

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТ МГНОВЕННОГО И ЗАПАЗДЫВАЮЩЕГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ ИЯУ ВИР-2М

А. Д. Авдеев, С. П. Котков, А. А. Кубасов, П. В. Таракаенко, Ю. М. Дроздов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

В РФЯЦ-ВНИИЭФ на базе импульсных реакторов проводятся испытания на радиационную стойкость различных материалов и узлов электроники. В импульсном пуске реактора совместно с импульсом нейтронов идет генерация импульса гамма-квантов, который может быть представлен в виде двух компонент – мгновенной (гамма-кванты, рожденные непосредственно в актах деления ядер урана) и «запаздывающей», обусловленной активностью продуктов деления.

В процессе испытаний в месте размещения объекта, в качестве детекторов сопровождения, помещаются малогабаритные твердотельные дозиметры гамма – излучения типа ДТС (Детектор Твердотельный Стекланный) [1]. По своему принципу действия ДТС являются интегральными и не позволяют разделить компоненты гамма-излучения.

При испытании в импульсном режиме работы реактора основной интерес представляет дозовая нагрузка от мгновенной компоненты гамма – излучения воздействующая на объект, определение которой с помощью детекторов сопровождения не представляется возможным. Стоит отметить что вклад «запаздывающей» компоненты значителен и возрастает при длительном нахождении объекта облучения в экспериментальном канале (рис. 1).

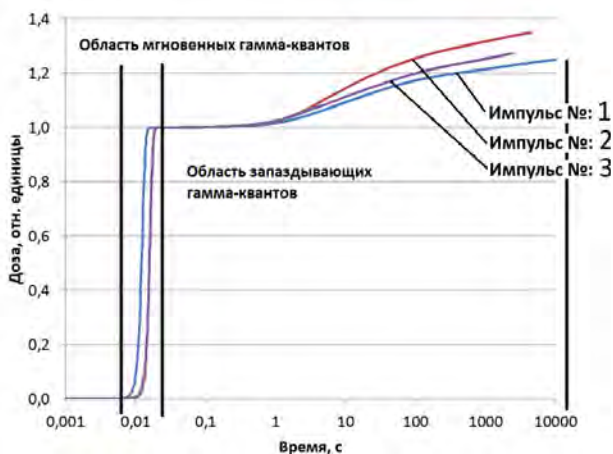


Рис. 1. Зависимость интегральной дозы от времени

В настоящей работе описан метод определения временных интервалов преобладания указанных компонент и определен вклад мгновенной компоненты в полную дозу гамма-излучения в объектах исследования.

Аппаратура и схема эксперимента

Реактор ВИР-2М[2] – импульсный аperiodический реактор на растворном топливе. Топливный раствор реактора (ТР) находится в герметичном корпусе активной зоны (АЗ) (рис. 2). Вертикально расположенный корпус имеет высоту 2 м (снаружи) и диаметр 0,7 м при толщине стенок 65 мм. В корпусе имеется два экспериментальных канала для размещения испытываемых объектов: полусферический канал (ПСК, с внутренним диаметром 300 мм) – в днище корпуса и центральный канал (ЦК, с внутренним диаметром 141,8 мм), проходящий через крышку корпуса. Реактор ВИР-2М эксплуатируется в двух рабочих режимах – импульсном и статическом. В импульсном режиме генерация импульса

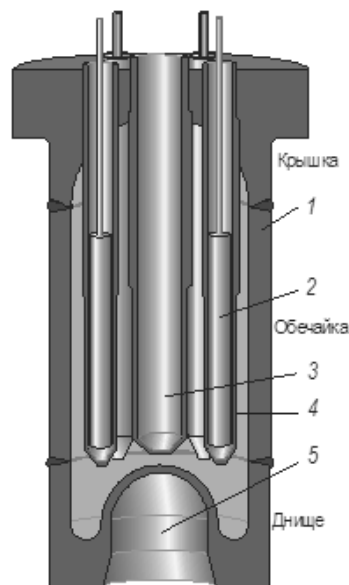


Рис. 2. Разрез корпуса ВИР-2М: 1 – корпус активной зоны (нержавеющая сталь 12Х18Н10Т), 2 – стержень управления реактивностью, 3 – центральный экспериментальный канал, диаметр 142 мм, 4 – канал стержневой, 5 – полусферический экспериментальный канал, диаметр 300 мм

