

где N — измеренная скорость счета, имп/мин ; R — кадмиевое отношение; η — эффективность счета, %; M — масса детектора, г; C — весовая концентрация кобальта в детекторе, %.

Ожидаемая погрешность в определении потоков тепловых нейтронов кобальтовыми детекторами составляет 11%. Она складывается из погрешности в величинах сечения активации, периода полураспада Co^{60} , активности эталона, статистической ошибки измерения активности. Кроме того, следует оценить погрешность, вызываемую самоэкранированием тепловых нейтронов веществом детектора.

В работе [2] приводятся экспериментальные данные по самоэкранированию тепловых нейтронов в кобальтовых фольгах диаметром 10 мм и толщиной 0,1 мм. При плотности фольги 0,088 г/см² эффект самоэкранирования составляет 0,5—1%. В кобальтовых детекторах из фенолформальдегидной смолы плотность по кобальту составляет 0,01 г/см², и, таким образом, эффект самоэкранирования не должен превышать нескольких долей процента.

Так как вещества, входящие в смолу (водород, углерод и кислород), являются хорошими замедлителями быстрых нейтронов, то может оказаться, что быстрые нейтроны после замедления будут захвачены ядрами кобальта, в результате чего информация о потоке тепловых нейтронов окажется неверной. Однако для полимеров типа $(\text{CH}_2)_n$ с плотностью 0,9 г/см² длина замедления составляет ~ 5 см, при начальной энер-

гии нейтрона 2 Мэв, а длина миграции $M \approx 6$ см, толщина детектора равна 5—10 мм. Исходя из этих величин приближенная оценка погрешности вследствие замедления быстрых нейтронов в детекторе из фенолформальдегидной смолы толщиной 5 мм и диаметром 10 мм дает величину порядка 0,1% потока тепловых нейтронов.

При использовании детекторов для относительных измерений потока тепловых нейтронов экспериментальный разброс значений не превышал 2,5%, так как в этом случае погрешность обусловлена в основном ошибкой в измерении активности.

В заключение авторы благодарят И. М. Гвердцители и Д. И. Угрехелидзе за советы при изготовлении детекторов, а также Л. М. Мосулишвили за проведение активационного анализа этих детекторов.

Поступило в Редакцию 6/V 1965 г.

В окончательной редакции 23/IX 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Romanko, W. Dungan. Specification and Measurement of Reactor Spectra. Neutron Dosimetry. Proc. of Symp. Harwell, December 10—14, 1962. Vienna, IAEA, 1963.
2. A. Sperrin, R. Vaninbrouckx, G. Crosse. Thermal Flux Perturbation by Cobalt Detectors. Ibidem.

Импульсные малогабаритные камеры деления

В. И. АЛЕКСЕЕВ, О. К. ЕГОРОВ, Л. В. КОНСТАНТИНОВ, В. В. ПОСТНИКОВ

УДК 621.039.564.2

Для измерения распределений нейтронов в активной зоне реактора Белоярской АЭС имени И. В. Курчатова в период физического пуска широко использовались импульсные малогабаритные камеры деления, которые позволяли проводить измерения в рабочих каналах. Размеры камер и длина кабеля между камерой и предварительным усилителем определялись размерами и конструкцией рабочего канала реактора [1]. Все камеры могут работать в воде в интервале температур 20—80°С.

На рис. 1, а показана конструкция камеры первого типа. С помощью этих камер проводились измерения без кадмиевого экрана в трубках твэлов и с кадмиевым экраном в центральной трубке рабочего канала реактора. Корпусом камеры является трубка из нержавеющей стали размером 5,5 × 0,25 мм. Внутри корпуса расположен катод камеры — алюминиевая трубка размером 5 × 0,1 мм, длиной 20 мм, на внутреннюю поверхность которой нанесен слой делящегося материала толщиной 0,5 мг/см². В качестве делящегося материала в различных камерах использовался уран 90%-ного обогащения по U^{235} , Pu^{239} и Th^{232} . Собирающий электрод (анод), расположенный по оси камеры, фиксируется при помощи изоляторов из фторопласта. Камера имеет съемный кадмиевый экран размером 7 × 0,5 мм, длина которого 200 мм. Размеры кадмиевого экрана выбирались экспериментально таким образом, чтобы при минимальной длине он экранировал объем камеры от тепловых нейтронов.

