

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Ибрахимов Каримжон Исмаилович

доцент, кафедры «Автомобиль и
автомобильное хозяйство», ТГТрУ, к.т.н.

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена исследованию эффективности фильтрационных бумажных материалов для очистки воздуха от кварцевой пыли. Исследована эффективность гидрофобных бумажных материалов в зависимости от следующих факторов, влияющих на показатели очистки воздуха. К ним относятся удельная поверхность пыли, скорость фильтрации воздуха, условная пористость фильтрационного материала, концентрация кварцевой пыли и влажность воздуха. Исследование процесса очистки воздуха от пыли проводили с применением методов планирования эксперимента на безмоторной установке. В результате статической обработки экспериментальных данных получены математически модели функций отклика, то есть удельная пылеемкость и коэффициент пропуска пыли различных фильтрационных материалов. Определены значимые и незначимые факторы влияющие на процесс очистки воздуха от кварцевой пыли.

Ключевые слова: бумажный фильтрационный материал; установка для проведения испытания; показатели очистки воздуха, удельная пылеемкость фильтрационного материала, коэффициент пропуска пыли, удельная поверхность пыли, скорость фильтрации, пористость, концентрация пыли, влажность воздуха.

ABSTRACT

The work is devoted to studying the effectiveness of filtration paper materials for purifying air from quartz dust. The effectiveness of hydrophobic paper materials was studied depending on the following factors affecting air purification performance. These include the specific surface area of the dust, the air filtration rate, the relative porosity of the filtration material, the concentration of quartz dust and air humidity. The study of the process of air purification from dust was carried out using experimental planning methods on a non-motorized installation. As a result of static processing of experimental data, mathematical models of response functions were obtained, that is, specific dust holding capacity and dust transmission coefficient of

various filtration materials. Significant and insignificant factors influencing the process of air purification from quartz dust have been identified.

Key words: *paper filtration material; test setup; air purification indicators, specific dust holding capacity of the filtration material, dust transmission coefficient, specific surface area of dust, filtration speed, porosity, dust concentration, air humidity.*

ВВЕДЕНИЕ

На основа предварительного анализа были выявлены факторы, влияющие на показатели очистки воздуха от кварцевой пыли пористыми перегородками. К ним относятся удельная поверхность пыли S , скорость фильтрации V , условная пористость материала p , концентрация пыли φ и влажность воздуха ψ [1,2,3,4]. Такое число факторов связано с необходимостью проведения большого количества трудоемких опытов. Поэтому исследования процесса очистки воздуха от пыли проводили с применением методов планирования эксперимента на безмоторной установке (рис 1).

Воздух просасывался через испытываемый фильтрационный материал 3, абсолютный фильтрационный материал 4, расходомер 6, трубопроводы установки 5, водокольцевым насосом 9, который приводится в действие электродвигателем 13. Необходимая концентрация пыли создавалась дозатором пыли 1 и распылителем 2. Скорость поступления аэрозоля к фильтрационному материалу устанавливалась вентилями 7 и 8. Расход водяных паров регулировался за счет изменения положения подвижки электрического реостата R . Фактический расход воды определялся по разности массы сосуда 12 до и после опыта. Электронагреватель обеспечивает максимальную влажность воздуха, достигающую 100% при температуре 298°К. Фильтрационные материалы испытывались до сопротивления 6,0 кПа. В качестве абсолютного фильтра применялся фильтрационный материал типа ФПП-Д, изготовленный из ультратонких волокон. Привес абсолютного фильтра определялся на аналитических весах с точностью 0,1 мг. [5,8,9,10]

Удельная пылеемкость определялась по формуле:

$$g = \frac{G_1}{F}$$

где G_1 —масса пыли, удержанной на поверхности фильтрационного материала,

кг;

F – эффективная площадь фильтрации, м².

