

УДК 621.928.93

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ФИЛЬТРОВАЛЬНОГО ПОЛОТНА НА ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ

А.В. Акулич, В.М. Лустенков, Н.В. Кондриков, А.С. Исаков

Разработана лабораторная модель комбинированного пылеуловителя. Исследована гидродинамика комбинированного пылеуловителя при изготовлении фильтровальных рукавов из двух типов полотна: иглопробивного фильтровального полотна ИФПЗ-1 и полотна полиэфирного иглопробивного фильтровального ФТ-1. Проведено сравнение и изучено влияние типа фильтровального полотна на гидравлическое сопротивление комбинированного пылеуловителя. Приведены прочностные и фильтровальные свойства различных фильтровальных материалов.

Введение

Высокоэффективное пылеулавливающее оборудование комбинированного типа в последнее время находит широкое применение в системах аспирации на предприятиях пищевой промышленности. Его востребованность определяется характерными для комбинированных аппаратов преимуществами: в них совмещено несколько способов очистки газа от твердых частиц, снижена металлоемкость, обеспечивается высокоэффективное улавливание мелкодисперсной фракции, а гидравлическое сопротивление ниже, чем у высокоэффективных пылеулавливающих аппаратов и систем.

Современное производство охватывает широкий спектр перерабатываемых продуктов. В связи с этим выбор типа комбинированного пылеуловителя, разработанного на основе тех или иных принципов отделения, должен производиться с учетом свойств и дисперсного состава улавливаемого материала. При этом, конструктивное исполнение комбинированных аппаратов и их стадий оказывает влияние как на технические характеристики, так и на эффективность работы пылеуловителя в целом.

Результаты исследований и их обсуждение

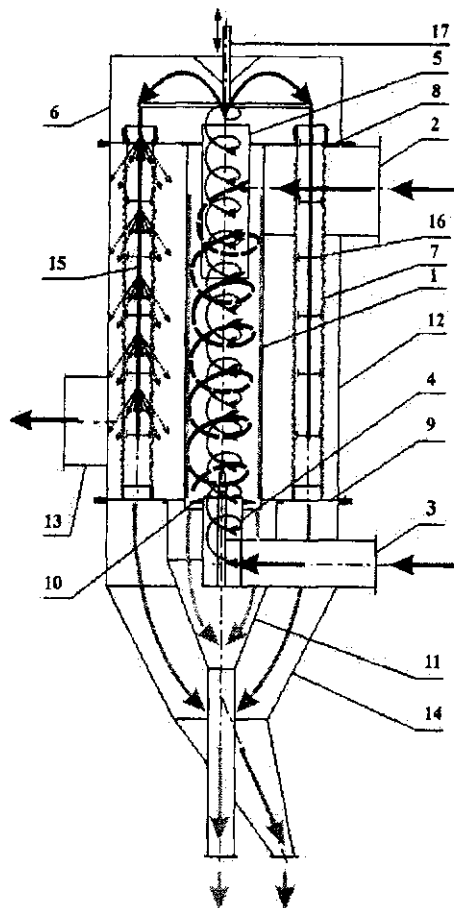
В работе представлены результаты исследования гидравлического сопротивления комбинированного пылеуловителя при работе аппарата с фильтровальными рукавами, изготовленными из различных типов фильтровального полотна.

Разработана конструкция комбинированного пылеуловителя КП-150-1,36, схема которого изображена на рисунке 1 [1-4]. В данной модели пылеуловителя реализовано совмещение отделения взвешенных частиц в системе вихревых потоков в камере центробежного отделения 1 диаметром 0,15 м и высотой 0,6 м с фильтрованием через тканевые рукава 7 диаметром 0,06 м при установке 12 рукавов по высоте камеры центробежного отделения. Общая площадь фильтровальной поверхности составляет 1,36 м².

