективное улавливание полидисперсной пыли, даже при значительном усложнении схем пылеочистки.

Анализ исследований и публикаций.

В настоящее время при выгрузке раскаленной коксовой массы из камер коксовых батарей используются стационарные системы пылеотсоса. Такая система состоит из центрального коллектора (труба диаметром не менее 1,5 метра), проложенного вдоль батарей, в верхней ее части вентилятора производительностью $Q \geq 120 \text{ тыс } \text{ м}^3 / \text{ ч}$ с высоковольтным двигателем ($V = 6 \text{ кВт}$ и $N \geq 500 \text{ кВт}$) и скруббера. От коллектора против каждой камеры отходят по два воздуходува прямоугольного сечения с закрывающимися шторами.

При разгрузке камеры против нее фиксируется двересъемная машина с экранированным зонтом, который оснащен также двумя патрубками такого же сечения, как и у патрубков коллектора. Патрубки стыкуются, двери коксовой камеры открываются с противоположных сторон, и коксовыталкиватель начинает выгружать кокс через корзину двересъемной машины в тушильный вагон.

Пылеобразование начинается в момент выгрузки за счет разрушения коксовой массы, падающей с высоты до 7 м, и контакта выгружаемой массы с воздухом (в результате чего происходит сгорание кокса и образование золы).

Предполагалось, что пыль и зола вместе с сопутствующими газами попадает под зонт и отсасывается через патрубки в коллектор, далее эта пылегазовая смесь проходит через скруббер, где пыль улавливается и газы частично нейтрализуются.

Такая система имеет низкую эффективность пылеулавливания, высокие энерго и материальные затраты (непрерывный режим работы, высоковольтное оборудование, расход металла на коллектор, скруббер, поддерживающие колонны).

Исследуемое устройство представляет собой каминобразный зонт, смонтированный на двересъемной машине. На боковых его поверхностях размещены два центробежных пылеуловителя, емкость для воды $V = 3 м^3$, два центробежных вентилятора с электродвигателями по $2 кВт$, насос с электродвигателем $3 кВт$ и форсунки в количестве 3 штук в верхней части. Каминобразный зонт имеет округлую форму и разделен на центральную часть (грузовой канал) и два боковых аэродинамических канала.

Пылегазовая смесь, вытесняемая из тушильного вагона, за счет кондиционной силы, депрессии вентиляторов и эффекта эжекции выгружаемой массы, втягивается внутрь зонта и проходя через аэродинамические каналы, попадает в центробежные пылеуловители (первая ступень – сухая), где осаждаются наиболее крупная ($> 10^{-5} м$) фракция, после чего попадает через центробежные вентиляторы в верхний диффузор (вторая ступень – мокрая) где подвергается тонкой мокрой очистке (пылевая фракция $< 10^{-5} м$).

Время цикла составляет ≈ 8 мин., в том числе выгрузка $\approx 0,5$ мин., переезд к тушильной башне и обратно 2 мин., тушение 5 мин.

В связи с этим время работы электрических двигателей суммарной мощностью $\approx 16\%$ времени работы стационарной системы и суммарной мощностью $P = 500 кВт$.

Следует отметить, что частички диаметром меньше 5×10^6 м циклонами практически не ловятся, а выносятся через выхлопной патрубок

наружу, а различные комбинации и варианты конструктивного исполнения циклонов всё равно не решают проблему улавливания мелкодисперсных частичек пыли, которые в колоссальных количествах образуются в рассматриваемых нами производствах. Создание принципиально нового высокоэффективного аппарата для улавливания мелкодисперсной пыли является актуальной научной и практической задачей.

Постановка задачи.

