

УДК 697.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИИ

**А.А. ХОДЬКОВ, канд. техн. наук, доц. И.А. ТИМОНОВ,
канд. техн. наук, доц. Е.Т. ТИМОНОВА
(Витебский государственный технологический университет)**

Рассматривается актуальная задача – повышение эффективности пылеулавливания. Одним из направлений ее решения является разработка новых конструкций и форм исполнения пылеулавливающего оборудования. В предлагаемом пылеуловителе в качестве основного рабочего органа использовано винтовое тело в виде шнека. В лабораторных условиях УО «ВГТУ» созданы опытные образцы винтовых пылеуловителей с диаметром шнека 100, 200, 320 и 400 мм производительностью по воздуху от 300 до 5000 м³/ч. В статье приведены результаты экспериментальных исследований винтового пылеуловителя с диаметром шнека 100 мм, определены оптимальные конструктивные и режимные параметры его работы. Получены зависимости эффективности очистки и аэродинамического сопротивления аппарата от скорости воздушного потока на входе в пылеуловитель и числа его секций. Конструктивные особенности пылеуловителя, высокая эффективность очистки, приемлемое аэродинамическое сопротивление обусловили возможность его применения в промышленных системах пылеулавливания, локальной очистке пылевых выбросов от технологического оборудования и пылеборке производственных помещений.

В современных условиях одной из самых острых экологических проблем является загрязнение атмосферного воздуха промышленными выбросами. Общий объем выбросов по Республике Беларусь от стационарных источников в 2007 году составил 399,2 тыс. т, в том числе от технологических, производственных и других процессов – 278, 2 тыс. т (69,7 %). По твердым веществам промышленные выбросы по республике составляют 27,5 тыс. т. По Витебской области общий объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников составил 123,4 тыс. т, в том числе по твердым веществам 7,4 тыс. т. Однако уровень оснащенности субъектов хозяйствования пылегазоулавливающими установками остается невысоким – 12,6 %.

Техника пылеулавливания характеризуется большим разнообразием конструкций и форм исполнения оборудования. На данный момент времени в различных отраслях народного хозяйства для очистки запыленных газовых потоков наибольшее применение нашли инерционные и тканевые пылеуловители. Последние, имея высокую степень очистки, характеризуются значительным аэродинамическим сопротивлением, увеличивающимся по мере загрязнения фильтра, а также невозможностью полной регенерации. Инерционные пылеуловители в свою очередь обладают недостаточно высокой эффективностью, но в то же время имеют хорошие эксплуатационные характеристики, которые не изменяются в процессе работы [1].

Анализ данной ситуации приводит к необходимости совершенствования существующих и создания новых высокоэффективных с малыми энергозатратами аппаратов. В то же время все большее внимание в теории и практике пылеулавливания, как и в других областях науки и техники, уделяется нетрадиционным методам и средствам. К ним можно отнести использование ультразвука, ионизацию запыленного воздушного потока, создание дополнительных вихревых движений для усиления инерционного эффекта и ряд других способов.

Исследовательская часть. В аппаратах очистки воздуха или жидкости от твердых включений часто используются различного рода завихрители или винтовые поверхности с целью обеспечения на входе в агрегат дополнительно закрученного воздушного потока, что позволяет повысить эффективность их работы. Примером могут служить прямоточный циклон и вихревой аппарат. При проведении патентного поиска был установлен ряд аппаратов, в которых в качестве рабочего органа была использована винтовая поверхность в виде шнека. Но основной функцией этой поверхности являлась транспортировка различных материалов. Наиболее широко распространены шнеки в практике экструдирования, где они выполняют одновременно функции транспортера, смесителя и винтового насоса.

В Витебском государственном технологическом университете в рамках Региональной научно-технической программы «Инновационное развитие Витебской области» были созданы конструкции винтовых пылеуловителей, в которых в качестве основного рабочего органа использовалось винтовое тело (рис. 1). Устройство выполнено в виде корпуса 1 с входным 2 и выходным 3 патрубками. Внутри корпуса по всей его длине установлены вертикальные пластины 4 с центральными отверстиями, через которые проходит винтовое тело в виде шнека 5. Расстояние между пластинами соответствует шагу

винтовой поверхности. Устройство работает следующим образом. Запыленный воздух поступает через входной патрубок в полость корпуса. Частицы пыли, поступающие вместе с воздушным потоком, начинают совершать винтовое движение вдоль поверхности шнека. В результате такого движения происходит постоянное торможение воздушного потока, вызванное его соприкосновением с поверхностями пластин и с неподвижными объемами воздуха в пространстве между ними. По мере продвижения воздуха к выходному патрубку происходит постоянное выпадение твердых частиц из воздушного потока и разделение их по фракциям. Заторможенные частицы под действием силы тяжести выпадают в камеры между пластинами.

