

УДК 614.8; 614.7: 546.21

## **ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ И ПРОЧИХ ВКЛЮЧЕНИЙ**

**Вячеслав Борисович Куденко**

кандидат технических наук, доцент

melkud@yandex.ru

**Андрей Алексеевич Хохлов**

студент

garlic12@gmail.com

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Данная статья носит практический характер, проведённой работы. Подчеркивает важность не только правильного расчета и установки системы вентиляции и фильтрации, но акцентирует внимание на своевременное техническое обслуживание. Подробно описаны и рассмотрены вентиляционные системы и их области применения. Главная цель написания статьи строилась на рассмотрении систем защиты от губительного влияния мелкодисперсной пыли на промышленном предприятии.

**Ключевые слова:** мелкодисперсная пыль, защита, техносферная безопасность, фильтр, система, вентиляция, картридж, скруббер, загрязнение.

Ежегодно Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ) предоставляется официальная статистика заболеваний и данных о здоровье людей. Наиболее тщательному наблюдению и способам противодействия, в последнее время, является мелкодисперсная пыль. Мелкодисперсная пыль способная вызывать различные заболевания человека от сердечно-сосудистых и дыхательных заболеваний до онкологических новообразований.

Одними из главных источников образования мелкодисперсной пыли является промышленные области. Сюда также можно отнести влияние неблагоприятных метеорологических условий (НМУ). Ведь при снижении температуры воздуха, например с приходом зимы, рост сжигаемого топлива для отопительных систем увеличивается в несколько раз. Таким образом, продукты сжигания, разносимые ветром, остаются в приземном слое атмосферы. Мелкодисперсная пыль характеризуется мелкой фракцией частиц, находящихся в воздухе, способной легко проникать в дыхательные пути человека, обходя защитные барьеры организма, в отличие от крупных частиц, которые задерживаются в полости носа и выходят естественным путем [1, 9].

В мировой практике защиты и изучению строения мелкодисперсной пыли посвящены тысячи научных публикаций. В 21 веке вопросам защиты от мелкодисперсной пыли уделяется большое внимание.

Следует отметить, что не все легкодоступные меры защиты от пыли обеспечивают необходимый уровень защищённости. Так, например, медицинские маски не имеют нужной сертификации по защите от мелких частиц, находящихся в воздухе.

Фильтр, находящийся в маске, защищает лишь от крупных загрязняющих частиц по типу пота, слюней и т.д. Сама по себе маска не имеет полной герметичности в местах прилегания. Попадание нефильтрованного воздуха с боковых сторон маски приводит к так называемой утечке. Именно поэтому медицинскую маску не следует рассматривать в качестве индивидуальной защиты органов дыхания [4, 9, 10].

Проводя сравнение медицинской маски с респираторами в условиях аэрозольных частиц и специальных индикаторных штаммов бактерий, исследования показали, что защита респираторов превосходит защиту медицинских масок в среднем в 10 раз. Это связано, все с теми же вышеназванными причинами, высокая проницаемость фильтрующих элементов (до 90%), а также утечка воздуха по периметру маски (до трети от результата).

Производственная промышленность обуславливается большими масштабами рабочих помещений, требующих высокой многоступенчатой фильтрации воздуха, так как основным загрязнителем является мелкодисперсная пыль. На производствах подобного плана используются промышленные фильтры очистки воздуха.

Начальным этапом фильтрации является поступление загрязненного воздуха в «циклон» под действием затягивающей силы вентилятора. Патрубок имеет спиральную форму внутри себя для придания вращающего движения частиц пыли в воздухе. Затем воздух попадает в коническую часть циклона, где скорость возрастает при движении воздуха к узкой части. После чего воздух меняет направление диаметрально противоположно и движется к выходу, а оставшаяся крупно- и среднелдисперсная пыль под действием сил инерции опускается вниз в отходный бункер. Стоит отметить, что мелкодисперсная пыль в данной случае не улавливается и двигается с воздухом дальше (рисунок 1) [2].

