

Касательные каналы и реконструкция тепловой колонны реактора ВВР-М

Г. Я. Васильев, Е. А. Коновалов, В. Г. Панков, Д. А. Яшин

При проектировании реактора ВВР-М Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР [1, 2] были предусмотрены девять горизонтальных каналов в бетонной защите и десятый в тепловой колонне. Все каналы направлены по нормали к активной зоне и имеют пиберные устройства, состоящие из пяти защитных дисков, взаимно перекрывающихся в закрытом положении отверстие канала. Центры всех каналов расположены на расстоянии 1 м от пола зала реактора (отметка +1,0 м).

Проведение экспериментов на каналах, направленных по нормали к активной зоне, существенно затрудняется тем, что на регистрирующий прибор кроме исследуемого излучения в значительной мере попадает излучение из активной зоны. Так, при проведении исследований с помощью кристалл-дифракционного спектрометра [3] вынужденная экранировка свинцом от γ -излучения из активной зоны приводит к снижению нейтронного потока на образце до $2 \cdot 10^{12}$ нейтр/см²·сек. Таким образом, мощный нейтронный поток реактора по существу нельзя использовать при подобных экспериментах. Однако фон γ -излучения на образце можно значительно снизить, если направить каналы тангенциально к поверхности активной зоны в бериллиевый отражатель или в воду, находящуюся за бериллием.

В этом случае на выходе канала будет только вторичное γ -излучение, рассеянное в отражателе, и γ -излучение наведенной активности конструкционных материалов торца канала.

В ноябре 1961 г. в бетонной защите реактора ВВР-М был просверлен сквозной канал № 10 (рис. 1), проходящий через нишу тепловой колонны на расстоянии 1390 мм от центра активной зоны. Центр канала расположен на отметке +1,25 м. Ориентация канала выбиралась таким образом, чтобы при бурении не были задеты кольца чугунной защиты или повреждены технологические коммуникации.

В сентябре 1963 г. аналогично были просверлены два тангенциальных канала № 11 и 16, выходящие в нишу тепловой колонны. Канал № 11 расположен на отметке +0,75 м и направлен в бериллиевый отражатель по касательной к активной зоне. Ожидалось, что при таком выборе направления будет достигнуто большее отношение потока тепловых нейтронов к потоку быстрых нейтронов на выходе канала. Канал № 16 направлен в воду по касательной к бериллиевому отражателю и расположен на отметке +1,25 м. Выбор направления этого канала обуславливался необходимостью получить минимальный фон γ -излучения на выходе канала при максимально возможном приближении

