

Аэрозольные и сорбционные фильтры нового поколения для вентсистем действующих АЭС

В. П. Мельников, И.В. Ягодкин, П.Н. Мартынов, А.М. Посажеников, А.К. Паповянец, С.С. Скворцов

**ГНЦ РФ Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского,
г.Обнинск, Калужской обл.,пл.Бондаренко, 1**

Экологическая, в том числе и радиационная безопасность, связанная с эксплуатацией оборудования предприятий радиохимической, атомной, приборостроительной промышленности и др. во многом определяется состоянием воздушной среды. Производственные процессы промышленных предприятий, включая и радиационно-опасные, в большинстве случаев сопровождаются образованием аэрозолей в виде пылей, дымов, возгонов и т.д. Поэтому необходимо предусматривать надежные методы удаления этих аэрозолей, одним из которых является фильтрационная очистка газовых сред с помощью высокоэффективных фильтров и сорберов. Необходимость создания фильтров нового поколения с улучшенными технико-экономическими характеристиками обусловлена всё возрастающими требованиями по экологической и радиационной безопасности.

Необходимость создания фильтрационного оборудования нового поколения с улучшенными параметрами по ресурсу, эффективности, сопротивлению, термостойкости обусловлена фактом всё возрастающих требований по экологической безопасности и по внедрению новых энергосберегающих технологий в производство. С учетом рекомендаций МАГАТЭ в 2003 г. введены в действие Госатомнадзором России новые “Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии”, которые устанавливают более жесткие требования к системам вентиляции атомных станций с реакторами любых типов. В частности, аэрозольные фильтры, применяемые в системах рециркуляционной и вытяжной вентиляции АЭС, должны иметь эффективность очистки не менее 99,95% для наиболее проникающих частиц; должны исключать влияние повышенного содержания влаги в воздухе на эффективность очистки; должны быть температуростойкими и работоспособны при наличии паров кислот и щелочей.

В настоящее время очистка газо-воздушных сред от аэрозолей осуществляется в основном фильтрами Петрянова и всё более широко внедряемыми фильтрами на основе стекловолокна. Очистка же воздуха от летучих соединений радиоактивного йода на радиационно-опасных предприятиях осуществляется наиболее распространенными фильтрами - сорберами типа АУИ-1500. На сегодняшний день данные фильтры по ряду основных показателей не отвечают предъявляемым требованиям. Это, в первую очередь, недостаточный ресурс, низкая эффективность при работе во влажной среде; нейтрализация зарядов при эксплуатации ФП материалов; недостаточная термостойкость; пожароопасность и низкая прочность угольных сорбентов. Аэрозольные фильтры типа Петрянова (Д-23, А-17) и на основе стекловолокон (ФАС-3500) трудно утилизируемы, поскольку в конструкциях применяются металлические элементы. Применяемый в фильтрах АУИ-1500 сорбент (активированные угли) за счет вибраций в процессе эксплуатации подвержен

измельчению, что вызывает пылеобразование и увеличение аэродинамического сопротивления. Фильтры - сорберы АУИ-1500 громоздки, неразборны и неремонтопригодны, утилизация их практически исключена. Поэтому создание аэрозольных фильтров и фильтров – сорберов нового поколения с улучшенными характеристиками является на сегодняшний день одной из актуальных задач.

Создание аэрозольных фильтров и фильтров-сорберов нового поколения включало проведение целого комплекса работ – от расчетно-экспериментального обоснования фильтроматериалов и оптимальных конструкций фильтров до изготовления опытно-промышленных образцов фильтров и проведения Государственных приемочных испытаний.

При оптимизации конструкций разрабатываемых аэрозольных фильтров на стадии проектирования необходимо выполнение аэродинамических расчетов комплектующих узлов этих фильтров с целью прогнозирования закладываемых технических характеристик. В соответствии с разработанной расчетной программой по оценке аэродинамических характеристик различных фильтров и их секций были выполнены расчеты создаваемого двухступенчатого фильтра производительностью $G=3500\text{м}^3/\text{ч}$ в заданных габаритных размерах фильтров-аналогов Д-23, А-17 (636×610×572мм). Установлена общая тенденция снижения величин сопротивления секции тонкой очистки при увеличении длины секции и уменьшении высоты гофр фильтроматериала с $H_7 = 6,0\text{мм}$ до $H_6 = 3,7\text{мм}$. Это обусловлено тем фактом, что снижение сопротивления фильтрующего материала секции преобладает над ростом величин местных сопротивлений воздушных каналов секции.