Аппарат работает следующим образом (рисунок 1). Через тангенциальные патрубки 2 периферийного потока в верхней части и 3 центрального потока в системе с завихрителем 4 в нижней части запыленный газ одновременно подается в камеру центробежного отделения 1, где в системе взаимодействующих закрученных в одном направлении и движущихся навстречу друг другу потоков обеспечивается высокоактивный гидродинамический режим очистки газа.

Предварительно очищенный от крупной фракции газ через выхлопную трубу 5 направляется в газораспределительный кожух 6, где происходит его равномерное распределение по фильтровальным рукавам 7, закрепленным между верхней 8 и нижней 9 перфорированными решетками. Отделенная пыль через зазор между отбойной шайбой 10 и стенкой камеры центробежного отделения 1 поступает в бункер крупной фракции 11. В рукавах 7 происходит доочистка газа фильтрованием, после чего газ поступает в корпус 12, из которого отводится

через патрубок *13* для выхода очищенного газа. Мелкодисперсные частицы пыли задерживаются на материале фильтровальных рукавов, с которых удаляются в бункер мелкодисперсных частиц *14* при возвратно-поступательном движении устройства регенерации, выполненного в виде системы штоков *15* с несколькими рядами кольцевых дисков *16* на каждом штоке и связанных с приводным рычагом *17* в пространстве газораспределительного кожуха *6*.



- 1 – камера центробежного отделения; 2 – тангенциальный патрубок периферийного потока;
 3 – тангенциальный патрубок центрального потока; 4 – завихритель; 5 – выхлопная труба;
 6 – газораспределительный кожух; 7 – фильтровальные рукава; 8 – верхняя решетка;
 9 – нижняя решетка; 10 – отбойная шайба; 11 – бункер крупной фракции; 12 – корпус;
 13 – патрубок для вывода очищенного газа; 14 – бункер мелкодисперсных частиц;
 15 – штоки; 16 – кольцевые диски; 17 – приводной рычаг

Рисунок 1 – Схема комбинированного пылеуловителя КП-150-1,36

Известно, что фильтровальные полотна, из которых изготавливаются рукава, имеют различные характеристики и могут быть рекомендованы для улавливания различных продуктов. В работе изготовлены рукава из наиболее распространенных фильтровальных полотен: иглопробивного фильтровального полотна ИФЗ-1 (ТУ 17-14-45-77) и полотна полиэфирного иглопробивного фильтровального ФТ-1 (ТУ 00204079.14097).

Для проведения исследований гидравлического сопротивления разработанного пылеуловителя КП-150-1,36 с рукавами из различных типов полотна создана лабораторная установка, произведена наладка и запуск [5-7].

Для вывода комбинированного пылеуловителя на рабочий режим материал фильтровальных рукавов был подвергнут многократному запылению путем подачи газозвеси в аппарат с последующей регенерацией рукавов.

При изменении общего объемного расхода газа через аппарат V_0 от $0,083 \text{ м}^3/\text{с}$ до $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ и кратности расхода в интервале $k=0\div 1$ определены потери давления (ΔP) для камеры цен-

тробежного отделения, стадии фильтрования и комбинированного пылеуловителя без пылевой нагрузки рукавов и в рабочем режиме [8].

Результаты испытаний аппарата для двух типов фильтровального полотна обработаны и представлены в виде графических зависимостей: потери давления от объемного расхода газа при постоянной величине кратности расхода ($\Delta P=f(V_0)$, $k=const$) и потери давления от кратности расхода при постоянном общем расходе газа через аппарат ($\Delta P=f(k)$, $V_0=const$) по стадиям отделения.

В интервале объемного расхода газа $V_0 = 0,083 \div 0,2$ м³/с наблюдается рост потери давления с увеличением объемного расхода газа для двух типов фильтровального полотна при работе комбинированного пылеуловителя с фильтровальным полотном без пылевой нагрузки (рисунок 2) и с выведенным на рабочий режим [9].

