

УДК 66.067.5+66.061.5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ВЫСОКОАКТИВНЫХ РАСТВОРОВ РАДИОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО «МАЯК»

Глаголенко Ю.В., Дзекуи Е.Г., Ровный С.И., Уфимцев В.П., Шевцев П.П.,
Сахарова И.П. (ПО «Маяк»),
Балакин И.М., Никулин С.Л. (АООТ «СвердНИИхиммаш»)

Экстракционная технология переработки отработавшего ядерного топлива требует свободных от твердой фазы и взвесей растворов. Растворы же, получаемые при растворении отработавшего топлива, а также высокоактивных отходов, накопленные на ПО «Маяк» в процессе его деятельности, представляют собой малоконцентрированные суспензии, твердая фаза которых состоит из коллоидных и тонкодисперсных взвесей. Последние при контакте с органическим экстрагентом образуют межфазные пленки, нарушающие гидродинамический режим работы экстракторов. В связи с этим осветление растворов перед экстракционной переработкой является обязательной стадией технологического процесса [1].

Для осветления растворов используют фильтры. Применяемые патронные металлокерамические фильтры не обеспечивают эффективной работы узла фильтрации и в особенности при фильтровании растворов отработавшего топлива с глубоким выгоранием. Кроме того, необходимо вспомогательное фильтрующее вещество (перлит), в результате чего каждая регенерация фильтра сопровождается выдачей на хранение перлитных суспензий, представляющих собой не что иное, как твердые радиоактивные отходы высокого уровня активности. В связи с этим возникла потребность в разработке новых фильтров, исключающих использование перлита и позволяющих интенсифицировать осветление высокоактивных растворов. На основании анализа известных данных и сведений из практики была обоснована необходимость создания специальных конструкций насыпных двухслойных фильтров, обеспечивающих заданные производительность и степень очистки при осветлении растворов отработавшего топлива и суспензий жидких высокоактивных отходов [2–4].

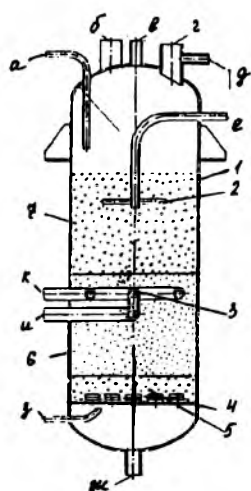
В результате исследований для двухслойной загрузки фильтра, исходя из условий несмешиваемости слоев, их механической, коррозионной и радиационной стойкости, в качестве верхнего слоя было принято решение применять электрокорунд, нижнего — металлический сферический порошок из коррозионно-стойкой стали. Определены параметры фильтрующих загрузок, необходимые для расчета и проектирования фильтров: плотность и удельная поверхность зерен фильтрующих материалов, насыпная плотность и прозорность слоев из этих материалов, скорость начала псевдооживления и витания зерен загрузки, оптимальная высота фильтрующей загрузки.

Исходя из требований, предъявляемых к конструкции фильтра, для исключения влияния кольматирующего слоя из мелких зерен и частиц взвеси на поверхности загрузки на потерю напора в фильтре, увеличения продолжительности фильтроцикла и уменьшения газовой выделений в слое загрузки при разработке использовали следующие технические решения:

ввод исходной суспензии в слой загрузки;

создание различной по высоте структуры слоя, более плотной в нижней и рыхлой в верхней части;

периодически кратковременные промывки верхней части слоя загрузки восходящим потоком фильтрата без выноса загрязнений из корпуса, что позволяет накапливать твердую фазу на поверхности фильтрующего материала, повышая тем самым грязеемкость фильтра.



С учетом перечисленных параметров и требований был создан фильтр для осветления высокоактивных растворов (рис. 1, табл. 1), представляющий собой цилиндрический сосуд с эллиптическими днищем и крышкой. Его корпус 1 оборудован верхним распределительным устройством 2 для подачи осветляемой суспензии в слой фильтрующего материала, средним распределительным устройством 3 для подачи фильтрата в корпус при периодической промывке верхней части слоя загрузки в процессе фильтрования, дренажно-распределительным устройством 4 и технологическими штуцерами. Дренажно-распределительное устройство состоит из 19 элементов, установленных на плоском ложном днище. Каждый элемент представляет собой набор колец с дистанционирующими выступами, закрытый сверху крышкой. В корпусе фильтра находится двухслойная фильтрующая загрузка. Верхний слой 7 состоит из электрокорунда крупностью 0,5–1 мм, нижний слой 5, 6 — из металлического сферического порошка различного фракционного состава. Общая высота фильтрующей насыпки составляет 1300 мм.