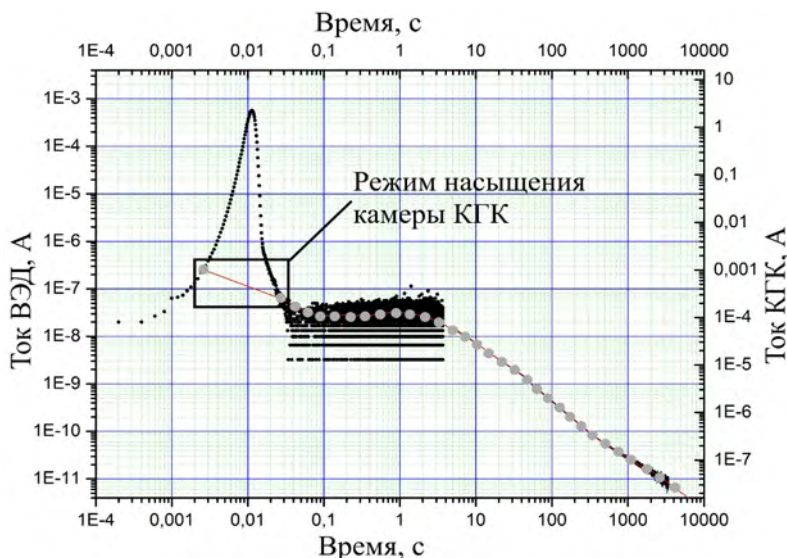


Рис. 3. Показания каналов измерения ВЭД и КГК для типового импульса ВИР-2М: чёрные точки – показания ВЭД, серые точки с линией – показания КГК

делений производится быстрым (с помощью пневмоприводов) извлечением импульсных стержней, при этом в зависимости от требуемого энерговыделения извлекается либо одна из пар либо обе пары импульсных стержней (ИС) одновременно.

Для проведения эксперимента по определению соотношения мгновенной и запаздывающей гамма-составляющей были использованы детекторы ВЭД-2-03 (вторично эмиссионный детектор) [3] и КГК-2 (камера гамма-компенсированная) [4] [5]. Работа этих детекторов основана на формировании тока вторичных электронов, выходящих из материала под воздействием гамма-квантов. Выход вторичных электронов пропорционален мощности дозы гамма-излучения, поглощенной в материале электродов. Указанные детекторы обладают разной чувствительностью. Также различаются диапазоны измерений (см. рис. 3).

На базе этих детекторов были сформированы каналы измерения, в состав которых кроме камер входит измерительная аппаратура производства National Instruments. Канал на базе ВЭД был настроен на измерение формы импульса с шагом дискретизации 200 мкс, длительностью 10 с и измерения «хвоста» (от 10 с до 3500 с). Канал на базе КГК-2 был настроен на измерение с шагом дискретизации 1 с, длительностью до 20 часов.

Было произведено несколько импульсов с разной геометрией и компоновкой загрузки полусферического канала реактора ВИР-2М.

В среде LabView было написано программное обеспечение, позволяющее регистрировать форму гамма импульса и его спад («хвост») импульса.

Данные, получаемые с камер, обрабатываются платой PXI-4071, затем приходят на персональный компьютер (ПК) и визуализируются программой. Схема эксперимента представлена на рис. 4.

