

О влиянии борсодержащих блокировок на выход захватного γ -излучения

С. А. Козловский, В. С. Кызыуров, К. К. Попков, Д. Н. Лебедев

В настоящей работе исследовалось влияние различных борсодержащих блокировок на выход захватного γ -излучения из композиции первичной защиты водородного реактора. Корпус реактора, тепловые экраны и слои воды между экранами имитировались соответственно листами стали (Ст. 3) и плексигласа размером 800×800 мм. Между сталью корпуса и баком с водой, имитирующей воду первичной защиты, помещались слои блокировок. В качестве блокировок использовались карбид бора (засыпка плотностью $1,1 \text{ г/см}^3$) и борированный свинец, представляющий собой смесь свинцового сурика с борным ангидридом в весовом отношении $9 : 1$. Плотность смеси составляла $\sim 5,5 \text{ г/см}^3$, содержание бора $\sim 3 \text{ вес.}\%$.

Схема исследуемых композиций показана на рис. 1. В качестве излучателя использовался $\text{Po} - \text{Be}$ -источник мощностью 10^8 нейтр/сек .

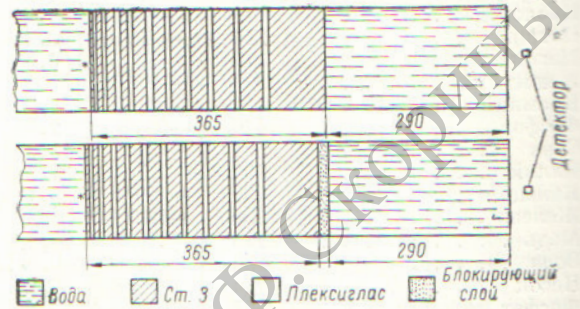


Рис. 1. Геометрия эксперимента.

