

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДИСПЕРСНУЮ СРЕДУ В УСТРОЙСТВАХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗОВЫХ СРЕД ОТ АЭРОЗОЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

И.В. Ягодкин, А.М. Посаженников, А.Г. Гришин, В.П. Мельников

ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск



В работе освещаются вопросы экспериментального исследования воздействия аэроизации на процессы улавливания аэрозольных частиц из воздушного потока при использовании комбинированных фильтрующих систем.

Ключевые слова: аэрозоли, аэроионизация, очистка газовых сред, аэрозольные фильтры, высокоэффективные аэрозольные фильтры, электрофизическое воздействие.

Key words: aerosols, aeroionization, cleaning of gas-air flows, aerosol filters, high-efficiency aerosol filters, the method of electrophysical action.

ВВЕДЕНИЕ

Очистка газовоздушных потоков в различных отраслях промышленности остается одним из самых важных направлений в области технологий защиты окружающей среды от аэрозолей различного происхождения, в том числе радиоактивных и токсичных.

Высокоэффективные аэрозольные фильтры, использующиеся сегодня на АЭС имеют малый ограниченный ресурс работы и высокую стоимость изготовления и эксплуатации. Следует отметить, что после выработки срока эксплуатации они подлежат захоронению, что в свою очередь является дополнительным источником радиоактивных отходов большого объема (~320 м³ в год).

Сложившаяся ситуация с газоочисткой от радиоактивных и токсичных аэрозольных частиц на АЭС требует, с одной стороны, усовершенствования традиционных подходов к созданию фильтрационного оборудования, с другой стороны – разработки принципиально новых методов и средств очистки воздуха, а именно, принципа комбинированной очистки, основанного на создании на аэрозольных частицах специфических свойств в ионизированном газовом потоке с последующим их улавливанием на фильтрах [1].

© И.В. Ягодкин, А.М. Посаженников, А.Г. Гришин, В.П. Мельников, 2012

Экологическая, в том числе и радиационная безопасность, связанная с эксплуатацией оборудования предприятий радиохимической, атомной, приборостроительной и др. отраслей промышленности, во многом определяется состоянием воздушной среды. Поэтому особую важность играет качество используемого фильтрационного оборудования, в частности, аэрозольных фильтров, способных обеспечить высокоэффективную очистку воздушных сред от радиоактивных и токсичных аэрозолей различного происхождения.

Развитие фильтрующих материалов достигло своего предела. Оно шло по пути уменьшения размера фильтрующих волокон (рис. 1). Сегодня дальнейшее уменьшение размера волокон становится экономически невыгодным дорогостоящим мероприятием. Можно нарастить «нанонити» на волокнах фильтрующего материала, но пока не существует технологий, которые позволили бы сделать это в промышленных масштабах и по конкурентной цене с уже используемыми высокоэффективными аэрозольными фильтрующими материалами. В связи с этим актуальна проблема поиска новых путей развития фильтрации не за счет уменьшения размеров волокон фильтрующего материала, а за счет изменения свойств фильтруемой среды при воздействии на нее различными методами.

