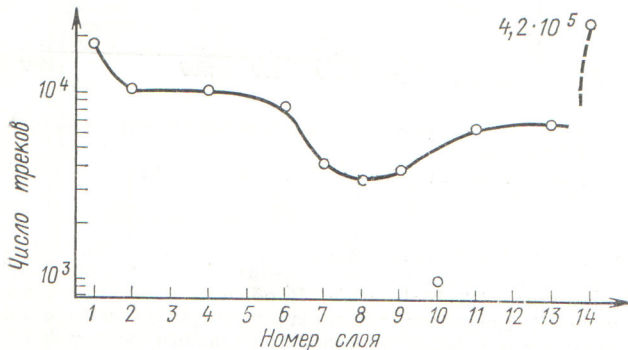


Р и с. 1. Зависимость числа треков от концентрации урана в стандартных образцах.



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

послойно снималась оболочка. Всего снималось 15 слоев толщиной ~ 40 мк каждый. Затем производилось экстракционное извлечение урана 20%-ным раствором трибутилфосфата в CCl_4 . Из органических экстрактов уран рекстрагировался в 1 н. 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 γ -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 оболочки. Фоновую концентрацию урана в слюде и подложке контролировали также по числу треков. Все препараты с ураном и эталоны облучали одновременно пучком γ -квантов в течение 1,5 ч. Ток электронов на конвертор составлял 5 мкА. Изменение плотности потока γ -квантов по длине стопки образцов определяли с помощью мониторовных 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 оболочки. В качестве пробного образца был изучен произвольный участок твэла 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,

Рис. 1. Калориметр для измерения тепловыделений:

1 — верхняя алюминиевая крышка; 2 — алюминиевый стакан; 3 — корпус калориметра из нержавеющей стали; 4 — таблетки двуокиси урана; 5 — слоистые термоэлементы; 6 — нижняя алюминиевая крышка.

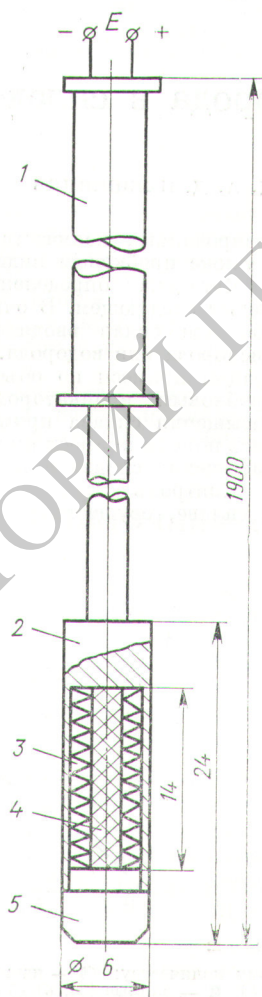
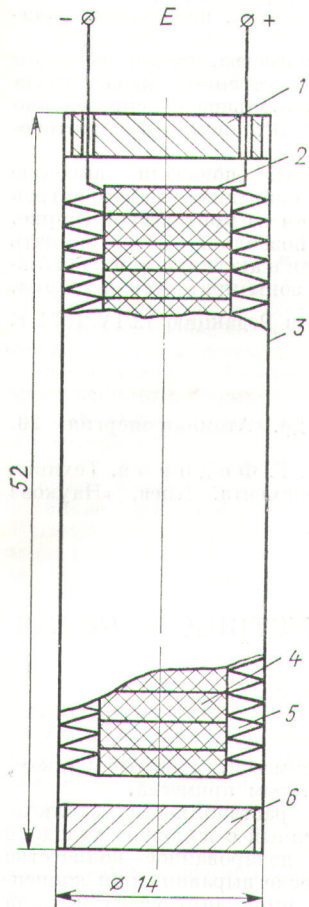


Рис. 2. Калориметр для измерения относительного распределения тепловыделения:

1 — держатель; 2 — корпус калориметра из оргстекла; 3 — слоистые термоэлементы; 4 — двуокись урана; 5 — заглушка из оргстекла.