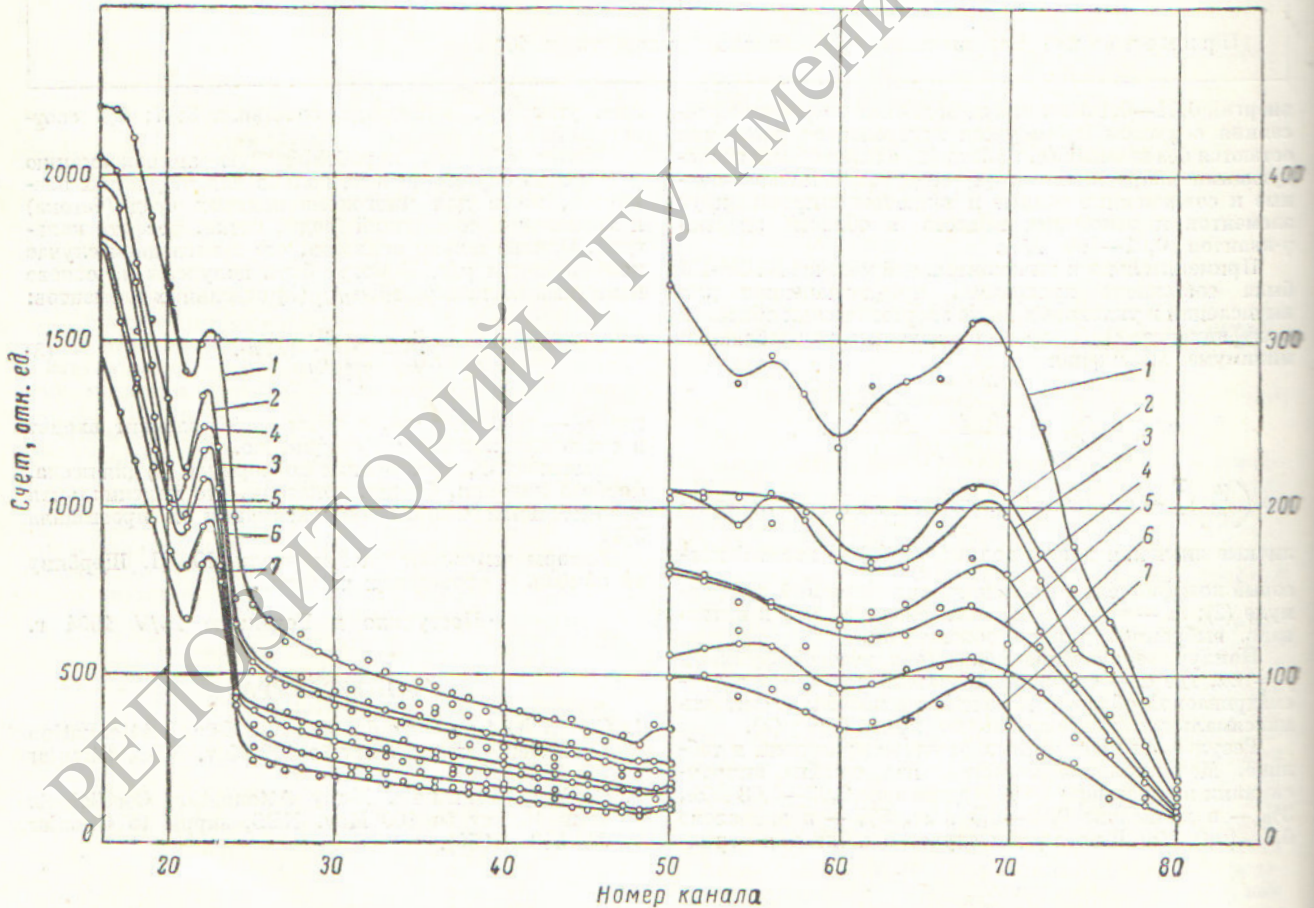


Рис. 2. Спектр захватного γ -излучения из защиты:

1 — без блокирующего слоя; 2, 3 — блокирующий слой B_4C толщиной d , равной 1,5 и 3,5 см соответственно; 4, 5, 6, 7 — блокирующий слой из борированного свинца толщиной 1,5; 2,5; 3,5; 5,5 см соответственно.

Были измерены пространственные распределения потоков тепловых и надтепловых нейтронов. Измерения проводились с помощью индиевых фольг диаметром 21 мм и толщиной 100 мг/см², наклеенных на алюминиевые подложки толщиной 0,5 мм. При измерении потоков надтепловых нейтронов фольги помещались в кадмиевые коробочки с толщиной стенок 1 мм. Инди-

каторы «взвешивались» в нейтронном потоке, разброс показаний не превышал 5%.

Выходы захватного γ -излучения из экспериментальных композиций измерялись сцинтилляционным γ -спектрометром с кристаллом NaI размером 40 × 40 мм и фотоумножителем ФЭУ-13Б. Для анализа импульсов использовался амплитудный анализатор типа АИ-100-1.