После удаления остальных включений в работу подключаются фильтры тонкой очистки воздуха. Сюда также относятся фильтры, обеспечивающие работу даже с органическими соединениями. Наиболее эффективно с таким типом очистки справляются картриджные фильтры. Принцип работы картриджей заключается в поступлении воздуха в фильтрационный патрубок, где встречается с системой из картриджей (фильтров). Они представляют собой гофрированные цилиндрические стержни, способные улавливать самые мелкие частицы пыли. На сегодняшнее время применяются фильтры, способные останавливать частицы пыли до 0,1 микрона. После прохождения через картриджи воздух направляется наружу из выходного патрубка. Очистка

картриджей происходит с помощью пневматического удара, проходящего сквозь фильтры. После продувки пыль попадает в бункер, где потом убирается рабочими (рисунок 2) [3,4].

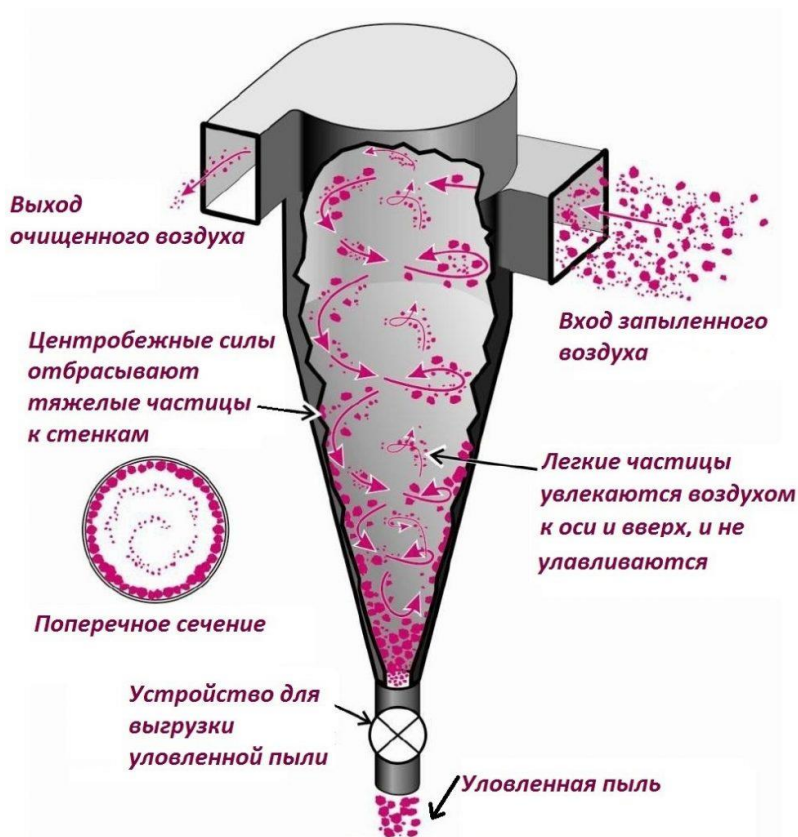


Рисунок 1 – Устройство циклона.

