

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-9-1-87-94

¹Фадин Ю.М., ²*Шеметова О.М., ¹Лозовая С.Ю., ¹Щендрыгина И.В.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
*E-mail: olga95kizilova@gmail.com

АНАЛИЗ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В наши дни, поддержание качества воздуха, особенно при выполнении промышленной деятельности, представляет собой актуальную проблему. Нестабильность в составе промышленных отходов может привести к серьезным последствиям для здоровья человека и окружающей среды. Эта тема изучается в различных областях науки и инженерии, например, экологической, физико-механической и др. Улучшить воздушное состояние вокруг промышленных объектов можно по нескольким направлениям, в том числе путем совершенствования системы очистки воздуха. Контроль за качеством воздуха должен соответствовать санитарным и гигиеническим требованиям, обеспечивать высокую экономическую обоснованность. Циклоны с возвратным потоком воздуха считаются наиболее популярными средствами для очистки воздуха. Эти конструкции были известны уже очень давно, но постоянно возникает необходимость в дальнейшем совершенствовании их конструкции. В связи с чрезвычайной сложностью процессов, происходящих в сложных многокомпонентных закрученных потоках, до настоящего момента еще не удалось разработать общепризнанную и широко применяемую модель процесса разделения пылевидных частиц в цилиндрической части циклона. Для представления осаждения частиц в цилиндрической части циклона, вращающегося потока, предложено включить в расчетные модели оценку турбулентности движения пылевоздушного потока.

Ключевые слова: циклонный пылеуловитель, циклон, пылеразделение, эффективность очистки, лабораторные исследования.

Введение. Современные производства не только строительных материалов, но и других направлений тесно связаны с проблемой пылеразделения загрязнённого воздуха. Актуальность данной проблемы только нарастает с увеличением производственных мощностей и появлением новых предприятий [1–2]. По последним данным статистики произошло значительное увеличение уровня загрязнения пылевыбросами с предприятий в атмосферу. В сводках о загрязнении окружающей среды приведены сведения о том, что ежегодно в атмосферу происходят выбросы в количестве 200–400 млн. т пыли. Прогнозирование экологов по количеству выброшенной пыли, ведет к ежегодному увеличению на 4–5 % за счет роста предприятий и производственных мощностей [3–6]. Одним из наиболее развитых отраслей выпускаемого оборудования и технологии, направленной на удаление загрязняющих веществ из пылевоздушного потока предотвращая промышленные выбросы в атмосферу, является создание и модернизация пылеочистного оборудования и методов пылевоздушной очистки. Пылеуловители — это вид механического оборудования для способа разделения пылевоздушного потока от различных примесей [7]. Практически пылеуловители применяются

преимущественно в системах вытяжной вентиляции и установках для очистки пылевоздушных потоков в промышленных масштабах. Из всего разнообразия пылеуловителей циклон считается самым простым пылеочистным оборудованием в эксплуатации [8–9]. Целью исследования является сравнительный анализ существующих пылеконцентраторов циклонного типа, определение их эффективности и расчетных моделей эффективного разделение пыли и воздуха в момент перемещения воздуха в циклоне.

Материалы и методы. Циклонный пылеуловитель – вид механических пылеуловителей простой конструкции и применяющийся во многих отраслях, таких как строительная, пищевая, химическая, горнодобывающая и др. Такие пылеуловители отличаются от других конструкций дешевизной, относительно высокой производительностью, простотой конструкции не затратной в эксплуатации и ремонте, качественной работе в среде с высокой температурой давлением, отсутствием движущихся частей, применением при работе с абразивными частицами. Центробежные пылеуловители применяют силу центробежного воздействия, чтобы эффективно задерживать пылевые частицы. Рассмотрим подроб-

нее некоторые виды циклонных пылеуловителей. В таблице 1 показана классификация пылеулавливающих установок [10].

