

С. М. ПУРИНГ
Д. Н. ВАТУЗОВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВИХРЕВЫХ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE VORTEX DUST COLLECTORS

Предлагается для очистки вентиляционных выбросов от неслипаящихся пылей использовать модернизированный «мокрый» вихревой пылеуловитель. Разработанная конструкция вихревого пылеуловителя способствует повышению эффективности его работы за счет установки орошающих форсунок в патрубках первичного и вторичного потоков воздуха, выполненных в виде трубы Вентури, что позволяет снизить энергозатраты при очистке запыленного воздуха. Вследствие разнонаправленного движения частиц пыли и разбрызгиваемой воды происходит активная коагуляция пылевых частиц и частиц воды, а также на внутренней поверхности сепарационной камеры образуется жидкая пленка, которая препятствует отскоку пылевых частиц от сепарационной камеры и способствует их улавливанию и смыванию в сборный бункер.

Ключевые слова: вентиляционные выбросы, аппарат очистки воздуха, вихревой пылеуловитель, труба Вентури, орошение запыленных воздушных потоков, эффективность очистки

Работа промышленных предприятий обеспечивается устройством инженерных коммуникаций. Система местной вытяжной вентиляции является одной из важных систем, обеспечивающих чистоту воздуха в помещениях промышленных зданий. Среди множества компонентов, способствующих продуктивной работе систем местной вытяжной вентиляции, следует выделить аппараты очистки воздуха [1].

Одним из наиболее эффективных аппаратов для очистки воздуха от сухой мелкодисперсной пыли, существующих в настоящее время, являются вихревые пылеуловители (ВПУ). Впервые ВПУ были запатентованы в Германии в 50-х гг. прошлого века [2]. Как и в циклонах, принцип работы ВПУ основан на действии центробежных сил. Но если в циклоне загрязненный воздух подается через один вход, то в ВПУ подача воздуха осуществляется через два канала: нижний и верхний. Заходящий через нижний канал загрязненный воздух закручивается и движется вдоль оси сепараторной камеры вверх, где под действием центробежных сил частицы пыли отбрасываются к периферии. Одновременно через верхний канал подается воздух (загрязненный или чистый, в зависимости от конструкции аппарата), который, закручиваясь, двигается вниз вдоль стенок сепаратор-

It is proposed to use a modernized “wet” vortex dust collector for cleaning ventilation emissions from non-adhering dust. The design of the vortex dust collector contributes to its efficiency by installing irrigation nozzles in the primary and secondary air connections made in the form of a Venturi tube, which allows reducing energy consumption during the cleaning of dusty air. Due to the multidirectional movement of dust particles and splashed water, active coagulation of dust particles and water particles occurs, as well as a liquid film is formed on the inner surface of the separation chamber, which prevents the dust particles from rebounding from the separation chamber and facilitates their collection and washing into a collecting bin.

Keywords: ventilation emissions, air cleaning apparatus, vortex dust collector, Venturi tube, irrigation of dusty air flows, cleaning efficiency

ной камеры, усиливая действие центробежных сил, действующих на частицы пыли, которые, достигая стенки камеры, опадают вниз в приемный бункер. Причем в отличие от циклонов использование ВПУ позволяет добиться эффективной очистки даже для высокодисперсных частиц ($d_p < 1$ мкм) [3–7].

Основными параметрами, характеризующими эффективность работы пылеуловителей, в том числе и ВПУ, являются эффективность пылеулавливания, гидравлическое сопротивление аппарата, его габариты и стоимость очистки.

Часть из этих параметров определяется внутренними конструктивными особенностями аппарата. К ним можно отнести гидравлическое сопротивление, габариты аппарата и эффективность пылеулавливания.

На стоимость же, помимо внутренних факторов, влияют еще и внешние, связанные со стоимостью материалов и электроэнергии, особенностью технологического процесса и др., прогнозирование которых или затруднительно, или привязано к конкретному производству.

Таким образом, основной задачей при проектировании эффективного ВПУ является оптимизация внутренних факторов [8,9].