На рис. 1, б показана конструкция камеры второго типа. В отличие от камер первого типа эти камеры позволяют проводить измерения с кадмиевым экраном

в трубках твэлов рабочих каналов реактора. Рабочий объем камеры находится в конце тонкостенной трубки из нержавеющей стали размером 2 × 0,25 мм. Центральным электродом (анодом) служит вольфрамовая проволока диаметром 0,3 мм. В пределах рабочего объема центральный электрод покрыт слоем урана 90%-ного обогащения по U^{235} толщиной 2 мг/см². Камера имеет съемный кадмиевый экран размером 5,5 × 0,5 мм.

Все камеры соединялись с предварительным усилителем высокочастотным коаксиальным кабелем РК-119 длиной 15 м. Для обеспечения герметичности рабочего объема и электрической изоляции собирающего электрода место ввода кабеля в корпус камер заливалось эпоксидной смолой АД-5.

Камеры наполнены техническим аргоном до давления 4 ат для первого типа камер и 10 ат для второго типа камер, что соответствовало получению максимальной амплитуды импульсов на выходе камер. На рис. 2 представлена зависимость максимальной амплитуды импульсов от давления аргона для камеры первого типа.

На рис. 3 представлена зависимость скорости счета от напряжения питания для камеры первого типа с ураном 90%-ного обогащения по U^{235} . Характеристики камер деления с другими делящимися изотопами и характеристики камер второго типа аналогичны приведенным. Чувствительность камер первого типа с обогащенным ураном к тепловым нейтронам составляет около 10^{-3} имп/нейтр/см^2 . Чувствительность камер второго типа на два порядка ниже. Все камеры могут работать в присутствии γ -фона $\sim 10^4$ р/ч . Мак-