Р и с. 1. Опытно-промышленный фильтр: 1 — корпус фильтра; 2, 3 — верхнее и среднее распределительное устройство соответственно; 4 — дренажно-распределительное устройство; 5, 6 — нижние слои фильтрующего материала из МСП; 7 — верхний слой фильтрующего материала из электрокорунда

Т а б л и ц а 1. Наименование штуцеров

Обозначение на рис. 1	Назначение	Количество	Ду, мм
<i>a</i>	Отвод излишков исходного и регенерационного раствора, сдувка	1	25
<i>б</i>	Смотровой люк	1	80
<i>в</i>	Подача промывного и исходного растворов, подача сжатого воздуха, отвод регенерационного раствора	1	50
<i>г</i>	Загрузка фильтрующих материалов	1	80
<i>д</i>	Сдувка	1	30
<i>е</i>	Подача исходного и регенерационного растворов	1	15
<i>ж</i>	Подача регенерационного раствора, сжатого воздуха, отвод промывного раствора, опорожнение	1	50
<i>з</i>	Отвод фильтрата	1	25
<i>и, к</i>	Подача регенерационного раствора, сжатого воздуха	1	30

Фильтр снабжен следующей контрольно-измерительной аппаратурой:

датчиком давления для контроля фильтрования и сопротивления фильтрующего слоя за счет накопления осадков;

установленной на корпусе в кармане камерой спецконтроля (КГ-10), дистанционно перемещаемой по высоте фильтра, что позволяет оценивать распределение активности (мощности экспозиционной дозы γ -излучения) осадков по высоте слоя фильтрующей загрузки и эффективности ее регенерации;

термометром типа ТСП для определения температуры раствора в фильтре, расходомером РЭН для контроля за расходом подачи воды при регенерации фильтрующих материалов.

Технологический цикл фильтрования на насыпном фильтре включает в себя несколько стадий.

1. Подготовка раствора к фильтрованию, которая предполагает нагрев раствора до 50—55 °С, обработку флокулянтам, выдержку в течение 0,5—1 ч, охлаждение до 20—30 °С и выдачу на фильтрацию.

2. Фильтрование раствора при скорости 2,5 м/ч, поддерживаемой давлением сжатого воздуха, которое не должно превышать 0,3 МПа. Объем фильтрата за один фильтроцикл — это объем, полученный при фильтровании растворов от регенерации до следующей регенерации фильтра. Контроль за качеством фильтрата визуальный. При скорости фильтрования ниже 1 м/ч и давлении сжатого воздуха в фильтре более 0,3 МПа приступают к его регенерации.

3. Осушка фильтра — его освобождение от исходного раствора путем создания давления над фильтрующей насыпкой, она проводится для уменьшения количества растворов при отмывке фильтрующих материалов от ценных элементов.

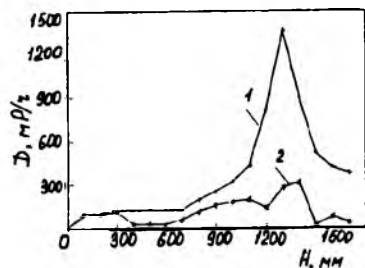
4. Отмывка фильтрующей насыпки от ценных элементов, которая проводится растворами 2—4 моль/л азотной кислоты до разрешенных регламентом значений. При освещении растворов высокоактивных отходов, которые не содержат ценных компонентов, операции 3 и 4 не проводят.

5. Регенерация двухслойной фильтрующей загрузки, проводимая водовоздушным способом и включающая в себя следующие операции: снижение уровня жидкости в корпусе фильтра до поверхности загрузки и барботирование загрузки сжатым воздухом, подаваемым с расходом 75—80 м³/(м²·ч) в течение 3—5 мин; промывку загрузки восходящим потоком воды с расходом 40—50 м³/(м²·ч) в течение не более 7 мин; измерение мощности экспозиционной дозы γ -излучения камерой КГ-10 по высоте фильтра методом сканирования через 50—100 мм и оценка эффективности регенерации фильтра.

