

УДК 621.373/374

Оперативный контроль продуктов деления в натриевом теплоносителе быстрого реактора

ИВАНОВ В. Б., ПОЛЯКОВ В. И., ЧЕЧЕТКИН Ю. В., ШИПИЛОВ В. И.

Для контроля за состоянием активной зоны быстрых реакторов во время работы и для прогнозирования радиационной обстановки при обслуживании оборудования необходимо знать уровень радиоактивности продуктов деления и скорости их накопления в контуре. Существующие системы контроля герметичности оболочек по запаздывающим нейтронам и радиоактивности газов не дают непосредственно подобной информации.

Выбор радионуклидов, измерение активности которых позволит решить поставленную задачу, определяется периодом полураспада, характером утечки через дефекты в оболочках твэлов и вкладом их излучения в мощность дозы от оборудования. Основная трудность измерения активности продуктов деления определяется тем, что во время работы реактора она в 10^3 — 10^6 раз ниже активности короткоживущего активационного изотопа ^{24}Na .

Обеспечение оперативного контроля за изменением активности выбранных нуклидов в контуре требует проведения непосредственно на протоке натрия измерений, длительность которых не превышает нескольких часов. Измерения обычными однодетекторными и антикомптоновскими гамма-спектрометрическими системами при подобном соотношении радиоактивности контролируемого и мешающего нуклидов возможны лишь при очень больших временах измерений. Комптоновские (К) и суммирующие комптоновские гамма-спектрометры (СКС) дают снижение комптоновского распределения в 100—1000 раз, однако при этом происходит значительная потеря эффективности регистрации пика полного поглощения. Использование составных, смежных полупроводниковых детекторов (дуодов) в режиме СКС вследствие более компактной геометрии позволяет получить меньшую потерю эффективности, чем для СКС с детекторами, отстоящими друг от друга на большие расстояния. Исследования различных типов детекторов показали, что тонкие составные планарные детекторы в режиме СКС более чувствительны по сравнению с детектором общего объема в однодетекторном режиме [1,2].

Структурная схема СКС, который был испытан в измерениях на натриевой петле, подсоединенной байпасно к первому контуру реактора БОР-60, приведена на рис. 1. Теплоноситель протекал по трубке диаметром 16 мм. Время доставки натрия от активной зоны 100 с. Детектор устанавливался на расстоянии 2 м от трубки за коллиматором диаметром 2 см. В эксперименте использовался Ge(Li)-дуод, состоящий из двух сложенных через тонкую бериллиевую прокладку планарных детекторов Д-1 и Д-2. Общий объем чувствительной области 12 см³. Общее энергетическое разрешение для энергии 662 кэВ при входных нагрузках 10^3 и $1 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ составляет 5 и 6 кэВ соответственно. Во временных трактах детекторов Д-1 и Д-2 были установлены энергетические окна 120—220 и 220—460 кэВ соответственно, чтобы регистрировать спектр суммы совпадающей энергии в диапазоне 340—680 кэВ. Разрешающее время схемы совпадает 75 нс. Выбор энергетических окон определялся стремлением одновременно контролировать радиоактивность нуклидов ^{137}Cs (662 кэВ) и ^{131}I (364 и 637 кэВ).

На аппаратном спектре γ -излучения, полученном при работе спектрометра в режиме СКС (рис. 2) за время измерения 150 мин, выделяются пики полного поглощения с энергией 364,5; 511; 637 и 662 кэВ. Определенные по результатам этого эксперимента значения удельной активности составили по ^{131}I и ^{137}Cs соответственно $(3 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$ и $(2 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$ Ки/кг натрия при радиоактивности ^{24}Na 48 ± 5 Ки/кг. В однодетекторном режиме с детектором общего объема за то же время измерений искомые γ -линии не выделены.