Циклоны с обратным конусом типа ЦОК (рис. 1, а) используются в случаях, когда необходимо очистить вентиляционные выбросы от высокоабразивной пыли. Также эти циклоны рекомендуют применять для слипающихся пылей (сажа, тальк) [11]. Широкое использование циклон с обратным конусом получил на заводах, где производится механическая обработка металла. Циклон РИСИ (рисунок 1, б) разработан и исследован в Ростовском инженерно-строительном институте (РИСИ). Эти циклоны используются для очистки воздушных потоков аспирационных систем от полировальной (например, мебельных

деталей с использованием полировальных паст), волокнистой, слипающейся пыли, от отходов лакокрасочных покрытий. У циклона РИСИ корпус выполнен в виде двух усеченных конусных частей, которые повернуты друг к другу малыми торцами. Благодаря расширяющейся к низу конической части циклона исключается засорение выпускного отверстия. Циклон СЦН-40 обладает высокой эффективностью и изготавливается в одиночном и групповом исполнении (рис. 1, в). Используется с целью среднedisперсной и мелкодисперсной пылеочистки технологического воздуха и аспирационных выбросов. Циклон СЦН-40 улавливает до 50 % пылевидных частиц 1 мкм и поэтому по праву считается лучшим циклон НИИОГАЗа [12–14].

Таблица 1

Классификация пылеулавливающих установок

| Обобщенный вид оборудования | Основание работы | Принцип работы | | Виды пылеконцентраторов |
|------------------------------|------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| Аппараты для пылеулавливания | Механические | Сухие | Фильтрующие (фильтры) | Гравитационные |
| | | | | Инерционные |
| | | | | Центробежные |
| | | Мокрые | | Волокнистые |
| | | | | Сухие вертикальные |
| | | | | Тканевые |
| | Электрические | Однозонные | | Зернистые |
| | | | | Капельные |
| | | Двухзонные | | Пленочные |
| | | | | Барботажные |
| | | | Сухие горизонтальные | |
| | | | Сухие вертикальные | |
| | | | Мокрые | |

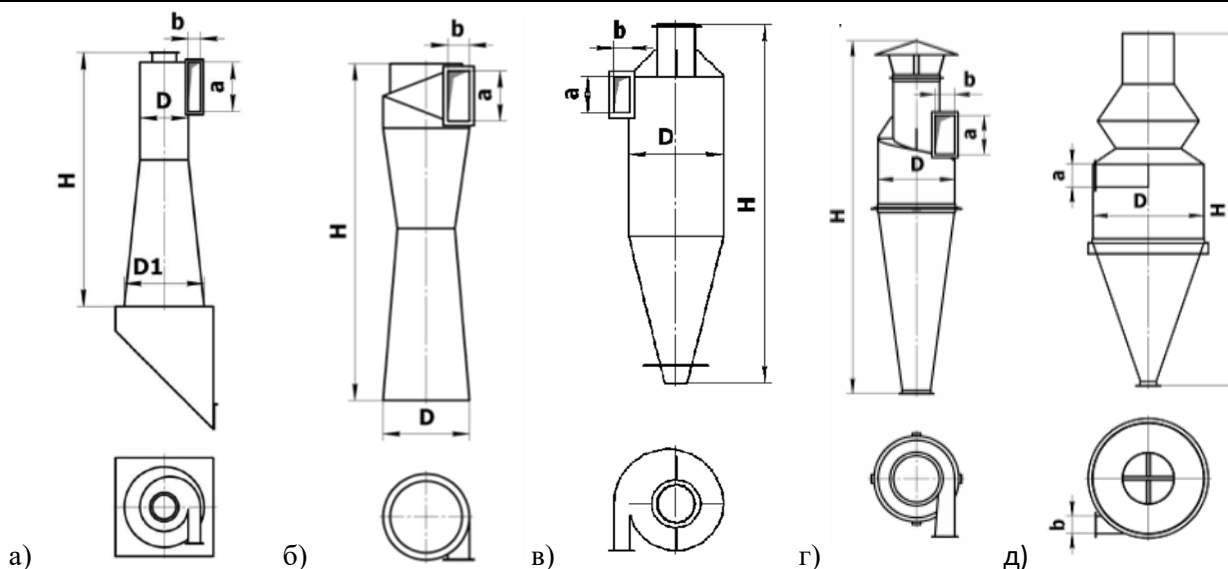


Рис.1. Циклонный пылеуловитель:
 а) циклон ЦОК с бункером; б) циклон РИСИ; в) циклон СЦН-40;
 г) циклон МКGG-15; д) циклон FX710.

