

Повышение эффективности фильтрации электрофильтрами для очистки промышленных газовых выбросов с целью энергосбережения с использованием интеллектуальной системы управления

Иброхимхон Саиджамол угли Жалолов
ibiroximjalolov@gmail.com

Диёрбек Якубович Турсунсаитов
tursunsaitovd@gmail.com

Диёрбек Ислонжон угли Абдужалилов
abdujalilovdiyorbek03@gmail.com

Диёрбек Наджмиддин угли Насердинов
naserdinovdiyorbek@gmail.com

Ташкентский государственный технический университет Алмалыкский филиал

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы сокращения выбросов газов промышленными предприятиями в атмосферу и повышения эффективности работы электрофильтров. Анализируются принципы работы электрофильтров, их энергопотребление и факторы, влияющие на эффективность. Также обсуждаются возможности снижения энергопотребления электрофильтров и повышения эффективности фильтрации путем внедрения интеллектуальных систем управления. Результаты исследования показывают, что автоматизированные системы контроля, использующие технологии искусственного интеллекта, позволяют снизить энергопотребление электрофильтров и повысить эффективность улавливания частиц. Статья содержит рекомендации по решению экологических проблем на промышленных предприятиях и совершенствованию стратегий энергосбережения.

Ключевые слова: электрофильтр, коллектор, вибрация, сенсор, искусственный интеллект (AI), техногенные выбросы

Improving the efficiency of filtration by electrostatic precipitators for cleaning industrial gas emissions with the aim of energy saving using an intelligent control system

Ibrohimkhon Saidjamol ugli Jalolov
ibiroximjalolov@gmail.com

Diyorbek Yakubovich Tursunsaitov
tursunsaitovd@gmail.com

Diyorbek Islomjon ugli Abdujalilov
abdujalilovdiyorbek03@gmail.com

Diyorbek Najmiddin ugli Naserdinov
naserdinovdiyorbek@gmail.com

Tashkent State Technical University Almalyk Branch

Abstract: This article addresses the issues of reducing gas emissions from industrial enterprises into the atmosphere and improving the efficiency of electrostatic precipitators. It analyzes the operating principles of electrostatic precipitators, their energy consumption, and the factors affecting their performance. The article also discusses the potential for reducing the energy consumption of electrostatic precipitators and enhancing filtration efficiency through the implementation of intelligent control systems. The research results demonstrate that automated control systems utilizing artificial intelligence technologies can significantly decrease the energy usage of electrostatic precipitators while increasing particle capture efficiency. The article provides recommendations for addressing environmental issues at industrial facilities and improving energy-saving strategies.

Keywords: electrostatic precipitator, collector, vibration, sensor, artificial intelligence (AI), anthropogenic emissions

ВВЕДЕНИЕ

С развитием промышленных предприятий увеличивается количество вредных газовых и пылевых выбросов в атмосферу. В металлургической, химической, цементной промышленности и энергетике выбрасывается большое количество загрязняющих веществ, которые могут нанести серьезный ущерб здоровью человека и окружающей среде. В частности, твердые частицы и токсичные газы могут вызывать заболевания дыхательной системы, разрушать флору и фауну, а также способствовать изменению климата.

Существует множество методов очистки воздуха от промышленных выбросов, одним из самых эффективных из которых являются электрофильтры. Они предназначены для удаления пыли и других вредных частиц из газового потока с помощью электростатических сил. Их принцип работы основан на процессах ионизации и электростатического осаждения, в результате которых загрязняющие частицы накапливаются и задерживаются специальными коллекторными пластинами. Очищенный газ затем выпускается в атмосферу.

Однако в практике эксплуатации электрофильтров существуют определенные проблемы, такие как низкая эффективность работы, высокое

энергопотребление, сложность технического обслуживания и несовершенные системы управления. Большинство электрофильтров работают в одном и том же режиме, что приводит к неэффективному использованию энергии. Кроме того, эффективность очистки зависит от состава и количества загрязняющих веществ в газе, а традиционные системы управления не всегда обеспечивают оптимальный режим работы.