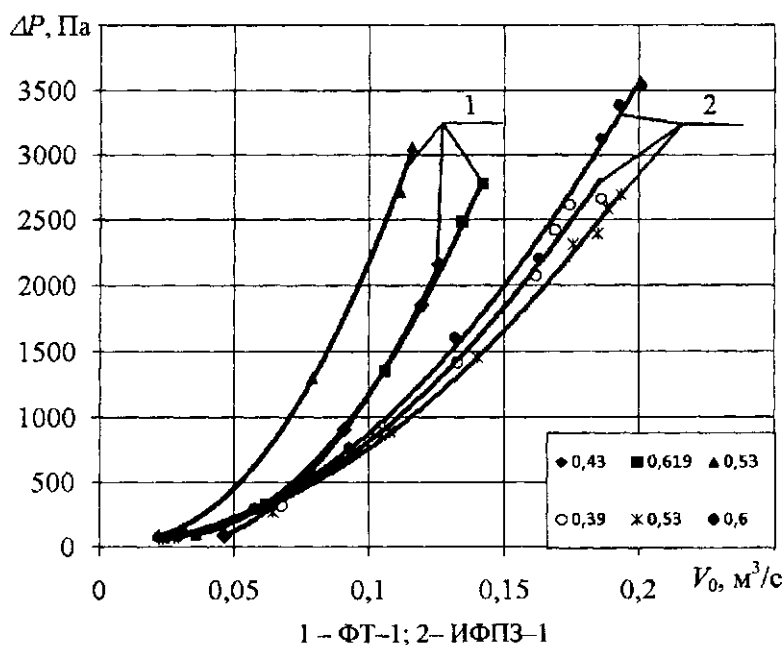
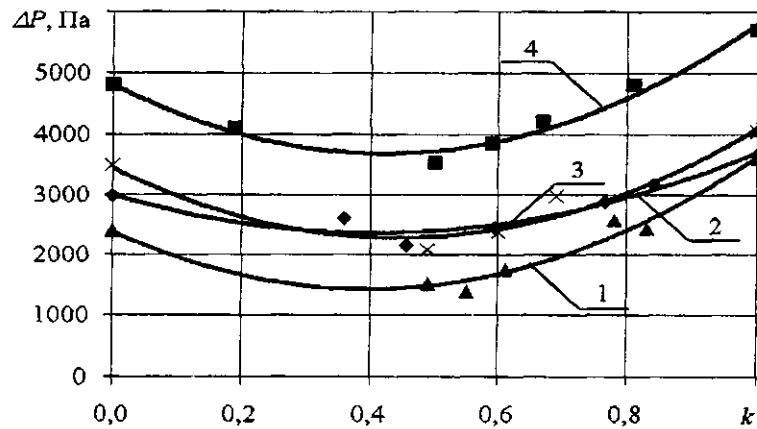


Рисунок 2 – Зависимости потери давления комбинированного пылеуловителя от общего объемного расхода газа при различной кратности расхода для двух типов фильтровального полотна без пылевой нагрузки

Из анализа зависимости, представленной на рисунке 3, установлено увеличение гидравлического сопротивления комбинированного пылеуловителя в интервале $k=0 \div 1$ при работе рукавов в рабочем режиме по сравнению с режимом без пылевой нагрузки как для фильтровального полотна ИФПЗ-1, так и для ФТ-1.