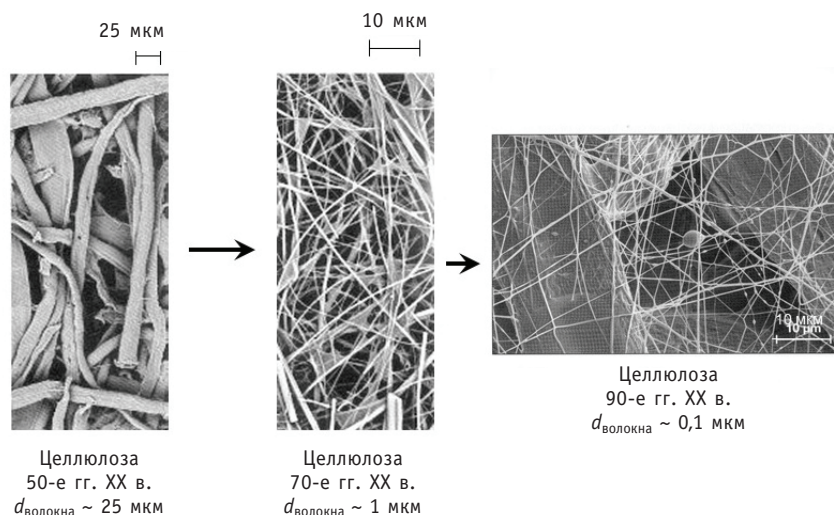


Рис. 1. Этапы развития фильтрующих материалов

Существует огромное количество методов очистки воздуха от аэрозолей с использованием различных воздействий на очищаемую среду: механическая очистка газов, включающая в себя сухие и мокрые методы (гравитационное осаждение, инерционное осаждение, центробежные методы очистки газов, насадочные скрубберы, скрубберы Вентури, центробежные скрубберы), электростатическая очистка газов, но ни один из перечисленных методов не подходит для высокоэффективного улавливания наиболее проникающих аэрозольных частиц диаметром 0,2–0,5 мкм. Для улавливания наиболее проникающих аэрозольных частиц предлагается использовать метод электрофизического воздействия на дисперсную среду с последующим улавливанием аэрозольных частиц на «грубом» фильтроматериале класса G2 (ГОСТ Р 51215-99).

Метод электрофизического воздействия на дисперсную среду [2] основан на создании заряда на аэрозольных частицах с целью их последующего более эффективного улавливания высокопористой фильтрующей средой. Достигаемое при этом увеличение эффективности очистки по аэрозольным частицам на предвари-

тельной ступени грубой очистки может существенно снизить концентрацию аэрозолей, поступающих на финишную дорогостоящую ступень высокоэффективной очистки, тем самым продлевается срок эксплуатации высокоэффективной секции.

Цель исследования влияния аэроионизации на эффективность улавливания аэрозолей из воздушного потока – определение физических процессов, которые могут играть существенную роль в осаждении заряженных аэрозольных частиц, включая их перемещение и взаимодействие с диэлектрическими и проводящими материалами фильтрующих систем. Такими физическими процессами являются зарядка аэрозольных частиц различного размера и состава в поле коронного разряда и за счет трибоэлектризации при взаимодействии частиц с материалами фильтрующих систем, процессы движения заряженных частиц в собственных и внешних электрических полях в присутствии основного газодинамического потока и взаимодействия заряженных аэрозольных частиц между собой.

Экспериментальные и теоретические исследования воздействия интенсивной аэроионизации на процессы улавливания аэрозольных частиц из воздушного потока при использовании комбинированных фильтрующих систем дают возможность определить факторы, влияющие на эффективность осаждения аэрозольных частиц из воздушного потока, выявить оптимальные диапазоны параметров электродных и фильтрующих систем, при которых обеспечивается максимальная эффективность осаждения частиц. Полученные результаты могут лечь в основу перспективных технологических устройств комбинированной очистки газов различного назначения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для комплексного исследования влияния параметров аэроионизации (интенсивность коронного разряда, величина напряженности электрического поля) и характеристик фильтрующей системы на эффективность фильтрации аэрозольных частиц была разработана и создана экспериментальная установка. Принципиальная схема установки представлена на рис. 2. Основными элементами установки являются аэрозольная камера с генератором аэрозолей конденсационного типа; ионизатор; универсальный переносной счетчик аэроионов УТ-8401; лазерный аэрозольный спектрометр с компьютерным управлением и системой обработки данных; экспериментальный участок, моделирующий воздухопровод; побудитель расхода – вентилятор с регулятором напряжения; прибор комбинированный цифровой Щ-300; фильтродержатель.

Рабочий участок представляет собой цилиндрическую трубу диаметром 200 мм длиной 1500 мм, в котором последовательно установлены коронирующие электроды, фильтрующий материал, побудитель расхода. Исследуемый фильтроматериал закрепляется в фильтродержателе.

В качестве коронирующих электродов в экспериментах использовались три электродные системы:

- восемь игл, распределенных по диэлектрическому держателю, расположенному в поперечном сечении воздухопровода;
- ряд гладких коронирующих проводов, установленных перпендикулярно потоку воздуха (диаметр проводов 300 мкм, расстояние между проводами 35 мм);
- ряд пилообразных электродов, установленных перпендикулярно потоку воздуха и направленных острием в сторону осадительных электродов.