Циклон МКGG-15 от производства Beijing Meekey Engineering Co. (Китай) могут использоваться как одиночно, так и в комбинированном

(батареяном) виде (рисунок 1, г). Используется для пылеочистки пылевоздушного потока пыли без применения сепаратора, при этом не влияя на

качество его работы. Тем самым он упрощает конструкцию и не уступает в пылеочистки другим циклонам. Циклон может улавливать шлифовальную пыль с эффективностью до 76–87 % [13]. Высокоэффективный циклон FX710 производства Shanxi Huazhan Wear Resistant Material Co., Ltd. (Китай) изготавливается и применяется в одиночном исполнении (рисунки 1, д). Используется для пылеочистки пылевоздушного потока низкоабразивной пыли. Такой циклон может улавливать до 80 % пылевидных частиц стружки при скорости движения потока воздуха 15–18 м/с [14].

В процессе исследований пылеконцентраторов одним из основных факторов, которые необходимо учитывать, является степень эффективности очистки загрязненного воздуха [11–15]. Эту характеристику можно определить как соотношение между количеством осажденных загрязнений и количеством загрязнений.

Эффективность очистки воздуха рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{C_1 V_1 - C_2 V_2}{C_1 V_1}, \quad (1)$$

где C_1 – концентрация воздушнопылевого потока на входе, г/м³; C_2 – концентрация воздушнопылевого потока на выходе, г/м³; V_1 – объемный расход поступающего воздуха на входе в пылеконцентратор, м³/с; V_2 – объемный расход поступающего воздуха на выходе из пылеконцентратора, м³/с.

Делая поправку на то, что система герметична и $V_1 = V_2$, тогда:

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1}. \quad (2)$$

Расход поступающего воздуха можно определить по скорости воздуха выходящего из воздуховода и его сечению. Динамический напор P_d , Па определяется разностью между полным P_n , Па и статическим P_c , Па напором воздушного потока:

$$P_d = P_n - P_c. \quad (3)$$

Скорость воздуха, м/с определяется следующим соотношением:

$$v = \sqrt{K_T} \cdot \sqrt{\frac{2gP_d}{\rho}}, \quad (4)$$

где K_T – коэффициент трубки; g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ – плотность воздуха кг/м³.

Плотность воздуха ρ определяется по формуле:

$$\rho = \rho_B \frac{P_B \cdot T_B}{P_H \cdot T_K}, \quad (5)$$

где ρ_B – плотность воздуха, кг/м³; P_H – давление воздуха в нормальных условиях, Па; P_B – давление воздуха, Па; T_B – температура воздуха, К; k – коэффициент сжимаемости воздуха.

Зная скорость воздуха и сечение воздуховода определим расход воздуха:

$$Q = v \cdot S, \quad (6)$$

где Q – объемный расход воздуха, м³/с; v – скорость воздушного потока в воздуховоде, м/с; S – площадь сечения воздуховода, м².

