

Контроль загрязнения фильтров в системах пылеудаления

Фильтры в системах промышленного пылеудаления работают в более тяжелых условиях, чем фильтры обычной общеобменной вентиляции. Через них может проходить воздух с высокой концентрацией древесной, металлической, минеральной, пищевой или другой технологической пыли. По мере накопления пыли аэродинамическое сопротивление фильтра возрастает, расход воздуха может уменьшаться, а режим работы вентилятора – отклоняться от расчетного.

Поэтому проводить обслуживание только через заданный промежуток времени не всегда рационально.



Скорость загрязнения зависит от технологического процесса, загрузки оборудования, характеристик пыли и продолжительности работы установки. Надежнее оценивать фактическое состояние оборудования по измеряемым параметрам.

Основной показатель – разность давлений до и после фильтра. Дополнительную информацию дают расход воздуха, параметры работы вентилятора и концентрация пыли на чистой стороне.

Почему состояние очистки оценивают по перепаду давления?

У чистого фильтра есть определенное начальное аэродинамическое сопротивление. Когда на фильтрующем материале накапливается пыль, проход воздуха затрудняется и разность давления между грязной и чистой сторонами увеличивается.

Для измерения делают две точки отбора давления:

- со стороны запыленного воздуха;
- со стороны очищенного воздуха.

Разность между этими значениями обозначают как ΔP .

Такой принцип позволяет оценивать фактическое сопротивление фильтра, а не судить о его состоянии только по времени работы установки. Для определения степени загрязнения применяют [датчики перепада давления воздуха](#), в том числе [датчики серии DPS 300](#).

Предельное значение выбирают индивидуально с учетом характеристик установки и паспортных данных конкретного фильтра. Например, если рабочее сопротивление составляет несколько сотен паскалей, измерительный диапазон прибора должен уверенно покрывать как нормальный режим, так и предельное значение.



Какой прибор выбрать для контроля загрязнения?

Для такого контроля используют как простое реле, так и измерительный преобразователь с аналоговым выходом. Выбор зависит от того, требуется ли только предупредительный сигнал или полноценный непрерывный мониторинг.

Решение	Какой сигнал получаем	Когда применять
Реле перепада давления	Дискретный сигнал при достижении установленного порога	Простая сигнализация о предельном состоянии, блокировка оборудования
Датчик дифференциального давления	Текущее значение ΔP , например через 4–20 мА	ПЛК, диспетчеризация, архивирование, несколько уровней предупреждения
Два датчика давления	Два измеренных значения, разность рассчитывается контроллером	Когда такие датчики уже предусмотрены системой или необходимо независимо контролировать обе точки
Датчик запыленности на чистой стороне	Концентрация или факт превышения уровня пыли	Контроль прорыва и повреждения фильтрующего элемента

Для простого локального контроля можно использовать [регулируемые реле перепада давления ADPS](#). Если результат измерения передается в систему автоматизации, применяют измерительный преобразователь. Например, [MDM492](#) работает в диапазоне 0–7 кПа и передает сигнал 4–20 мА, что позволяет подключить его к ПЛК или другой системе автоматизации.

При монтаже прибора точки отбора размещают с грязной и чистой сторон и соединяют с ним импульсными трубками. Важно исключить засорение трубок пылью и скопление в них конденсата. Диапазон измерения выбирают с учетом рабочего и предельно допустимого сопротивления по паспортным данным.



Как организовать сигнализацию загрязнения фильтра

Непрерывное измерение позволяет задать несколько уровней сигнализации. Например:

- **Нормальный режим.** Показания находятся в рабочем диапазоне.
- **Предупреждение.** Показания приближаются к допустимому пределу – оператор получает сообщение о необходимости обслуживания.
- **Предельное состояние.** При достижении предельного уровня формируется аварийный сигнал, запускается регенерация либо блокируется оборудование по заданному алгоритму.
- **Аномально низкое значение.** При определенных условиях это также требует диагностики: причиной может быть повреждение фильтра, нарушение воздушного потока или остановка вентилятора.

Предупреждающий и аварийный пороги задают по паспортным данным элемента и результатам наладки установки.