В качестве фильтрующих элементов использовались материалы трех видов: металлическая мелкоячеистая (160 мкм) сетка (ФС6); диэлектрический полиэфирный материал ФЛ-150 (ФС2); полотно иглопробивное из металловолокон (металловойлок) (ФС1). В большинстве экспериментов использовалась комбинация не-

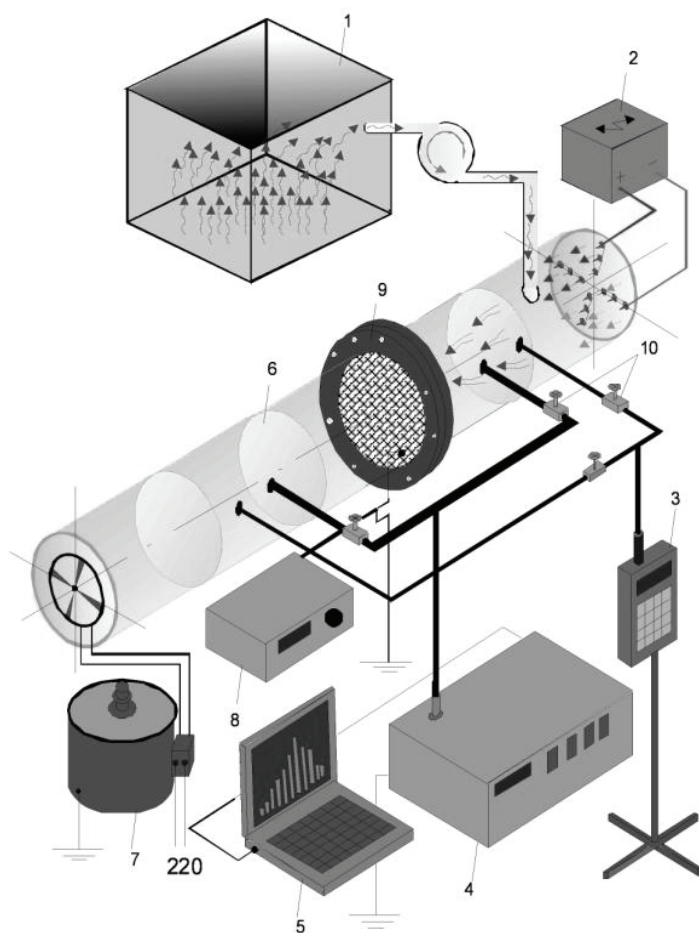


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 – аэрозольная камера с генератором аэрозолей конденсационного типа; 2 – ионизатор для генерации аэроионов; 3 – универсальный переносной счетчик аэроионов UT-8401; 4 – лазерный аэрозольный спектрометр; 5 – компьютерное управление и система обработки данных; 6 – экспериментальный участок, моделирующий воздуховод; 7 – побудитель расхода – вентилятор с регулятором напряжения; 8 – прибор комбинированный цифровой Щ-300; 9 – фильтродержатель; 10 – вентиль

скольких проводящих и диэлектрических фильтроматериалов: ФЛ-150 + металлическая сетка (ФС3); ФЛ 150 + металловолок (ФС4); ФЛ 150 + металлическая сетка + металловолок (ФС5); металловолок + сетка (ФС7).

Для проведения исследований влияния аэроионизации на эффективность улавливания аэрозольных частиц из воздушного потока при различных условиях была предусмотрена возможность изменения межэлектродного расстояния между фильтроматериалом и коронирующими электродами, расхода воздуха и других параметров.

Во время исследований аэрозольная камера не использовалась. Забор воздуха осуществлялся из атмосферы большой аэрозольной комнаты объемом в 250 м³, содержащей аэрозольные частицы различного размера в относительно малых концентрациях. В течение всего времени проведения экспериментов контролировалась счетная концентрация аэрозольных частиц в атмосферном воздухе. Общая концентрация аэрозольных частиц в комнатном атмосферном воздухе в различные дни проведения экспериментальных исследований могла меняться от ~ 10⁴ до ~ 10⁶ 1/л.

Измерения концентрации аэрозольных частиц проводилось лазерным спектрометром с забором воздуха после фильтрующего элемента на расстоянии 30 см от него. При проведении экспериментальных исследований использовались четыре варианта расхода воздуха (линейная скорость потока) через аэрозольную камеру: 1 – 5,5 м³/ч (4 см/с); 2 – 16 м³/ч (14 см/с); 3 – 26 м³/ч (23 см/с); 4 – 36 м³/ч (31 см/с). В большинстве экспериментов устанавливался один и тот же расход воздуха через фильтрующую систему – 16 м³/ч (14 см/с).