Для устранения этих проблем важно внедрение современных интеллектуальных систем управления электрофильтрами. Использование технологий искусственного интеллекта, систем мониторинга в режиме реального времени и автоматизированного управления позволит повысить эффективность электрофильтров и снизить энергопотребление. В данной статье рассматриваются принципы работы электрофильтров, методы повышения их эффективности и возможности энергосбережения с помощью интеллектуальных систем управления.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДОЛОГИЯ

Электрофильтры основаны на принципе разделения твердых частиц из промышленных выбросов с помощью электростатических сил. Эти устройства широко используются для уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу и обеспечения экологической безопасности. Процесс работы электрофильтров включает следующие этапы:

1. Процесс ионизации: Когда газовый поток проходит через внутреннюю полость электрофильтра, происходит процесс ионизации под воздействием высокого напряжения, подаваемого на специальные электроды. В результате частицы газа приобретают положительный или отрицательный заряд. Ионизация обычно происходит на электродах в виде проволоки или игл, которые создают сильное электрическое поле и способствуют ионизации молекул газа.

2. Улавливание заряженных частиц: Заряженные частицы пыли движутся в сторону коллекторных пластин внутри электрофильтра. Эти пластины обладают противоположным зарядом, что приводит к их притяжению и накоплению. Очищенный газ затем выпускается в атмосферу.

3. Удаление накопленной пыли: Через определенные промежутки времени необходимо удалять слой пыли, осевший на пластинах электрофильтра. Этот процесс осуществляется механическим встряхиванием, вибрацией или пневматическими методами. Осевшая пыль собирается в специальные контейнеры для последующей утилизации.

Эффективность работы электрофильтров зависит от следующих факторов:

- Интенсивность электростатического поля - Чем выше напряжение, создающее поле, тем эффективнее процесс улавливания частиц.

- **Скорость газового потока** - Если газовый поток движется слишком быстро, частицы могут не успеть осесть на электростатических пластинах и покинуть систему.

- **Размер и тип частиц** - Крупные частицы улавливаются легче, тогда как слишком мелкие частицы могут не получить достаточного заряда во время ионизации.

- **Влажность и температура** - В некоторых случаях высокая влажность способствует осаждению частиц, но чрезмерная влажность может снизить эффективность электрофильтра.

Для обеспечения высокой эффективности электрофильтров важно их оснащение современными системами управления. Интеллектуальные системы управления позволяют автоматически настраивать рабочие параметры электрофильтров, контролируя состав газа и скорость потока в режиме реального времени.

Электрофильтры являются эффективной технологией очистки выбросов промышленных предприятий. Однако со временем их работа может ухудшаться, возрастает энергопотребление, а требования к техническому обслуживанию увеличиваются. Поэтому автоматизация и оптимизация работы электрофильтров с использованием интеллектуальных систем управления становится актуальной задачей.

Проблемы и преимущества интеллектуального управления:

1. **Снижение эффективности работы:** Традиционные электрофильтры часто работают в постоянном режиме, что не позволяет им адаптироваться к изменениям состава и скорости потока газа. Это приводит к снижению эффективности улавливания частиц. Интеллектуальная система управления анализирует состав газа в реальном времени и автоматически регулирует параметры работы.

2. **Увеличение энергопотребления:** Электрофильтры требуют значительных затрат энергии для создания высоковольтного электрического поля. Если система не управляется эффективно, возникает избыточное потребление энергии. Интеллектуальные системы, использующие искусственный интеллект и сенсорные технологии, поддерживают оптимальное напряжение электростатического поля, обеспечивая энергосбережение.

3. **Проблемы своевременного технического обслуживания:** Внутренние элементы электрофильтра могут загрязняться и снижать его эффективность. Во многих промышленных предприятиях обслуживание проводится по фиксированному графику, что не всегда является эффективным. Интеллектуальная система управления на основе IoT анализирует рабочие

параметры электрофильтра и предсказывает возможные неисправности, обеспечивая своевременное техническое обслуживание.

4. Переменность потока и состава газа: В ходе производства количество и состав выбрасываемых газов могут изменяться. Стандартные электрофильтры не всегда могут адаптироваться к таким изменениям, что снижает их эффективность очистки. Системы управления на основе искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения отслеживают изменения в газовом потоке и автоматически регулируют параметры работы.

Как работает интеллектуальная система управления?

Система сенсоров - определяет состав газа, температуру, влажность и концентрацию частиц.