Вместе с тем многие важные аспекты проблемы изучены недостаточно, в ряде случаев экспериментальные данные отрывочные и противоречивые, а физические представления и модели неудовлетворительны. Так, например, до недавнего времени струйные двухфазные течения рассчитывались преимущественно на основе различных модификаций теории пути смещения Прандля, т. е. с использованием моделей “нулевого порядка”. Однако исследования пылегазового потока в очистных аппаратах выдвигают задачи более детального описания явлений турбулентного переноса в двухфазной среде, что требует изучения не только усредненных, но и пульсационных характеристик потока. Физическая картина развитого турбулентного потока схематически выглядит как иерархия вихрей (возмущений) разного масштаба, в которой вихри данного масштаба возникают за счет потери устойчивости и распада более крупных вихрей, передающих им свою энергию. При этом энергия усредненного движения среды последовательно передается возмущениям все меньшего масштаба, что приводит, в конечном счете, к образованию наиболее мелких вихрей, кинетическая энергия которых за счет действия сил вязкости трансформируется в теплоту (так называемая каскадная схема Ричардсона). Разработана математическая модель процесса пылеулавливания в механических полях и исследована кинетика процесса, на основании которых предложены конструкции аппаратов «сухой» пылеочистки, «ноу-хау» которых — наличие второй ступени очистки в виде жалюзийного отделителя, защищено охранными документами Украины.

Изложение материала и его результаты.

Для изучения физической сущности процессов, протекающих в разработанных нами аппаратах и для обоснования выбора параметров для экспериментальных исследований нами была построена 3-х мерная конечно-элементная модель циклона, для которой методом конечных элементов (МКЭ) решена система уравнений Навье-Стокса для турбулентного течения воздуха. Для этой цели построена геометрическая модель пылеуловителя, внешний вид которой показан на рисунках 1-2.

В результате решения этой модели с использованием ПК нами

получены поля скоростей и давлений воздуха в пылеуловителе без учета наличия в нем пыли. Подаваемый через входной патрубок воздух приобретает вращательное движение, в результате чего часть воздуха поступает к стенкам цилиндрической части аппарата и движется к нижнему выходному отверстию, а другая часть - движется к оси устройства и взаимодействует с жалюзи. В результате чего происходит разделение потоков и очищенный воздух выводится из аппарата через верхний отводной патрубок.

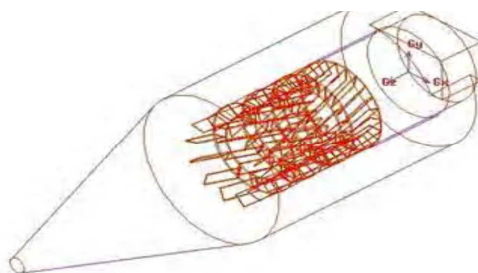


Рисунок 1 – Аксонометрия циклона

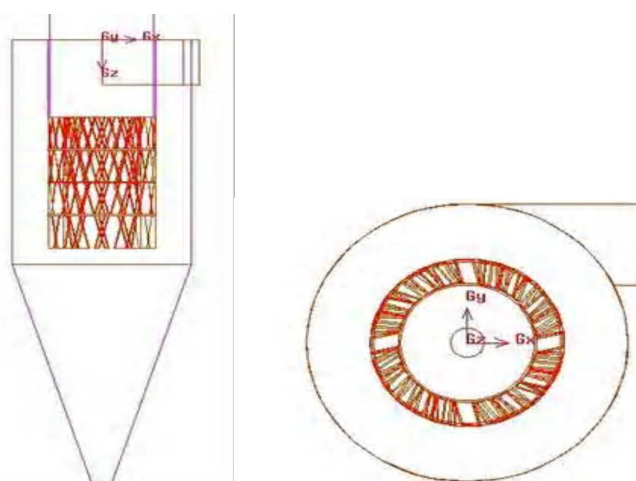


Рисунок 2 – Вид циклона сбоку и сверху

Такое движение воздуха объясняется перепадом статического давления у стенок аппарата и в центральной его части: в осевой части циклона статическое давление меньше чем у стенок цилиндрической и конической частей.