Зависимость величины общего сопротивления двухступенчатого фильтра от параметров секций предварительной и тонкой очистки (H и l) представлена на рис. 1. Видно, что эта зависимость не линейна и имеет растянутый минимум в области значений длины секции тонкой очистки $l_1 = 250\div 400\text{мм}$ и соответственно для секции предварительной очистки $l_2 = 250\div 100\text{мм}$. Расчетное значение общего сопротивления создаваемого двухступенчатого фильтра не превышает величину 400Па для выбранных параметров секций предварительной и тонкой очистки

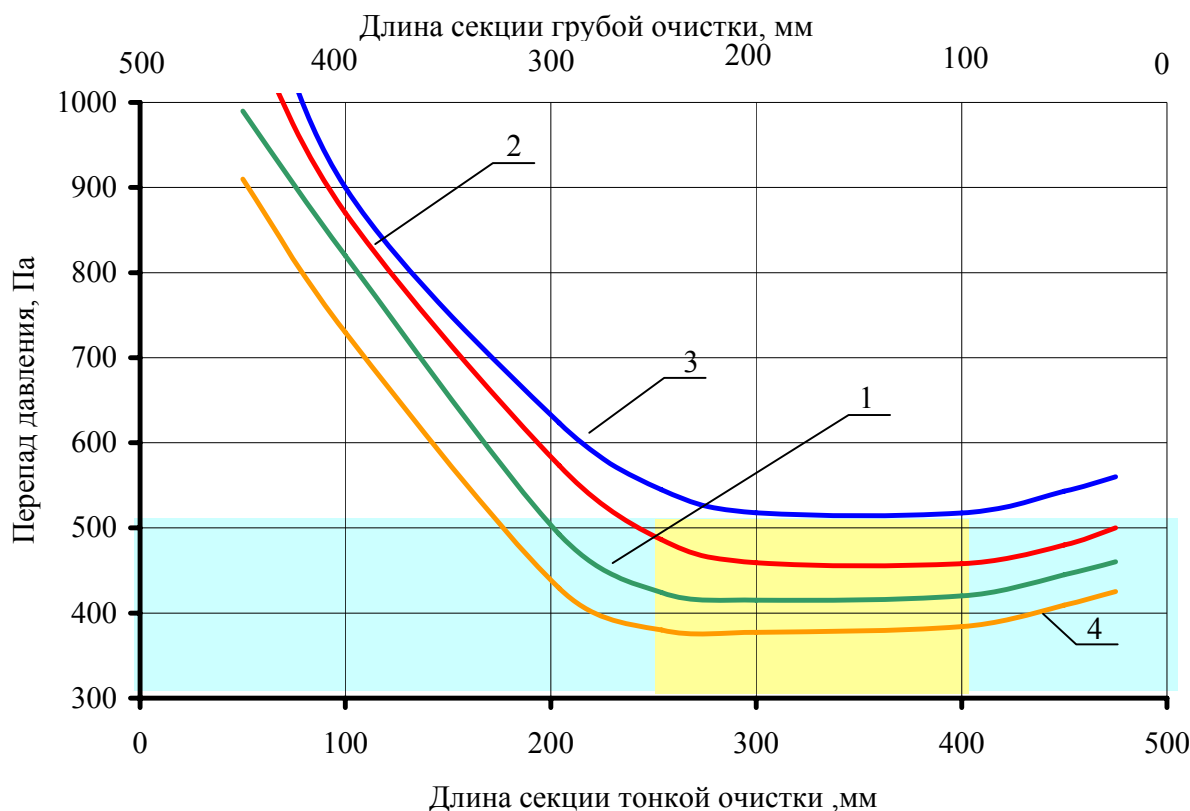


Рисунок 1 - Аэродинамическое сопротивление 2^х ступенчатого фильтра при номинальной производительности $G=3500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

1 – $H_1=10 \text{ мм}$, $H_2=4,3 \text{ мм}$;

2 – $H_1=10 \text{ мм}$, $H_2=6,0 \text{ мм}$; (H_1 , H_2 – высоты гофр фильтроматериала

3 – $H_1=7 \text{ мм}$, $H_2=4,3 \text{ мм}$; предварительной и тонкой очистки соответственно)

4 – $H_1=20 \text{ мм}$, $H_2=3,7 \text{ мм}$.

Двухступенчатый аэрозольный фильтр создан с выемной секцией грубой очистки, что позволяет в процессе эксплуатации проводить периодическую замену этой секции и тем самым продлить ресурс работы всего фильтра. В отличие от аналогов в конструкции фильтра отсутствуют дорогостоящие алюминиевые сепараторы; для развития поверхности фильтрации использован метод миниплиссировки, что в конечном итоге так же увеличивает продолжительность эксплуатации фильтра и удешевляет его конструкцию. Отсутствие металлических деталей даёт возможность утилизировать отработавший свой ресурс фильтр за счёт его сжигания. Такая технология особенно востребована при необходимости улавливания тонкодисперсного дорогого продукта.