Габариты аппарата являются достаточно значимым фактором, определяющим, помимо требуемого для установки аппарата объема, также удобство монтажа и эксплуатации. Необходимый диаметр аппарата D_1 определяется по формуле [10]:

$$D_1 = \sqrt{4V / (\pi u_g)}, \quad (1)$$

где V – объемный расход запыленного газа, $\text{м}^3/\text{с}$; u_g – скорость газа в рабочей зоне пылеуловителя, $\text{м}/\text{с}$ (рекомендуется принимать в пределах 5–12 $\text{м}/\text{с}$).

Эффективность очистки является основным критерием, по которому оценивается работа вихревого пылеуловителя. Степень очистки воздуха (эффективность) характеризуется отношением массы уловленной в аппарате пыли к массе поступившей в него пыли. Так как запыленный воздух в пылеуловитель может подаваться двумя потоками – через верхний и нижний подводящие патрубки, то общая эффективность очистки будет определяться в зависимости от распределения потоков по вводам:

$$\eta = (V_1 \eta_1 + V_2 \eta_2) / V, \quad (2)$$

где η_1, η_2 – эффективность пылеулавливания в первичном и вторичном потоках газа; V_1, V_2 – объемный расход первичного и вторичного потоков газа, $\text{м}^3/\text{с}$.

Помимо степени очистки для эффективности аппарата, большое значение имеет минимальный размер частиц, полностью улавливаемых вихревым пылеуловителем [3]:

$$d_{p \min} = \sqrt{(18 \mu_g u_g \ln [D_1 / D_i]) / (H [\rho_p - \rho_g] \omega^2)}, \quad (3)$$

где H – высота пылеулавливающей камеры, м ; D_i – диаметр патрубка для подвода запыленного газа, м ; ω – угловая скорость газового потока в аппарате, с^{-1} ; D_1 – диаметр аппарата, м ; μ_g – динамическая вязкость газа, $\text{Па} \cdot \text{с}$; ρ_p – плотность частиц, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_g – плотность газа, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Гидравлическое сопротивление аппарата Δp , Па, определяет его энергетическую эффективность. Гидравлическое сопротивление вихревых пылеуловителей рассчитывают по зависимости, аналогичной применяемой для расчета циклонов:

$$P = \xi \mu_g^2 \rho_g / 2, \quad (4)$$

где u_g – скорость газа в рабочей зоне аппарата, $\text{м}/\text{с}$; ξ – коэффициент гидравлического сопротивления, рассчитываемый по скорости.

Оптимизация любого из рассмотренных факторов влечет за собой повышение эффективности работы ВПУ.

Исследования траекторий частиц, их скоростных полей и распределения статических давлений в различных зонах пылеулавливателя выявили наличие турбулентных вихревых образований, способствующих уносу отделенной пыли в приосевую зону очищенного газа, удаляемого из ВПУ. Данное явление оказывает значительное влияние на степень очистки пылеуловителя, снижая ее от «теоретически возможной» до «наблюдаемой практически».

Таким образом, при проектировании подобных устройств одной из основных задач является снижение уноса, для достижения чего применяются различные конструктивные модификации [4, 6, 8].

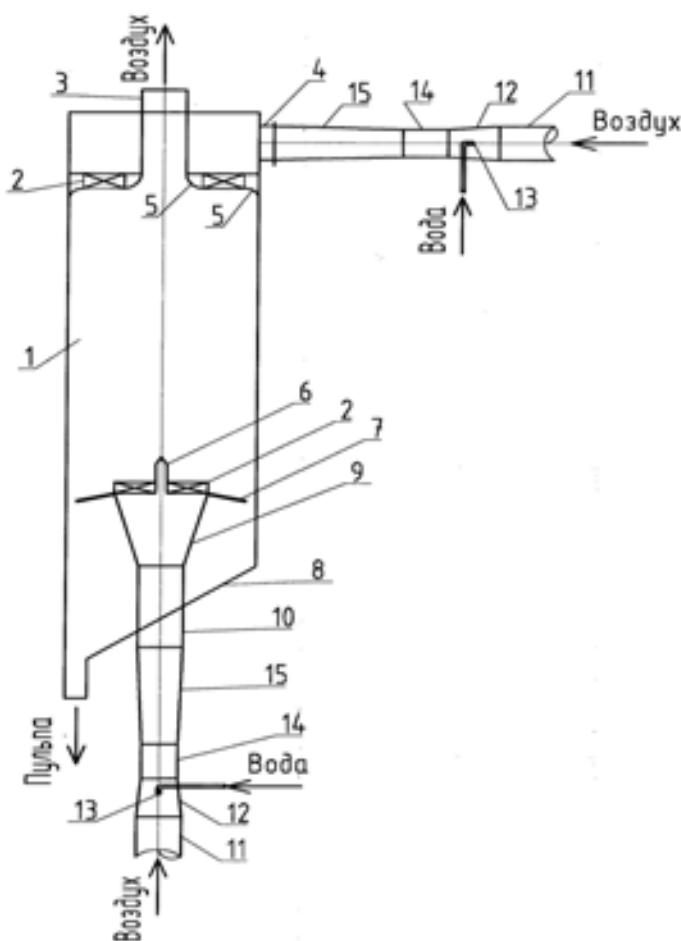
Но зачастую сухая очистка пылегазового потока в вихревых пылеуловителях, несмотря на конструктивные усовершенствования, не всегда позволяет достигнуть требуемой степени очистки, особенно от пыли субмикронных размеров, по ряду известных причин, связанных с уносом этой фракции [8]. Дополнительного эффекта по снижению уноса высокодисперсных частиц пыли можно достичь при мокрой очистке.