При импульсной регенерации рукавных или картриджных элементов автоматика запускает продувку по фактическому состоянию, а не только через фиксированные интервалы времени. О том, как организуется управление клапанами очистки, подробнее рассказано в статье [«Программируемый импульсный контроллер для управления клапанами очистки фильтров»](#).

Можно ли определить загрязнение по расходу воздуха?

О состоянии фильтра можно косвенно судить по расходу воздуха в системе. Если вентилятор работает с постоянной частотой вращения, увеличение сопротивления фильтра изменяет рабочую точку системы и, как правило, уменьшает объем проходящего воздуха. Этот параметр дополняет основной способ контроля.

Однако расход зависит не только от фильтра. На него влияют положение заслонок, состояние воздухопроводов, режим вентилятора и другие элементы аэродинамической сети. Поэтому расход используют как дополнительный, а не самостоятельный критерий.

Похожий подход возможен при использовании частотно-регулируемого привода. В системе с автоматическим поддержанием расхода по мере загрязнения фильтра регулятору приходится изменять режим работы вентилятора. В этом случае частота, ток двигателя и другие параметры привода также дают дополнительную информацию о состоянии системы.

Для управления вентиляторами, например, применяют [преобразователи частоты INNOVERT VENT](#), рассчитанные на работу с трехфазными асинхронными двигателями.



Зачем контролировать запыленность после фильтра?

Большой перепад давления показывает, что сопротивление фильтра выросло. Но существует и другая неисправность: фильтрующий элемент может порваться или потерять герметичность. Однако основной метод контроля не всегда позволяет быстро обнаружить прорыв пыли на чистую сторону.

Для таких задач после фильтра устанавливают датчики запыленности. Например, можно использовать [INNOLevel](#) и [FineTek](#). В зависимости от исполнения они отслеживают наличие или концентрацию пыли и передают данные в систему автоматизации, что позволяет своевременно выявлять отклонения в работе оборудования.



Таким образом, два вида контроля решают разные задачи:

- **Аэродинамическое сопротивление** → помогает оценить степень загрязнения.
- **Запыленность после фильтра** → помогает выявить прорыв или нарушение фильтрации.

В ответственных системах оба способа применяют совместно.



Как автоматизировать контроль состояния системы пылеудаления

Самая простая схема состоит из реле перепада давления и сигнальной лампы. При превышении уставки контакт переключается, а оператор получает сообщение о необходимости обслуживания фильтра.

В [автоматизированной установке](#) аналоговый датчик с выходом 4–20 мА подключается к ПЛК, который:

- отображает текущие показания на панели оператора;
- формирует предупредительную и аварийную сигнализацию;
- фиксирует динамику загрязнения;
- ведет журнал событий;
- запускает автоматическую продувку;
- контролирует эффективность регенерации по изменению показаний;
- передает данные в [SCADA](#);
- связывает состояние фильтра с алгоритмом управления вентилятором.

Дополнительно ПЛК учитывает наработку фильтра для планирования технического обслуживания. Этот параметр остается вспомогательным: фактическое состояние оценивают прежде всего по показаниям прибора. Если после нескольких циклов продувки они практически не снижаются, ПЛК формирует сообщение о необходимости осмотра или замены фильтрующих элементов.

Какие способы контроля использовать для разных задач?

Одного универсального способа для любой системы пылеудаления нет. Практическая конфигурация зависит от требуемого уровня автоматизации.

- **Простая установка** – реле перепада давления и дискретная сигнализация.
- **Автоматизированная система пылеудаления** – аналоговый преобразователь с ПЛК.
- **Регенерируемые фильтры** – управление продувкой по фактическому загрязнению.
- **Ответственное производство** – основной контроль дополняют измерением запыленности на чистой стороне.
- **Система с частотным приводом** – совместный анализ показаний, режима вентилятора и расхода воздуха.

Для большинства систем пылеудаления основным показателем загрязнения фильтра остается перепад давления ΔP . Реле подходит для простой сигнализации, аналоговый датчик – для непрерывного мониторинга и автоматического управления, а датчик запыленности на чистой стороне помогает обнаружить повреждение фильтрующего элемента. Такая комбинация позволяет обслуживать фильтры по фактическому состоянию и своевременно выявлять неисправности.