На коронирующие электроды подавалось напряжение отрицательной полярности от высоковольтного источника. Диапазон подаваемого напряжения во время экспериментальных исследований был от 1 до 17 кВ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На базе испытательного стенда на кафедре техники и электрофизики высоких напряжений Московского энергетического института (технический университет) при участии сотрудников данной кафедры В.К. Роддатиса и А.Г. Темникова проведены экспериментальные исследования параметров аэроионизации (систем коронирующих электродов и интенсивности создаваемого ими коронного разряда) и характеристик фильтрующей системы на изменение концентрации и дисперсного состава модельных аэрозолей в воздушном потоке.

В процессе исследований были рассмотрены три вида электродных систем («иглы – плоскость», «ряд проводов – плоскость», «ряд пилообразных электродов – плоскость»), типичных для электрической фильтрации газоаэрозольных потоков. Эксперименты показали, что наибольшая эффективность улавливания наблюдается для пилообразных коронирующих электродов (рис. 3). При этом система пилообразных коронирующих электродов создает малое гидродинамическое сопротивление потоку газа, обеспечивает достаточно интенсивный коронный разряд, имеет высокую механическую прочность, что обеспечивает надежность работы в условиях, характерных для вентсистем АЭС.

Предельный заряд, который могут приобрести аэрозольные частицы в поле коронного разряда, определяется интенсивностью коронного разряда, которая

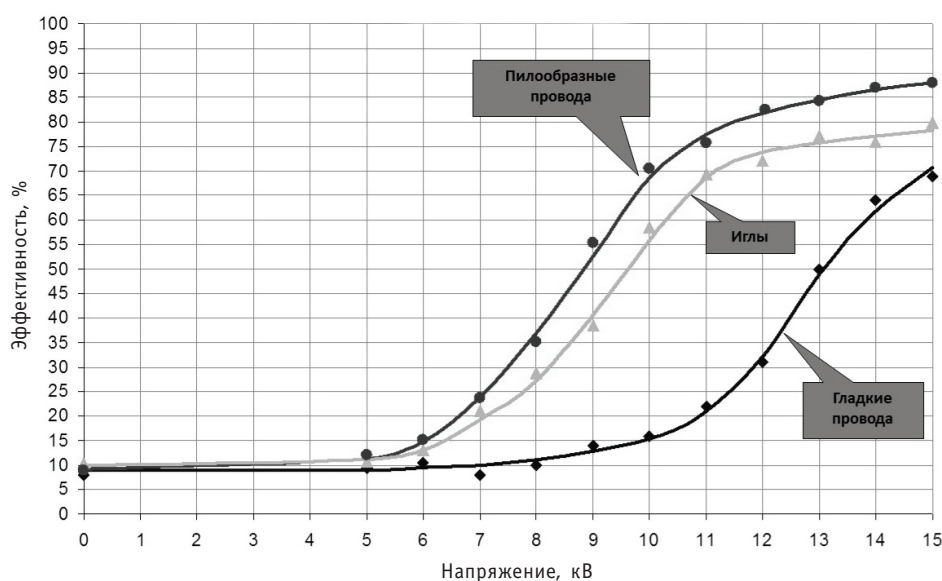


Рис. 3. Зависимость эффективности улавливания аэрозольных частиц диаметром 0,2–0,3 мкм из воздушного потока от вида электродной системы

зависит от приложенного напряжения, вида коронирующих электродов и межэлектродного расстояния. Для частиц с диапазоном размеров 0.1–3.0 мкм значение предельного заряда аэрозольных частиц определяется ударным и диффузионными механизмами зарядки и следующим образом зависит от напряженности поля E в промежутке [3]:

$$q_{\max} = q_{\max_уд} + q_{\max_диф} = 4\pi\epsilon_0 k_\epsilon E a^2 + \frac{4\pi\epsilon_0 A_{\max} D a}{K}, \text{ Кл},$$

где $A_{\max} \approx 6,7$ – параметр диффузионной зарядки; a – радиус частицы (мкм); $k_\epsilon = 3\epsilon/(\epsilon+2)$; ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость материала частицы; $K \approx 2,2 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ – подвижность ионов; D – коэффициент диффузии ионов ($\text{см}^2/\text{с}$) ($D \approx 0,025 \text{ К}$).