Поэтому для повышения эффективности работы пылеулавливающего устройства, улучшения качества очищаемого воздуха и снижения энергозатрат при очистке воздуха предлагается в вихревом пылеуловителе, содержащем цилиндрическую сепарационную камеру с верхним и нижним каналами подачи воздуха, каждый канал дополнительно снабдить форсункой, с возможностью орошения подаваемого воздушного потока в приспособлении в виде трубы Вентури [11].

Предварительная коагуляция мелкодисперсных пылевых частиц производится в орошаемых низкоскоростных трубах Вентури при скоростях потока очищаемого воздуха в горловине трубы Вентури V_i до 40 $\text{м}/\text{с}$. Кроме того, коэффициенты местного сопротивления конфузора и диффузора трубы Вентури приняты минимальными. Приспособление в виде трубы Вентури характеризуется следующими параметрами: $V_n \leq 2V_i$; $l_{dif} \approx 2l_{con}$; $d_n \approx 0,7d_i$ (здесь V_i и V_n – скорость воздуха в трубке и в горловине, $\text{м}/\text{с}$; l_{dif} – длина диффузора, м ; l_{con} – длина конфузора, м ; d_n, d_i – диаметры горловины и патрубка, м).

Вихревой пылеуловитель (см. рисунок) содержит сепарационную камеру, в верхней части которой расположены осевой патрубок для вывода очищенного газа, патрубок для ввода вторичного воздуха, оснащенный приспособлением в виде трубы Вентури, снабженной форсункой, орошающей вторичный воздушный поток, которые установлены перед горловиной трубы Вентури и навстречу воздушному потоку [11].

В нижней части корпуса находятся патрубок для ввода первичного запыленного воздуха, лопаточный завихритель, цилиндрический обтекатель и бункер с нижнебоковым отводом пульпы. Патрубок для ввода первичного запыленного воздуха оснащен, как и патрубок вторичного запыленного воздуха, приспособлением в виде трубы Вентури с форсункой. Вследствие разнонаправленного движения частиц пыли и разбрызгиваемой воды происходит активная коагуляция пылевых частиц и частиц воды. Вращение двух встречных потоков (первичного и вторичного воздуха) внутри сепарационной камеры имеет одно направление.



Продольное сечение вихревого пылеуловителя:

- 1 – сепарационная камера; 2 – лопаточный завихритель; 3 – выходной патрубок;
 4 – патрубок ввода вторичного воздуха; 5 – стабилизирующий обтекатель;
 6 – цилиндрический обтекатель; 7 – отбойная шайба; 8 – бункерное отделение;
 9 – стабилизирующее устройство; 10 – патрубок ввода первичного воздуха;
 11 – подводящий воздуховод; 12 – конфузор; 13 – форсунка; 14 – горловина; 15 – диффузор

Укрупнившиеся за счет коагуляции агломераты эффективно сепарируются в сепарационной камере. Так как внутренняя поверхность сепарационной камеры в процессе сепарации покрывается пленкой стекающей воды, то высокодисперсные частицы пыли, движущиеся в ламинарном подслое, у внутренней поверхности сепарационной камеры, не отскакивают, а оседают на ней под воздействием градиентной коагуляции.

