

На правах рукописи

Пайметов Андрей Николаевич

**РАЗРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ СПЕЦИАЛЬНОГО
НАЗНАЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Специальность 05.19.02 – Технология и первичная обработка текстильных
материалов и сырья

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва 2016

Работа выполнена на кафедре технологии и конструирования Дмитровградского инженерно-технологического института (филиала) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Научный руководитель	Панин Иван Николаевич доктор технических наук, генеральный директор ООО «Нефтегазовые технологии МИФИ»
Официальные оппоненты	<u>Карева Татьяна Юрьевна</u> доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и проектирование текстильных изделий» Текстильного института ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»
	<u>Сафонов Павел Евгеньевич</u> кандидат технических наук, научный сотрудник ООО «ТЕКС-ЦЕНТР» (г. Москва)
Ведущая организация	АО «Научно-исследовательский институт нетканых материалов» (г. Серпухов)

Защита состоится 21 апреля 2016 года в 12:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06 при Московском государственном университете дизайна и технологии.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» <http://www.mgudt.ru/>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2016 года

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.144.06
доктор технических наук, профессор

Е.А. Кирсанова

АННОТАЦИЯ

Основными недостатками существующих текстильных фильтров, применяемых в атомной промышленности является высокая стоимость фильтровальных материалов из которых они изготовлены, сложность эксплуатации, низкая эффективность, сложность утилизации образующихся вторичных отходов. В зависимости от вида намоток и их комбинаций пористость, а, следовательно, проницаемость фильтра, меняются. Наименьшей проницаемостью обладают фильтровальные перегородки трубчатых текстильных фильтров (ТТФ), имеющие сомкнутую структуру намотки нити на перфорированный патрон. Скорость фильтрации и производительность фильтра будет зависеть от перепада давлений на фильтровальной перегородке, вязкости фильтрата и его удельного веса. Коэффициент фильтрации пористых перегородок трубчатых текстильных фильтров в значительной мере определяется пористостью самих перегородок, зависящей от удельной плотности, а, следовательно, и от их структуры намотки. Проведенные исследования в бассейне выдержки отработанных тепловыделяющих сборок (ОТВС) указывают на то, что при использовании существующая система очистки требует доработки, т.к при заборе воды остаются застойные участки. Испытание модульного патронного фильтра показало возможность использования ТТФ в системах очистки ЖРО, фильтрующий материал обладает радиационной стойкостью, очистка от взвесей и продуктов коррозии с такими фильтрующими элементами достаточно эффективна, при этом на фильтрующий слой частично сорбируются радионуклиды. При сжигании чисто органических отходов (без добавки водных стоков) в качестве фильтра первой ступени очистки дымовых газов от радионуклидов могут быть использованы металлотканые фильтры с напыленным фильтрующим слоем из древесной золы. Коэффициент очистки дымовых газов от нелетучих радионуклидов на таком фильтре возрастает по мере его работы от нескольких сотен до десятков тысяч. Регенерация металлотканых фильтров производится посредством их продувки обратным током воздуха. В качестве второй ступени фильтрации, как показали исследования, целесообразно использовать аэрозольный фильтр с фильтрующим слоем из стекловолокна. Фильтр из стекловолокна с поверхностной плотностью 800 г/м^2 при скорости фильтрации $0,5 - 1 \text{ см/с}$ обеспечивает очистку дымовых газов с температурой $330 - 370 \text{ }^\circ\text{C}$ не менее чем в 200 раз по радионуклидам. Проведенные исследования показали техническую возможность совместной огневой переработки ЖРО. Для этого пригоден металлотканевый фильтр с предварительно напыленным фильтрующим подслоем (древесная зола) и фильтр из ультратонкого стекловолокна позволяют производить достаточно глубокую (примерно на три - четыре порядка) очистку дымовых газов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Создание новых высокоэффективных текстильных фильтров влияет и на развитие атомной энергетики. Во многом решение этой проблемы зависит от очистки радиоактивных отходов. Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) несут примерно 40-80% активности получаемой в ядерно-топливном цикле. Для их очистки и утилизации на предприятиях атомной энергетики применяются специальные технологии: осаждение, термические методы (выпаривание), ионообменное фильтрование, обратный осмос, механическое фильтрование. Для окончательной переработки таких отходов могут использоваться, текстильные технологии и термостойкие материалы. Используемые технологии водоподготовки энергоемки и приводят к образованию вторичных отходов, поэтому захоронение ЖРО - дорогостоящая технология, до конца недоработана и требуются новые методы их утилизации. Изыскания нетрадиционных методов утилизации ЖРО и отходящих газов с использованием фильтровальных перегородок на базе мотальных паковок из текстильных материалов специального назначения является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка и исследование структур текстильных фильтровальных перегородок, а также возможность их использования для очистки вод и отходящих газов, загрязненных радиоактивными отходами.