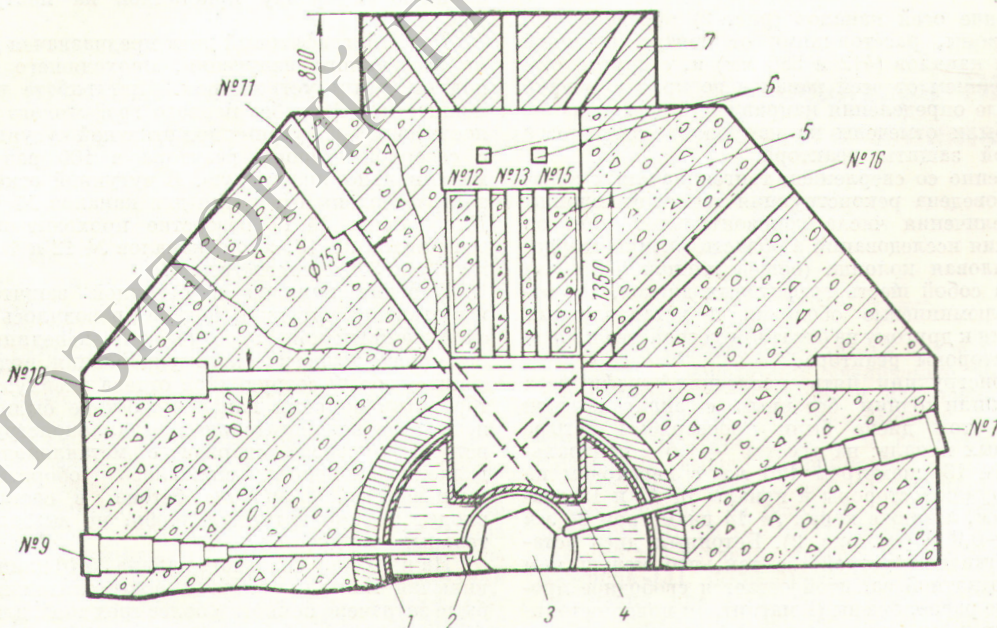


Рис. 1. Расположение новых каналов в реакторе:

1 — бак реактора; 2 — бериллиевый отражатель; 3 — активная зона; 4 — ниша для откатной тележки; 5 — защитный диск из бетона; 6 — физические датчики; 7 — откатная защита из чугуна.

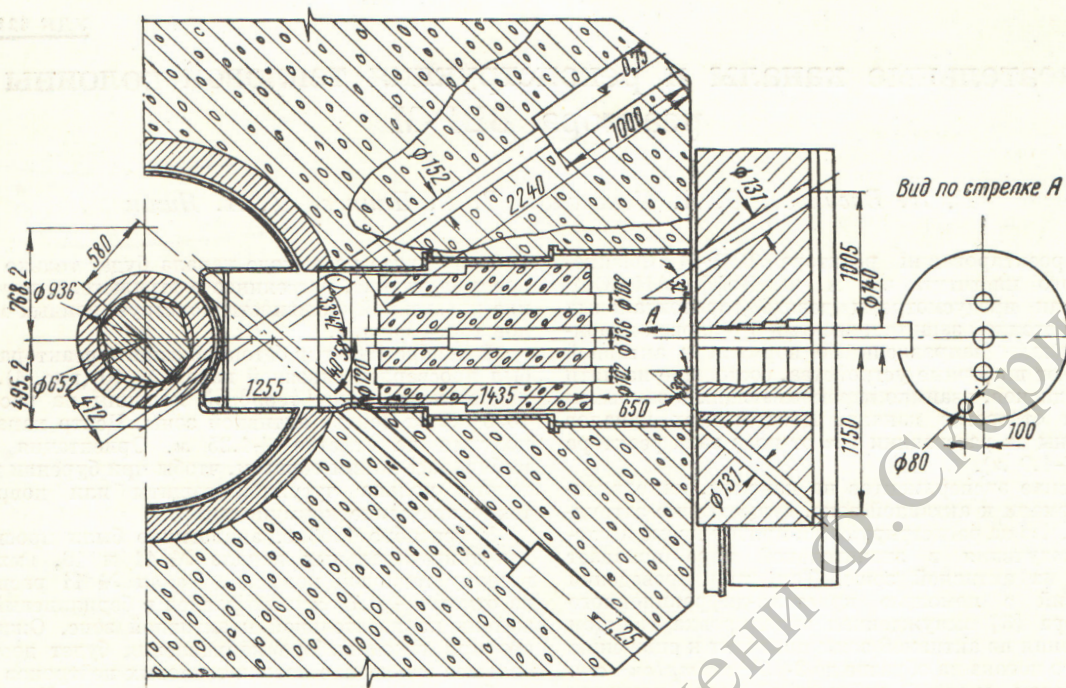


Рис. 2. Ориентация тангенциальных каналов и каналов на откатном устройстве с северной стороны реактора.

канала к активной зоне для обеспечения высокого нейтронного потока в точке, где помещался исследуемый образец.

Направление осей каналов (рис. 2) определялось, с одной стороны, расстояниями от центра активной зоны до осей каналов (412 и 580 мм) и, с другой стороны, расстоянием от осей каналов до края чугунной защиты. После определения направлений осей каналов их центры были отмечены на наружной поверхности биологической защиты реактора.

