

В.В. Козлюк

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В СОЕДИНЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. В статье рассматривается комплексный подход к повышению эффективности электрофильтров на тепловых электростанциях путем сочетания механических методов предварительной очистки (батарейные циклоны, жалюзийные пылеконцентраторы), газораспределительных устройств и систем кондиционирования дымовых газов. Проведен анализ основных недостатков традиционных электрофильтров, включая влияние высокого удельного электрического сопротивления золы, нестабильность режимов работы и вторичный унос пыли. Предложены решения, позволяющие повысить эффективность очистки отходящих газов.

Ключевые слова: электрофильтры, фильтрующие, дымовые газы, загрязнение, эффективность очистки, тепловые электростанции.

Для цитирования: Козлюк, В. В. Комплексный подход в соединении механических и электрических методов очистки выбросов для повышения эффективности электрофильтров теплоэлектростанций / В. В. Козлюк // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 56–60. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_56.

Введение. В современном индустриализированном мире чистый воздух становится ценным ресурсом. Люди постоянно сталкиваются с загрязняющими веществами с заводов, электростанций и других промышленных предприятий. К счастью, передовые инженерные решения дали инструменты для борьбы с этим, и одним из незаметных героев в борьбе за чистый воздух является система электрофильтрации.

Электрофильтры являются высокотехнологичными очистителями воздуха огромных размеров. Основной принцип работы их удивительно прост и эффективен, он представляет собой фильтрующее устройство, удаляющее твердые частицы (мельчайшие твердые частицы и капли жидкости) из газового потока, обычно промышленных выхлопных газов. Вместо традиционных фильтров, которые могут засориться и стать неэффективными, электрофильтры используют энергию электричества для улавливания этих загрязняющих веществ [1].

Основная часть

Вкратце рассмотрим процесс электрофильтрации: при прохождении дымовых газов частицы заряжаются электрическим током и затем собираются на противоположно заряженных пластинах или поверхностях. Этот процесс гарантирует выброс только более чистого, отфильтрованного воздуха, что значительно снижает уровень загрязнения и способствует улучшению качества воздуха и оздоровлению окружающей среды.

Электрофильтры, обычно используемые на промышленных предприятиях и тепловых электростанциях. Тепловые электростанции являются рабочими лошадками энергетической инфраструктуры, используют ископаемое топливо для производства электроэнергии. Хотя этот процесс крайне важен, он приводит к значительному выбросу вредных загрязнений в атмосферу, что создаёт значительные риски для здоровья человека и окружающей среды. Пример внешнего вида электрофильтра и представление его в разрезе изображены на рисунке 1.

Применение электрофильтров имеют явные достоинства перед более устаревшими системами очистки, но при этом у данных систем есть и свои недостатки. Эффективность фильтров значительно снижается под влиянием ряда факторов, связанных как со свойствами самой очищаемой золы, так и с особенностями эксплуатации оборудования. Наиболее серьезная проблема возникает при сжигании низкосернистых углей, чье высокое удельное электрическое сопротивление приводит к образованию изолирующего слоя на осадительных электродах. Также высокая чувствительность к изменениям режимов работы котлов и объемов дымовых газов, поступающих на фильтры и проблемы неравномерности распределения газов по конструкции установки. И стоит не забывать о важности размеров частиц, наибольшая эффективность наблюдается при размерах частиц 20-30 мкм [2,3].



Рис. 1. Внешний вид электрофильтра и электрофильтр в разрезе

Задача повышения эффективности работы электрофильтров является важной целью в системах очистки загрязняющих газов. При среднем проценте очистки отходящих газов от устаревших электрофильтров составляющих 92,5%, выбросы в атмосферу от одной станции в среднем - 4025 тонн/год, притом эффективность использования усовершенствованных фильтров составляет 99,8%, а выбросы составляют 110 тонн/год разница почти в 36,5 раз.

Рассмотрим несколько способов для увеличения эффективности электрофильтров на теплоэлектростанциях перед ними необходимо установка дополнительных устройств, таких как механические пылеуловители, газораспределительные устройства и системы кондиционирования. Их основная задача - снижение концентрации крупных частиц, увлажнение и выравнивание газового потока [4].

На первом этапе необходима установка батарейных циклонов или жалюзийных пылеконцентраторов, они используют центробежную силу и инерцию для осаждения наиболее крупных фракций пыли и снижают нагрузку на электрофильтр, позволяя повысить общую эффективность системы газоочистки [5]. Следующим этапом предлагается установка газораспределительных решёток, для равномерности потока газа, чтобы в одних зонах скорость не была слишком высокой (что вызывает унос пыли), а в других - низкой (недоиспользование мощности установки). Примеры таких аппаратов представлены на рисунке 2.