Зависимость зарядки аэрозольных частиц в поле коронного разряда от времени при ударном механизме зарядки выглядит следующим образом [3]:

$$q(t) = q_{\max_уд} \cdot \frac{e \cdot n \cdot K \cdot t}{4\epsilon_0 + e \cdot n \cdot K \cdot t}, \text{ Кл/с}, \quad (1)$$

где e – элементарный заряд, Кл; n – концентрация ионов в межэлектродном промежутке, ионов/ см^3 ; K – подвижность ионов, $\text{см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$; t – время пребывания аэрозольной частицы в зоне действия коронного разряда, с.

Для диффузионного механизма зарядки аэрозольных частиц в поле коронного разряда кинетику зарядки во времени отражает следующая зависимость [3]:

$$t = \frac{\epsilon_0}{enK} \left[\text{Ei} \left(\frac{K}{D} \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} \right) - C_0 - \ln \left(\frac{K}{D} \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} \right) \right], \text{ с} \quad (2),$$

где $C_0 = 0,577$ – постоянная Эйлера; $\text{Ei}(y)$ – интегральная показательная функция (при $y > 1$ $\text{Ei}(y) \approx e^y/y$); K – подвижность ионов, $\text{см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$; a – радиус частицы, мкм; n – концентрация ионов в межэлектродном промежутке, ионов/ см^3 ; D – коэффициент диффузии ионов, $\text{см}^2/\text{с}$; t – время пребывания аэрозольной частицы в зоне действия коронного разряда (в межэлектродном промежутке), с.

В соответствии с зависимостью (1), чем больше время пребывания аэрозольной частицы в межэлектродном промежутке в зоне действия коронного разряда, тем ближе ее заряд к максимально возможному значению.

Таким образом, максимальные заряды аэрозольных частиц микронного и субмикронного размеров, которые они могут приобрести в поле коронного разряда, находятся в диапазоне 10^{-17} – 10^{-15} Кл.

Чем выше напряженность электрического поля в разрядном промежутке и больше, соответственно, заряд аэрозольных частиц, тем эффективнее они захватываются фильтрующей осадительной системой.

В ходе экспериментов установлено, что при скоростях воздушного потока менее 0,5 м/с при превышении напряженностью электрического поля в промежутке значения 5,3 кВ/см эффективность улавливания фильтрующей системой аэрозольных частиц практически перестает расти. Скорости движения заряженных аэрозольных частиц под действием сил электрического поля достигают значений в десятки сантиметров в секунду, становятся соизмеримыми и даже превышают скорости воздушного потока. В результате, с учетом скорости попутного газодинамического потока аэрозольные частицы «входят» в фильтрующую систему с большей скоростью, и эффективность их улавливания не увеличивается с ростом напряженности поля в промежутке, а даже начинает уменьшаться, несмотря на увеличение собственного заряда частицы и ее электрического взаимодействия с материалами фильтрующей системы.

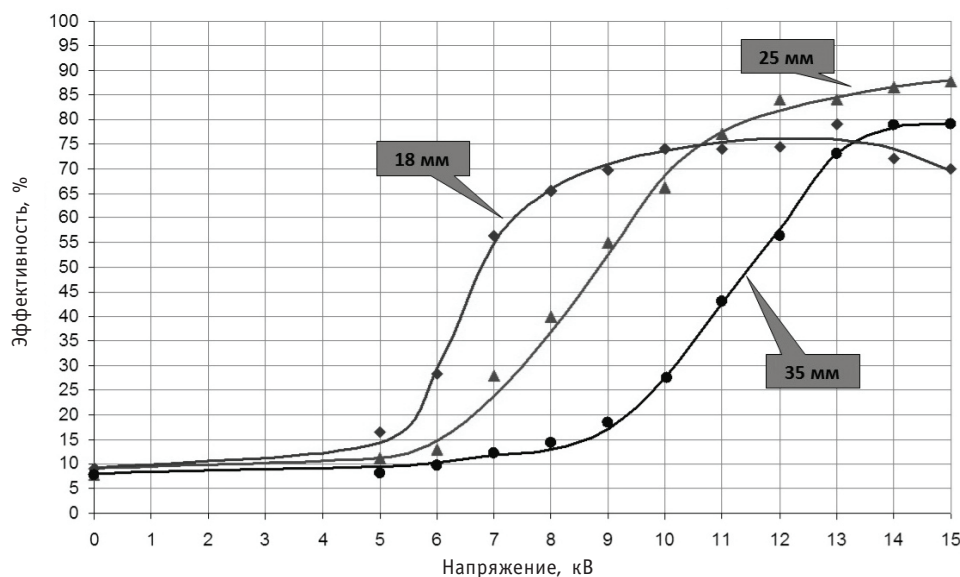


Рис. 4. Зависимость эффективности улавливания аэрозольных частиц диаметром 0,2–0,3 мкм из воздушного потока от межэлектродного расстояния для фильтрующей системы ФС5