Одновременно со сверлением тангенциальных каналов была проведена реконструкция тепловой колонны с целью увеличения числа горизонтальных каналов для проведения исследований в области физики твердого тела. Тепловая колонна (общей длиной 3040 мм) представляла собой шесть графитовых дисков, заключенных в алюминиевые оболочки и установленных вплотную один к другому на откатном устройстве в нише с северной стороны реактора.

При реконструкции пять последних графитовых дисков заменили одним бетонным с эквивалентной защитой. В этом диске были просверлены четыре горизонтальных канала: на отметке +1,0 м центральный канал № 13 диаметром 120 мм с переходом на 136 мм с наружной стороны и каналы № 12 и 15 диаметром 102 мм, а также канал № 14 диаметром 80 мм на отметке +0,9 м (см. рис. 2). Бетонный диск установлен на откатном устройстве так, что между ним и чугунной откатной защитой остается свободное пространство, где расположены (в магнитном поле постоянных магнитов или электромагнитов) монокристаллы-монокроматоры $\text{Co} + \text{Fe}$ под углами 32 и 39° к осям каналов № 12 и 15 соответственно для получения монокроматических поляризованных пучков нейтронов с

$\lambda_1 = 1,13 \text{ \AA}$ и $\lambda_2 = 1,37 \text{ \AA}$. В этом же пространстве смонтированы устройства, обеспечивающие дистанционную юстировку кристаллов на нейтронный пучок.

Первый графитовый диск предназначен для защиты от рассеянного излучения, проходящего в основном под откатным устройством. При работе реактора на мощности 5 Мвт без первого графитового диска мощность дозы γ -излучения под откатной чугунной защитой с северной стороны реактора в 100 раз превышает максимально допустимую. В чугунной откатной защите просверлены отверстия для каналов № 12, 14 и 15. Для канала № 14 отверстие проходит параллельно оси канала № 13, а для каналов № 12 и 15 — под углами 32 и 39° соответственно.

Бурение каналов в бетонной защите реактора и в откатной чугунной защите проводилось Ленинградской комплексной геологической экспедицией Северо-Западного геологического управления под контролем и при участии сотрудников отдела эксплуатации реактора. При бурении каналов в бетоне были прорезаны некоторые вспомогательные металлоконструкции. При встрече бурового снаряда с металлоконструкциями давление на коронку снижалось и обороты шпинделя уменьшались. Сверление бетона, в состав которого входит мелкая чугунная дробь, не вызвало дополнительных трудностей.

На проходку сквозного канала № 10 длиной 6000 мм, включая монтаж станка и подготовительные работы, было затрачено немногим более трех дней; для сверления двух каналов в бетоне (№ 11 и 16) и трех каналов в чугунной защите (№ 12, 14 и 15), включая подготовительные, геодезические и буровые работы, — 24 рабочих дня. Проходка всех каналов была выполнена с достаточ-

Физические параметры каналов

ной точностью. Так, например, отклонение расстояний от осей каналов № 11 и 16 до центра активной зоны по сравнению с заданными размерами составило не более 10 мм.

Во всех каналах, проходящих в бетоне, установлены стальные трубы. Для защиты от излучения широкие части каналов закрыты пробками, залитыми водой, а за ними установлено по три чугунных пробки общей длиной 450 мм. Постоянные шибберные устройства для этих каналов проектируются для каждого отдельного случая в зависимости от характера физической аппаратуры.

Для всех вновь созданных каналов были измерены их физические параметры: поток тепловых нейтронов, кадмиевое отношение (по золоту), поток быстрых нейтронов и мощность дозы γ -излучения. Эти параметры были измерены также для канала № 1, направленного по нормали к активной зоне.