Мониторинг в реальном времени - постоянно отслеживает и анализирует работу электрофильтра.

Искусственный интеллект (AI) - анализирует полученные данные и автоматически выбирает оптимальный режим работы.

Автоматизированное управление - регулирует напряжение электростатического поля, скорость газового потока и интервалы технического обслуживания.

Основные функции блока управления:

Регулирование электростатического поля - поддерживает напряжение электрического поля в оптимальном диапазоне.

Обеспечение эффективного осаждения заряженных частиц на пластинах.

Автоматическая регулировка напряжения в зависимости от состава газа и скорости потока.

Контроль скорости газового потока - поддерживает оптимальную скорость для максимальной эффективности фильтрации.

Обработка данных с сенсоров - анализирует температуру, влажность, состав газа и концентрацию частиц в режиме реального времени.

Интеллектуальное управление и автоматизация - оптимизирует работу системы с помощью алгоритмов искусственного интеллекта.

Мониторинг технического обслуживания - контролирует состояние компонентов электрофильтра, инициирует очистку при необходимости и прогнозирует возможные неисправности.

Компоненты блока управления:

Модуль контроля напряжения - обеспечивает оптимальное напряжение для электростатического поля.

Регулятор потока газа - регулирует поток воздуха и поддерживает оптимальную скорость.

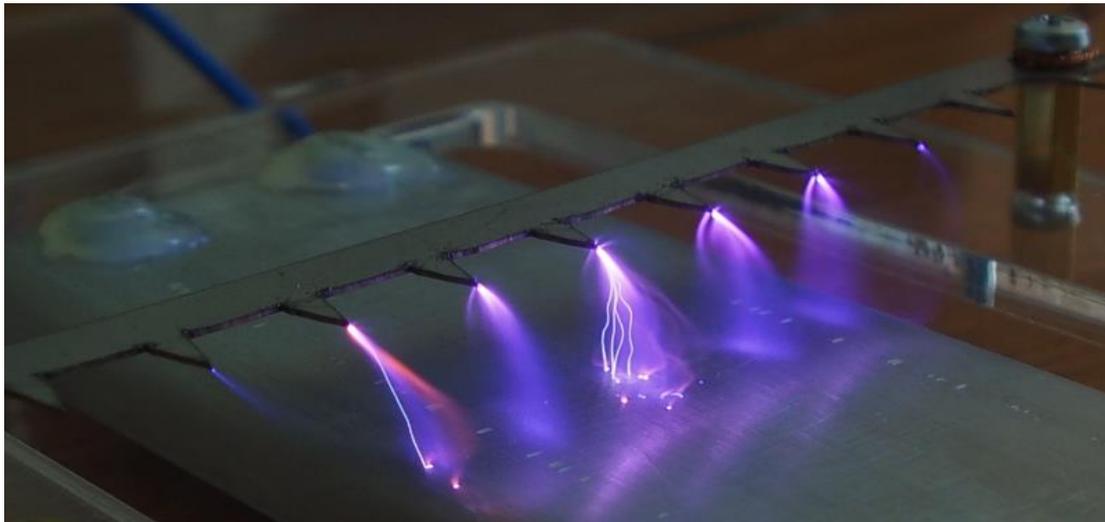
Система сенсоров - измеряет температуру, влажность, состав газа и концентрацию частиц.

Система управления AI - анализирует данные и выполняет оптимальное управление.

