

УДК 697.98:62-784.2

МИНИМИЗАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ АСПИРАЦИИ: ОБЗОР РЕШЕНИЙ

Л.В. Ткач

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Российская Федерация
e-mail: koryaka_90@mail.ru

Произведен анализ стратегий по снижению загрязнения регулирующих устройств в системах аспирации, применяемых в промышленных и лабораторных условиях для очистки воздуха от пыли, аэрозолей и других вредоносных частиц. Аспирационные системы являются критически важными для поддержания высокого уровня санитарно-гигиенических стандартов и предотвращения профессиональных заболеваний у работников в различных отраслях, включая металлургию, горнодобывающую промышленность и деревообработку. Рассматривается проблема отложения пыли на регулирующих устройствах, что приводит к нарушению управления воздушными потоками и снижению эффективности всей системы. Предложены варианты решения.

Ключевые слова: система аспирации, регулирующие устройства, забивание пылью.

MINIMIZING POLLUTION OF REGULATING DEVICES IN ASPIRATION SYSTEMS: A REVIEW OF SOLUTIONS

L. Tkach

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Belgorod, Russian Federation
e-mail: koryaka_90@mail.ru

This article analyzes strategies for reducing contamination of control devices in aspiration systems used in industrial and laboratory settings to remove dust, aerosols, and other harmful particles from the air. Aspiration systems are crucial for maintaining high levels of hygiene and preventing occupational diseases in various industries, including metallurgy, mining, and woodworking. The article focuses on the issue of dust deposition on control devices, which can disrupt airflow management and reduce the efficiency of the entire system. The article proposes solutions to address this issue.

Keywords: aspiration system, regulating devices, dust clogging.

Введение. Системы аспирации – это оборудование, предназначенное для удаления загрязняющих веществ, пыли, аэрозолей и других вредных частиц из воздуха в производственных и лабораторных помещениях. Они играют важную роль в обеспечении чистоты воздуха и защиты здоровья работающего персонала. Системы аспирации широко используются в промышленности, лабораториях, сервисных центрах, медицинских учреждениях.

С целью обеспечения эффективного функционирования системы, стабилизации давления и оптимизации расхода воздуха, в аспирационных системах применяются регуляторы расхода воздуха, которые в свою очередь подвержены отложению, забиванию пылью, в виду своих конструктивных особенностей [1], что нарушает управление воздушными потоками. Эта проблема встает особо остро в таких отраслях, как металлургия, горнодобывающая промышленность и деревообработка.

Цель работы – рассмотреть варианты минимизации загрязнения регулирующих устройств.

Основная часть. *Вариант № 1. Повышение эффективности предварительной фильтрации. Данный вариант основан на применении таких способов фильтрации как:*

– многоступенчатая фильтрация, которая заключается в установке циклона-сепаратора перед регулируемыми устройствами, который позволяет снижать нагрузку крупнодисперсной и средней пыли (10–20 мкм). Циклон представляет собой самостоятельный или составной модульный аппарат для инерционно-центробежной очистки воздуха или иных газовых смесей от сухих, неслипающихся твердых частиц;

– применение электростатического фильтра, в котором используется коронный разряд для осаждения мелких частиц (<10 мкм). Фильтр работает с помощью ионизации частиц загрязнителя, находящегося в воздушном потоке, с последующим осаждением ионизированных частиц электромагнитным полем и сбором их в корпусе устройства;

– использование самовстряхивающихся фильтров, которые используют механизмы автоматической очистки фильтрующих элементов (например, импульсная продувка).

Вариант № 2. Использование антиадгезионных покрытий:

– полимерные покрытия (PTFE, PFA). PTFE (политетрафторэтилен)-полимер, обладающий исключительной устойчивостью к воздействию химических веществ, широким диапазоном температур, низкой диэлектрической постоянной. PFA (перфторалкоксид)-полимер устойчивый к воздействию сочетаний механического напряжения, высоких температур и коррозионно-активных химикатов [2; 3]. Применение данных покрытий снижает адгезию пыли к поверхностям регулирующих устройств;

– керамическое напыление-покрытия на основе органических и неорганических связующих с добавлением твердых смазочных веществ. Покрытие представляет собой связующую смолу, заполняющую микронеровности поверхностей, увеличивая тем самым площадь поверхности и несущую способность материала. Керамическое напыление, в условиях высокой запыленности, помогает снижать абразивный износ регулирующих устройств;

– гидрофобное покрытие (защита от влаги)-вариант обработки металла лазерным лучом, при помощи которого приобретаются защитные свойства из-за изменения структуры поверхности. Данный вид покрытия позволяет отталкивать влажную пыль, не давая ей налипать на поверхность.

Вариант № 3. Управление воздушными потоками.

Наиболее распространенным способом предотвращения пылеотложений является поддержание оптимальных скоростей в системах аспирации, которые предотвращают осаждение частиц [4]. Известны многие экспериментальные и теоретические работы авторов, например, [5; 6; 12; 13; 14], которые посвящены определению оптимальных скоростей транспортирования сухой пыли разнообразных материалов.

Также управление воздушными потоками происходит за счет установки дополнительных отсосов в зонах интенсивного пылеобразования (локальная аспирация) и использования систем рециркуляции – фильтрация и возврат воздуха, снижающие нагрузку на регулирующие элементы.