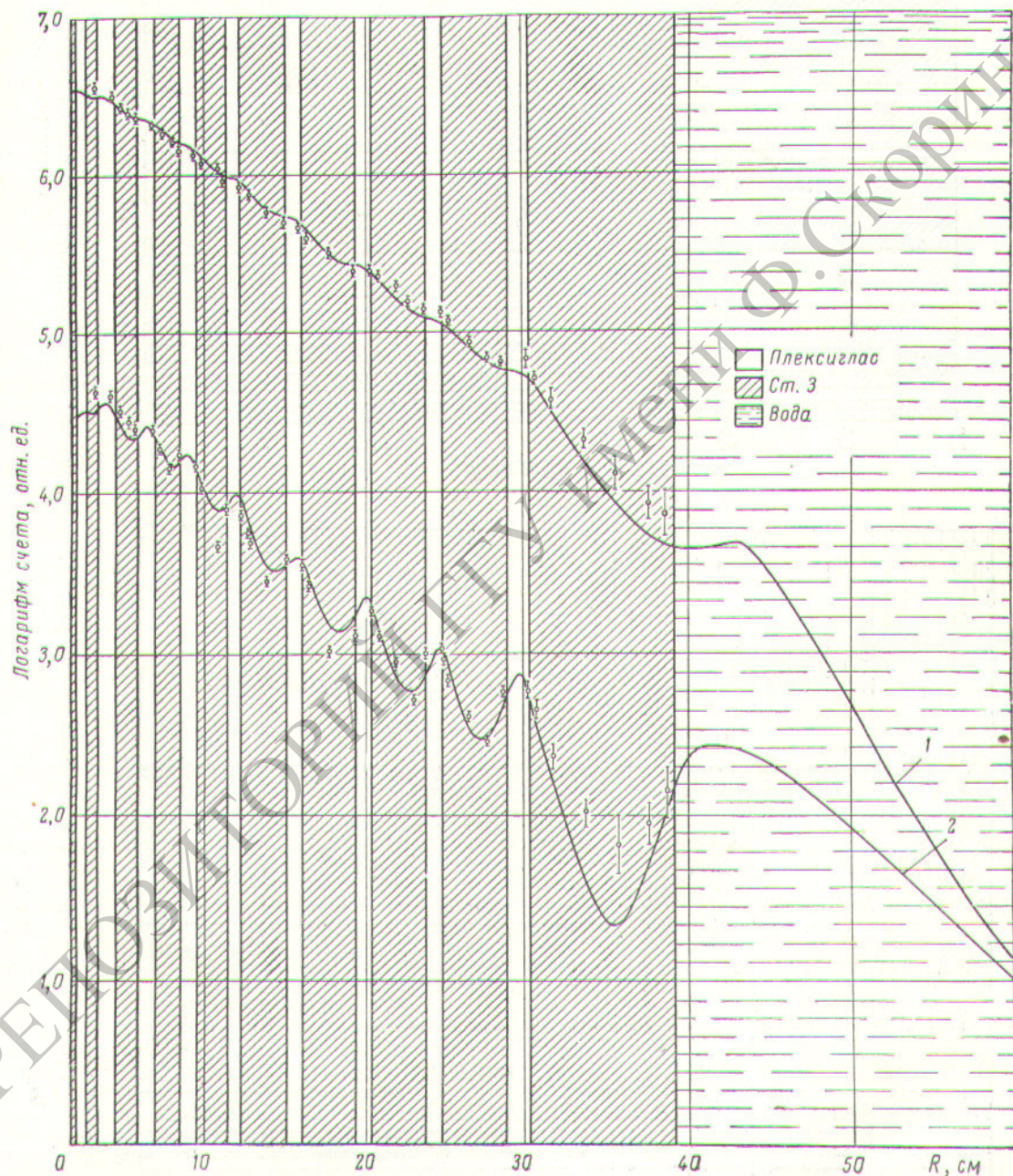


Рис. 3. Пространственное распределение нейтронов в защите без блокирующего слоя: 1, 2 — потоки надтепловых и тепловых нейтронов соответственно; — — — результаты расчета; ○ — результаты измерений индиевыми индикаторами.