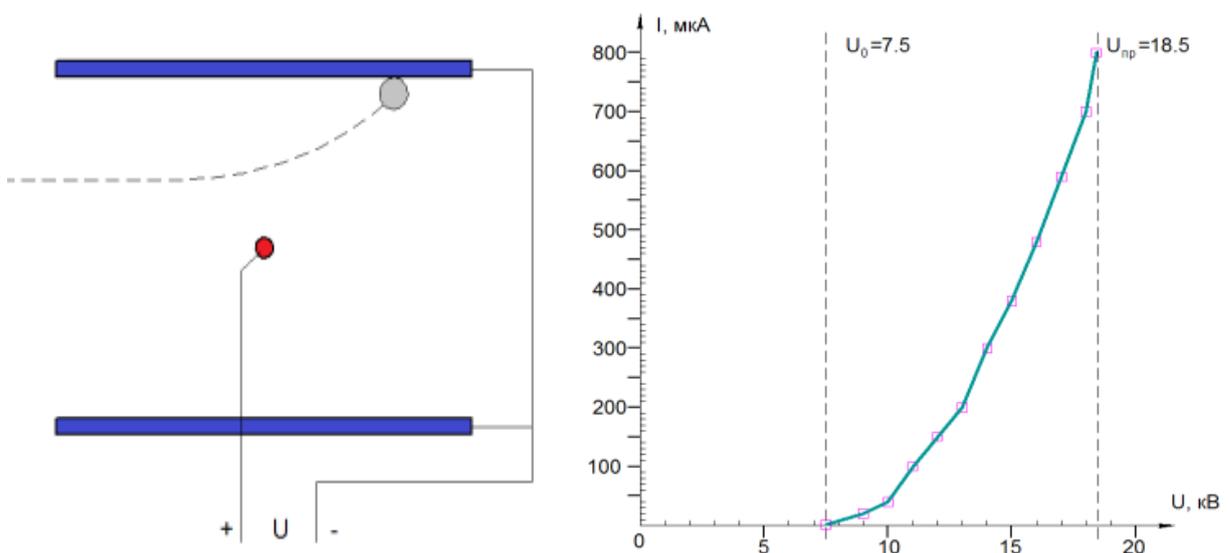
Автоматизационный модуль - управляет очисткой фильтра, энергосбережением и эффективностью работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Цель проекта: Совершенствование технологии фильтрации, обезвреживания и контроля вредных техногенных газов, выбрасываемых в окружающую среду из печей тепловых электростанций и различных металлургических заводов, повышение эффективности электрофильтров и проведение анализа процесса контроля, что позволит значительно сократить загрязнение атмосферы.



1-рисунок: Фотография испытаний усовершенствованного электрофильтра в лабораторных условиях



2-рисунок: График положительных результатов, полученных в лабораторных условиях

Ожидаемые результаты - Совершенствование технологии обезвреживания техногенных газов за счет использования многоступенчатой технологии очистки вредных газов с применением электростатических и электрохимических методов позволит снизить стоимость очистки выбросов углекислого газа и других вредных газов от всех типов печей. Согласно исследованию, новая установка с высокочастотным электрофильтром обеспечит повышение эффективности фильтрации и контроля, экономию электроэнергии и снижение загрязнения атмосферы. Внедрение интеллектуальных систем управления электрофильтрами позволит: Повысить эффективность работы на 15-30%. Снизить потребление энергии на 20-40%. Увеличить срок службы и обеспечить бесперебойную работу. Существенно уменьшить объем вредных выбросов в атмосферу. Таким образом, внедрение интеллектуальных систем управления электрофильтрами способствует не только решению экологических проблем, но и повышению экономической эффективности.

ВЫВОДЫ

Использование интеллектуальных систем управления в процессе очистки промышленных газовых выбросов играет ключевую роль в повышении эффективности электрофильтров и энергосбережении. Широкое внедрение таких систем способствует охране окружающей среды и устойчивому развитию промышленных процессов. Дальнейшее развитие технологий искусственного интеллекта и автоматизации откроет новые возможности в данной области.

Современные интеллектуальные системы управления электрофильтрами способны оптимизировать их параметры работы в режиме реального времени, что позволяет сократить энергопотребление на 20-40%, повысить эффективность улавливания частиц до 95-99% и продлить срок службы оборудования. Внедрение таких технологий не только решает экологические проблемы, но и повышает экономическую эффективность промышленных предприятий.

Использованная литература

1. Технологии очистки промышленных газов / А. А. Худойбердиев, Ш. С. Ерматов - Ташкент: Наука и технологии, 2020.
2. Методы повышения эффективности электростатических фильтров / В. П. Иванов - Москва: Энергетика, 2018.
3. Технологии снижения загрязнения воздуха / М. Дж. Андерсон - Springer, 2019.
4. Экологические системы мониторинга на основе IoT и ИИ / Дж. Чжан, Л. Ван - IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2021.
5. Экологические проблемы и методы очистки промышленных выбросов / Министерство инновационного развития Республики Узбекистан, 2022.