Основная часть. В циклоне происходит эффективное разделение пыли и воздуха путем применения центробежной силы. При движении по спирали внутри корпуса циклона воздух создает силу, отделяющую частицы пыли от него. Таким образом, процесс пылеразделения в циклоне представляет собой физическое разделение пыли и воздуха с использованием центробежной силы, возникающей в результате спирального движения воздуха внутри циклона. Это позволяет упростить математическое описание процесса и рассчитать основные параметры пылеразделения, такие как эффективность отделения частиц, скорость воздушного потока и диаметр циклона. Частицы пыли имеют различную форму и размеры, что влияет на их поведение в воздушном потоке и эффективность сепарации. Для более точного моделирования процесса сепарации необходимо учесть разные факторы, например, форма и размеры частиц, их плотность, вязкость воздуха, скорость и направление воздушного потока, а также геометрические параметры циклона. В том случае, когда форма частицы далека от сферической, применяется допущение, что частица является сферической с диаметром сферы $d_{\text{эКВ}}$. Значение эквивалентного диаметра $d_{\text{эКВ}}$ различные исследователи устанавливают по-разному. Например, некоторые авторы принимают за $d_{\text{эКВ}}$ расстояние между двумя наиболее удаленными точками частицы [16]. Однако, такой подход может привести к изначально завышенному значению диаметра. Другие авторы предлагают рассчитывать эквивалентный диаметр $d_{\text{эКВ}}$ исходя из предположения, что он равен диаметру сферы, масса которой равна массе данной частицы [11, 14]. Это утверждение кажется более аргументированным, однако необходимо отметить, что ориентация несферических частиц по отношению к направлению потока воздушно-пылевых частиц играет важную роль в их аэродинамических свойствах, которые могут зависеть от этой ориентации. По имеющимся литературным данным [10], частицы, попадающие в циклон,

равномерно распределяются по сечению подводящего патрубка, если участок воздухопровода перед ним имеет достаточную длину.

Влияние на процесс пылеразделения вторичного отрыва частиц пыли от стенок циклона пренебрежительно мало, это связано с тем, что частицы оседают на стенках циклона и перемещаются в пылесборный бункер. При высоких исходных концентрациях частиц и высоких скоростях воздуха в циклоне может наблюдаться некоторое снижение эффективности пылеразделения из-за вовлечения частиц обратно в воздушно-пылевой поток. Однако для учета этого эффекта используются в основном экспериментальные данные, которые могут быть недостаточно точными и полными.

В соответствии с предположениями авторов [16], в тангенциальном и осевом направлениях частица и воздух движутся как единое целое. Сила сопротивления движению пылевой частицы в радиальном направлении определяется законом Стокса:

$$F_{\text{сопр}} = 3\pi\mu\vartheta_r d_{\text{ч}}, \quad (7)$$

где ϑ_r – радиальная скорость м/с; μ – динамическая вязкость.

Когда пылевая частица попадает в циклон, центробежная сила и сопротивление среды достигают равновесия. Частица витает по направлению к стенке циклона с постоянной скоростью в радиальном направлении ϑ_r начиная от момента входа частиц воздуха. Запишем уравнение движения пылевой частицы:

$$\frac{m\vartheta_{\varepsilon}^2}{r} = 3\pi\mu\vartheta_r d_{\text{ч}}, \quad (8)$$

где ϑ_{ε} – тангенциальная скорость, м/с; $d_{\text{ч}}$ – диаметр частицы, м.

Запишем значение радиальной составляющей скорости движения пылевидной частицы:

$$\vartheta_r = \frac{d_{\text{ч}}^2 \vartheta_{\varepsilon}^2 \rho_{\text{ч}}}{18r\mu}, \quad (9)$$

Авторы, такие как Штокман и Пирумов, полагают, что радиальная скорость ϑ_r постоянна по сечению циклона. Это упрощение позволяет упростить интегрирование по радиусу r , но это допущение слишком грубое. Распределение радиальной скорости ϑ_r мало влияет на минимальный диаметр d_{min} осевших частиц, но имеет сильное влияние при частичном оседании частицы с диаметром меньше минимального. В течение времени t пылевидные частицы успевают пройти осевое расстояние равное: $S = V_z t$, где V_z – осевая составляющая движения пылевидной частицы.

Приравняв значения времени, мы получим:

$$\frac{18r(R_{\text{ц}}-r)\mu}{d_{\text{ч}}^2 \vartheta_{\varepsilon}^2 \rho_{\text{ч}}} = \frac{S}{V_z}, \quad (10)$$

где $R_{\text{ц}}$ – радиус цилиндрической части циклона, м.