Для достижения поставленной цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

- проведение оценки свойств исходных волокон и нитей для создания фильтровальных перегородок трубчатых текстильных фильтров (ТТФ), используемых в атомной энергетике при очистке агрессивных сред;
- исследование формирования намоток ТТФ для создания пористых перегородок;
- изучение влияния вида намоток на пористость фильтровальных перегородок;
- исследование фильтровальных и гидравлических свойств пористых перегородок;
- совершенствование конструкции мотального механизма для формирования ТТФ;
- изучение деформации остова пористой перегородки ТТФ;
- изучение эффективности очистки отходящих газов при переработке ЖРО;
- анализ фильтров, используемых в системах очистки ЖРО.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- предложен метод расчета параметров формирования ТТФ для очистки ЖРО и отходящих газов, обеспечивающий получение текстильной перегородки с максимальной проницаемостью - на основе теории фильтрации;
- на аналитическом уровне определена оптимальная структура текстильных фильтров для очистки ЖРО и отходящих газов;
- определена зависимость пористости фильтровальных перегородок от вида и структуры намотки, позволяющая прогнозировать качество ТТФ;
- исследована радиационная стойкость различных фильтрующих материалов фильтровальных перегородок;
- определены оптимальные фильтровальные свойства различных текстильных специальных материалов пористых перегородок полученных путем наматывания;
- исследованы гидравлические свойства фильтровальных перегородок ТТФ из различных текстильных материалов на основе теории фильтрации;
- определен характер деформации (сплющивания) остова пористой перегородки трубчатых текстильных фильтров на основе положений теории механики нити;
- проведены исследования отложений осадка на ТТФ, образующихся от ОТВС.

Практическая ценность работы заключается в том, что:

- предложена конструкция специального мотального механизма для формирования ТТФ, предназначенных для очистки ЖРО и отходящих газов;
- изготовлен образец модульного патронного фильтра и проведены его испытания в бассейнах выдержки ОТВС;
- определены материалы и оптимальные параметры структуры трубчатых текстильных фильтров для использования их в системах очистки ЖРО и отходящих газов;
- получены трубчатые текстильные фильтры из термостойких нитей заданных типоразмеров;
- доказана возможность использования различных текстильных материалов для очистки ЖРО и отходящих газов;
- проведены испытания фильтров в бассейне выдержки ОТВС с целью определения возможности использования их для очистки ЖРО;
- проведен анализ экономической эффективности внедрения трубчатых текстильных фильтров в производство.

Результаты работы внедрены на ООО «КОВРОТЕКС» г. Димитровграда.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, базируются на большом экспериментальном материале, использовании современных научных теорий, корректном применении методов статистического анализа, использовании современных средств исследования и информационных технологий, апробации основных положений диссертации в периодической научной печати, а также внедрении в производство.

Автор защищает:

- метод расчета пористых перегородок ТТФ для очистки ЖРО и отходящих газов и оптимальных параметров их структуры;
- результаты исследований фильтровальных свойств пористых перегородок, полученных путем наматывания термостойких нитей;
- результаты экспериментальных исследований определения возможности использования ТТФ из различных специальных материалов в системах очистки ЖРО и отходящих газов;
- конструкции оборудования для получения пористых перегородок ТТФ для очистки ЖРО и отходящих газов.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях и семинарах:

1. Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2010) – М.: МГТУ им. АН. Косыгина, 2010.
2. Международная научно-практическая конференция «Нано-, Био-, информационные технологии в текстильной и легкой промышленности» («Текстильная химия – 2011»), 2011.
3. Научная конференция ППС ДИТИ НИЯУ МИФИ «Развитие и перспективы вузовской науки и образования в современных условиях, 2012.