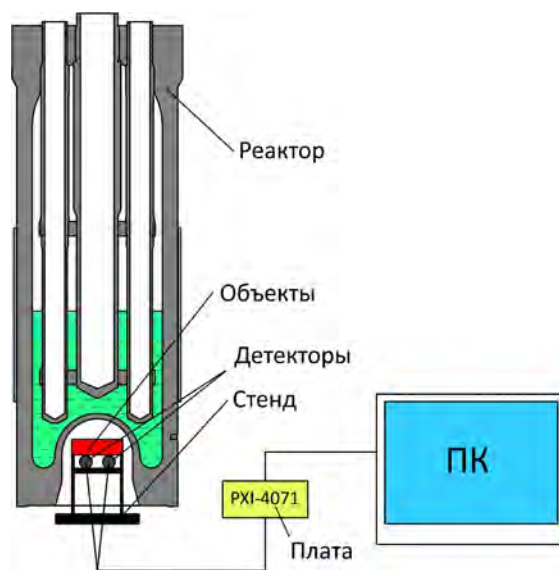


Рис. 4. Схема эксперимента

Принцип определения долей мгновенной и запаздывающей составляющих гамма-излучения

Исходя из формы импульса, был выбран принцип определения области преобладания мгновенных гамма-квантов.

Считаем, что область импульса – это область преобладания мгновенных гамма-квантов, спад импульса можно аппроксимировать экспоненциальной функцией, как показано на рис. 5. Из области после спада импульса выделяется «подложка» (считаем это областью превалирования запаздывающих гамма-квантов), которая экстраполируется влево на всю ширину импульса. Пересечение линии аппроксимации спада импульса и линии аппроксимации подложки даёт точку (Т), которая разграничивает об-

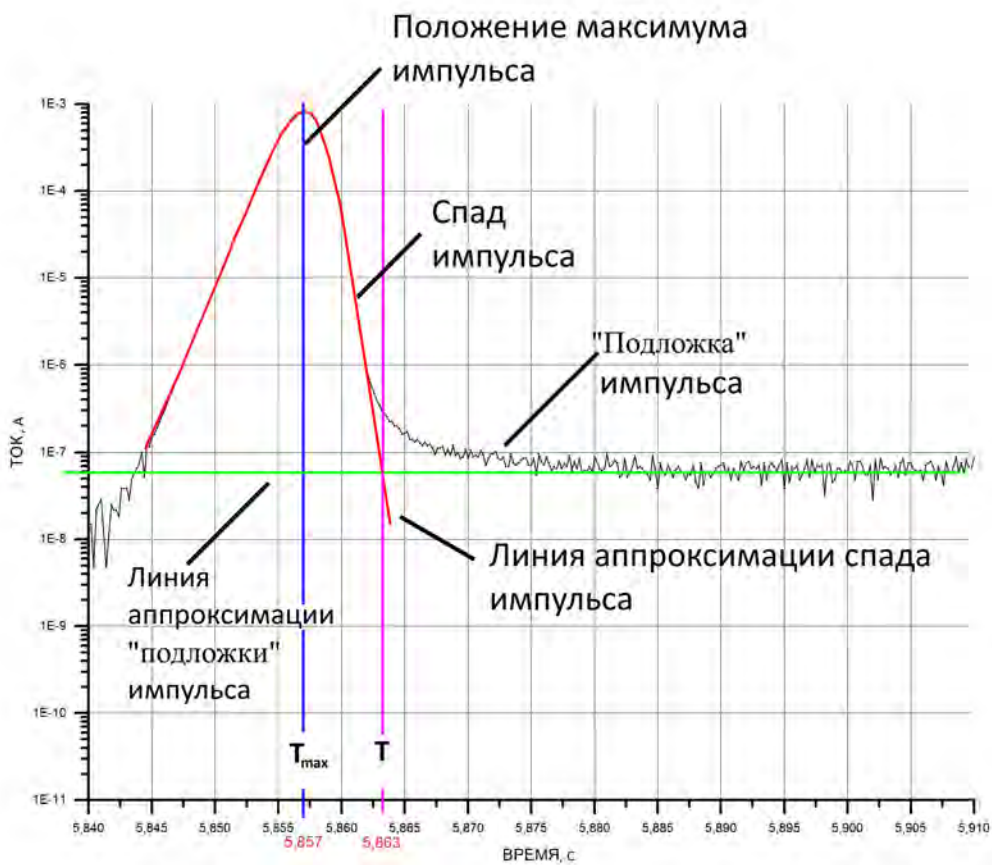


Рис. 5. Демонстрация принципа разделения компонент

Экспериментальные данные

Экспериментальные данные

№ импульса	Место расположения загрузки (мм, от полюса ПСК)	Загрузка	ПШПВ, мс	T, с	T _{max} +2ПШПВ, с	Энерговыведение, МДж
1	350	Резервуар с водой	2,80	6,3373	6,3371	54,1
2	380	Пустой	3,07	5,11332	5,1138	47,4
3	300	Кадмированный полиэтилен	3,40	5,8631	5,8639	42,0