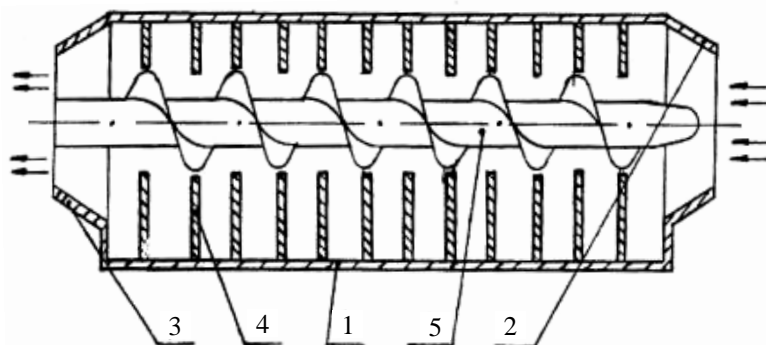


Рис. 1. Винтовой пылеуловитель

На основании многочисленных исследовательских работ по экструзии получены общепризнанные зависимости элементов винтовой поверхности от основного параметра – диаметра шнека. Так, расстояние между пластинами соответствует шагу винтовой поверхности, который равен диаметру входного патрубка в аппарат.

Новизна конструкции аппарата подтверждена патентом [2]. В Витебском государственном технологическом университете в лабораторных условиях были разработаны и испытаны опытные образцы винтовых пылеуловителей с диаметром шнека 100, 200, 320 и 400 мм производительностью по воздуху от 300 до 5000 м³/ч.

Исследования по определению основных конструктивных и режимных параметров работы аппаратов проводились на лабораторном стенде.

Конструкция аппарата выполнена по секционному принципу, что позволяет менять при испытаниях количество камер и соответственно длину аппарата.

Испытания проводились в соответствии с действующими Методическими указаниями измерения концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия из «Перечня методик выполнения измерений, применяемых в учреждениях Санитарно-эпидемиологического надзора Республики Беларусь при осуществлении выборочного лабораторного контроля на объектах государственного надзора» № 4436-87, а также ГОСТ 12.3.018-79 [3, 4].

При испытаниях использовалась доломитовая, абразивная, цементная и кварцевая пыль с концентрацией на входе в аппарат 1 г/м³.

Основными характеристиками пылеуловителей являлись эффективность очистки и аэродинамическое сопротивление. Эффективность очистки оценивалась путем замера концентрации пыли на входе и выходе из аппарата и проверялась по количеству осаждаемой пыли.

Основываясь на результатах предварительных испытаний, был выбран интервал изменения скорости запыленного воздуха на входе в аппарат от 5 до 15 м/с.

Количество секций аппарата менялось в диапазоне от 4 до 7. При количестве секций менее 4-х аппарат не работает эффективно как пылеуловитель. Увеличение же количества секций выше 7-ми не приводит к существенному увеличению эффективности, а ведет лишь к неоправданным энергетическим затратам.

Скорость запыленного воздуха на входе в аппарат задавалась исходя из скорости витания исследуемых видов пыли.

С целью сокращения количества трудоемких экспериментальных исследований применялись методы математического планирования эксперимента. Реализовывался полный факторный эксперимент типа 3² с числом факторов 2 и числом уровней 3.

При обработке результатов экспериментов применялись стандартные функции и алгоритмы поиска решения.