Таким образом, применение техники СКС с составным полупроводниковым детектором позволило выделить осколочные радионуклиды на фоне активности ^{24}Na в первом контуре при соотношении полезной и мешающей активности порядка 10^4 . Оптимизация размеров и конструкции детекторов, улучшение загрузки

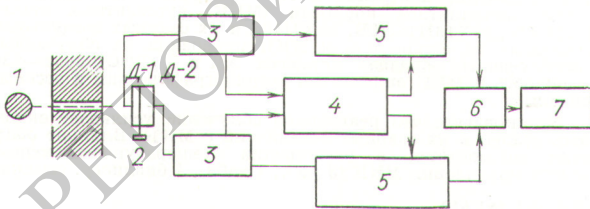


Рис. 1. Структурная схема СКС с Ge(Li)-дуодом и геометрия измерений:

1 — трубопровод с натриевым теплоносителем; 2 — Ge(Li)-дуод; 3 — быстрый зарядочувствительный предусилитель; 4 — схема логического отбора и выбора энергетических окон; 5 — схема усиления и управляемого формирования на двух ЛЗ (1×1 мкс); 6 — сумматор-интегратор; 7 — амплитудный анализатор импульсов

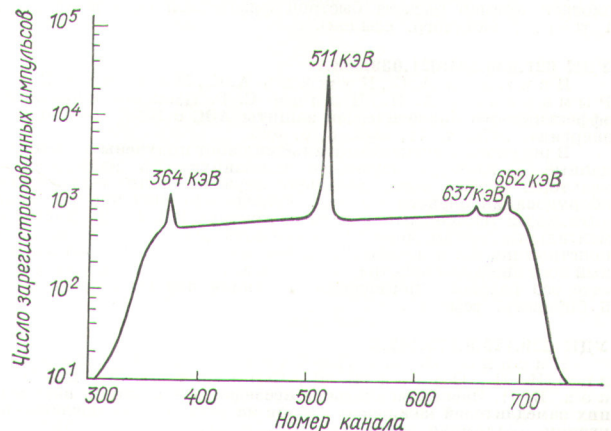


Рис. 2. Спектр γ -излучения натриевого теплоносителя в первом контуре реактора БОР-60

зочных свойств спектрометрического тракта при меньших потерях счета вследствие наложения импульсов, выбор энергетических окон в спектрометрическом и временном трактах позволят уменьшить нижний предел измерений СКС и определить активность других продуктов деления.

Развитие техники СКС, по мнению авторов, позволит обеспечить надежный и постоянный контроль за поведением продуктов деления в натриевом теплоносителе

и за состоянием и развитием дефектов в оболочках твэлов.

Поступило в Редакцию 20/IV 1976 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Walker D., Palms J. «IEEE Trans. Nucl. Sci.», 1970, NS-17, № 3, p. 296.
2. Ivanov V., Shipilov V. «Nucl. Instrum. and Methods», 1974, v. 119, p. 313.

Рефераты статей, опубликованных в настоящем выпуске

УДК 539.125.5.173.162.3

Юрова Л. Н., Бушуев А. В., Кожин А. Ф., Егизаров М. Б., Каманин П. М. Исследование резонансного поглощения нейтронов в решетке типа РБМК.— «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 6, с. 387.

Экспериментально определены физические параметры ρ^{28} , $I_{\text{эфф}}$ и $(\sigma_c^{28})/(\sigma^{25})$ в уран-графитовой решетке типа РБМК при наличии и отсутствии воды в топливных каналах. Получены коэффициенты самоблокировки для отдельных твэлов и коэффициентов взаимной экранировки твэлов в кассете. Экспериментально установлено, что эффект заполнения каналов водой слабо влияет на $I_{\text{эфф}}$ кассеты (1 рис., 5 табл., 9 библиогр. ссылок).

УДК 621.039.51.12

Исаев Н. В., Слесарев И. С., Горбатов Н. Е., Иванов А. П. Двумерный кинетический расчет ядерного реактора методом конечных элементов.— «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 6, с. 391.

В статье описан алгоритм двумерного многогруппового кинетического расчета ядерного реактора, состоящего из шести-гранных кассет, на треугольной сетке с использованием метода конечных элементов. Предполагается, что поток и источник нейтронов внутри треугольной ячейки сетки имеют вид плоскости. Приведено описание программы ТР1, реализующей данный алгоритм на языке АЛГОЛ-60 для ЭВМ типа БЭСМ-6. Рассмотрен пример расчета быстрой физической сборки (3 рис., 1 табл., 7 библиогр. ссылок).