В ходе экспериментов установлено, что при скоростях воздушного потока менее 1 м/с из рассмотренного спектра фильтрующих систем существенное снижение концентрации аэрозольных частиц могут обеспечить комбинированные фильтрующие системы, в которых последовательно расположены волокнистые диэлектрические и проводящие элементы.

Это дает возможность задействовать максимальное количество физических механизмов захвата заряженных аэрозольных частиц.

Проведенные исследования показали, что эффективность улавливания аэрозольных частиц из воздушного потока комбинированным фильтром, состоящим из системы коронирующих электродов и фильтрующей системы, установленной поперек потока воздуха, определяется совокупностью одновременного действия следующих факторов: интенсивностью коронного разряда, величиной напряженности электрического поля в промежутке, скоростью потока (расходом) воздуха, характеристиками фильтрующей системы.

Интенсивность коронного разряда зависит от вида электродной коронирующей системы, приложенного напряжения и межэлектродного расстояния.

При использовании комбинации диэлектрических и проводящих фильтрующих материалов (ФЛ 150 + металлическая сетка + металловолок) наблюдалось снижение проскока аэрозольных частиц (размером 0,1–0,3 мкм) через фильтрующую систему до 10–30% (рис. 6) при скоростях воздушного потока не более 1 м/с (рис. 5) при средней напряженности поля коронного разряда в разрядном промежутке в диапазоне 4–6 кВ/см.

Таким образом, в ходе проведенных экспериментов определены оптимальные характеристики электродной и фильтрующей систем, при которых может быть обеспечено эффективное улавливание аэрозольных частиц из воздушного потока.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исходя из анализа результатов проведенных экспериментальных исследований можно выделить следующие диапазоны оптимальных параметров, при которых обеспечивается наибольшая эффективность улавливания аэрозольных частиц из

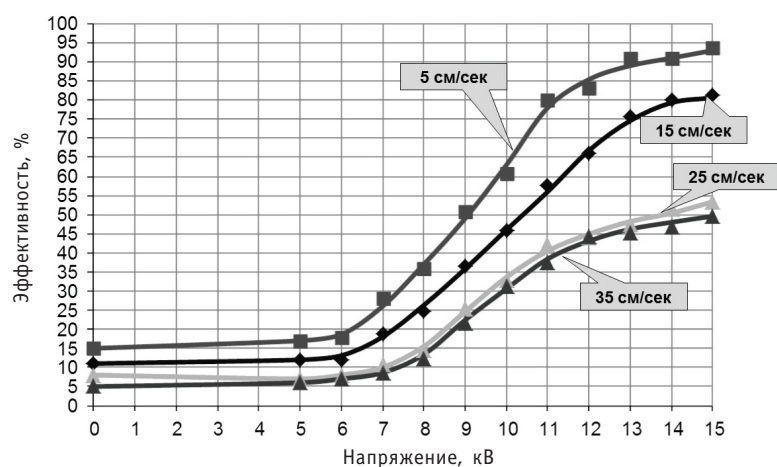


Рис. 5. Зависимость эффективности улавливания аэрозолей диаметром 0,2–0,3 мкм от скорости воздушного потока

