

При таких характеристиках гидроудара, пренебрегая некоторым амортизирующим влиянием верхнего газового объема, расчетная ударная сила на верхнюю крышку реактора составит 7400 т, что определяется большой площадью крышки ($\sim 20 \text{ м}^2$). Как показал опыт аварии на Чернобыльской АЭС, без принятия специальных конструктивных мер по предотвращению разрушения ограждающих первый контур конструкций при тяжелых авариях последствия от воздействия гидроудара могут быть катастрофическими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по ядерной энерготехнологии. Пер. с англ. под ред. В.А. Легасова. М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. TMI-2 Compilation of Data Concerning Known and Suspected Water Hammer Events in Nuclear Power Plants. May 1982, NUREG-CR-2059.
3. Физические величины. Справ. под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Zhukov A.V., Sorokin A.P., Smirnov V.P., Papandin M.V. Heat transfer in lead cooled fast reactor. — In: Proc. of ARS'94 Intern. Meeting on Advanced Reactor Safety. Pittsburgh, USA, Apr. 17—21, 1994, № 1, p. 66—69.
5. Husaini S., Arastu A., Safwat H. Riyad quashu, analysis of passive water hammer. — In: Proc. of 1999 ASME Intern. Mechanical Engineering Congress. Nashville, USA, Nov. 14, 1999.

Поступило в Редакцию 29.10.01

УДК 621.039.713+66.074.7+546.15

УЛАВЛИВАНИЕ ^{129}I ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Ровный С.И., Пятин Н.П., Истомин И.А. (ФГУП «ПО «Маяк»)

Необходимость эффективного и надежного улавливания ^{129}I при переработке отработавшего ядерного топлива связана прежде всего с неблагоприятной совокупностью его свойств, таких, как длительный период полураспада ($1,57 \cdot 10^7$ лет), многообразие химических форм, сорбируемость на поверхностях трубопроводов и оборудования, высокая подвижность в биосфере и др., что в конечном итоге может привести к загрязнению окружающей среды.

В ядерном топливе ВВЭП-440, поступающем на переработку, содержится в среднем $0,23 \text{ кг } ^{129}\text{I}$ на 1 т урана. При мощности завода 200 т/год на операции резки—растворения отработавшего топлива выделяется $\sim 50 \text{ кг } ^{129}\text{I}$ активностью $\sim 280 \text{ ГБк/год}$ ($\sim 7,5 \text{ Ки/год}$) [1].

В настоящее время общепринятой концепцией обращения является максимальная отдувка ^{129}I в голове процесса, извлечение из газового потока с последующей надежной изоляцией от биосферы. В этой связи во всех странах, развивающих ядерную энергетику и сопутствующую ей переработку отработавшего ядерного топлива, проводятся как лабораторные, так и промышленные проверки методов и систем его улавливания на основе жидких поглотителей и твердых сорбентов [2]. При этом изучается возможность улавливания как молекулярного иода, так и его органических форм.

Aбсорбция радиоактивного иода жидкими поглотителями находит применение, как правило, в качестве предварительной системы очистки при переработке отработавшего топлива. Общими недостатками всех жидкостных методов являются образование большого количества жидких радиоактивных отходов и сложность аппаратного оформления процесса. В качестве твердых сорбентов для улавливания иода применяются ловушки, содержащие нитрат серебра, цеолиты в Ag-форме, активированный уголь и другие поглотители. Из сравнительного анализа двух методов следует, что твердые сорбенты наиболее приемлемы для улавливания иода из газовой фазы. Особенно это относится к неорганическим сорбентам, импрегнированным азотно-кислым серебром. При этом суммарную реакцию процесса сорбции можно представить в виде



Эта реакция обратима, и в присутствии избытка оксидов азота может происходить выделение в газовую фазу сорбированного иода. Для исключения протекания обратной реакции сорбцию необходимо проводить в диапазоне $170\text{—}200^\circ\text{C}$, но не превышая температуру плавления азотно-кислого серебра 212°C .