Публикации

В ходе выполнения диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 2 статьи в журналах, включенных в перечень, рекомендованный ВАК, сделано 3 доклада на научных конференциях различного уровня.

Объем и структура работы

Диссертационная работа изложена на 154 страницах машинописного текста и состоит из пяти глав, общих выводов по работе, 2 приложений, списка использованной литературы, включающего 69 наименований источников, включает 13 таблиц и 31 иллюстрацию.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и задачи исследования, определены средства и методы, отражена научная новизна, практическая значимость и апробация результатов работы, приведены сведения о публикациях по теме диссертации, о ее структуре и объеме.

Глава I раскрывает критический анализ литературных источников посвящённых изучению существующих технологий утилизации ЖРО и отходящих газов, рассмотрение текстильных фильтров, используемых для очистки ЖРО и отходящих газов.

Сделан выбор и дана оценка свойств исходных волокон и нитей для создания фильтровальных перегородок ТТФ, используемых в атомной энергетике при очистке агрессивных сред. Проведён анализ современных конструкций фильтров используемых при очистке агрессивных сред, проведена их классификация и определены пути дальнейшем совершенствовании их конструкций для очистки радиоактивных отходов (РАО).

Анализ литературных источников по теме диссертации:

- подтвердил актуальность проблемы, отметил ее практическую ценность и значимость;
- позволил классифицировать РАО по виду, активности и радионуклидному составу в зависимости от этого выбирается метод обращения с ними;
- показал, что основным видом радиоактивных отходов являются жидкие радиоактивные отходы, изыскание новых методов обращение с ними является актуальной задачей;
- выявил, что одним из основных видов обращения с ЖРО является механическое фильтрование необходимое для их осветления и разделения жидкой и твердой фазы;
- показал целесообразность использования текстильных фильтров с трубчатой фильтровальной перегородкой.

Во второй главе приведены исследования структур намоток трубчатых текстильных фильтров формируемых на базе мотальных паковок и исследованы возможности их использования в качестве средств утилизации радиоактивных отходов.

Отмечено, что в качестве фильтровальных перегородок при очистке жидких и газообразных радиоактивных отходов может быть использован широкий спектр текстильных материалов, изготовленных из различных видов тканей, войлоков, нетканых полотен, трикотажа и т.д. Несмотря на это, любая фильтровальная перегородка должна обладать следующими свойствами:

- способностью хорошо задерживать твердые частицы;
- небольшим гидравлическим сопротивлением;
- возможностью легко отделять осадок;
- достаточной механической прочностью;
- стойкостью к химическому воздействию разделяемых сред;
- теплостойкостью;
- низкой стоимостью.

Исходя из данных требований, наиболее оптимальными пористыми перегородками следует считать не плоские, а трубчатые текстильные фильтры, сформированные однопроцессным способом намоткой нити (нитевидного материала) на перфорированный патрон требуемых размеров, заданной пористости и проницаемости.

Проницаемостью пористой перегородки фильтра называется ее способность пропускать через себя жидкости и газы. Она зависит главным образом от пористости фильтровальной перегородки, так как проникновение жидкости и газов может происходить по порам и промежуткам между нитями намотки. Количественно проницаемость фильтра - B может быть охарактеризована скоростью прохождения фильтруемой жидкости сквозь пористую перегородку:

$$B = \frac{V}{F \cdot t}, \text{ [м/с]} \quad (1)$$

- где V – объем прошедшего через фильтровальную перегородку воздуха или фильтрата, м³;
 F – площадь пористой перегородки, м²;
 t – время прохождения воздуха или фильтрата, сек.

Следует отметить, что проницаемость также будет зависеть и от перепада давлений на фильтровальной перегородке, вязкости фильтрата, и удельного веса фильтрата. Поэтому проницаемость фильтровальной перегородки удобнее характеризовать коэффициентом фильтрации k_ϕ , создаваемым ею. Согласно закону фильтрации Дарси скорость движения жидкости в фильтрующем слое можно определить по формуле:

$$v = -k_\phi \cdot \frac{\partial h_z}{\partial x}, \quad (2)$$

- где k_ϕ – коэффициент фильтрации;
 h_z – гидравлический напор жидкости в слое, находящемся на расстоянии x от места фильтрации;
 $\frac{\partial h_z}{\partial x}$ – градиент изменения напора жидкости по направлению фильтрации.