При подаче во входной патрубок воздуха с механическими примесями тяжелые частицы будут отбрасываться к стенкам циклона и двигаться вниз к нижнему патрубку. Более легкие частицы вместе с воздухом будут двигаться во внутреннем восходящем потоке к жалюзийному разделителю и далее к отводному патрубку, составляя очищенную

часть воздуха. Описанные выше распределения давления и скоростей представлены нами в виде графических зависимостей, из которых видно, что наиболее эффективная очистка воздуха от пыли возможна в цилиндрической части аппарата при выходе загрязненного воздуха из входного патрубка, так как перепад давлений здесь наибольший и очистка интенсифицируется за счет использования жалюзийного устройства.

Если построить эпюры осевых скоростей для различных поперечных сечений проектируемого аппарата, то можно увидеть, что в его пристенных зонах осевые скорости потока направлены к нижнему разгрузочному патрубку, в центральной части поток движется вверх к верхнему отводному патрубку.

Нужно сказать, что эффективность очистки в большей степени зависит от радиальной составляющей скорости воздушного потока, где на нее действуют следующие силы: сила тяжести P , направленная вертикально вниз; центробежная сила $F_{ц}$ действующая в радиальном направлении и ориентированная от оси аппарата к его стенкам; сила сопротивления движению среды $F_{сопр}$, действующая на частицу при ее движении в радиальном направлении и сила гидравлического сопротивления среды $F_{гидр}$, обусловленная перепадом давлений у стенок и оси устройства и направленная к его оси (рис 3).

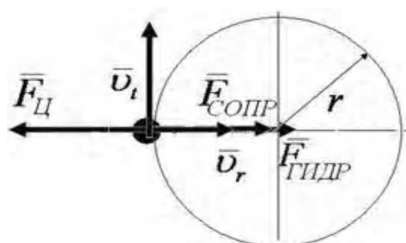


Рисунок 3 – Силы, действующие на частичку в центробежном поле в радиальном направлении.

В этом случае можно предположить три варианта характера движения частичек.

1. Если центробежная сила больше по модулю суммы сил сопротивления среды и гидравлического сопротивления, то частичка движется к стенкам аппарата и через нижнее разгрузочное отверстие удаляется из него.

2. Если сумма сил сопротивления среды и гидравлического сопротивления больше по модулю центробежной силы, то частичка будет двигаться к оси аппарата и далее вместе с восходящим потоком воздуха

к жалюзийному устройству и выпускному патрубку.

3. Если центробежная сила равна по модулю сумме сил сопротивления среды и гидравлического сопротивления, то частичка движется в равновесном состоянии на определенной орбите и ее размер определяет граничный диаметр частиц.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Все испытания предложенного аппарата производились в сравнении с циклоном ЦН11, принятым нами в качестве эталона, и доказали что применение аппарата пылеочистки нового типа позволяет увеличить эффективность улавливания пыли для частиц размером $(8,16,32,50)10^{-6}$ м на 9-11%, уменьшив при этом гидравлическое сопротивление на 50-100 Па и снизив габаритные размеры аппарата приблизительно в 1,5 раза, что открывает широкие перспективы для внедрения предложенного аппарата в промышленность.

В данной статье сделана попытка разработки математической модели процесса пылеулавливания в механических полях и исследована кинетика процесса, на основе которого предложены конструкции аппаратов «сухой» пылеочистки, «ноу – хау» которых – наличие второй ступени очистки в виде жалюзийного отделителя.

In this article the attempt of development of mathematical model of process of pyleulavlivaniya is done in the mechanical fields and kinetics of process which the constructions of vehicles of «dry» pyleochistki are offered on the basis of is explored, «nou - khau» which is a presence of the second stage of cleaning as a jalousie separator.

Библиографический список.

1. Батлук В.А., Проскуріна І. В. Застосування систем мокрого пилоловлювання в коксохімічному виробництві. Науково – технічний збірник//“Наукові записки” Українська академія друкарства, вип.. №2(10). – Львів – 2006. - с. 115 – 119.

2. Батлук В.А., Шелюх Ю.Е. Тривимірна кінцево – елементна модель вихрових пилоловлювачів// Всеукраїнський науково – технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика». №2 (12), Вінниця, 2006 рік.

*Рекомендовано к печати
к. т. н., проф. Ульяницьким В.Н.*