Таким образом:

$$d_{\text{ч}} = \sqrt{\frac{9\mu(R_{\text{ц}}^2 - R_n^2)}{\rho V_{\varepsilon}^2 S / V_z}}. \quad (11)$$

где V_{ε} – радиальная составляющая движения пылевидной частицы; ρ – плотность воздушного потока, кг/м³; $\rho_{\text{ч}}$ – плотность частицы, кг/м³; R_n – радиус витка пылевоздушного потока, м.

Результат, полученный по формуле (11), представляет собой минимальный диаметр пылевых частиц d_{min} , которые будут задерживаться в циклоне на 100% эффективности. По словам Штокмана, все частицы пыли с диаметром больше этого минимального значения будут задерживаться в циклоне, в то время как частицы с меньшим диаметром останутся в воздушном потоке. Этот факт позволяет рассчитать эффективность работы циклона как соотношение количества пылевых частиц, имеющих диаметр больше минимального, к общему числу пылевых частиц в воздушном потоке. Штокман предлагает простой расчет, однако внесение множества несовершенных предположений делает его неполным и неточным. Помимо этого, в модели Штокмана не учитывается частичное оседание частиц, диаметр которых меньше значения d_{min} . В результате этого расчеты могут быть неточными. Также использование только диаметра d_{min} для определения характеристик пылевых частиц не адекватно отражает их свойства, что может существенно повлиять на достоверность полученных результатов. Дополнительно, согласно исследованиям Дроздова, значение d_{min} для циклонов с тангенциальным входом воздуха может также зависеть от конструкции самих циклонов:

$$d_{\text{min}} = \sqrt{\frac{4.5\mu g Q}{h_{\text{ц}} \pi^3 n^2 \rho_{\text{пыл}} (R_{\text{ц}}^2 - R_n^2)} l_n \frac{R_{\text{ц}}}{R_n}}, \quad (12)$$

где $h_{\text{ц}}$ – высота циклона, м, n – количество витков, шт, которые делает воздух в циклоне. Величина n зависит от скорости воздуха на входе в циклон и от угла между подводящим патрубком и корпуса циклона, l_n – длина отводящего патрубка, м. Значение n согласно [14, 11] для циклонов с тангенциальным подводом воздуха равно:

$$n = \frac{\pi R_{\text{ц}} \sqrt{d_{\text{ц}}^2 - d_n^2}}{ab}, \quad (13)$$

где a и b – размеры подводящего патрубка циклона, м.

Для циклонов с осевым подводом воздуха [11] значение n рассчитывается как:

$$n = \frac{2\pi R_a \sqrt{d_{\text{ц}}^2 - d_{\text{розетки}}^2}}{\varepsilon z (d_{\text{ц}} - d_{\text{розетки}})} \operatorname{tg} \beta, \quad (14)$$

где $\operatorname{tg} \beta$ – тангенс угла наклона лопаток к оси циклона, R_a – радиус приложения равнодействующей скорости потока в тангенциальном направлении и рассчитывается как:

$$R_a = \sqrt{\frac{R_{\text{ц}} - R_{\text{розетки}}}{2}}. \quad (15)$$

Обычно, для большинства циклонных устройств, применяемых в практике, значения параметра n находятся в диапазоне от 1.5 до 4.0 [14, 11].

Основываясь на анализе экспериментальных данных об эффективности циклонов с тангенциальным подводом воздуха, проведенном Б. С. Федоровым, было получено и еще одно выражение для расчета минимального диаметра d_{\min} :

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{18\mu QR}{S\rho_{\text{ч}}V_{\varepsilon}^2}}, \quad (16)$$

где S – площадь внутренней цилиндрической поверхности циклона, м^2 . В приведенной формуле предполагается, что скорость V_{ε} является постоянной на поперечном сечении циклона. Обе формулы (15 и 16) имеют ограниченную область применения, поскольку они применимы только для циклонов с вводом воздуха по касательной линии.