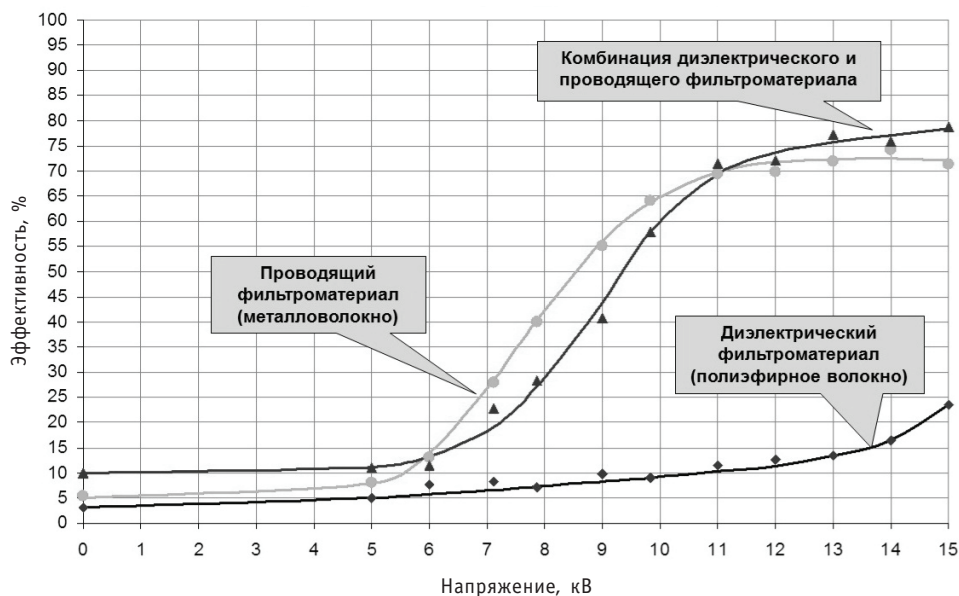


Рис. 6. Зависимость эффективности улавливания аэрозольных частиц диаметром 0,2–0,3 мкм от вида фильтрующей системы

воздушного потока при наличии аэроионизации:

- электродная система (ряд пилообразных электродов – плоскость); при ее использовании обеспечиваются максимальная эффективность осаждения аэрозольных частиц из воздушного потока в поле коронного разряда, технологичность и низкое гидродинамическое сопротивление (50 Па);
- оптимальное межэлектродное расстояние находится в диапазоне 23–27 мм.
- расстояние между коронирующими пилообразными электродами 24–26 мм (рис. 4);
- фильтрующая система ФС5 (диэлектрическая ткань ФЛ-150 + металлическая мелкаячеистая сетка + металловолок за ней); за счет многофакторного действия составляющих ее диэлектрических и проводящих элементов обеспечивает максимальную эффективность улавливания аэрозольных частиц из воздушного потока;

- напряжения питания электродной системы: отрицательная полярность на коронирующих электродах, оптимальный диапазон 13–15 кВ.

Отрицательная полярность дает возможность обеспечивать режим лавинной короны в широком диапазоне приложенных напряжений без пробоев разрядного промежутка, высокую интенсивность коронного разряда и достаточно высокую среднюю напряженность электрического поля в промежутке, где проходит осаждение заряженных аэрозольных частиц.

Диапазон напряжений питания 13–15 кВ для указанных выше параметров (электродная система, межэлектродное расстояние, тип фильтрующей системы) является оптимальным, так как при нем обеспечивается преобладание позитивных факторов аэроионизации (большой заряд аэрозольных частиц, достаточная скорость их движения в сторону фильтрующей системы и минимальный уход на стенки канала, максимально эффективное взаимодействие заряженных аэрозольных частиц с диэлектрическими и проводящими материалами фильтрующей системы) над негативными факторами (в первую очередь, большой начальной скоростью вхождения заряженной аэрозольной частицы в фильтрующую систему).

ВЫВОДЫ

1. Определены оптимальные характеристики электродной и фильтрующей систем, при которых может быть обеспечено эффективное улавливание аэрозольных частиц из воздушного потока (тип электродной системы, межэлектродное расстояние, тип фильтрующей системы, значение напряжения питания электродной системы).

2. Установлено, что максимальная эффективность улавливания аэрозолей (до 95%) обеспечивается фильтрующей системой ФС5, содержащей последовательно расположенные диэлектрические и проводящие фильтроэлементы (ФЛ 150 + металлическая сетка + металловолокно). При этом достигается возможность задействовать максимальное количество физических механизмов захвата заряженных аэрозольных частиц.

3. Выявлено наиболее эффективное конструктивное исполнение электродов. Среди рассмотренных электродных систем максимальная эффективность (снижение проскока до 5%) достигается при использовании пилообразных электродов.

4. Найдены оптимальные для эффективного улавливания аэрозольных частиц межэлектродные расстояния (23–27 мм) и диапазон питающего высокого напряжения (13–15 кВ).

