

где  $\eta$  — квантовый выход материала стенок;  $S$  — площадь стенок,  $см^2$ ;  $E_\gamma$  — энергия  $\gamma$ -квантов,  $Мэв$ ;  $\tau$  — коэффициент фотоэлектрического поглощения,  $см^2/г$ ;  $\sigma$  — коэффициент поглощения энергии  $\gamma$ -квантов при комpton-эффекте,  $см^2/г$ .

При  $T = 0,1$   $мксек$  мощность дозы  $P_\gamma$ , приводящая к скорости счета ложных импульсов 1  $имп/сек$ , составляет для камер КНТ-31 и КНТ-5 соответственно  $6 \cdot 10^8$  и  $4 \cdot 10^9$   $р/ч$ . Уменьшение величины  $T$  в десять раз примерно на столько же увеличивает допустимую мощность дозы  $\gamma$ -излучения.

Недостатком конструкции камер КНТ-31 и КНТ-5 является отсутствие у них охранного электрода, что особенно сильно сказывается при высоких температурах (выше  $300^\circ C$ ). Была разработана конструкция камеры деления типа КНТ-54-1 с охранным электродом. В камере (рис. 1) применена плоскопараллельная система электродов; межэлектродный зазор составляет 1,6  $мм$ . На электроды с двух сторон нанесено электролитическим способом урановое покрытие в виде  $U_3^{35}O_8$  толщиной 1  $мг/см^2$ . Общая площадь покрытия 1000  $см^2$ . Электродная система крепится на шести стойках-рейках, опирающихся на керамические изоляторы. Роль охранного электрода выполняет заземленный корпус камеры. Металлические детали камеры изготовлены из нержавеющей стали Х18Н9Т, изоляторы — из высокоглиноземистой керамики типа М-7 [3].

На рис. 2 представлены счетные характеристики камеры в зависимости от температуры окружающей среды. При испытании камеры подвергались кратковременному (2 ч) нагреву в электропечи. При температуре  $600^\circ C$  еще имеется участок плаго, позволяющий надежно регистрировать импульсы, обусловленные нейтронами. Для сравнения на этом же рисунке дана счетная характеристика камеры без охранного электрода (КНТ-31) при температуре среды  $400^\circ C$  (кривая 4).

При емкости камеры 300  $пф$  и сопротивлении нагрузки 1,2  $ком$  средняя амплитуда импульса составляет около 100  $мкв$ . Чувствительность камеры при уровне дискриминации 70  $мкв$  составляет 0,59  $имп/нейтр/см^2$  по отношению к невозмущенному изотропному потоку тепловых нейтронов.

В режиме измерения среднего тока чувствительность камеры оказалась равной  $1,5 \cdot 10^{-13}$   $а/нейтр/см^2 \cdot сек$ . Фооновый ток, обусловленный  $\alpha$ -активностью, составляет  $6 \cdot 10^{-9}$   $а$ . Чтобы обеспечить простую стыковку конца диапазона импульсного режима с началом токового режима, в регистрирующую схему нужно ввести ток, компенсирующий фооновый. Максимальный рабо-

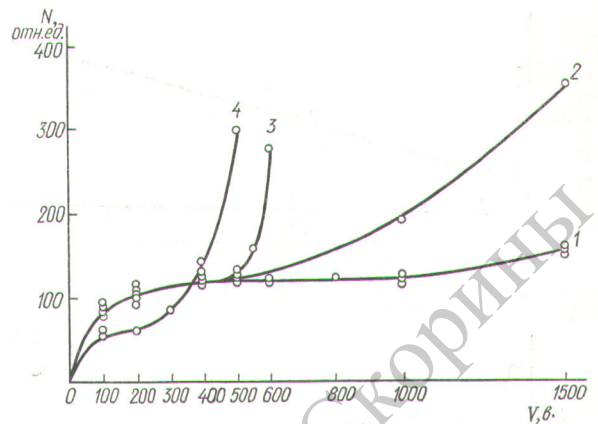


Рис. 2. Счетные характеристики камеры при различной температуре:

1 —  $20 \div 400^\circ C$ ; 2 —  $500^\circ C$ ; 3 —  $600^\circ C$ ; 4 —  $400^\circ C$  (КНТ-31).

чий ток камеры 3  $ма$  при напряжении питания 500  $в$ . Чувствительность камеры к  $\gamma$ -излучению изотопа  $Co^{60}$  составляет  $1,8 \cdot 10^{-11}$   $а/р/ч$ . В области промежуточных уровней мощности реактора регистрация нейтронов затруднена вследствие наличия большого фона  $\gamma$ -излучения, интенсивность которого меняется непропорционально мощности реактора. Применение метода статистической дискриминации  $\gamma$ -фона [4] позволит существенно улучшить точность измерений при работе камеры в условиях  $\gamma$ -излучения в токовом режиме.

Поступило в Редакцию 21/1 1971 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Б. Дмитриев, Е. К. Малышев, И. А. Реформатская. «Приборы и техника эксперимента», № 4, 55 (1968).
2. А. Б. Жилесин. Сигнал, шум и разрешающая способность усилителей. М., Атомиздат, 1964.
3. В. А. Преснов и др. Керамика и ее спай с металлом в технике. М., Атомиздат, 1969.
4. А. И. Могильнер, С. А. Морозов. «Атомная энергия», 24, 151 (1968).