Фильтр двухступенчатый высокоэффективный (ФДВ-3500) - РКД № АРТН.0611.449.304 с выемной секцией прошел ресурсные испытания в течение ~ 500 час. в реальных промышленных условиях здания ИРАМ (вентсистема В4-1) при средней концентрации аэрозолей на входе в фильтр, соответствующей суммарной объемной активности, равной ~ $4000 \text{ Бк}/\text{м}^3$. Получено, что основная техническая характеристика фильтра – эффективность очистки ($E = 99,965$) соответствует

требованиям п. 6.2.2 технического задания и нормативным документам ($E \geq 99,95\%$). Аэродинамическое сопротивление фильтра ($\Delta p = 392$ Па) также находится в пределах допустимых значений ($\Delta p \leq 400 \pm 50$ Па).

Фильтр – сорбер нового поколения типа АУИ-1500ВМ создан с выемным, легко заменяемым модулем (кассетой) на основе модифицированных сорбентов с улучшенными техническими характеристиками. В качестве сорбента используется модифицированный уголь марки СКТ-3, импрегнированный и гидрофобизированный соответствующими элементами, или высокотемпературный импрегнированный сорбент на основе силикагеля.

Разработанный новый сорбент на основе активированного угля по сравнению с применяемыми сорбентами типа СКТ-3ИК, СКТ-3 имеют преимущества по таким параметрам, как возможность работы при повышенной влажности (до 95%) за счет гидрофобизации сорбента, эффективность очистки по молекулярному йоду (99,95%) и метилиодиду (99,9%) на порядок выше за счет использования в оптимальных соотношениях новых элементов импрегнации. Результаты испытаний новых сорбентов, проведенных на полигоне 1 в Мире АЭС представлены в таблице №1.

Таблица 1

Результаты испытаний сорбционных гранулированных материалов по йоду-131

№ п/п	Сорбционный материал	Форма йода-131	V, м ³	v, см/сек	Q _{вх} , Бк/м ³	Q _{вых} , Бк/м ³	E, %
1	СКТ-3 + импрегнант1	йодис-тый метил	0,539	63,8	297300	54	99,98±0,01
2	СКТ-3 + импрегнант1+2ТЭДА		0,490	58,0		83	99,97±0,01
3	СКТ-3 + импрегнант1+2ТЭДА+ гидрофобизатор		0,433	51,3		60	98,98±0,01

Разработанный фильтр - сорбер за счет повышения основных характеристик (эффективности, ресурса, термостойкости) и появления возможности производить простую и быструю замену отработавшего сорбента, с сохранением основных несущих конструкций, позволяет снизить затраты на изготовление и обслуживание, а также существенно повысить качество фильтрации газо-воздушных сред. В конструкции созданного фильтра - сорбера сохранены габариты и присоединительные размеры фильтра – сорбера типа АУИ-1500, что позволяет избежать дорогостоящей реконструкции вентсистем АЭС. На рис.2 представлена конструкция разработанного фильтра-сорбера.

Разработанные фильтры ФДВ-3500 и АУИ-1500ВМ успешно прошли Государственные приёмочные испытания. Испытания проводились на аттестованном Госстандартом РФ стенде «СИАФ-1» и испытательном полигоне Первой в мире АЭС в ГНЦ РФ-ФЭИ. Достигнуты повышенные характеристики фильтров по эффективности очистки, сопротивлению, термостойкости, возможности работы при

повышенной влажности. По результатам испытаний АУИ-1500ВМ установлено, что эффективность очистки по молекулярному радиойоду составляет величину 99,92 % (при норме 99,0 %), а по органическим формам радиойода - 99,87 % (при норме 99,0 %); для фильтра ФДВ-3500 эффективность очистки по наиболее проникающим частицам не ниже 99,96%. Полученные результаты показали, что все основные параметры указанного выше фильтрационного оборудования соответствуют требованиям ТЗ, техническим условиям и нормативным документам.



Рис.2 Фильтр-сорбер АУИ-1500ВМ

Созданные технологии производства аэрозольного фильтра ФДВ-3500 и фильтра-сорбера АУИ-1500ВМ позволяют приступить к этапу их серийного производства и замены морально устаревших фильтров-аналогов на более высокоэффективное оборудование.