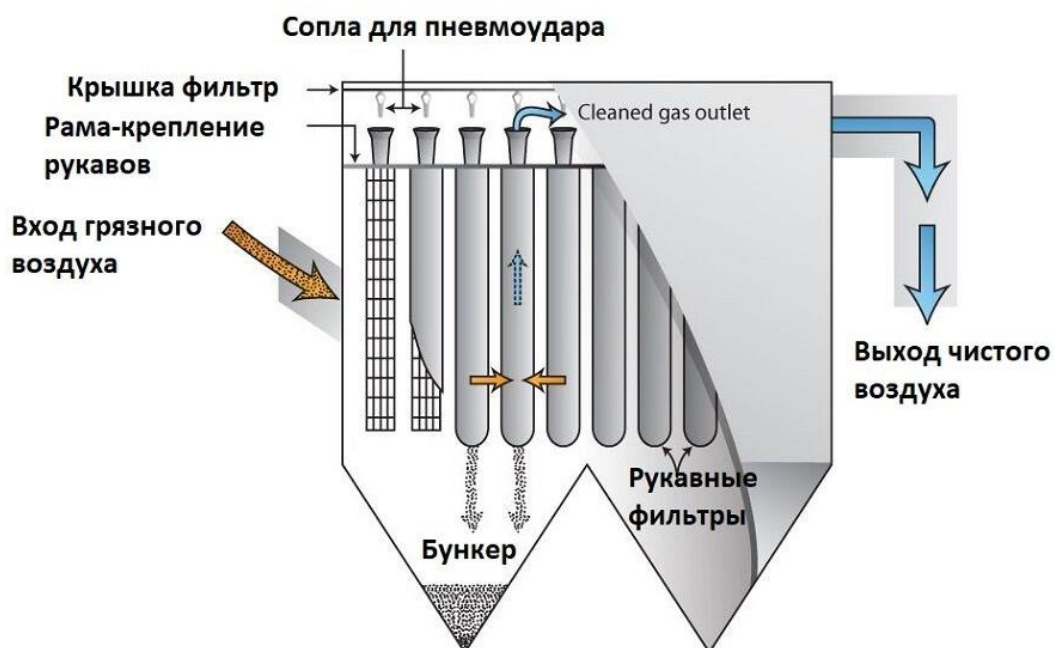


Рисунок 2 – Принцип работы картриджной системы.

Рукавные фильтры предназначены для улавливания крупных фракций пыли. Устройство рукавных фильтров строится на поступлении воздуха в грязную камеру, где, как и в случае с картриджами, он проходит систему из фильтров. Помимо этого, крупная пыль оседает на материале рукавов.

Для ее очистки используют два метода:

1. Рукава подвергаются сильную встряхиванию.

2. Запускается цикл воздушных ударов с определённой частотой, это заставляет рукава расширяться и производить самоочистку.

После очистки пыль попадает в бункер приема. Важно понимать, что осевшая на рукавах пыль сильно снижает ее производительность и энергоэффективность, и именно поэтому она оснащена автоматическим включением системы регенерации (очистки).

Иногда оснащаются круглыми рукавами, в данном случае объем очищаемого воздуха может достигать до 700000 м<sup>3</sup>/ч. Если пылевая нагрузка невелика, то рекомендуется использовать плоские рукава [1, 2, 4].

Скрубберы – это система фильтрации воздуха, работающие по мокрому методу. Данный метод предполагает смешивание грубых частиц загрязнений, находящихся в воздухе, с оросительной системой. Существует 2 принципа работы скруббера:

1. Скрубберы Вентури – представляют собой песочные часы. В верхнюю часть системы подается запыленный воздух. Вода, подаваемая из форсунок, направляется вместе с пылью к сужающейся части скруббера, где разбивается на мелкие капли, под действием высокой скорости, и заставляет частицы пыли прилипать к воде. Когда прилипшая к воде пыль проходит среднюю часть, скорость понижается и капельки воды прилипают друг к другу, направляясь в поддон, а чистый воздух выбрасывается в атмосферу [6, 7].

2. Скрубберы на турбулентном потоке. Как понятно из названия, принцип фильтрации строится на процессе очистки с использованием форсунок для подачи воды. В центре системы установлены множественные перегородки, замедляющие поток загрязненного воздуха, где поступающая вода из

оросительной системы притягивает к себе пыль под действием сил завихрений. Затем капли воды с пылью слипаются между собой и уже под действием сил тяжести направляются в дренажную систему (рисунок 3) [5, 8].



Рисунок 3 – Принцип работы скруббера.

Довольно широкое распространение получили стружкоотсосы. Они используются в различных областях промышленности: резке дерева, металла, камня, шлифовки пластика и изготовления мебели. Предназначены для улавливания крупной пыли или для первичной очистки воздуха. Такие системы могут работать в непрерывном режиме. Воздух втягивается вентилятором и направляется по трубе в мешок для сбора пыли.

Помимо стационарных систем существуют передвижные фильтрационные установки (рисунок 4). Такие устройства оснащаются фильтрами различной степени защиты, в зависимости от условий и требований. Работают как с абразивной, так и аэрозольной пылью, а также с аэрогелями. Их устанавливают рядом с источником загрязнений. Воздух засасывается в камеру, где равномерно распределяется по ней благодаря панели-искрогасителю и панели задержки абразива. Затем загрязнённый воздух проходит через систему фильтрующих картриджей, тем самым очищаясь и выходя наружу вентилятором. Данные

установки оснащены шумопоглощающей камерой для снижения шумового воздействия. Иногда для дополнительной (финишной) очистки воздуха на выходе из системы устанавливают угольный фильтр [1, 2, 3].