Исследование фильтровальных свойств пористых перегородок полученных путем наматывания показало, что главным критерием, определяющим их характеристики, является структура намотки паковок.

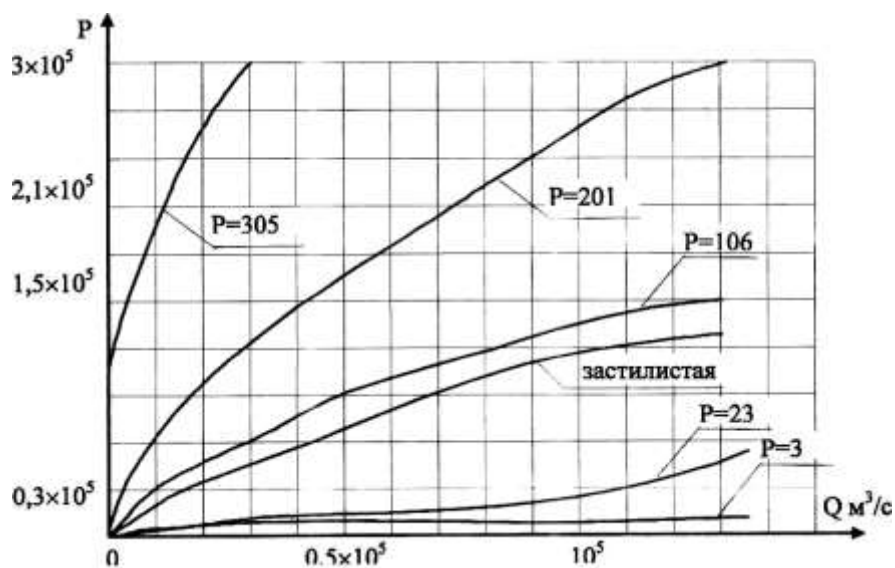


Рисунок 1. Гидравлические характеристики ТТФ различной структуры намотки (с различной степенью замыкания намоток - P).

Исследования показали, что наилучшие условия фильтрования создаются на той части гидравлических характеристик, где более или менее сохраняется пропорциональность между перепадом давлений и расходом фильтруемой жидкости, так как в этом случае обеспечивается ламинарный закон ее движения сквозь толщину намотки и уменьшается вероятность повреждения (пробоя) последней.

Проведенные исследования показали, что:

- свойства фильтровальных перегородок трубчатых текстильных фильтров определяются структурой намотки нитевидного материала на поверхности патрона (выбранной степени замыкания намотки);
- скорость фильтрации в ТТФ гиперболически уменьшается по мере увеличения текущего радиуса фильтровальной перегородки;
- пористость, а, следовательно, и проницаемость перегородок ТТФ, можно легко изменять в широких пределах путем формирования на перфорированных патронах намоток различного вида, а так же их комбинаций;
- наименьшей проницаемостью обладают фильтровальные перегородки ТТФ имеющие сомкнутую структуру намотки нити на перфорированный патрон;
- с увеличением степени замыкания намотки пористость фильтровальных перегородок гиперболически уменьшается;
- скорость фильтрации и производительность фильтры будет зависеть от перепада давлений на фильтровальной перегородке, вязкости фильтрата и его удельного веса;
- в трубчатых текстильных фильтрах наблюдается неравномерность распределения давления фильтруемой жидкости по толщине фильтроваль-

ной перегородки. Наибольший перепад давлений происходит на внутренних слоях намотки;

- наилучшие условия фильтрования создаются тогда, когда сохраняется пропорциональность между перепадом давлений и расходом фильтруемой жидкости, то есть, когда обеспечивается ламинарный закон движения фильтрата через толщину намотки пористой перегородки и уменьшается вероятность ее повреждения (пробоя).

В третьей главе представлены экспериментальные исследования свойств пористых перегородок ТТФ.

Проведённые исследования различных структур текстильных фильтров подтверждает ранее сделанные теоретические выводы о параболической зависимости коэффициента фильтрации от структуры намотки фильтрующего элемента.