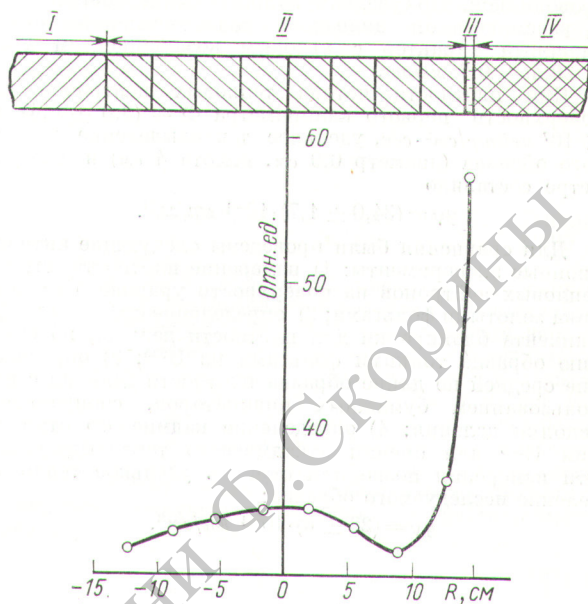


Рис. 3. Относительное распределение тепловыделения по радиусу активной зоны критической сборки ВВР-М:

I — бериллиевый отражатель; II — твэлы; III — водяная полость (толщина 10 см); IV — графитовая колонна.

полученных на критических сборках, на полномасштабных реакторах кроме различных поправок на условие моделирования необходимо также учитывать энерговыделение от γ -излучения. В настоящей работе подобная задача моделирования не ставилась.

В целях прямого определения тепловыделения на критической сборке ВВР-М [1] были созданы высокочувствительные калориметры (рис. 1, 2), позволяющие проводить измерения в критической сборке при обычных условиях ее эксплуатации. Калориметры представляют собой замкнутые теплотеметрические оболочки, внутри которых располагаются испытуемые образцы. В качестве оболочек выбраны слоистые датчики теплового потока [2].

Калориметр, приведенный на рис. 1, предназначен для определения тепловыделений в цилиндрических образцах из делящегося материала следующих размеров: диаметром до 0,9 см, высотой до 4 см. Образцами служили таблетки из двуокиси урана 90%-ного обогащения. Второй калориметр (см. рис. 2) применялся для измерения относительного распределения тепловыделения по активной зоне критической сборки. В нем размещался никелевый стакан диаметром 0,24 см и высотой 1,4 см, заполненный двуокисью урана 90%-ного обогащения. Сигналы калориметра измерялись с помощью потенциометрической схемы, которая включала в себя потенциометр постоянного тока Р-306 и гальванометр М-135 в качестве нуля-прибора.

Калориметры предварительно калибровались путем снятия зависимости сигнала от тепловой мощности, выделяемой во внутренней полости. В качестве эталонного источника тепла использовался электронагреватель, мощность которого измерялась с помощью потенциометра и эталонного сопротивления методом четырех

проводников. Полученная калибровочная зависимость в рассмотренном диапазоне тепловыделений носит линейный характер с угловым коэффициентом $k = 20,4 \pm 0,7 \text{ мВ/Вт}$.

При плотности потока тепловых нейтронов на поверхности первого калориметра $\Phi = (3,6 \pm 0,4) \times 10^7 \text{ нейтр/см}^2 \cdot \text{сек}$, удельное тепловыделение уранового образца (диаметр 0,9 см, высота 4 см) в калориметре составило

$$q_V = (34,0 \pm 1,7) \cdot 10^{-4} \text{ Вт/см}^3.$$

Для сравнения были проведены следующие активационные эксперименты: 1) измерение плотности потока тепловых нейтронов на поверхности уранового сердечника золотыми фольгами; 2) определение среднего коэффициента блокировки для плотности деления по сечению образца тонкими фольгами из U^{235} ; 3) определение средней по длине образца плотности деления с использованием бумажных индикаторов, собирающих осколки деления; 4) определение кадмиевого отношения U^{235} для оценки закадмиевого тепловыделения. Эти измерения позволили оценить удельное тепловыделение исследуемого образца:

$$q_V = (28 \pm 6) \cdot 10^{-4} \text{ Вт/см}^3.$$

Учитывая погрешности экспериментов, можно сделать вывод о согласии результатов, полученных обоими методами.