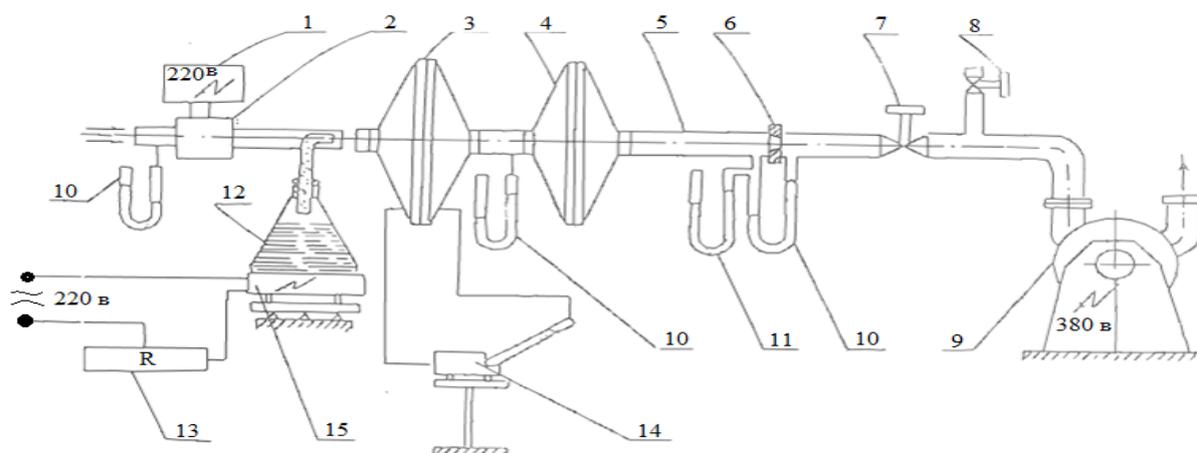


Рис. 1. Схема установки для испытания фильтрационных материалов.

- 1-дозатор пыли; 2-распылитель пыли; 3-испытуемый фильтрационный материал; 4-абсолютный фильтр;
 5-трубопровод; 6-расходомер воздуха; 7,8-вентили для точной и грубой регулировки воздуха;
 9-водокольцевой насос; 10-водяной пьезометр; 11-ртутный пьезометр; 12-сосуд с водой; 13-электрический реостат;
 14-микроманометр; 15-электронагреватель.

Коэффициент пропуска фильтрационного материала определялся по формуле:

$$\varepsilon = \frac{g_1}{G_2} * 100$$

где g_1 – привес абсолютного фильтра, г;

G_2 – количество поданной пыли, г.

Скорость поступления аэрозоля фильтрационному материалу определялась из зависимости:

$$V = \frac{Q_{об}}{F}$$

где $Q_{об}$ – объемный расход аэрозоли.

Условная пористость фильтрационных материалов определялась по методике ГОСТ 21956.

Влажность воздуха, поступающего на фильтрационных материал, изменялась за счет смешивания водяных паров с аэрозолем. Необходимый расход воды определялся из выражения

$$M = (\psi - \psi_1) * Q_{об} * \tau$$

где ψ - необходимая абсолютная влажность воздуха, г/м³;

ψ_1 - абсолютная влажность воздуха в помещении, г/м³;

$Q_{об}$ – объемный расход воздуха через фильтрационный материал, м³/ч;

τ – продолжительность опыта, ч.

РЕЗУЛЬТАТЫ:

Для проведения эксперимента составлена матрице планирования 2^{5-1} , что является полурепликой от полного факторного эксперимента типа 2^5 . Для определения дисперсия, характеризующей воспроизводимость опытов, и адекватности моделей поставлены параллельные опыты. Чтобы исключить влияние систематических ошибок, вызванных внешними условиями, порядок проведения опытов рандомизирован с помощью таблицы случайных чисел.

В ходе проведения экспериментов значение каждого фактора регулировалось на двух уровнях, т.е. на нижнем и верхнем уровнях. На нулевом уровне какого либо фактора эксперименты не проводились, так как математические модели пылеемкости (g) и коэффициента пропуска пыли (ϵ) рассматривались как полиномы первого порядка (уравненной регрессий первого порядка от факторов X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)

Для упрощения сравнения коэффициентов регрессии значения факторов представлены в кодированном виде. При проведении эксперимента факторы изменялись на двух уровнях (табл. 1). [11,12,13,14]

Таблица 1.