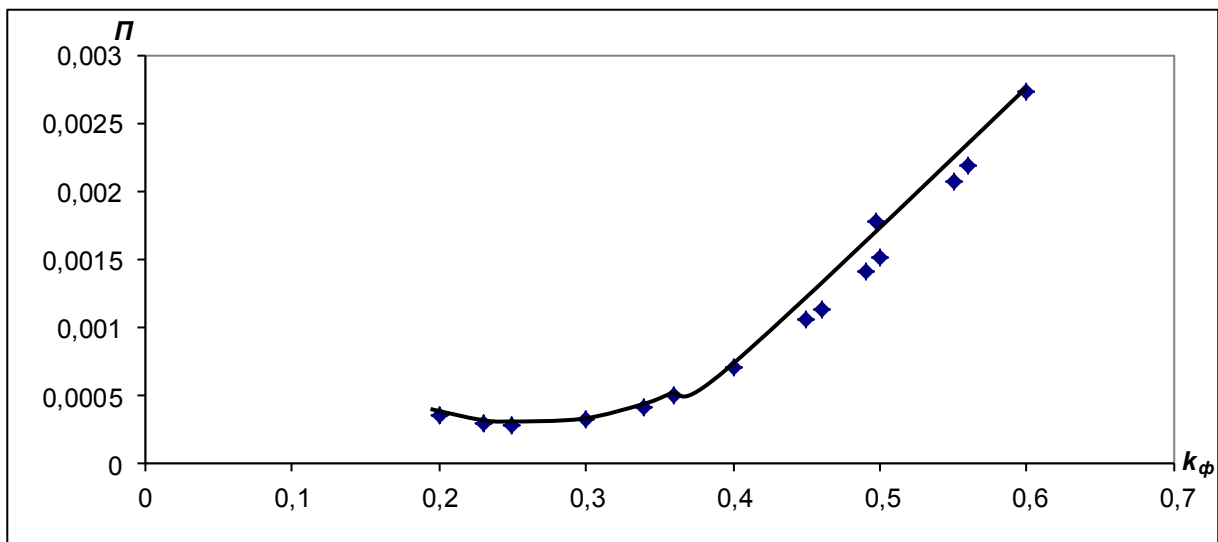


Рисунок.2. Зависимость коэффициента фильтрации (k_ϕ) от пористости фильтровальной перегородки – Π

Исследованы гидравлические свойства пористых перегородок ТТФ, изучена деформация остова пористой перегородки ТТФ.

Экспериментальные исследования позволили установить, что:

- свойства пористых перегородок трубчатых текстильных фильтров подчиняются общеизвестным законам фильтрации, в частности закону Дарси;

- при использовании в качестве фильтровальных перегородок текстильных материалов решающее значение на процесс фильтрации оказывают удельная плотность намотки нитей (нитевидного материала) на перфорированный патрон и свойства самого материала, из которого изготовлена данная нить;

- максимальная плотность намотки, а, следовательно, и минимальная проницаемость фильтровальных перегородок (из всех исследуемых

текстильных материалов) обладают мотальные паковки сомкнутой структуры намотки нитей на перфорированный патрон;

- для каждой структуры намотки текстильного материала коэффициент фильтрации, характеризующий скорость прохождения фильтрата через фильтрующую перегородку, может быть определен с помощью специального стенда;

- повышение коэффициента фильтрации определяется пористостью текстильного материала из которого изготовлен фильтр;

- основными проблемами формирования и эксплуатации пористых перегородок (ТТФ) с заданной пористостью и проницаемостью являются их допустимое гидродинамическое сопротивление, при превышении которого может произойти деформация фильтровальной перегородки (сплющивание фильтра);

- для предотвращения возможностей разрушения фильтровальной перегородки и структуры фильтра необходимо в каждом конкретном случае производить расчеты допустимых нагрузок по разработанной нами методике.

В четвёртой главе представлены результаты экспериментальных исследований по изучению эффективности очистки отходящих газов от установки сжигания при переработке жидких органических и обводненных отходов атомных электростанций теплоснабжения (АСТ) с органическим теплоносителем при применении различных средств очистки. Показана целесообразность «сухой» схемы очистки дымовых газов от радионуклидов с помощью металлотканевого фильтра с напыленным фильтрующим подслоем из древесной золы, фильтра из ультратонкого стекловолокна в качестве второй ступени фильтрации. Коэффициент очистки дымовых газов, образующихся при сжигании органических отходов или их смеси с обессоленными водными отходами (до 30 % воды), достигает три – четыре порядка.