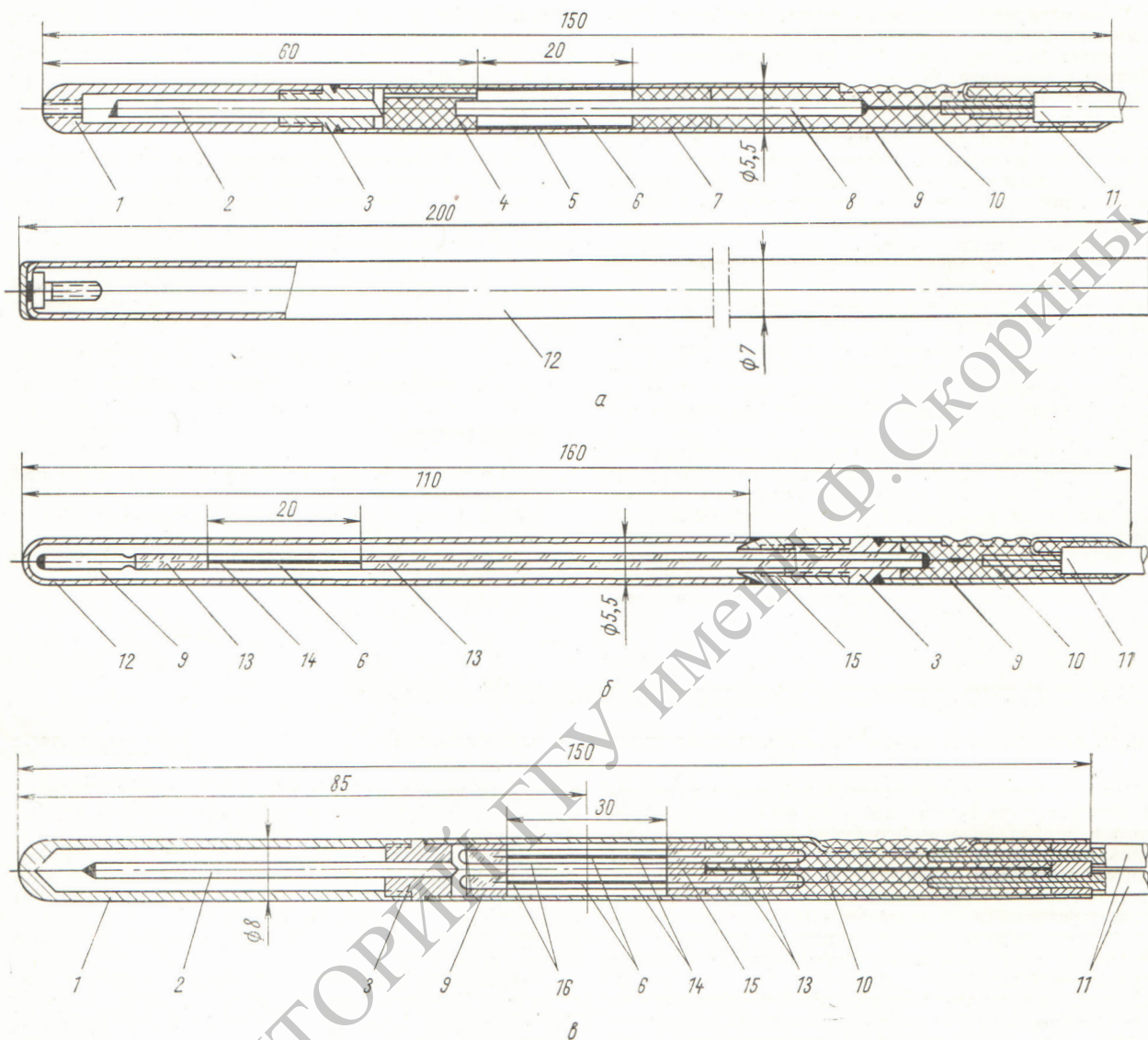


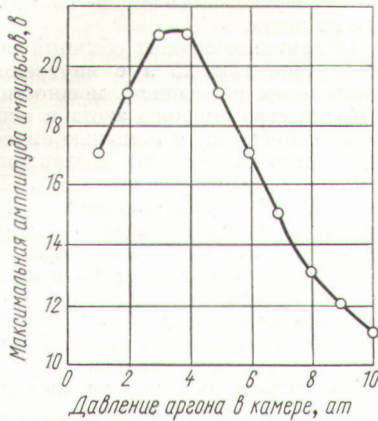
Рис. 1. Импульсные малогабаритные камеры деления (размеры в миллиметрах):

а — вариант 1; *б* — вариант 2; *в* — двойная камера деления; 1 — алюминиевый чехол; 2 — медная трубка для откачки и наполнения аргоном; 3 — латунный переходник; 4 и 7 — фторопластовые изоляторы; 5 — алюминиевая трубка, покрытая делящимся материалом; 6 — рабочий объем камеры; 8 — анод (трубка из нержавеющей стали); 9 — трубка из нержавеющей стали; 10 — герметизирующий наполнитель (эпоксидная смола); 11 — высокочастотный коаксиальный кабель РК-119; 12 — съемный кадмиевый экран; 13 — кварцевый изолятор; 14 — анод (вольфрамовая проволока, покрытая делящимся материалом в пределах рабочего объема); 15 — латунная втулка; 16 — корпус внутренней камеры из нержавеющей стали. Все соединения металлов паялись оловянным или серебряным припоем.

симплярная амплитуда импульсов от осколков деления на выходе кабеля камер составляет $\sim 2 \cdot 10^{-4}$ в.