Натуральные значения и интервалы варьирования факторов

Уровни факторов и интервалы варьирования	Факторы				
	S, м ² /г	V, м/с	p, Па	φ , г/м ³	ψ , г/м ³
Кодовое обозначение	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Нулевой уровень	0,8050	0,050	1300	1,0	15,5
Нижний уровень	0,560	0,028	1050	0,8	10,01
Верхний уровень	1,050	0,072	1550	1,2	25,15
Интервал варьирования	0,245	0,022	250	0,2	7,57

Условия проведения эксперимента при различных опытах приведены в табл.2. Знаки « - » и « + » в матрице планирования соответствуют нижнему (-1) и верхнему (+1) уровням каждого из факторов.

Учитывая одинаковое число параллельных опытов на каждой строке матрицы планирования, однородность дисперсий проверялась по критерию Кохрена при 5-процентном уровне значимости.

На основании полученных результатов экспериментов методом наименьших квадратов были найдены коэффициенты уравнений регрессии (g , $\bar{\epsilon}$):

$$g = 1,259 - 0,322 X_1 - 0,148 X_2 - 0,135 X_3 - 0,030 X_4 - 0,003 X_5.$$

$$\bar{\epsilon} = 0,361 + 0,063 X_1 + 0,007 X_2 - 0,178 X_3 - 0,001 X_4 + 0,006 X_5.$$

Из уравнения видно, что удельная поверхность пыли X_1 , скорость фильтрации X_2 , условная пористость X_3 , запыленность воздуха X_4 и влажность воздуха X_5 отрицательно влияют на значение пылеемкости фильтрационного материала (g). По значениям коэффициентов полученного уравнения можно сделать предварительное заключение, что наиболее существенное влияние на пылеемкость (g) оказывают факторы X_1 , X_2 , X_3 , не существенное влияние оказывают факторы X_4 , X_5 . Также можно сделать предварительное заключение о том, что коэффициент пропуска пыли фильтрационного материала увеличивается от повышения значения удельной поверхности пыли X_1 , скорости фильтрации X_2 , уменьшается от повышения значений условной пористости X_3 , запыленности воздуха X_4 .

Для проверки адекватностей линейных моделей был применен F – критерий Фишера с доверительной вероятностью 0,95. Оценка значимости коэффициентов регрессии производилась с помощью t – критерия Стьюдента, табл 3

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента и средние значения функций отклика (\bar{g} , $\bar{\epsilon}$)

Номер опыта	Кодовое обозначение факторов					Средние значения функции отклика		Порядок проведения опытов
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	\bar{g}	$\bar{\epsilon}$	
1	-	-	-	+	-	1,798	0,443	16,32
2	+	-	-	-	-	1,155	0,645	8,10
3	-	+	-	-	-	1,533	0,460	18,30
4	+	+	-	+	-	1,012	0,656	20,23
5	-	-	+	-	-	1,575	0,114	2,7
6	+	-	+	+	-	1,033	0,193	26,31
7	-	+	+	+	-	1,226	0,111	19,21

8	+	+	+	-	-	0,764	0,217	1,4
9	-	-	-	-	+	1,722	0,449	9,13
10	+	-	-	+	+	1,201	0,650	3,5
11	-	+	-	+	+	1,588	0,479	1,29
12	+	+	-	-	+	0,966	0,677	25,28
13	-	-	+	+	+	1,613	0,141	14,17
14	+	-	+	-	+	0,974	0,196	12,22
15	-	+	+	-	+	1,180	0,136	6,24
16	+	+	+	+	+	0,802	0,212	15,27

Данные табл.3 свидетельствуют о том, что по указанным функциям отклика экспериментальные величины F – критерий Фишера не превышают табличных значений, следовательно, гипотезы об адекватности моделей принимаются.

После проверки значимости коэффициентов регрессий уравнения пылеемкости (g) и коэффициента пропуска пыли (ε) могут быть представлен в следующем виде:

$$g = 1,259 - 0,322 X_1 - 0,148 X_2 - 0,135 X_3.$$

$$\varepsilon = 0,361 + 0,063 X_1 + 0,178 X_3.$$

Анализ результатов позволяет утверждать, что в исследуемой области факторного пространство наибольшее влияние на удельную пылеемкость оказывает удельная поверхность пыли, скорость фильтрации и условная пористость.