Так же рекомендуется установка системы кондиционирования дымовых газов, для их увлажнения, впрыск воды в газоход перед электрофильтром снижает удельное электрическое сопротивление слоя золы, что облегчает осаждение частиц. Однако этот метод требует

тщательного контроля, чтобы температура газов не опустилась ниже точки росы, иначе начнется коррозия оборудования.

Таким образом, комплексный подход с использованием механической предварительной очистки и оптимизации газовых потоков позволяет современным электрофильтрам достигать эффективности более 99,8%.

Рассмотрим четыре метода к очистке отходящих дымовых газов от теплоэлектростанций:

Первый метод без проведения очистки, при сжигании угля образуется большое количество летучей золы при этом запыленность газов на входе в систему очистки может достигать до 90 г/м^3 . Если эти газы не очищать, все это попадет в атмосферу.



Рис. 2. Батарейные циклоны и жалюзийные пылеконцентраторы

Второй метод, использование устаревших систем (только циклонов), которые все еще используются на многих станциях, имеют эффективность очистки до 90%. Это значит, что после них в трубу уходит около $5 - 7 \text{ г/м}^3$ пыли.

Третий метод, применение стандартных электрофильтров с коэффициентом полезного действия 90 - 95%, при этом запыленность составляет $1 - 2 \text{ г/м}^3$.

Четвертый метод, использование усовершенствованных электрофильтров, обеспечивающих эффективность очистки 99,7% - 99,9% [6]. Визуально четыре данных метода представлены на рисунке 3.

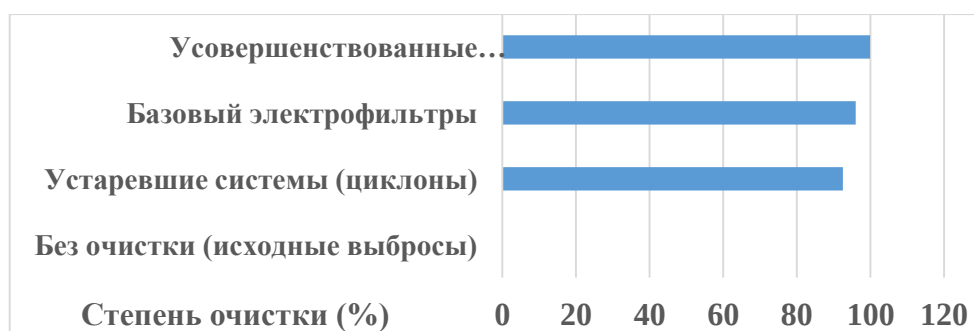


Рис. 3. Степеней очистки в зависимости от методов

Проведенный анализ показывает, что среднюю эффективность электрофильтров без использования дополнительных методов составляет 92,5%, но работа сопровождается сильными колебаниями, связанными с нестабильностью процессов осаждения, влиянием состава топлива и износом оборудования [7]. При этом применение предложенных методов повышает эффективность до 99,8%, что представлено на рисунке 4.

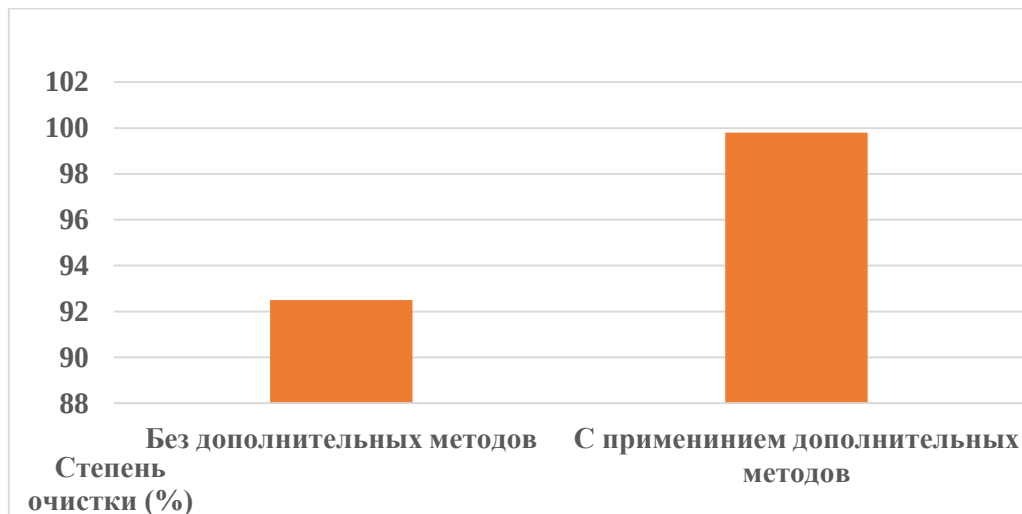


Рис. 4. Сравнения степеней очистки с применением и без дополнительных методов

Закключение. Внедрение дополнительных методов позволяет не только повысить эффективность улавливания твердых частиц с 92,5% до 99,8%, но и сделать процесс очистки стабильным, сводя к минимуму аварийные выбросы.