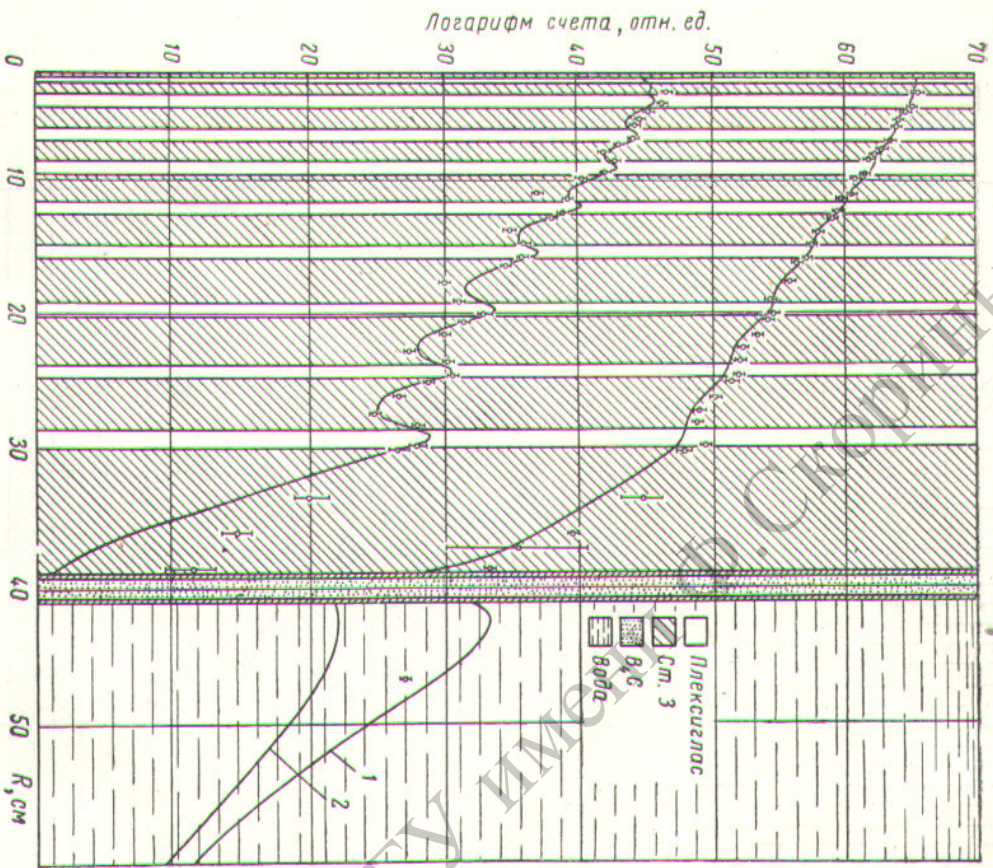


Рис. 4. Пространственное распределение нейтронов в защите с блокирующим слоем В₄С толщиной 1,5 см (обозначения см. на рис. 3).

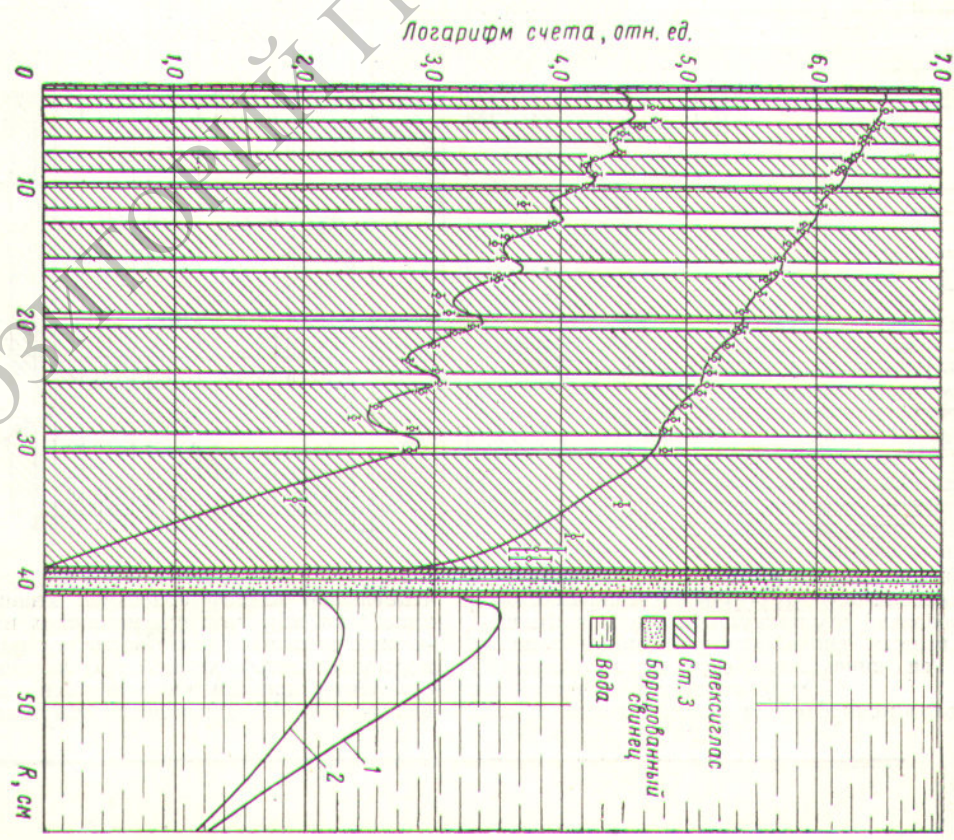


Рис. 5. Пространственное распределение нейтронов в защите с блокирующим слоем борированного свинца толщиной 1,5 см (обозначения см. на рис. 3).

Разрешение прибора на Co^{60} составляло 11%. Линейность шкалы проверялась источниками Cs^{137} , Co^{60} и Po — Be .

Относительный выход захватного γ -излучения оценивался по площади под пиком, линии 7,64 $Mэв$.

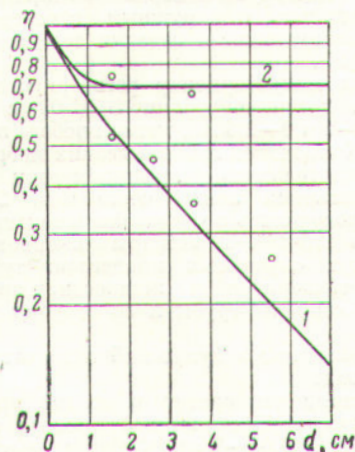


Рис. 6. Зависимость относительного снижения выхода η захватного γ -излучения с энергией 7,64 $Mэв$ от толщины блокирующего экрана:

1, 2 — блокировка борированным свинцом и карбидом бора соответственно; ————— — результаты расчета; ● — экспериментальные данные.