Обработка результатов экспериментов опытного образца пылеуловителя с диаметром рабочего органа 100 мм позволила выявить зависимости эффективности очистки η и аэродинамического сопротивления аппарата ΔP от скорости воздушного потока на входе в аппарат ω и числа секций аппарата N :

$$\eta = (-0,05\omega^2 + 1,35\omega + 0,62) \cdot (-0,24N^2 + 3,37N - 4,2),$$

$$\Delta P = 2,33\omega^2(0,56N + 0,09).$$

На основе анализа полученных зависимостей было установлено, что наиболее эффективная область работы пылеуловителя ВП-100 при наименьших энергозатратах достигается при $N = 7$ и $\omega = 8$ м/с.

Эффективность очистки 95 % и потери давления 700 Па достигались при скоростях от 7 до 10 м/с и количестве секций равном 7. Были также определены оптимальные режимные и конструктивные параметры пылеуловителей с большими размерами шнека ВП-200, ВП-320 и ВП-400. Высокая эффективность очистки (более 90 %) сохраняется для диаметра частиц более 5 мкм для абразивной пыли и более 10 мкм – для доломитовой.

Полученные результаты позволили сделать вывод о целесообразности и перспективности внедрения винтовых аппаратов (ВА) в производство. При сравнении ВА с такими пылеуловителями, как циклон, вихревой, жалюзийный и вентиляторный аппараты установлено, что по удельным энергозатратам, активному объему и металлоемкости он не уступает указанным пылеуловителям, а по эффективности очистки проигрывает только вихревому аппарату.

В связи с тем, что винтовые пылеуловители имеют высокие показатели по эффективности очистки и энергозатратам, их области использования достаточно широки. Пылеуловители данного типа могут устанавливаться как внутри, так и снаружи производственных помещений, а также быть встроенными в технологическое оборудование и осуществлять локальную очистку воздуха от пыли. Горизонтальное расположение винтового пылеуловителя существенно упрощает его обслуживание и монтаж.

Винтовой пылеуловитель более эффективен для улавливания сухих неволокнистых видов пыли, так как волокнистая пыль в процессе работы может налипать на винтовое тело и приводить к уменьшению зазора между рабочим органом и отверстиями в перегородках. Это в свою очередь приведет к значительному повышению аэродинамического сопротивления.

В связи с повышенными требованиями к системам очистки промышленных выбросов от пыли за рубежом и в странах СНГ в последнее время стали широко внедряться комбинированные малогабаритные фильтровентиляционные агрегаты (ФВА), предназначенные для удаления, очистки и возврата очищенного воздуха в производственные помещения. В состав ФВА входят побудитель тяги (вентилятор) либо воздушоструйный эжектор и фильтрующий элемент, в котором совмещается инерционный эффект пылеулавливания (первая ступень очистки) с контактной очисткой в тканевом элементе или электрофилт্রে (вторая ступень очистки).

В зависимости от типа используемого местного отсоса ФВА могут быть условно разделены на две группы: переносные малогабаритные агрегаты производительностью 100...250 м³/ч, обслуживающие малогабаритные отсосы и передвижные ФВА производительностью 800...1200 м³/ч, обслуживающие вытяжные устройства подъемно-поворотного типа.

Очистка воздуха в ФВА «Мрия», «Бриз», МФА-1 производится обычно в тканевых регенерируемых фильтрах. В качестве фильтрующих тканей используют лавсан, кирзу, иглопробивные материалы и др. Для улавливания крупных частиц, искр и окалины в качестве первой ступени очистки предусматривают инерционные пылеуловители. С целью повышения эффективности очистки (до 99 %) на второй ступени очистки в некоторых агрегатах используют ткань ФПП.

Малогабаритные ФВА широко применяются за рубежом. Как правило, в этих агрегатах используются бумажные (картонные) сменные фильтры разового использования: польские ФВА «Pufо», «Glisaf»; шведские «Plumoth» ТК-200 и ТК-400; финские «Kemppi» и др.

В последние годы за рубежом широкое распространение получили передвижные ФВА производительностью 800...1200 м³/ч, в которых для очистки воздуха используют бумажные кассетные фильтры и электрофильтры. Электрофильтры выгодно отличаются от тканевых и бумажных небольшим гидравлическим сопротивлением (5...10 Па). Для сравнения, в ФВА с тканевыми (волокнистыми) фильтрами при таких же объемах очищаемого воздуха требуется преодолеть сопротивление до 1,5...2,0 кПа. Однако средняя эффективность очистки в электрофильтрах составляет около 90 % (в тканевых – до 99 %).