Литература

1. Разработка электрофизического метода аэроионной очистки газовых сред/А.М. Посаженников, А.Г. Гришин, П.Н. Мартынов, И.В. Ягодкин, В.П. Мельников/Пленарные и секционные доклады VI Международной научно-технической конференции «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики». – М.: ФГУП концерн «Росэнергоатом», 2008. – С. 467–469.
2. Разработка устройства комбинированной электрофизической и фильтрационной очистки газо-воздушных сред/ А.Г. Гришин, А.М. Посаженников, П.Н. Мартынов, И.В. Ягодкин, В.П. Мельников, А.Г. Темников, В.К. Роддатис/Сборник трудов XI Научной школы молодых ученых ИБРАЭ РАН «Разработка устройства комбинированной электрофизической и фильтрационной очистки газовоздушных сред».
3. Бортник И.М., Верещагин И.П., Вершинин Ю.Н. и др. Электрофизические основы техники высоких напряжений. – М.: Энергоатомиздат, 1993.

Поступила в редакцию 7.11.2011

Mathematical model of linear stochastic filter is developed for NPP equipment under ageing. Theory of martingales usage is substantiated to predict the technical state of equipment. Also there is formulated optimum principle for choice of preventive actions to decrease damage processes rate.

УДК 621.039.58

Prediction of NPP Equipment Lifetime under Flow-Accelerated Corrosion by Using of Empirical Model \O.M. Gulina, O.O. Frolova; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2012. – 9 pages, 3 tables. – References, 8 titles.

To predict equipment lifetime under flow-accelerated corrosion there is used Chexal-Horowitz empirical model, realized as ECW-02. One of the most important parameters is Keller coefficient of pipe geometry. To adapt Chexal model to Russian NPP units there is developed procedure of Keller coefficient estimation by using of control data and ECW-02 prediction. As result, stochastic characteristics of Keller coefficients are obtained. To estimate the error connected with admixture content in metal on erosion-corrosion wear rate there is performed comparison of wear rate calculated by using of Durex equation and the one predicted by ECW-02.

УДК 621.039.58

Efficiency Criteria for High Reliability Measured Systems Structures \N.L. Salnikov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2012. – 5 pages, 2 illustrations. – References, 3 titles.

To develop high reliability measured systems usually there are used procedures of structural redundancy. To estimate efficiency of such structures there is developed criteria to compare different systems. So it is possible to develop more exact system by inspection of redundant system data unit stochastic characteristics in according with developed criteria.

УДК 504.064.36: 574

Application of the Method of Electrophysical Impact on the Disperse Medium in High-Performance Filtering Gases Devices from Aerosols of Various Origin \I.V. Yagodkin, A.M. Posagennikov, A.G. Grishin, V.P. Melnikov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2012. – 9 pages, 6 illustrations. – References, 3 titles.

Cleaning of gas-air flows in different branches of industry remains one of the most important directions in the field of technologies of environmental protection from aerosols of the different origin, including radioactive and toxic ones.

High-efficient aerosol filters being used today at NPP are the source of large volumes of radioactive waste subject to burial. They have a limited lifetime, and their fabrication and operation are costly.

The situation arisen with gas cleaning from radioactive and toxic aerosol particles at NPP requires, on the one hand, updating of traditional approaches and, on the other hand, development of fundamentally new methods and aids of air cleaning, namely, the principle of combined cleaning based on the fact that particles take up specific properties in ionized gas and then are to be caught on filters.

The problems of experimental investigation of the effect of intensive aeronization on catching of aerosol particles from the air flow using combined filtering systems is the subject of this paper.

УДК 621.039.534

Experimental Study of Flow Hydrodynamics Lead Coolant and Water through the Experimental Section «Throttle Clearance-Ring» \A.V. Beznosov, M.A. Antonenkov, T.A. Bokova, M.V. Yarmonov, K.A. Makhov, A.A. Molodtsov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2012. – 11 pages, 1 table, 7 illustrations. – References, 2 titles.

A research and comparison of the hydraulic characteristics of the water and lead coolant ($T = 400\text{--}500^\circ\text{C}$) flow in the system of local hydraulic resistances «throttle-annular gap» have been done at the Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University. During the experiments the magnitude of the relative clearance ($2\Delta/d = 0,018; 0,036; 0,056$) was varied with the static and rotated shaft. The average speed inside the annular gap ranged between 0,01 and 0,1 m/sec, the coolant was saturated with the oxygen.