Спектры захватного γ -излучения, показанные на рис. 2, имеют две линии, соответствующие поглощению нейтронов ядрами водорода (2,23 $Mэв$) и железа (7,64 $Mэв$).

Кроме того, для рассматриваемых композиций ца

электронно-вычислительной машине было рассчитано пространственно-энергетическое распределение потоков нейтронов в диффузионно-возрастном приближении по семигрупповой схеме, предложенной в работе [1].

На рис. 3—5 представлены кривые пространственного распределения потоков тепловых и надтепловых нейтронов, полученные в результате расчетов; здесь же приведены экспериментальные точки.

По методике, описанной в работе [2], были рассчитаны выходы захватного γ -излучения из экспериментальныхборок. На рис. 6 в виде функции от толщины блокирующего экрана приведены величины относительных выходов захватного γ -излучения η , рассчитанные и полученные экспериментально. Несовпадение полученных результатов с данными работы [3] объясняется различной толщиной стальных монолитов и различным составомборок. В работе [3] эксперимент проводился для одного слоя железа толщиной 25 см, экранированного с обеих сторон карбидом бора; в настоящей работе исследовались композиции, включающие в себя достаточное число водородсодержащих слоев. Присутствие водорода снижает эффект блокировки.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Д. Л. Бродеру за ценные советы, а также В. Н. Дорофееву, В. Г. Комову, Л. Г. Кочеровой, В. А. Лазукову и Ю. К. Спиваку за помощь в работе.

Поступило в Редакцию 22/V 1964 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Л. Бродер и др. «Атомная энергия», 12, 129 (1962).
2. Л. П. Бокачева, К. К. Попков, Л. Н. Таболлина. «Инж.-физ. ж.», VI, № 11, 85 (1963).
3. Д. Л. Бродер и др. «Атомная энергия», 8, 49 (1960).

УДК 539.122:539.121.73

Пульсации температуры стенки трубы

в условиях интенсивного конвективного теплообмена

В. И. Субботин, М. Х. Ибрагимов, В. И. Меркулов, Е. В. Номофилов, Н. А. Тычинский

В результате проведенных исследований были обнаружены пульсации температуры в теплоотдающей стенке при стационарном теплообмене. Однако причины, вызывающие появление пульсаций, различны.

При поперечном обтекании пучков тепловыделяющих стержней пульсации температуры в стенке обусловлены гидродинамической нестабильностью потока, омывающего стержни [1]. При продольном обтекании пучков стержней, характеристики которых приведены в работе [2], пульсации температуры вызваны случайными перераспределениями расхода жидкости, а следовательно, и ее подогревом в отдельных ячейках. При этом расход жидкости через пучок остается постоянным. Величина пульсаций температуры зависит от длины участка обогрева (чем больше длина, тем больше амплитуда пульсаций). Гидродинамическая нестабильность потока жидкости обусловлена внешними причинами (геометрией канала, входными условиями, отрывом крупных вихрей и т. д.), поэтому частота пульсаций температуры в стенке очень низкая, а амплитуда высокая. Пульсации температуры, выз-

ванные такой нестабильностью потока, могут быть значительно уменьшены. Так, уменьшение шага пучка (при поперечном обтекании) или увеличение гидравлического сопротивления входа (при продольном обтекании) приводит к значительному снижению амплитуды пульсаций. При турбулентном течении теплоносителя в прямой круглой трубе пульсации температуры теплоотдающей стенки связаны, очевидно, с внутренней структурой потока [3].

В неизотермическом потоке жидкости, где существует градиент температуры по радиусу трубы, перемещение отдельной частицы (моля) из одного слоя в другой приводит к появлению пульсаций температуры в этом слое. Некоторые, наиболее интенсивно движущиеся моли, возможно, проникают до стенки трубы, вызывая в ней быстрые изменения температуры. Большая часть молей не достигает теплоотдающей стенки и распадается в «вязком» подслое вблизи стенки, вызывая в нем колебания температуры. Эти колебания за счет теплопроводности жидкости также передаются теплоотдающей стенке. Как при продольном,