Фильтровентиляционные агрегаты выпускаются российско-шведским предприятием «Совплим» (стационарные и передвижные агрегаты), белорусско-шведским предприятием ООО «Экотермент», про-

изводитель – фирма «Fumex» (MF и ПУМА – агрегаты для очистки воздуха от сварочного дыма, шлифовальной и абразивной пыли) и др.

Учитывая это перспективное направление развития систем очистки промышленных выбросов и исходя из необходимости совершенствования разработанных ФВА с целью исключения некоторых присущих им недостатков (высокое гидравлическое сопротивление) в УО «ВГТУ» разработана конструкция фильтровентиляционного агрегата – винтового аппарата.

Конструктивные особенности аппарата обусловили возможность его использования в качестве первой ступени очистки в промышленных пылесосах (рис. 2), что было реализовано в конструкции опытно-промышленного образца.

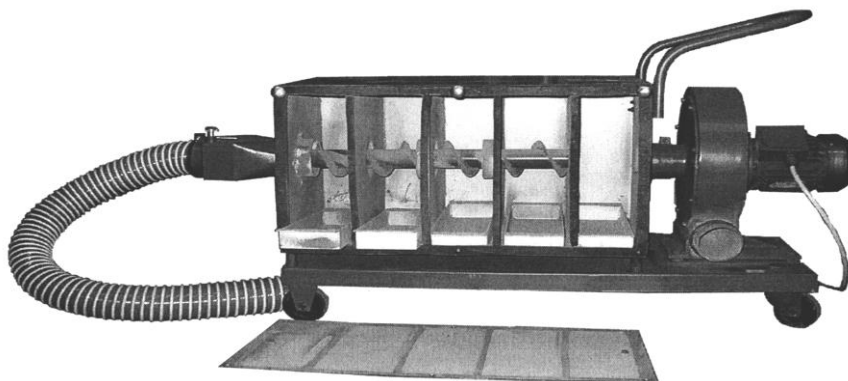


Рис. 2. Опытно-промышленный образец пылесоса с винтовой поверхностью

На первой ступени очистки использовалась винтовая поверхность, на второй – тканевый сменный фильтр. На одной из сторон корпуса находится съемная крышка для осуществления периодической очистки пылесоса от пыли. Корпус с фильтрующей камерой крепится винтами к станине, на которой закреплен вентилятор. Станина крепится к фундаменту неподвижно либо оснащается колесами и ручкой (для подвижной модели). При испытаниях было установлено, что наибольшая эффективность очистки (до 99 %) достигалась при скорости запыленного воздуха на входе в аппарат 15 м/с. Потери давления в аппарате в зависимости от заданных режимов работы менялись в пределах от 500 до 1500 Па. При оптимальных параметрах работы аппарата потери давления составляли 800 Па.

Заключение. По эффективности пылеулавливания и удельным энергозатратам созданный на базе винтового пылеуловителя промышленный пылесос не уступает лучшим образцам зарубежных фирм и стран СНГ, а его стоимость ниже в 1,5...2 раза.

Винтовой пылеуловитель внедрен на Витебском механическом заводе, Витебском локомотивном депо, изготовлено несколько опытно-промышленных образцов пылесосов (АП «Визас»), созданных на основе винтового пылеуловителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пирумов, А.И. Обеспыливание воздуха / А.И. Пирумов. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1981. – 296 с.
2. Устройство для очистки воздушного потока от пыли: пат. 3253 Респ. Беларусь, МПК В 01D 45/00 / С.С. Клименков, И.А. Тимонов, А.А. Ходьков, А.С. Клименков; заявитель Витебск. гос. техн. ун-т. – № 970230; заявл. 24.04.1997; опубл. 30.03.2000 // Афіцыйны бюл. / Дзярж. пат. камітэт. – 2000. – № 1. – С. 139.
3. Методические указания измерения концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия // Перечень методик выполнения измерений, применяемых в учреждениях Санитарного надзора Респ. Беларусь при осуществлении выборочного лабораторного контроля на объектах государственного надзора № 4436-87: утв. 18.11.1987 зам. главного санитарного врача СССР.
4. Система стандартов безопасности труда «Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний»: ГОСТ 12.3.018-79. – М., 1981.

Поступила 23.12.2008