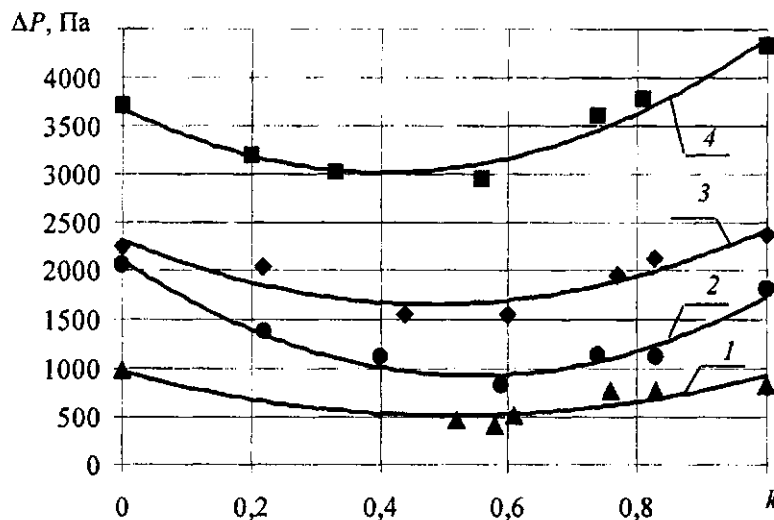
Определено, что без пылевой нагрузки потери давления комбинированного пылеуловителя с фильтровальными рукавами из полотна ИФПЗ-1 в 1,2÷1,4 раза меньше чем с рукавами из полотна ФТ-1. При выводе пылеуловителя на рабочий режим его сопротивление возрастает: для ИФПЗ-1 в 1,4 раза, а для ФТ-1 в 1,6 раза по сравнению с режимом без пылевой нагрузки. В свою очередь, в рабочем режиме полотно ИФПЗ-1 по сравнению с ФТ-1 обеспечивает меньшее значение ΔP в 1,4÷1,6 раза (рисунок 3). Следует отметить, что потери давления комбинированного пылеуловителя с фильтровальным полотном ФТ-1 при работе без пылевой нагрузки практически совпадает с величиной ΔP аппарата с полотном ИФПЗ-1 в рабочем режиме (рисунок 3).

Анализ зависимостей потери давления комбинированного пылеуловителя при различных объемных расходах газа (рисунки 4) показал, что с увеличением расхода газа потери давления аппарата с полотном ФТ-1 при $V_0=0,083$ м³/с в 1,8 раза больше чем с ИФПЗ-1, а при $V_0=0,111$ м³/с ΔP возрастает в 1,5 раза (рисунок 4).



1 – ИФПЗ–1 (без пылевой нагрузки); 2 – ФТ–1 (без пылевой нагрузки);
3 – ИФПЗ–1 (рабочий режим); 4 – ФТ–1 (рабочий режим)

Рисунок 3 – Зависимости потери давления комбинированного пылеуловителя с рукавами из фильтровального полотна ИФПЗ–1 и ФТ–1 без пылевой нагрузки и в рабочем режиме от кратности расхода при общем объемном расходе газа $V_0=0,138 \text{ м}^3/\text{с}$



$V_0 = 0,083 \text{ м}^3/\text{с}$: 1 – ИФПЗ–1; 2 – ФТ–1
 $V_0 = 0,111 \text{ м}^3/\text{с}$: 3 – ИФПЗ–1; 4 – ФТ–1

Рисунок 4 – Зависимости потери давления комбинированного пылеуловителя с фильтровальными рукавами, выведенными на рабочий режим от кратности расхода при различных объемных расходах газа

При рассмотрении зависимости потери давления комбинированного пылеуловителя от общего объемного расхода газа для различных типов фильтровального полотна при кратности расхода $k=0,53$ (рисунок 5) установлено, что для общего объемного расхода газа $V_0=0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ потери давления на фильтровальном полиэфирном иглопробивном полотне ФТ–1 составляют 2190 Па, в свою очередь, потери давления при работе комбинированного пылеуловителя с иглопробивным фильтровальным полотном ИФПЗ–1 характеризуются величиной $\Delta P=760 \text{ Па}$. Таким образом, потери давления аппарата в данных режимных условиях при использовании полотна ФТ–1 в 2,88 раза больше потерь давления при работе комбинированного пылеуловителя с полотном ИФПЗ–1.