С помощью второго калориметра, размер которого позволяет вводить его во внутренний канал твэла ВВР-М, было снято относительное распределение тепловыделения по радиусу активной зоны критической сборки (рис. 3).

Проведенные эксперименты показали высокую эффективность применения описанных калориметров для измерений тепловыделения на критической сборке. Миниатюрный калориметр позволяет быстро снимать распределение тепловыделения в аксиальном и радиальном направлениях активной зоны критической сборки.

Поступило в Редакцию 12/IV 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Б. Климентов и др. «Атомная энергия», 20, 63 (1966).
2. О. А. Герасенко, В. Г. Федоров. Техника теплотехнического эксперимента. Киев, «Наукова думка», 1964.

О растворимости кислорода и водорода в сплаве натрия и калия эвтектического состава

М. Н. АРНОЛЬДОВ, М. Н. ИВАНОВСКИЙ, С. С. ПЛЕТЕНЕЦ, А. Д. ПЛЕШИВЦЕВ

УДК 621.039.534.6

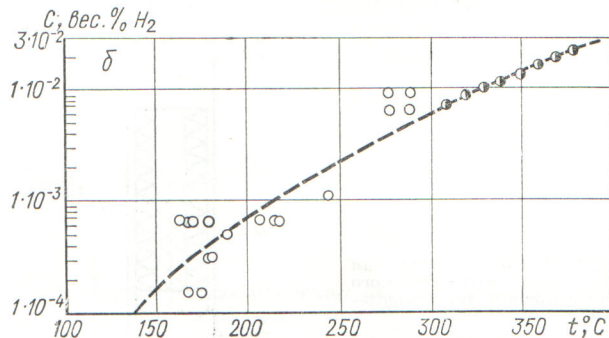
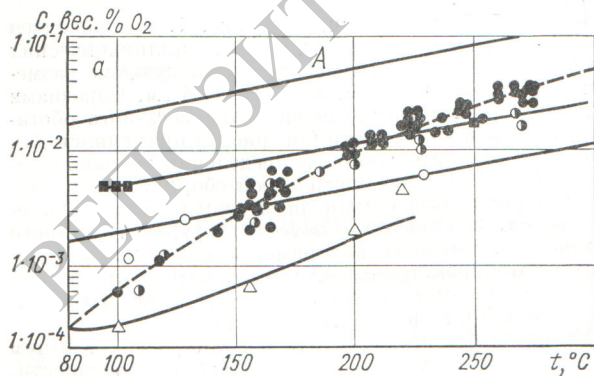
Применение сплава натрия и калия в качестве теплоносителя в ядерных реакторах требует глубокой очистки его от примесей, среди которых основными являются кислород и водород. В связи с этим требуется знать температурные зависимости растворимости этих примесей в сплаве. Однако опубликованные данные либо получены для узкого интервала температур, либо существенно расходятся. Поэтому представлялось полезным провести экспериментальное исследование растворимости кислорода и водорода в сплаве натрия и калия.

Эксперименты были выполнены на циркуляционном контуре, снабженном устройствами для очистки, ввода

дозированных количеств примесей, пробоотборником, а также пробковым индикатором примесей.

Методика определения растворимости заключалась в следующем. В очищенный с помощью холодной ловушки сплав вводилось дозированное количество кислорода или водорода. После выравнивания концентрации примеси по объему циркулирующего металла пробковым индикатором определялась температура насыщения сплава примесью [1]. Затем снова вводилась порция примеси и вновь определялась температура насыщения сплава и т. д.

Контроль количества водорода, находящегося в сплаве, осуществлялся электрическим индикатором



Растворимость кислорода (а) и водорода (б) в сплаве натрия и калия:

а) ● — наши данные, содержание кислорода определено по введенному количеству; ○ — наши данные, содержание кислорода определено химическим анализом; △ — данные [3]; ■ — данные [5]; б) ○ — наши данные; ● — данные [6].