В таблице даны результаты измерений, приведенные к мощности 10 Мвт. Данные таблицы получены при измерениях с установленным на откатном устройстве графитовым диском без отверстий для вновь созданных каналов. При отсутствии графитового диска потоки нейтронов на выходе из этих каналов будут больше [2]. Потоки тепловых нейтронов измерены с точностью до 20%, кадмиевое отношение до 15%, потоки быстрых нейтронов до 40%. Мощность дозы γ -излучения измерялась с точностью до 20%.

Предложение о создании касательного канала № 10 было высказано в 1961 г. сотрудником Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе Ю. В. Петровым. В 1963 г. И. А. Кондуров предложил просверлить каналы № 11 и 16. Большое участие в работах по созданию касательных каналов принимал В. С. Гвоздев.

Номер канала	Тепловые нейтроны		Поток быстрых нейтронов, нейтр/см ² ×сек	Мощность дозы γ -излучения на выходе из каналов, ×10 ⁻³ мкр/сек
	поток, нейтр/см ² ×сек	кадмиевое отношение		
1	2,6·10 ⁹	6,0	3,0·10 ⁸	6·10 ⁴
10	2,6·10 ⁶	—	~10 ⁴	3
11	6,6·10 ⁷	21	4,5·10 ⁵	66
16	6,6·10 ⁷	25	4,0·10 ⁵	44

Авторы пользуются случаем поблагодарить персонал отдела эксплуатации реактора за быстрое и качественное выполнение работ по созданию новых каналов, а также научного руководителя Д. М. Каминкера за внимание и помощь в работе.

Поступило в Редакцию 21/IV 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Гончаров и др. В кн. «Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1958)». Докл. советских ученых. Т. 2. М., Атомиздат, 1959, стр. 243.
2. Д. М. Каминкер, К. А. Коноплев. Доклад № 325, представленный СССР на Третью международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1964).
3. О. И. Сумбаев, А. И. Смирнов. Nucl. Instrum. and Methods, 22, 125 (1963).

УДК 621.039.519

О влиянии конфигурации активной зоны реактора ВВР-М на спектр нейтронов из горизонтального канала

В. П. Вертебный, М. Ф. Власов, А. Л. Кирилук

Форма спектра медленных нейтронов в пучке, выходящем из активной зоны реактора, в значительной мере зависит от конфигурации активной зоны вблизи области, из которой выводится нейтронный пучок. При исследованиях по методу времени пролета с помощью механических прерывателей и монохроматоров нейтронов представляет интерес нахождение оптимальной конфигурации активной зоны. Это необходимо для того, чтобы получить максимальный выход нейтронов в определенной области спектра с минимальным потоком быстрых нейтронов, т. е. наилучшее отношение эффекта к фону при возможно большем эффекте. Известно, что поток тепловых нейтронов может быть в несколько раз увеличен по сравнению со средним потоком в активной зоне путем создания полости из замедлителя, окруженной твэлами [1]. Несмотря на то что замкнутую полость для опытов с пучками получить нельзя, можно надеяться, что поток тепловых нейтронов увеличится, если вывести пучок нейтронов с поверхности замедлителя. Так как поток резонансных нейтронов определяется известным

выражением [2]

$$\Phi(E) = \frac{S}{\xi E \Sigma}, \quad (1)$$

то замена легкого замедлителя более тяжелым может привести к некоторому увеличению выхода резонансных нейтронов, а также к изменению соотношения между интенсивностью резонансных и тепловых нейтронов. Эти соображения и привели к постановке описанных выше экспериментов.

С помощью механического прерывателя нейтронов, установленного на одном из горизонтальных каналов реактора ВВР-М Института физики АН УССР и используемого для изучения нейтронных сечений разделенных изотопов [3], было проведено исследование спектров нейтронов при различных конфигурациях активной зоны вблизи этого канала (рис. 1). В первом случае (см. рис. 1, а) источником нейтронов служили только твэлы, во втором (см. рис. 1, б) — твэлы и слой воды толщиной 5,5 см, в третьем (см. рис. 1, в) — твэлы и слой бериллия такой же толщины.