Для исследования степени очистки и переработки дымовых газов, образующихся при сжигании отходов органического теплоносителя, была создана специальная установка и принята «сухая» схема очистки.

Эффективность очистки дымовых газов от радионуклидов оценивали двумя способами. Первый способ заключался в сравнении концентраций радионуклидов в газе до и после фильтров. Этот способ использовался для долгоживущих радионуклидов, присутствующих в дыме в аэрозольной форме. Он же применялся и для радиойода в «допроскоковый» начальный период работы угольного фильтра. Полученные результаты подтвердили правильность выбора типа фильтра для первой ступени газоочистительной установки сжигания отходов органического теплоносителя. Межрегенерационный период металлотканевого текстильного фильтра (МТФ), рассчитанный на основе экспериментальных данных, составляет около 10^3 ч при до-

пустимом аэродинамическом сопротивлении 4 кПа, что удовлетворяет условиям безопасности.

Установлено, что:

- на основе результатов изучения состава, количества и вида образующихся продуктов, и анализа способов и работоспособности различного типа аппаратов газоочистки сделан вывод о целесообразности использования «сухой» схемы очистки дымовых газов от радионуклидов при сжигании отходов органического теплоносителя; экспериментально показана необходимость двухступенчатой схемы очистки с использованием ТТФ;

- при сжигании чисто органических отходов (без добавки водных стоков) в качестве фильтра первой ступени очистки дымовых газов от радионуклидов могут быть использованы металлотканые фильтры с напыленным фильтрующим слоем из древесной золы;

- коэффициент очистки дымовых газов от нелетучих радионуклидов на этом фильтре возрастает по мере его работы от нескольких сотен до десятков тысяч;

- межрегенерационный период, рассчитанный на основе экспериментальных данных, составляет около 1000 часов при допустимом аэродинамическом сопротивлении 4 кПа;

- регенерация металлотканых фильтров производится посредством их продувки обратным током воздуха;

- в качестве второй ступени фильтрации, как показали исследования, целесообразно использовать аэрозольный фильтр с фильтрующим слоем из стекловолокна УТСЗ диаметром 1,5 мкм;

- фильтр из стекловолокна с поверхностной плотностью 800 г/м² при скорости фильтрации 0,5 - 1 см/с обеспечивает очистку дымовых газов с температурой 330 - 370 °С не менее чем в 200 раз по радионуклидам Кобальт – 60, Цирконий – 95, Ниобий – 95, Цирконий – 97, Рутений – 103, Йод – 131, Теллур – 132, Йод – 133, Цезий – 137, Барий – 140, Лантан – 140, Церий – 143 и суммарной активности бета - излучающих нуклидов;

- для практического внедрения в качестве второй ступени очистки дымовых газов рекомендуется использовать фильтры типа «ФАРТОС», выпускаемые отечественной промышленностью; применение их обеспечивает необходимую надежность газоочистной установки с металлотканевым фильтром (на первой ступени) при общем коэффициенте очистки не меньше 1400, что вполне удовлетворительно для АСТ с органическим теплоносителем;

- объем среднеактивных отходов, образующихся после переработки методом сжигания неизбежных жидких сбросов органического теплоносителя с последующей очисткой на металлотканых и стекловолоконистых фильтрах, сокращается на два - три порядка;

- для «сухой» очистки дымового газа от радиойода сорбенты на основе активированного угля (например, промышленные фильтры типа ФПУ - 200) не могут быть рекомендованы из-за температурных ограничений;

- более надежным способом снижения выброса радиойода (и других короткоживущих радионуклидов) в атмосферу является выдержка жидких отходов органического теплоносителя в проточной емкости перед их сжиганием;

- имеется техническая возможность совместной огневой переработки радиоактивных сточных вод и отходов органического теплоносителя (ди-толилметана), для этого пригоден способ сжигания в форсуночной печи эмульсии, приготовленной из этих компонентов посредством гидроструйного ультразвукового смесителя – гомогенизатора;

- отработана схема сжигания эмульсии с содержанием 16 % сточных вод. С повышением стойкости эмульсии возможно сжигание смеси до 30 % сточных вод, при огневой переработке обессоленных водных отходов металлостановый фильтр с предварительно напыленным фильтрующим подслоем (древесная зола) и фильтр из ультратонкого стекловолокна позволяют производить достаточно глубокую (примерно на три - четыре порядка) очистку дымовых газов;