## Способ изучения распределения урана в магний-бериллиевой оболочке твэла

А. Ф. ГОРЕНКО, Г. М. ШЕВЧЕНКО, Н. И. БУГАЕВА, А. С. ЗАДВОРНЫЙ, Н. А. СКАКУН, А. П. КЛЮЧАРОВ

УДК 621.039.546

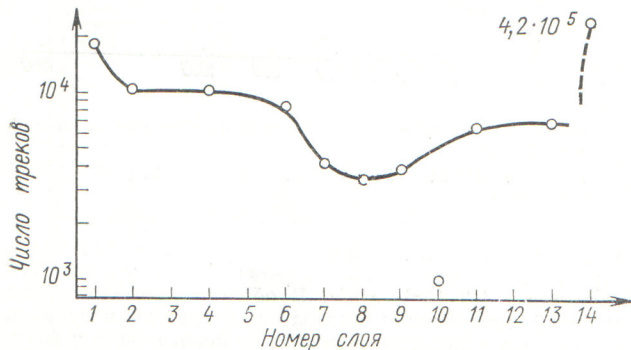
В процессе эксплуатации и при изготовлении твэлов в местах контакта горючего и оболочки наблюдается взаимная диффузия. Диффузионное взаимодействие способно привести к нарушениям целостности оболочки и, как следствие, к загрязнению теплоносителя. Таким образом, накладываются серьезные ограничения

на выбор материала оболочки, температурный режим и длительность эксплуатации твэла.

Распределение урана в магний-бериллиевой оболочке толщиной 500—600  $мк$  изучалось в твэле пруткового типа с сердечником из природного урана. С образца длиной 2,5  $см$  раствором азотной кислоты (1 : 15)



Р и с. 1. Зависимость числа треков от концентрации урана в стандартных образцах.



Р и с. 2. Распределение урана в магний-бериллиевой оболочке.

последнюю снималась оболочка. Всего снималось 15 слоев толщиной  $\sim 40$  мк каждый. Затем производилось экстракционное извлечение урана 20%-ным раствором трибутилфосфата в  $\text{CCl}_4$ . Из органических экстрактов уран рекстрагировался в 1 н.  $\text{HCl}$  [1], и раствор по каплям переносился на металлическую подложку, где происходило выпаривание.

Экстракт урана вместе с подложкой вплотную прикладывали к предварительно подготовленной [2] пластинке слюды и пневмопочтой доставляли под пучок  $\gamma$ -квантов. Максимальная энергия фотонов достигала 22,3 Мэв.

При фотоделении только ядра тяжелых элементов обладают заметными сечениями, и их осколки деления оставляют специфические треки на слюде. Поэтому источником ошибок может оказаться только примесь урана в химических реактивах, слюде, металлической

подложке и в самой магний-бериллиевой шихте, из которой изготавливается оболочка. Существенно также, чтобы химические операции растворения, экстракции, рекстракции и осаждения осуществлялись по возможности без потерь или по крайней мере с потерями, пропорциональными концентрации урана в каждом образце.

Для контроля химических операций были приготовлены препараты с концентрациями урана  $10^{-8}$ ,  $5 \cdot 10^{-8}$  и  $10^{-7}$  г. Уран смешивали с магний-бериллиевой шихтой, а затем выполняли все операции аналогично приготовлению препаратов из слоев оболочек. Фоновую концентрацию урана в слюде и подложке контролировали также по числу треков. Все препараты с ураном и эталоны облучали одновременно пучком  $\gamma$ -квантов в течение 1,5 ч. Ток электронов на конвертор составлял 5 мка. Изменение плотности потока  $\gamma$ -квантов по длине стоек образцов определяли с помощью монитрных пленок лавсана по наведенной активности. Пленки располагали в начале и конце пакета. После облучения пластинки слюды обрабатывали плавиковой кислотой, а треки подсчитывали под микроскопом.

На рис. 1 представлена зависимость числа треков осколков деления от концентрации урана в стандартных образцах. Линейная зависимость указывает на то, что химические операции хорошо воспроизводимы, а потери, если они есть, пропорциональны концентрации.

На рис. 2 представлены результаты подсчета треков от препаратов урана из различных слоев оболочек. В качестве пробного образца был изучен произвольный участок гребня с ребристой оболочкой, наружная поверхность которого в исходном состоянии загрязнена. Распределение урана прослеживается во всех слоях вплоть до границ сердечника. В последнем слое концентрация урана резко повышена вследствие начала травления самого сердечника.

Этот пример служит иллюстрацией возможностей разработанной методики, которая обладает высокой чувствительностью и воспроизводимостью. Она в принципе пригодна для исследования оболочек из любого материала и может быть модифицирована для определения диффузии плутония и других делящихся материалов.

Поступило в Редакцию 28/IV 1971 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Марков и др. Уран и методы его определения. М., Атомиздат, 1964, стр. 250.
2. Я. Е. Гегузин, И. Г. Березина, И. В. Воробьева. «Изв. АН СССР. Сер. геол.», № 6, 21 (1966).

## Калориметры для критических сборок

О. А. ГЕРАЩЕНКО, В. Б. КЛИМЕНТОВ, А. В. НИКОНОВ

УДК 621.039.517.536.629

Определение величины и распределения тепловыделения в ядерных реакторах и на критических сборках — одна из важных задач реакторной техники. Применяемые методы расчета часто не позволяют с достаточной точностью решать подобные задачи, в связи с этим значительный интерес представляют данные непосредственных измерений.

Измерение тепловыделения как на реакторах, так и на критических сборках связано с некоторыми экспериментальными трудностями. На критических сборках ввиду незначительности тепловыделений в исследуемом объекте эти трудности обусловлены главным образом требованием высокой чувствительности к измерительному устройству. При перенесении результатов,