Таблица 3

Результаты расчета для проверки адекватности и значимости коэффициентов регрессия

Функция отклика	Дисперсия		Значение критерия Фишера		Уровень значимости коэффициентов, b_i
	Воспроизводимости S_y	Адекватности $S_{ад}$	F расч.	F табл.	
g	0,01771	0,004615	0,2606	2,8333	0,0705
ε	0,801519	0,0012764	0,8403	2,8333	0,0210

ВЫВОДЫ:

На коэффициент пропуск пыли – наибольшее влияние оказывает удельная поверхность пыли и условная пористость фильтрационного материала.

В результате экспериментально-теоретических исследований очистки воздуха от пыли пористыми перегородками при наличии влаги установлено, что влажность воздуха практически не влияет на показатели эффективности работы пористых перегородок. По-видимому, это явление объясняется высокими гидрофобными свойствами фильтрационных материалов для очистки воздуха. С помощью полученных уравнений можно рассчитывать показателей эффективности работы пористых перегородок при очистки воздуха от кварцевой пыли.

Для определения достоверности полученных результатов были проведены контрольные испытания. Наблюдалась хорошая сходимость результатов эксперимента с данными, полученным расчетным путем; не было обнаружено совпадения результатов вне области эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Ибрахимов К.И., Туракулов Б.Х., Исмаатов А.А. Определение пористости и условной пористости фильтрационных материалов пневмосистемы автомобилей цементовозов. Международная научно-практическая конференция, Андижанский машиностроительный институт, 2018 г.
2. Ибрахимов К.И., Туракулов Б.Х. Исследование дисперсного состава пыли в условиях эксплуатации автомобилей цементовозов. Международная научно-практическая конференция, Андижанский машиностроительный институт, 2018 г.
3. Ибрахимов К.И., Туракулов Б.Х. «Development of recommendations on effective operation of air filters of buses Mercedes-Benz in the conditions of Tashkent». Сборник материалов 104-ой международной научно-технической конференции. Туринский политехнический университет в г.Ташкенте 19-20 сентября 2018 года.
4. Ибрахимов К.И., Туракулов Б.Х. Разработка рекомендаций по эффективной эксплуатации воздушных фильтров автобусов Мерседес-Бенц в условиях г.Ташкента. Вестник ТАДИ №1, 2018 г.
5. Ибрахимов К.И. Повышение эксплуатационной надежности пневматической системы автомобилей-цементовозов: Дисс. на степ. канд. техн. наук. МАДИ - 1982-216 с.
6. Ибрахимов К.И., Туракулов Б.Х., Рахматуллаев Н.Н. Дизель двигателя автобусларнинг юкори босимли насоси ва форсункаларини техник холатини синов стендида тадқиқ этиш. Сборник трудов межвузовской научно-практической конференции одаренной молодежи. ТАДИ, 2016 й.

7. Ибрахимов К.И., Туракулов Б.Х., Рахматуллаев Н.Н. Эффективность восстановленных воздушных фильтрующих элементов. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции . Андижанский машиностроительный институт, 2016 г.
8. Оценка фильтров. Рыбаков К.В., Рузаев И.Г., Ибрахимов К.И., Карпекина Т.П. - Техника в сельском хозяйства, с.32-36
9. Крамаренко Г.В., Ибрахимов К.И., Карпекина Т.П. Исследование качества очистки воздуха и повышение надежности пневматической системы автомобилей-цементовозов ЭИ: Конструкции автомобилей, - М.: НИИН автопром, 1981, вып.5, с.23-32.
10. Маев В.Е., Пономарев Н.Н. Воздухоочистители автомобильных и тракторных двигателей.-М. Машиностроение, 1971.-175 с.
11. Дьяков Р.А., Воздухоочистка в дизелях.-Л: Машиностроение, 1975.-151 с.
12. Лахтин Ю.Б. Исследование воздухоочистителей с фильтр-патронами в целях повышения долговечности ДВС: - Дисс. на степен. к.т.н. МАДИ.-1974.-168 с.
13. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.-М.: Наука, 1976-279 с.
14. Митков А.Л., Кардашевский С.В. Статистические методы в сельхозмашиностроение.- М.: Машиностроение, 1978.-360 с.