Для предотвращения «зарастания» внутренних поверхностей вихревого пылеуловителя и улучшения смыва уловленной пыли расход воды, разбрызгиваемой форсунками в поток первичного запыленного воздуха, принят в два-три раза больше, чем – в поток вторичного воздуха.

Дисперсный состав частиц разбрызгиваемой форсунками воды в поток первичного воздуха составляет 10–70 мкм, что способствует лучшей их сепарации в нижней части сепарационной камеры

и лучшему смыву уловленной пыли. Дисперсный состав частиц разбрызгиваемой форсунками воды в поток вторичного воздуха составляет 2–10 мкм, что обеспечивает лучшую взаимную коагуляцию пылевых и жидких частиц во всем объеме сепарационной камеры.

Таким образом, результатом работы стало создание ВПУ улучшенной конструкции, обеспечивающей более высокую эффективность очистки.

Использование приспособления в виде низкоскоростной трубы Вентури в первичном и вторичном подводящих каналах позволяет снизить энергозатраты при очистке запыленного воздуха.

Данный ВПУ рекомендуется применять при очистке воздуха от неслипающихся или растворимых в воде пылей.

Выводы. 1. Предварительное укрупнение пылевых частиц за счет орошения потоков запыленного воздуха повышает их сепарацию.

2. Образующаяся на внутренней поверхности сепарационной камеры жидкая пленка препятствует отскоку пылевых частиц от сепарационной камеры и способствует их улавливанию и смыванию в сборный бункер.

3. Принятый дисперсный состав частиц разбрызгиваемой форсунками воды обеспечивает лучшую взаимную коагуляцию пылевых и жидких частиц и способствует их осаждению.

4. Предложенные конструктивные модификации повышают эффективность работы пылеулавливающего устройства и степень очистки ВПУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генералов М. Б. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. М.: Машиностроение, 2004. 832 с.
2. Азаров В.Н. Пылеуловители со встречными закрученными потоками. Волгоград: РПК «Политехник» ВолгГТУ, 2003. 136 с.
3. Василевский М.В. Обеспыливание газов инерционными аппаратами. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 258 с.
4. Хурин И.А., Тюрин Н.П. Очистка печных газов при плавке алюминиевого лома // Региональная архитектура и строительство. 2011. № 2. С. 149-154.
5. Кузьмин В.В., Комаров М.А. К расчету эффективности вихревых пылеуловителей типа ВЗП // Современные тенденции развития науки и технологий. 2011. V. 8, I. 1. С. 118-120.
6. Азаров Д.В., Боровков Д.П. Об оптимизации параметров закрутки в пылеуловителях ВЗП // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2011. № 3. С. 55-60.
7. Кнышенко Ю.В., Дешко А.Е. Методика расчетной оценки эффективности вихревого пылеуловителя // Техническая механика. 2008. №1. С. 64-72.
8. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Способы повышения эффективности вихревых пылеуловителей // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2013. № 1-2. С. 10-12.
9. Puring S.M., Vatuzov D.N., Tyurin N.P. Parameter choice optimization of ventilating air cleaning equipment while designing and constructing industrial buildings // Procedia Engineering. 2016. V. 153. P. 563-568.
10. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. М.: Химия, 1981. 392 с.
11. Вихревой пылеуловитель: пат. 2650999 Рос. Федерация / Тюрин Н.П., Ватузов Д.Н., Пуринг С.М., Тюрин Д.Н.; № 2016117436/16, заявл. 04.05.2016; опубл. 18.04.2018, Бюл. №11.

Об авторах:

ПУРИНГ Светлана Михайловна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8(902)336-40-13 E-mail: Puring@mail.ru

ВАТУЗОВ Денис Николаевич

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8(927)658-00-87 E-mail: Vatuzov74@mail.ru

PURING Svetlana M.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8(902)336-40-13 E-mail: Puring@mail.ru

VATUZOV Denis N.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8(927)658-00-87 E-mail: Vatuzov74@mail.ru

Для цитирования: Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Повышение эффективности работы вихревых пылеуловителей // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, №3. С. 39-42. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.9.

For citation: Puring S.M., Vatuzov D.N. Improving the Efficiency of the Vortex Dust Collectors // Urban Construction and Architecture. 2018. V. 8, 3. Pp. 39-42. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.9.