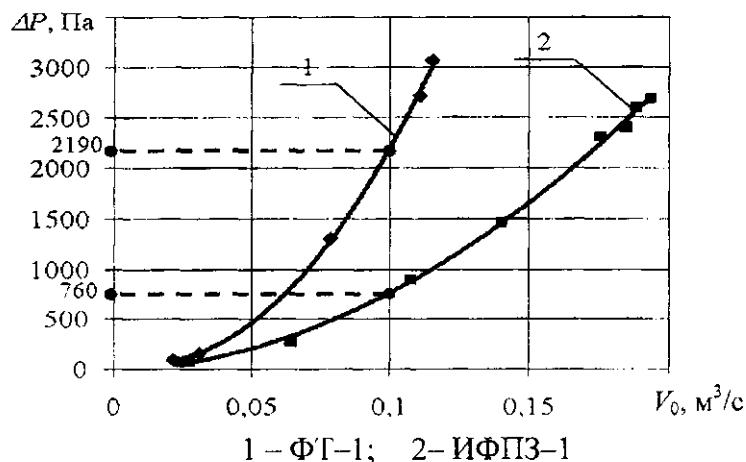


Рисунок 5 – Зависимости потерь давления комбинированного пылеуловителя от общего объемного расхода газа при кратности расхода $k=0,53$ для двух типов фильтровального полотна

Проведен анализ прочностных и фильтрующих свойств различных типов наиболее распространенных фильтровальных материалов (таблица 1) [10–11]. Детально рассмотрены свойства использовавшихся для изготовления рукавов иглопробивного фильтровального полотна ИФПЗ-1 (ТУ 17-14-45-77) и полотна полиэфирного иглопробивного фильтровального ФТ-1 (ТУ 00204079.14097).

Анализ свойств исследуемых фильтровальных материалов (ИФПЗ-1 и ФТ-1), представленных в таблице 1, по таким характеристикам как поверхностная плотность и воздухопроницаемость, показал увеличение их численных значений для полотна ИФПЗ-1. Это означает, что несмотря на превышение массы 1 м^2 полотна ИФПЗ-1 в 1,2 раза его воздухопроницаемость в 1,65 раза больше, чем для ФТ-1. Следовательно, при соотношении данных показателей полотно ИФПЗ-1 обеспечивает прохождение большего количества газа и при этом характеризуется меньшим сопротивлением при равной производительности по газу по сравнению с ФТ-1. Таким образом, данная информация подтверждает результаты экспериментальных исследований в соответствии с которыми гидравлическое сопротивление и эффективность улавливания мелкодисперсных частиц в аппарате с рукавами изготовленными из ИФПЗ-1 ниже, чем из полотна ФТ-1.

Таблица 1 – Основные прочностно-фильтровальные свойства фильтровальных материалов

№ п/п	Фильтровальный материал	Поверхностная плотность, г/м^2	Разрывная нагрузка, Н		Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$, при 50 Па	Термостойкость, $^{\circ}\text{C}$
			длина	ширина		
1	Войлок иглопробивной, ТУ 17-413-77, лавсан арт. 204-Э	600	1140	550	140	–
2	Войлок иглопробивной с каркасом, арт. 931521	460	1000	760	140	–
3	Войлок иглопробивной лавсановый, ТУ 17-413-82, арт. 934561	–	1000	400	150	–
4	Войлок иглопробивной лавсановый, ТУ 17-413-82, арт. 934569	–	700	500	250	–
5	Полотно иглопробивное антистатическое, ТУ 17-14-45-77	600	1490	660	231	130
6	ФТ-1	500	750	980	140	145
7	ФТ-6	500	900	600	180	145
8	ФТ-7	500	800	500	200	145

Заключение

Изготовлена экспериментальная модель комбинированного пылеуловителя КП-150-1,36 и создана лабораторная установка для исследования гидродинамики аппарата. Исследована гидродинамика комбинированного пылеуловителя при изготовлении фильтровальных рукавов из двух типов фильтровального полотна: иглопробивного фильтровального полотна ИФЗ-1 (ТУ 17-14-45-77) и полотна полиэфирного иглопробивного фильтровального ФТ-1 (ТУ 00204079.14097). Проведен сравнительный анализ гидравлического сопротивления комбинированного пылеуловителя КП-150-1,36 с рукавами из различного фильтровального полотна. Теоретически изучены прочностно-фильтровальные свойства различных полотен и проведено сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Литература