На заводе РТ-1 для улавливания ^{129}I при переработке отработавшего топлива был применен сорбент на основе оксида алюминия марки А (ГОСТ 8136-76), пропитанного солью азотно-кислого серебра. При выборе исходили из того, что он обладает высокой эффективностью улавливания ^{129}I ($\eta > 99,9\%$). Прочная

связь серебра с иодом дает возможность надежного длительного хранения этого радионуклида, регенерация отработавшего сорбента, например, щелочным раствором гидразина [3, 4] позволяет многократно его использовать в технологическом процессе.

С момента пуска (1988 г.) на узле иодной очистки комплекса РТ-1 эксплуатировалось два типа адсорбционных колонн, отличающихся конструкцией и количеством сорбента. Концентрация серебра в сорбенте составляла 70 ± 10 мг/г.

В колонне первого типа сорбент общей массой 2600 кг помещается в четыре царги, разделенные между собой решетками. В колонне второго типа он размещен в одной емкости, его масса составляет ~ 1100 кг. Нагрев технологического газа и обогрев корпусов обеих колонн осуществляются за счет воздушных и парового подогревателей, а также воздушного теплообменника с калорифером. Технологический газ выходит в пространство над сорбентом.

С 1994 г. на узле иодной очистки применяли две колонны второго типа, соединенные между собой как последовательно, так и параллельно, что позволило повысить коэффициент использования сорбента за счет последовательного подключения колонны с новым (регенерированным) поглотителем на завершающем этапе эксплуатации действующего аппарата (см. таблицу).

Изменение коэффициента очистки колонн улавливания ^{129}I

Тип колонны	Период эксплуатации, год	Концентрация, мг/м ³		Коэффициент очистки
		до очистки	после очистки	
1	10.88—10.94	90 ± 25	$<0,003$	$>3 \cdot 10^4$
	10.94—11.94	260 ± 10	$2 \pm 0,2$	130 ± 42
	11.94—12.94	150 ± 20	30 ± 10	5 ± 4
2	01.95—10.97	170 ± 15	$<0,003$	$>5 \cdot 10^4$
	11.97—04.98	200 ± 10	$2 \pm 0,5$	100 ± 15
	05.98—06.98	180 ± 25	45 ± 12	4 ± 2
	07.98—10.99	150 ± 30	$<0,003$	$>5 \cdot 10^4$
	10.99—10.00	170 ± 28	$2 \pm 1,2$	150 ± 35
	01.01—06.01	160 ± 32	16 ± 8	10 ± 9

Использование при переработке отработавшего топлива ВВЭР-440 адсорбционных колонн снизило выброс ^{129}I до уровня чувствительности метода определения или ниже допустимой среднегодовой объемной активности согласно НРБ-99. Таким образом, промышленная эксплуатация узла иодной очистки на заводе РТ-1 подтвердила правильность выбора метода и аппаратного оформления процесса улавливания ^{129}I .

В проекте по эксплуатации узла иодной очистки предусмотрено после выработки ресурса адсорбционных колонн ^{129}I хранить непосредственно на серебросодержащем сорбенте. Однако учитывая, что серебро является остродефицитным и дорогостоящим реагентом, начаты работы [5] по регенерации отработанных сорбентов и концентрированию иода в форме труднорастворимого соединения для долговременного хранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глаголенко Ю.В., Дзекун Е.Г., Ровный С.И. и др. Переработка ОЯТ на комплексе РТ-1: история, проблемы, перспективы. — Радиационная безопасность, 1997, № 2, с. 3—12.
2. Орлова Э.К. Очистка газов при переработке отработанного топлива. Вып. 1. Улавливание иода. Обзорная информация, АИНФ 493. М., ЦНИИатоминформ, 1979. 92 с.
3. Кубасов В.Н., Брохович Н.Б., Смирнова Н.М. и др. Способ регенерации сорбента, содержащего труднорастворимые соединения серебра. Авт. свид. № 299963 от 25.03.87, РФ.
4. Пятин Н.П., Истомин И.А. Изучение процесса регенерации отработанного серебросодержащего сорбента. Тезисы докл. молодежной научно-практ. конф. «Молодые ученые на пороге 21 века», Озерск, ПО «Маяк», 2001, с. 21—22.
5. Ровный С.И., Пятин Н.П., Истомин И.А. Выделение иода-129 из щелочных растворов, образующихся в процессе регенерации серебросодержащего сорбента. — В кн.: Уральская конференция по радиохимии. Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2001, с. 36.