В процессе промышленной эксплуатации насыпных фильтров основными технологическими показателями их работы были качество фильтрата, продолжительность фильтроцикла, средняя скорость фильтрования и эффективность регенерации фильтрующего материала (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Показатели фильтрования растворов отработавшего топлива ВВЭР, высокоактивных отходов и оборотного экстрагента

Тип осветляемого раствора	Фильтроцикл, м ³	Средняя скорость фильтрования, м/ч	Отношение объема регенерационного раствора к объему полученного фильтрата, %
Отработавшее ядерное топливо	15—20	1,5	5,6
Высокоактивные отходы	150—200	1,5	0,5—1
Оборотный экстрагент	100	2,0	<1



Р и с. 2. Распределение активности по высоте фильтрующей загрузки до (1) и после регенерации фильтра (2)

На рис. 2 приведены профили радиоактивности по высоте фильтрующей загрузки, зафиксированные камерой КГ-10 на момент перед регенерацией фильтра и после нее. Характер кривых дает основание утверждать, что основная часть задержанной в фильтре твердой фазы растворов отработавшего ядерного топлива удаляется вместе с регенерационным раствором, который направляется на хранение.

Обобщая результаты эксплуатации насыпных фильтров, с помощью которых осветляется большая часть высокоактивных растворов радиохимического производства ПО «Маяк» и частично оборотных экстрагентов экстракционных циклов, следует отметить, что организованные на основе этих фильтров узлы фильтрования дистанционно управляемы, просты и надежны в эксплуатации, не требуют замены фильтрующих материалов и исключают использование вспомогательного фильтрующего вещества (перлита).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розен А.М., Мальцев И.М., Симаков Д.В. Осветление растворов перед экстракционной переработкой твэлов реакторов ВВЭР. — Атомная энергия, 1974, т. 36, вып. 6, с. 502—506.
2. Захаркин Б.С., Непарокомов Э.А., Уфимцев В.П. Фильтрация растворов радиохимической технологии. — Там же, 1992, т. 72, вып. 5, с. 436—440.
3. Долгова К.А., Нудель А.М., Балакин И.М. Разработка аппаратуры для осветления растворов перед экстракционной переработкой твэлов ВВЭР. — Там же, 1976, т. 40, вып. 6, с. 467—471.
4. Балакин И.М., Уфимцев В.П., Шевцев П.П. Фильтровальное и экстракционное оборудование для переработки радиоактивных растворов. Состояние и перспективные разработки. — Там же, 1997, т. 83, вып. 6, с. 455—462.

Поступило в Редакцию 22.07.98

УДК 658.562

СОВРЕМЕННЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Лавренюк П.И., Рожков В.В., Карлов Ю.К., Жуков Ю.А.,
Чапаев И.Г., Потапшиков А.К., Чугуй Ю.В.*

(Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО РАН)

Завоевание лидирующих позиций на мировом рынке атомных технологий — одна из приоритетных задач отечественной атомной промышленности. Для увеличения надежности и конкурентоспособности продукции отечественной атомной индустрии АО «Твэл» как ассоциация производителей данной продукции в своей деятельности активно подключает научно-технический потенциал академических институтов страны к разработке и внедрению их достижений на предприятиях отрасли. Положительный опыт многолетнего сотрудничества АО «Твэл», Новосибирского завода химконцентратов (ОАО НЗХК) и Конструкторско-технологического института научного приборостроения СО РАН (КТИ НП) является одним из примеров, иллюстрирующих целевые усилия АО «Твэл» и предприятий по реализации поставленной задачи. Речь идет о создании нового поколения систем технической диагностики, неразрушающего и размерного (бесконтактного) контроля, лазерных систем маркировки и считывания кодовой информации применительно к сложным и ответственным изделиям для ядерных энергетических установок. Как известно, при промышленном производстве ТВС и их компонентов качество изделий контролируется по многим параметрам с высокой степенью достоверности контроля в едином темпе с технологическим потоком (см., например, [1]). Поэтому разрабатываемые средства контроля, как правило, представляют собой сложные автоматизированные станции и посты неразрушающего контроля, встроенные в технологические линии.

В последние годы совместным работам КТИ НП и ОАО НЗХК отведено важное место в рамках отраслевой программы «Твэлы и ТВС для энергетических установок АЭС», что нашло свое отражение в программе научно-технического сотрудничества Минатома РФ с СО РАН. Совместными усилиями осуществляется внедрение разработанных образцов аппаратуры контроля в опытно-промышленную эксплуатацию на НЗХК, который выступает как полигон для испытания этих образцов и систем в целях последующего тиражирования и внедрения на других предприятиях.