- при совместном огневом обезвреживании минерализованных сточных вод и отходов органического теплоносителя металлостановый фильтр быстро забивается, его межрегенерационный период составляет несколько дней, что примерно в 20 раз меньше, чем в случае сжигания чисто органических отходов;

- из-за образования на фильтрующем слое плотной корки минеральных солей, фильтр практически не поддается регенерации ни способом обратной продувки, ни способом выжигания (при 600 °С), применение в этом случае фильтров на основе ультратонкого стекловолокна (например, ПФТС-500, ПФГС-500) неприемлемо из-за малой их пылеемкости и увеличения объема радиоактивных отходов примерно в 1,5 раза;

- учитывая, что загрязненные фильтры представляют собой радиационно опасные твердые (пылящие) отходы и их захоронение потребует предварительного прессования, следует признать способ совместной огневой переработки минерализованных сточных вод и органических отходов теплоносителя нецелесообразным, он проигрывает по сравнению с вариантом отдельной переработки сточных вод путем их упаривания и последующего захоронения концентрата;

- совместная огневая переработка сточных вод (с любым содержанием минеральных примесей) с органическими отходами возможна только при условии, если не требуется очистка от радионуклидов на фильтрах при сбросе дымовых газов в атмосферу;

- для перекачки сточных вод и их смеси с органическими отходами (эмульсии) следует применять тихоходные (порядка 1 цикла в секунду)

плунжерные насосы с гарантированным зазором между цилиндром и плунжером и с подачей на сальниковое уплотнение воды в качестве запорной жидкости.

В пятой главе приведены расчёты экономической эффективности от внедрения новых текстильных фильтров в системы очистки жидких и газообразных радиоактивных отходов. Показано, что наиболее эффективным и дешёвым способом промышленной очистки ЖРО и отходящих газов, а также водных стоков от железа, марганца и других мелкодисперсных частиц, является использование трубочатых текстильных фильтров специального назначения.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Анализ литературных источников показал, что существующие методы переработки жидких и газообразных радиоактивных отходов, не в полной мере эффективны и требуют дополнительных исследований.

2. Основными недостатками существующих фильтров является высокая стоимость используемых фильтровальных материалов, сложность эксплуатации, низкая эффективность, сложность утилизации образующихся пульпообразных и вторичных отходов.

3. В зависимости от вида намоток, комбинаций пористость, а следовательно проницаемость фильтра меняются.

4. Наименьшей проницаемостью обладают фильтровальные перегородки ТТФ, имеющие сомкнутую структуру намотки нити на перфорированный патрон.

5. Скорость фильтрации и производительность фильтра будет зависеть от перепада давлений на фильтровальной перегородке, вязкости фильтрата и его удельного веса.

6. Коэффициент фильтрации пористых перегородок трубочатых текстильных фильтров в значительной мере определяется пористостью самих перегородок, зависящей от удельной плотности, а, следовательно, и от их структуры намотки.

7. Проведенные исследования в бассейне выдержки ОТВС указывают на то, что при использовании существующая система очистки требует доработки, т.к при заборе воды остаются застойные участки.

8. Испытание модульного патронного фильтра показало возможность использования ТТФ в системах очистки ЖРО, фильтрующий материал обладает радиационной стойкостью, очистка от взвесей и продуктов коррозии с такими фильтрующими элементами достаточно эффективна, при этом на фильтрующий слой частично сорбируются радионуклиды.

9. При сжигании чисто органических отходов (без добавки водных стоков) в качестве фильтра первой ступени очистки дымовых газов от радионуклидов могут быть использованы металлотканые фильтры с напы-

ленным фильтрующим слоем из древесной золы.

10. Коэффициент очистки дымовых газов от нелетучих радионуклидов на таком фильтре возрастает по мере его работы от нескольких сотен до десятков тысяч.

11. Регенерация металлотканых фильтров производится посредством их продувки обратным током воздуха.

12. В качестве второй ступени фильтрации, как показали исследования, целесообразно использовать аэрозольный фильтр с фильтрующим слоем из стекловолокна.