В ходе исследований К. Риетемы [11] было выяснено, что основное захватывание частиц происходит в непосредственной близости к стенке. Это позволяет предположить, что не все частицы, оседающие на стенке, остаются на ней, возникает концепция пристеночного слоя. Это значение предлагается определить экспериментально. В данном случае формула для d_{\min} принимает следующий вид:

$$d_{\min} = 3 \sqrt{\frac{\vartheta_0' D_{\text{цикл}} Q \mu_{\text{г}} \rho_{\text{г}}}{\vartheta_{\text{вх}} h L_{\text{ц}} \Delta p (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{г}})}}, \quad (17)$$

где ϑ_0' – осевая скорость воздуха в пристеночном слое, м/с, h – толщина пристеночного слоя, м, определяемая опытным путем, Δp – разрежение (величина вакуума) в пристеночном слое. Значение Δp по исследованиям Белоусова [11] составляет:

$$\Delta p = \rho \frac{\vartheta_{\text{ср}}^2}{2} \left[\frac{R_2 - R_1}{R_1 \ln(R_2/R_1)} \right]^2. \quad (18)$$

Для большинства пылевидных частиц $\rho_{\text{ч}} \gg \rho_{\text{г}}$. В этом случае формула 16 примет следующий вид:

$$d_{\min} = 3 \sqrt{\frac{\vartheta_0' D_{\text{цикл}} Q \mu_{\text{г}} \rho_{\text{г}}}{\vartheta_{\text{вх}} h L_{\text{ц}} \Delta p \rho_{\text{ч}}}}, \quad (19)$$

Тер-Линден [11] полагает зависимость d_{\min} от диаметра входного отверстия. В этом случае d_{\min} находится как:

$$d_{\min} = 3 \sqrt{\frac{2d_{\text{вх}} \mu_{\text{г}} \vartheta_{\text{г}}}{3\vartheta_{\text{ф}}^2 (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{г}})}}, \quad (20)$$

Формула (20) менее удобна из-за нехватки данных о толщине пристеночного слоя закрученного потока h . Отсутствуют зависимости для определения h для разных типов и моделей циклонов. В результате, использование формулы (20) ограничено.

Приведенные вычисления не в полной мере учитывают турбулентный режим перемещения воздуха в циклоне. Кроме того, предложенные методы в качестве основного свойства частиц используют диаметр, который, как отмечалось ранее, не дает полного представления о свойствах улавливаемых частиц.

Выводы. В заключении можно сказать, что учеными было уделено много времени на разработку различных видов конструкций циклонов для различных отраслей промышленности. Из всего разнообразия конструкций были выбраны отобранные наиболее универсальные и эффективные по производительности виды, которые эксплуатируются в производстве и на данный момент. Отличаются эти конструкции такими достоинствами как невысокая стоимость, достаточная производительность, не затратная эксплуатация и монтаж, а также возможность использования при пылеразделении потока с абразивными частицами. Именно поэтому в современном научном обществе идет разработка, проектирование и исследования данных пылеуловителей для совершенствования и доработки существующих конструкций.

Благодарности и финансирование. Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буренин В.В. Особенности очистки атмосферного воздуха в производственных помещениях // Техномир. 2007. № 3. С. 74–77.
2. Бабенко А.П. Особенности предварительной очистки газов с помощью механической очистки // XXXVIII Неделя науки СПбГПУ Сборник Международной научно-практической конференции. М.: Изд-во СПб, 2009. С. 259–262.
3. Вальдберг А.Ю. Современные тенденции в развитии теории и практики пылеулавливания // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2007. № 7. С. 48–50.