Рисунок 4 – Передвижной механический самоочищающийся кассетный фильтр ПМСФ-1-Т12.

Наконец, для комплексной очистки воздуха от загрязнений, пыли, порошковых взвесей аэрозолей и прочих мелких частиц применяют многоступенчатые системы фильтрации. Принцип работы таких систем построен на поэтапной системе фильтрации, включающей в себя картриджные, рукавные, угольные фильтры и отбойные плиты. Благодаря смешанной работе с мокрым и сухим методами многоступенчатые системы легко справляются с различными фракциями пыли и другими частицами. Несомненно, данные системы имеют один весомый минус – стоимость, так как объединяют в себе несколько видов систем фильтрации [1, 10,11].

В заключении отметим, что эффективность работы системы фильтрации во многом зависит от технического обслуживания, так как осевшая мелкодисперсная пыль сильно снижает работу всего устройства и приводит к его скорому износу. Именно поэтому важно не только установка вентиляции, но и ее обслуживание в процессе работы.

### Список литературы:

1. Прокопьев А.А., Хасаншин Р.Р. Инженерные системы зданий и сооружений. Теплогазоснабжение и вентиляция: учебное пособие // Казанский национальный исследовательский технологический университет. 2023. С. 54.
2. Русак О.Н. Основы промышленной вентиляции. СПбГЛТА. 2007. С. 67.
3. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И. Очистка промышленных газов от пыли. М.: Химия. 1981. С. 392.
4. Липа А.И. Кондиционирование воздуха. Основы теории. Современные технологии обработки воздуха. Издательство ВМВ. 2010. С. 43.
5. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. М.: Стройиздат. 1981. С. 296.
6. Говоров В.Г., Лукьяница А.И. Тонкая очистка газов в аппарате с трубой Вентури. Новомосковск. 1993. С.90-91.
7. Голик Ю.С. Применение труб Вентури для очистки газов от пыли в аспирационных системах. Полтава. 1986. С.56-58.
8. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю. Очистка газов мокрыми фильтрами. М.: Химия. 1972. С. 248.
9. Grinshpun S.A., Haruta H., Eninger R.M., Reponen T, McKay R.T., Lee S. Performance of an N95 filtering facepiece particulate respirator and a surgical mask during human breathing: Two pathways for particle penetration// Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2009. P. 593–603.
10. Lee I., Umscheid C. Respiratory protection devices for pandemic influenza (H1N1): A systematic review from the University of Pennsylvania Health System for Evidence-based Practice. Philadelphia, PA: Trustees of the University of Pennsylvania. 2009.
11. Гурьянов Д. В., Каширин В. А. Автоматизированная приточно-вытяжная система вентиляции // Наука и Образование. 2023. Т. 6, № 2. EDN ЕВРОМХ.



UDC 614.8; 614.7: 546.21

## FILTRATION SYSTEMS FOR AIR PURIFICATION FROM FINE DUST AND OTHER INCLUSIONS

**Vyacheslav B. Kudenko**

candidate of technical sciences, associate professor

melkud@yandex.ru

**Andrey Al. Khokhlov**

student

garlic12@gmail.com

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** This article is of a practical nature, the work carried out. Emphasizes the importance of not only the correct calculation and installation of ventilation and filtration systems, but also focuses on timely maintenance. Ventilation systems and their applications are described and reviewed in detail. The main purpose of writing the article was based on the consideration of protection systems against the harmful effects of fine dust in an industrial enterprise.

**Keywords:** fine dust, protection, technospheric safety, filter, system, ventilation, cartridge, scrubber, pollution.

Статья поступила в редакцию 30.01.2025; одобрена после рецензирования 21.03.2025; принята к публикации 31.03.2025.

The article was submitted 30.01.2025; approved after reviewing 21.03.2025; accepted for publication 31.03.2025.