13. Фильтр из стекловолокна с поверхностной плотностью 800 г/м² при скорости фильтрации 0,5 - 1 см/с обеспечивает очистку дымовых газов с температурой 330 - 370 °С не менее чем в 200 раз по радионуклидам.

14. Проведенные исследования показали техническую возможность совместной огневой переработки ЖРО. Для этого пригоден металлотканый фильтр с предварительно напыленным фильтрующим подслоем (древесная зола) и фильтр из ультратонкого стекловолокна позволяют производить достаточно глубокую (примерно на три - четыре порядка) очистку дымовых газов.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации:

1. Николаев С.Д., Панин А.И., Цимбалюк А.Е., Пайметов А.Н., Кащеев О.В. О структуре осадка и тонкости очистки воздуха трубчатыми текстильными фильтрами. Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2012, №3, С. 148-151.

2. Пайметов А.Н., Панин И.Н. Выбор и оценка свойств текстильных волокон и нитей при создании текстильных материалов для трубчатых текстильных фильтров. Швейная промышленность, 2014, №1-2, С. 36-37.

3. Пайметов А.Н., Панин А.И., Князькин С.В., Лушников А.А. Методика выбора структур текстильных фильтровальных перегородок с помощью констант фильтрации. Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции» №9, 2014. – С. 173-146.

4. Пайметов А.Н., Панин А.И., Князькин С.В., Лушников А.А. Анализ использования текстильных фильтров, применяемых при очистке воздуха от пыли. Научно-практический журнал «Транспортное дело России» №4, 2014. – С. 32-34.

5. Пайметов А.Н., Панин А.И., Князькин С.В., Лушников А.А. Исследование процесса фильтрации запыленных газов на металлических тканях. Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции» №10, 2014. – С. 200-201.

6. Пайметов А.Н., Панин А.И., Мокеев А.С. О перспективах совершенствования пористых перегородок воздушных текстильных фильтров волокнистого состава. Научно-производственный журнал «Вестник ДИ-ТУД» №3(45), 2010. – С. 45-49.

7. Пайметов А.Н. Место текстильных паковок специального назначения в решении экологических задач. / М.И. Панин, А.А. Калмыков // Теоретические и практические аспекты развития современной науки и образования: Сборник научных статей. – Димитровград: ДИТИ НИЯУ МИФИ, 2011. – С. 118 – 122.

8. Пайметов А.Н., Панин И.Н., Сухотелин Л.Я., Калмыков А.А. Очистка сточных вод с помощью диатомита и трубчатых текстильных фильтров. //Экология производства №1, 2012. – С. 54-58.

9. Пайметов А.Н., Панин И.Н., Сухотерин Л.Я., Калмыков А.А. Эффективность трубчатых текстильных фильтров. //Экология производства №3, 2012. – С. 64.

10. Пайметов А.Н., Сухотелин Л.Я., Калмыков А.А. Дренажные системы на основе трубчатых текстильных фильтров. //Экология производства №7, 2012. – С. 71-73.

11. Пайметов А.Н., Князькин С.В., Панин А.И. Расчет параметров подготовки (кручения) Пленочных нитей для выработки технических су-кон прессовой группы. Научный журнал «Вестник ДИТИ» №1 (1), 2013. – С. 101-106.

12. Пайметов А.Н., Лушников А.А., Ермишева М.В., Панин И.Н. О перспективах совершенствования пористых перегородок воздушных фильтров и нитей, применяемых для этих целей. Научный журнал «Вестник ДИТИ» №2 (2), 2013. – С. 50-53.

13. Пайметов А.Н., Панин М.И., Цимбалюк А.Е. Место и роль текстильных паковок специального назначения в решении экологических задач. Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2010) – М.: МГТУ им. АН. Косыгина, 2010. – С. 371.

14. Пайметов А.Н., Панин И.Н., Цимбалюк А.Е. О применении текстильных фильтров в системах газоочистки. Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Нано-, Био, информационные технологии в текстильной и легкой промышленности» («Текстильная химия – 2011»), 2011. – С. 117-118.

15. Пайметов А.Н., Панин А.И. Исследование процесса сматывания полипропиленовых пленочных нитей с цилиндрических бобин. Сборник научных статей по итогам Научной конференции ППС ДИТИ НИЯУ МИФИ «Развитие и перспективы ВУЗовской науки и образования в современных условиях, 2012. – С. 182 – 186.