4. Галявов Ю.В. Системы очистки воздуха в производственных помещениях // Экологические производства. 2005. № 1. С. 47–50.
5. Василевский М.В. Обеспыливание воздуха циклонами в аспирационных сетях // Безопасность жизнедеятельности. 2008. № 2. С. 2–6.
6. Разва А.С. Исследования сепарационных характеристик циклонного пылеуловителя // Теплотехника, экологические проблемы теплоэнергетики, теплофизика. М.: Изд-во Томск. 2007. С. 85–88.
7. Федяева О.А. Аппараты очистки воздуха от пыли: учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. 112 с.
8. Вечканова М.В., Фадин Ю.М. Возвратно-поточные циклоны, истоки возникновения и направления совершенствования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 104–109.
9. Шевченко А.В. Совершенствование процесса и технологии вихревой очистки воздуха от пыли в системах местной вытяжной вентиляции: диссер. ... канд. техн. наук. Ростов н/Д, 2005. 131 с.
10. Щелоков Я.М. Повышение эффективности циклонных аппаратов // Промышленная энергетика. 2008. № 8. С. 44–45.
11. Dirgo J. Cyclone Collection Efficiency: Consumption of Experimental Results with Theoretical Prediction. Boston: Elsevier, 1985. 415 p.
12. Zhongchao Tan. Mechanism or particle separation in aerodynamic air cleaning. Illinois, 2004. 14 p.
13. Klett C. The influence of attrition and cyclone performance of the particle size distribution in a CFB system // Circulating Fluidized Bed Technology VIII: Proceedings of the 8 International Conference on Circulating Fluidized Beds. Beijing, 2005. Pp. 637–644.
14. Hoffmann Alex C. Gas Cyclones and Swirl Tubes. Heidelberg: Springer-Verl., 2002. 421 p.
15. Zhao Bing-tao. Effects of Flow Parameters and Inlet Geometry on Cyclone Efficiency // The Chinese Journal of Process Engineering. 2006. No. 2. Pp. 178–180.
16. Штокман Е.А. Очистка воздуха: учеб. пособие. М.: Изд-во Ассоц. Строит. вузов, 2007. 311 с.

Информация об авторах

Фадин Юрий Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования. E-mail: fadin.y@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Шеметова Ольга Михайловна, ассистент кафедры информационных и робототехнических систем. E-mail: olga95kizilova@gmail.com. Белгородский государственный национальный исследовательский университет «НИУ БелГУ». Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Лозовая Светлана Юрьевна, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования. E-mail: lozwa@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Щендрыгина Ирина Валерьевна, аспирант кафедры механического оборудования. E-mail: irinashendrygina@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 02.11.2023 г.

© Фадин Ю.М., Шеметова О.М., Лозовая С.Ю., Щендрыгина И.В., 2024

¹Fadin Yu.M., ²*Shemetova O.M., ¹Lozovaya S.Yu., ¹Shchendrygina I.V.

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

²Belgorod State National Research University "NRU BelSU"

*E-mail: olga95kizilova@gmail.com

RESEARCH OF CENTRIFUGAL DUST COLLECTORS FOR THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

Abstract. Nowadays, maintaining air quality, especially during industrial activities, is a pressing issue. Instability in the composition of industrial waste can lead to serious consequences for human health and the environment. This topic is studied in various fields of science and engineering, for example, environmental, physical and mechanical, etc. The air condition around industrial facilities can be improved in several ways, including by improving the air purification system. Air quality control must meet sanitary and hygienic requirements and ensure high economic feasibility. Return air cyclones are considered the most popular means

of air purification. These designs have been known for a very long time, but there is a constant need to further improve their design. Due to the extreme complexity of the processes occurring in complex multicomponent swirling flows, it has not yet been possible to develop a generally accepted and widely used model of the process of separation of dust particles in the cylindrical part of the cyclone. The proposed mathematical model is capable of taking into account the turbulent mode of movement of the dust-air flow to represent the deposition of particles in the cylindrical part of the cyclone, a rotating flow.

Keywords: cyclone dust collector, cyclone, dust separation, cleaning efficiency, laboratory research.

REFERENCES

1. Burenin V.V. Features of atmospheric air purification in industrial premises [Osobennosti ochistki atmosfernogo vozdukh v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh]. Tekhnomir. 2007. No. 3. Pp. 74–77. (rus)

2. Babenko A.P. Features of preliminary gas purification using mechanical purification [Osobennosti predvaritel'noy ochistki gaza metodom mekhanicheskoy ochistki]. XXXVIII Science Week of St. Petersburg State Polytechnic University Collection of the International Scientific and Practical Conference. Publishing house St. Petersburg, 2009. Pp. 259–262. (rus)