На рис. 1, *в* показана конструкция двойной импульсной малогабаритной камеры деления, применяемой для измерения эффективной температуры нейтронного газа в реакторе. Метод измерения, основанный на сравнении скорости делений в камерах с U^{235} и Pu^{239} , подробно описан в работе [2]. Камера представляет собой цилиндр из нержавеющей стали, внутри которого смонтированы две малогабаритные камеры деления, отли-

чающиеся друг от друга только делящимся материалом, нанесенным на центральный электрод. Толщина слоя урана 90%-ного обогащения составляет 2 мг/см^2 , толщина слоя плутония $0,5 \text{ мг/см}^2$. Центральным электродом камер служит вольфрамовая проволока диаметром $0,3 \text{ мм}$, которая отделена от корпуса из нержавеющей стали кварцевыми изоляторами размером $2 \times 0,25 \text{ мм}$. Рабочие объемы камер имеют длину 20 мм и расположены параллельно друг другу. Расстояние между центральными электродами 5 мм . Гер-



Р и с. 2. Зависимость максимальной амплитуды импульсов от давления аргона в камере.



Р и с. 3. Зависимость скорости счета камеры от напряжения питания при напряжении дискриминации 6 а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Доллежал и др. В кн. «Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1958)». Т. 2. Доклады советских ученых. М., Атомиздат, 1959, стр. 36.
2. К. Кэмпбелл и др. В кн. «Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1958)». Избр. докл. иностр. ученых. Т. 2. М., Атомиздат, 1959, стр. 477.

метичность камер обеспечивается проходными изоляторами из эпоксидной смолы. Камера наполнена техническим аргоном до давления 10 ат.

Авторы выражают благодарность М. П. Бодрину и Ю. М. Потатуеву за помощь в изготовлении камер.

Поступило в Редакцию 1/IX 1965 г.

Низкотемпературный канал реактора ВВР-М Физико-технического института АН СССР

С. Р. НОВИКОВ, Р. Ф. КОНОПЛЕВА, А. Н. КРУГЛИКОВ, А. Н. НАЗАРЕНКО

УДК 621.039.572

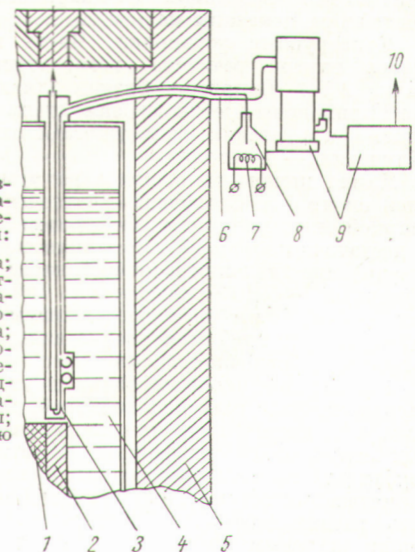
Трудности сооружения низкотемпературных каналов в реакторах в основном определяются ограниченностью выбора веществ, охлаждающих образцов, и конструкционных материалов. Применение в криостатах такого сравнительно дешевого и доступного хладагента, как технический жидкий азот, недопустимо для реакторов с высокими потоками ионизирующих излучений, к которым, в частности, относится и реактор ВВР-М.

В присутствии ионизирующего излучения кислород, содержащийся в азоте (1—2%), образует озон, энергично вступающий в реакцию с органическими веществами [1], азотом [2], его оксидами [1] и алюминием, применяемым в качестве конструкционного материала [2, 3]. Поэтому опасность взрывов устраняется заменой технического жидкого азота гелием [1] или чистым азотом [3, 4], а также периодическим полным испарением жидкого азота из криостата [2, 5].

Авторами настоящей работы использовалась конструкция проточного канала, в котором охлаждение образцов производилось холодным газообразным азотом. Это позволило применить обычный технический жидкий азот, а также сравнительно просто перегружать образцы и изменять их температуру.

Схема установки. На рис. 1 схематически показано оборудование для низкотемпературных облучений. В установку входят канал-криостат, система постоян-

ной откачки, устройство для подачи паров азота, приспособление для перегрузки образцов и система контроля.



Р и с. 1. Схема размещения оборудования для низкотемпературных облучений:

- 1 — активная зона;
- 2 — бериллиевый отражатель;
- 3 — канал-криостат;
- 4 — вода в баке реактора;
- 5 — защита;
- 6 — азотопровод;
- 7 — нагреватель;
- 8 — сосуд-испаритель;
- 9 — вакуумные насосы;
- 10 — в специальную вентиляцию.