Системы электрофильтрации являются неотъемлемой частью современных стратегий защиты окружающей среды, данный процесс не только помогает промышленным предприятиям соблюдать строгие экологические нормы, но и играет решающую роль в снижении вредного воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения.

Список литературы

1. Шваб, Е. А. Защита атмосферы от выбросов теплоэлектростанций / Е. А. Шваб, Е. А. Демьянцева // Декада экологии: материалы X юбилейного международного конкурса, Омск, 11–19 мая 2016 года. – Омск: Омский университет дизайна и технологий, 2016. – С. 49-50.
2. Комиссаров, К. Б. Эффективность пульсирующей подачи газовых потоков в установки поглощения газовых выбросов / К. Б. Комиссаров, А. В. Филь, В. А. Финоченко // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2017. – № 12. – С. 38-40.
3. Зайцева, Н. В. Сравнительная гигиеническая оценка состава золы и пылевых фракций атмосферного воздуха в зоне влияния теплоэлектростанции для повышения точности оценки риска здоровью населения / Н. В. Зайцева, С. В.

References

1. Shvab, E. A. Atmosphere protection from thermal power plant emissions / E. A. Shvab, E. A. Demyantseva // Decade of Ecology: Proceedings of the 10th Anniversary International Competition, Omsk, May 11–19, 2016. – Omsk: Omsk University of Design and Technology, 2016. – Pp. 49–50.
2. Komissarov, K. B. Efficiency of Pulsating Gas Flows in Emission Absorption Units / K. B. Komissarov, A. V. Fil, V. A. Finochenko // Chemical, Oil and Gas Engineering. – 2017. – No. 12. – Pp. 38–40.
3. Zaitseva, N. V. Comparative hygienic assessment of the composition of ash and dust fractions of atmospheric air in the zone of influence of a thermal power plant to improve the accuracy of public health risk assessment / N. V. Zaitseva, S. V. Klein, A. M. Andrisunas,

Клейн, А. М. Андришунас, С. Ю. Балашов // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2023. – Т. 31, № 12. – С. 37-45. – DOI 10.35627/2219-5238/2023-31-12-37-45.

4. **Черенцова, А. А.** Анализ выбросов от ТЭЦ при различных сценариях ее проектирования / А. А. Черенцова, Н. А. Пашнина // Наука сегодня: вызовы и решения : материалы международной научно-практической конференции: в 2 частях, 31 января 2018 года. Том Часть 1. – Вологда: ООО «Маркер», 2018. – С. 181-183.

5. **Пушкарёв, Я. С.** Очистка дымовых газов после электрофильтров на Харанорской ГРЭС / Я. С. Пушкарёв // Научный Лидер. – 2023. – № 39(137). – С. 46-49.

S. Yu. Balashov // Population Health and Habitat - ZNiSO. – 2023. – Vol. 31, No. 12. – Pp. 37-45. – DOI 10.35627/2219-5238/2023-31-12-37-45.

4. **Cherentsova, A. A.** Analysis of emissions from a combined heat and power plant under various design scenarios / A. A. Cherentsova, N. A. Pashnina // Science today: challenges and solutions: materials of the international scientific and practical conference: in 2 parts, Vologda, January 31, 2018. Volume Part 1. – Vologda: OOO Marker, 2018. – Pp. 181-183.

5. **Pushkarev, Ya. S.** Cleaning of flue gases after electrostatic precipitators at the Kharanorskaya GRES / Ya. S. Pushkarev // Scientific Leader. – 2023. – No. 39(137). – pp. 46-49.

V.V. Kozlyuk

AN INTEGRATED APPROACH TO COMBINING MECHANICAL AND ELECTRICAL METHODS OF EMISSION TREATMENT TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THERMAL POWER PLANT ELECTROSTATIC PRECIPITATORS

Abstract. This article examines an integrated approach to improving the efficiency of electrostatic precipitators at thermal power plants by combining mechanical pre-cleaning methods (battery cyclones, louvered dust concentrators), gas distribution devices, and flue gas conditioning systems. The main disadvantages of traditional electrostatic precipitators are analyzed, including the impact of high ash resistivity, instability of operating modes, and dust reentrainment. Solutions are proposed to improve the efficiency of exhaust gas cleaning.

Keywords: electrostatic precipitators, filtering, flue gases, pollution, cleaning efficiency, thermal power plants.

For citation: Kozlyuk, V. V. An Integrated Approach to Combining Mechanical and Electrical Emission Cleaning Methods to Improve the Efficiency of Electrostatic Precipitators at Thermal Power Plants / V. V. Kozlyuk // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 56–60. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_56.

Сведения об авторах

Козлюк Виталий Викторович

Ростовский государственный университет путей сообщения» (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: kvv_555@mail.ru

Information about the authors

Kozlyuk Vitaly Viktorovich

Rostov State Transport University (RSTU)
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: kvv_555@mail.ru