Вариант № 4. Оптимизация конструкции устройств:

– снижение зон застоя – происходит благодаря скруглению краев и отсутствию карманов и выступов в конструкции регулирующих устройств [7];

– использование динамических элементов, например, вращающихся заслонок с лопастями, самоочищающимися при движении [8];

– применение модульной конструкции регулирующего устройства, который позволяет провести быстрый демонтаж для обслуживания без остановки системы [9].

Вариант № 5. Автоматизация очистки.

Для автоматизации очистки возможно применение пневматических импульсных систем, основанных на периодической подаче сжатого воздуха для удаления накоплений, использование встряхивания клапанов с заданной частотой, а также внедрение манипуляторов с щетками для труднодоступных зон (роботизированные очистители) [10].

Вариант № 6. Мониторинг и прогнозирование.

Мониторинг и прогнозирование работы регулирующего устройства необходим для своевременного выявления и устранения неполадок. Для данного варианта возможно использование датчиков давления и расхода, которые позволяют контролировать перепад давления, сигнализирующего о засорении, использование прогнозирования забивания на основе данных о влажности, типа пыли и времени работы, а также возможность удаленного контроля и настройка параметров в реальном времени [11].

Заключение. Проблема забивания регулирующих устройств в аспирационных системах требует комплексного подхода. Рассмотренные варианты, от повышения эффективности фильтрации до автоматизации очистки и управления воздушными потоками, представляют собой набор инструментов, которые могут быть использованы как по отдельности, так и в комбинации для достижения оптимального результата.

Ключевым моментом является выбор наиболее подходящих методов, исходя из специфики производства, типа загрязнений и конструктивных особенностей аспирационной системы. Внедрение антиадгезионных покрытий, оптимизация конструкции устройств и мониторинг их состояния позволяют не только минимизировать загрязнение, но и повысить надежность и долговечность системы в целом.

В конечном счете, инвестиции в современные решения для аспирации воздуха не только способствуют улучшению экологической обстановки и безопасности труда, но и обеспечивают экономическую выгоду за счет снижения затрат на обслуживание и ремонт оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ткач, Л. В. Классификация регуляторов расхода воздуха в системах промышленной вентиляции и аспирации / Л. В. Ткач, А. В. Уваров, А. И. Михайлов // Образование. Наука. Производство: Сборник докладов XVI Международного молодежного форума, Белгород, 30–31 октября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 54-58. – EDN AWIFKP.
2. Мухаметов, Р. Р. Антиадгезионные покрытия и их свойства / Р. Р. Мухаметов, А. П. Петрова, С. А. Пономаренко // Труды ВИАМ. – 2018. – № 12(72). – С. 88-96. – DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-12-88-96. – EDN YROENV.
3. Patel, R. (2020). "Anti-adhesive coatings for pneumatic systems". Journal of Industrial Engineering.
4. Голышев, А. М. Исследование процессов оседания сухой пыли в горизонтальных воздуховодах аспирационных систем горно-обогатительных комбинатов / А. М. Голышев, А. В. Герасимчук // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – № 8. – С. 126-128. – EDN KVOCVL.
5. Бусройд, Р. Течение газа со взвешенными частицами. – М.: Мир, 1975. – 378 с.
6. Теверовский, Е. Н. Перенос аэрозольных частиц турбулентными потоками / Е. Н. Теверовский, Е. С. Дмитриев. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 110 с.
7. Логачев И. Н., Логачев К. И. Аэродинамические основы аспирации. Санкт-Петербург: Изд-во Химиздат, 2005. – 659 с.
8. Гольцов, А. Б. Совершенствование методов расчета и конструкций вентиляционных устройств локализации источников пылевыведений: специальность 2.1.3 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Гольцов А.Б.; БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2023. – 355 с.

9. Снижение энергоемкости местной вытяжной вентиляции / К. И. Логачев, А. М. Зиганшин, А. Б. I. Гольцов, О. А. Аверкова // Современные проблемы теплофизики и энергетики : материалы III международной конференции, Москва, 19–23 октября 2020 года. – Москва: Издательство федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (Издательство ФГБОУ ВПО "НИУ "МЭИ"), 2020. – С. 595-596. – EDN XIRRTO.
10. Регулирование расходов воздуха в системах вентиляции и аспирации / Р. И. Чуев, А. В. Уваров, И. Д. Гольцов, Л. В. Ткач // Сборник докладов Всероссийской конференции по теплогазоснабжению и вентиляции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова: Сборник докладов, Белгород, 01–26 апреля 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 42-48. – EDN HISPZG.
11. Smith, J. et al. (2021). Dust Control in Industrial Ventilation. Springer.
12. Киреев, В. Е. Разработка энергосберегающих технологий обеспыливания технологических процессов производства / В. Е. Киреев, А. Б. Гольцов // Научные технологии и инновации (XXV научные чтения) : Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 23 ноября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 35-39. – EDN QVTWDW.
13. Гольцов, И. Д. Способы повышения энергоэффективности использования вентиляционных систем / И. Д. Гольцов, А. В. Уваров, О. А. Аверкова // Научные технологии и инновации (XXV научные чтения) : Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 23 ноября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 786-789. – EDN WGSKVE.
14. Кочетов, В. В. Способы и типы совершенствования аппаратов очистки / В. В. Кочетов // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 1140-1145. – EDN KHWHGB.