УДК 621.039.584:621.039.538.7

Изьуров А. С., Кужиль А. С., Мионов В. Н., Рымаренко А. И., Цыпин С. Г. Цусовые испытания эффективности биологической защиты АЭС с ВВЭР.— «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 6, с. 395.

В результате экспериментальных работ получены подробные данные о главном источнике ионизирующего излучения — реакторе. Кроме того, детально изучены поля γ -излучения оборудования первого контура. Определено значение удельной активности теплоносителя первого контура ВВЭР-440. Экспериментальные данные можно использовать для совершенствования конструкции БЗ и отработки расчетных методик. Создан защитный контейнер для осмотра корпуса реактора, экономия в результате его разового применения составила 600 тыс. р. (6 рис., 6 библиогр. ссылок).

УДК 539.125.5.173.162.3

Кисиль И. М., Любченко В. Ф., Маркелов И. П., Орлов В. В., Фролов В. В., Шарпов В. Н. Экспериментальное исследование влияния внутренних замедлителей кольцевых твэлов на резонансное поглощение ураном.— «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 6, с. 399.

Приведены результаты экспериментов по определению влияния замедлителей во внутренней полости кольцевого уранового блока на резонансное поглощение ^{238}U . Эффект определялся

по изменению активации индикатора из ^{238}U на внутренней поверхности кольцевого блока при помещении в его полость исследуемого замедлителя. Результаты экспериментов подтверждают предсказываемую теорией зависимость эффективного сечения рассеяния от атомной массы замедлителя (1 рис., 1 табл., 11 библиогр. ссылок).

УДК 621.039.548.34

Агапова Н. П., Африканов И. Н., Владимиров В. Г., Гусев В. М., Онуфриев В. Д., Цыпинков В. С. Образование вакансионных микропор при бомбардировке никеля одноименными ионами с энергией до 300 кэВ.— «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 6, с. 402.

С помощью электронного микроскопа исследовано образование вакансионных микропор в никеле, облученном ионами Ni^{3+} с энергией до 300 кэВ. Температура образцов в процессе бомбардировки составляла 400—550° С. Дозы облучения $3 \cdot 10^{16}$, $5 \cdot 10^{16}$ и 10^{17} ион/см². Обнаружено возникновение вакансионных микропор, сопровождающееся распуханием облученного слоя. Средний диаметр пор ~ 300 Å, плотность пор $\sim 1,5 \cdot 10^{15}$ см⁻³. Величина распухания $\Delta V/V$ возрастала с увеличением дозы, энергии ионов и температуры мишени (2 рис., 15 библиогр. ссылок).

УДК 621.039.531:620.193

Вотинов С. Н., Казеннов Ю. И., Богоявленский В. Л., Белокопытов В. С., Крылов Е. А., Клестова Л. М., Ревизинов Л. И. Влияние реакторного облучения на склонность аустенитных сталей к межкристаллитной коррозии.— «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 6, с. 405.

В статье исследовано влияние облучения нейтронами при 70° С флюенсом нейтронов $3 \cdot 10^{20}$ нейтр./см² на склонность к межкристаллитной коррозии (МКК) аустенитных сталей 08X18H10, 09X16H15M3B, 06XH40B и их сварных соединений. Испытания на склонность к МКК проводили на облученных и необлученных образцах методами АМ и Д (ГОСТ 6032—58). Склонность к МКК определяли металлографическим и весовым методом.

Установлено, что реакторное облучение усиливает склонность сталей и их сварных соединений к МКК. Влияние облучения заключается в расширении температурно-временной области проявления МКК (3 рис., 1 табл., 4 библиогр. ссылки).

УДК 621.384.612

Балбеков В. И., Герцев К. Ф. Когерентная неустойчивость пучка в ускорителе ИФВЭ.— «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 6, с. 408.

Сообщаются результаты экспериментального исследования когерентной неустойчивости вертикальных радиальных бета-электронных колебаний в ускорителе ИФВЭ. Показано, что неустойчивость вызывается взаимодействием пучка со стенками вакуумной камеры. Положительные ионы, образующиеся при ионизации пучком остаточного газа, несколько снижают инкремент неустойчивости. Экспериментальные и расчетные данные совпадают с точностью до 30% (7 рис., 5 библиогр. ссылок).