1. Комбинированный пылеуловитель: пат. 8290 Рэсп. Беларусь, МПК7 В01D 46/02, В04С 3/06 / А.В. Акулич, В.М. Лустенков; заявитель Могил. гос. ун-т продовольствия.– № а 20030016; заявл. 08.01.2003; опубл. 30.08.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.– 2006. – №4. – С. 52–53.
2. Комбинированный пылеуловитель: пат. 8539 Рэсп. Беларусь, МПК7 В04С 3/00, В01D 50/00 / А.В. Акулич, В.М. Лустенков; заявитель Могил. гос. ун-т продовольствия.– № а 20031138; заявл. 30.06.2004; опубл. 30.10.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – №5. – С. 83.
3. Способ очистки газа от твердых частиц: пат. №11606 Рэсп. Беларусь, МПК (2006) В04С 3/00, В01D 45/12. / Акулич А.В., Лустенков В.М., Акулич В.М., заявитель и патентообладатель Могил. гос. ун-т продовольствия.– №а20060662, заявл. 04.07.2006; опубл. 28.02.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №1. – С. 62.
4. Лустенков, В.М. Разработка комбинированного пылеуловителя / В.М. Лустенков, А.В. Акулич, А.В. Темрук : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 26–28 апреля 2003 г. / Могил. гос. ун-т продовольствия; редкол.: Т.С. Хасаншин (отв. ред.) [и др.].– Могилев, 2003.– ч1.– С. 309–310.
5. Акулич, А.В. Исследование гидравлического сопротивления комбинированного пылеуловителя / А.В. Акулич [и др.] // Инж-физ журн.– 2005.– Т. 78, № 4.– С. 158–162.
6. Лустенков, В.М. Исследование гидравлического сопротивления комбинированного пылеуловителя / В.М. Лустенков, А.В. Акулич; материалы Междунар. науч.–практич. конф., Минск, 28–30 октября 2003 г./ Бел. научн-исслед. и проектно-конструкт. инст-т пищ. прод.; под ред. З.В. Ловкиса.– Минск, 2003.– 128 с.
7. Акулич, А.В. Разработка новой конструкции комбинированного пылеуловителя и определение коэффициента гидравлического сопротивления: материалы II Междунар. науч.–технич. конф. / А.В. Акулич, В.М. Лустенков: Воронеж, 22–24 сентября 2004 г. / Воронежск. гос. технол. акк-я; под ред. В.К. Битакова [и др.].– Воронеж, 2004.– ч. II. – 380 с.
8. Церковский, А.А. Влияние фильтровального полотна на гидравлическое сопротивление комбинированного пылеуловителя: материалы VI Междунар. науч.–техн. конф. аспирантов и студентов, Могилев, 24–25 апр. 2008 г. / Могил. гос. ун-т продовольствия; редкол.: А.В. Акулич (отв. ред) [и др.]. – Могилев, 2008.– 275 с.
9. Лустенков, В.М. Сравнение эффективности улавливания мелкодисперсных материалов в комбинированном пылеуловителе с рукавами из различного типа полотна / В.М. Лустенков [и др.]. Материалы VII-й международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», Могилев, 21–22 мая 2009 г. / Могил. гос. ун-т продовольствия. – Могилев, 2009. – С. 59.
10. Коузов, П.А. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности / Коузов П.А., Мальгин А.Д., Скрябин Г.М.. – Л.: Химия, 1982. – 256 с.
11. Мазус, М.Г. Фильтры для улавливания промышленных пылей / Мазус М.Г., Мальгин А.Д., Моргулис М.Л. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.

Поступила в редакцию 22.05.2009