3. Valdberg A.Yu. Modern trends in the development of the theory and practice of dust collection [Sovremennyye tendentsii razvitiya teorii i praktiki pyli]. Chemical and oil and gas engineering. 2007. No. 7. Pp. 48–50. (rus)

4. Galyavov Yu.V. Air purification systems in industrial premises [Sistemy ochistki vozdukh v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh]. Ecological production. 2005. No. 1. Pp. 47–50. (rus)

5. Vasilevsky M.V. Air dust removal with cyclones in aspiration networks [Udalenie pyli iz vozdukh tsiklonami v aspiratsii]. Life safety. 2008. No. 2. Pp. 2–6. (rus)

6. Razva A.S. Research on the separation characteristics of a cyclone dust collector [Issledovaniye separatsionnykh kharakteristik tsiklonnogo pylesbornika]. Thermal engineering, environmental problems of heat and power engineering, thermal physics. Publishing house Tomsk. 2007. Pp. 85–88. (rus)

7. Fedyayeva O.A. Air purification devices from dust: textbook allowance [Ustroystva ochistki vozdukh ot pyli: uchebnyk]. Omsk State Technical University Publishing House, 2006. 112 p. (rus)

8. Vechkanova M.V., Fadin Yu.M. Return-flow cyclones, origins and directions of improvement [Obratnyye tsiklony, istoki i napravleniya sovershenstvovaniya]. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova. 2017. No. 5. Pp. 104–109. (rus)

9. Shevchenko A.V. Improving the process and technology of vortex air purification from dust in local exhaust ventilation systems [Sovershenstvovaniye protsessa i tekhnologii vikhrevoy ochistki vozdukh ot pyli v sistemakh mestnoy vytyazhnoy ventilyatsii]: dissertation. ...cand. tech. Sci. Rostov n/d, 2005. 131 p. (rus)

10. Shchelokov Ya.M. Increasing the efficiency of cyclone devices [Povysheniye effektivnosti tsiklonnykh ustroystv]. Industrial energy. 2008. No. 8. Pp. 44–45. (rus)

11. Dirgo J. Cyclone Collection Efficiency: Consumption of Experimental Results with Theoretical Prediction. Boston: Elsevier, 1985. 415 p.

12. Zhongchao Tan. Mechanism or particle separation in aerodynamic air cleaning. Illinois, 2004. 14 p.

13. Klett C. The influence of attrition and cyclone performance of the particle size distribution in a CFB system. Circulating Fluidized Bed Technology VIII: Proceedings of the 8 International Conference on Circulating Fluidized Beds. Beijing, 2005. Pp. 637–644.

14. Hoffmann Alex C. Gas Cyclones and Swirl Tubes. Heidelberg: Springer-Verl., 2002. 421 p.

15. Zhao Bing-tao. Effects of Flow Parameters and Inlet Geometry on Cyclone Efficiency. The Chinese Journal of Process Engineering. 2006. No 2. Pp. 178–180.

16. Shtokman E.A. Air purification: textbook. [Ochistka vozdukh: uchebnyk]. Publishing House Assoc. builds, universities, 2007. 311 p. (rus)

Information about the authors

Fadin, Yuri M. PhD, Professor E-mail: fadin.y@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Shemetova, Olga M. Assistant at the Department of Information and Robotic Systems. E-mail: olga95kizilova@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Lozovaya, Svetlana Yu. Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanical Equipment. E-mail: lozwa@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Shchendrygina, Irina V. Postgraduate student of the Department of Mechanical Equipment. E-mail: irinashchendrygina@mail.ru. Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 02.11.2023

Для цитирования:

Фадин Ю.М., Шеметова О.М., Лозовая С.Ю., Щендрыгина И.В. Анализ центробежных пылеуловителей для применения в производстве строительных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №1. С. 87–94. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-9-1-87-94

For citation:

Fadin Yu.M., Shemetova O.M., Lozovaya S.Yu., Shchendrygina I.V. Research of centrifugal dust collectors for the production of building materials. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 1. Pp. 87–94. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-9-1-87-94