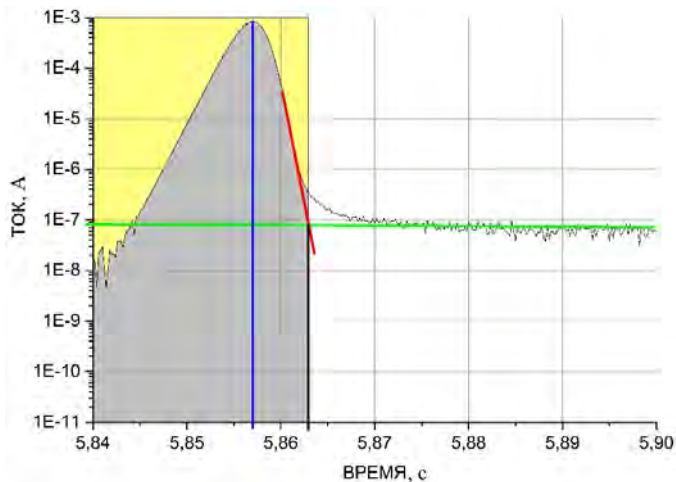
ласть мгновенной и запаздывающей гамма составляющих (до точки T превалирует мгновенная, а после, соответственно, запаздывающая составляющая гамма излучения).

Была найдена связь (1) между временем достижения точки разграничения (T), полной шириной на половине высоты импульса (ПШПВ) и временем максимума импульса (T_{max}).

$$T \approx T_{\max} + 2\text{ПШПВ} \quad (1)$$

Для демонстрации предложенного принципа в настоящей работе рассматривается импульс ИЯУ ВИР-2М № 3 (рис. 5), а в таблице представлены характеристики импульсов с разной геометрией загрузки ПСК и разным расположением детекторов.

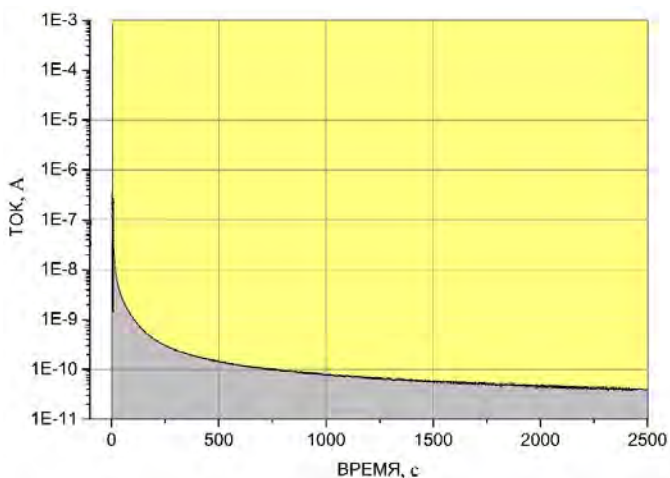
Определение на “мгновенной” части



3,1477E-6 Кл – площадь под импульсом

Рис. 6. Площадь под импульсом № 3

Определение на всей кривой



4.4147E-6 Кл – полная площадь под кривой

Рис. 7. Полная площадь под кривой импульса № 3

При известных временных границах преобладания мгновенных гамма-квантов, несложно определить интеграл под кривой тока камеры.

Иллюстративно результаты такой обработки экспериментальных данных приведены на примере импульса № 3 (см. рис. 6 и 7).

В итоге, отношение площади под пиком ко всей площади под кривой, определяется как 0,713.

По результатам обработки экспериментальных данных, полученных в импульсах № 1, № 2 и № 3 получены следующие значения мгновенной компоненты:

- № 1 = 0,727
- № 2 = 0,668
- № 3 = 0,713

Из них видно, что среднее значение доли мгновенных гамма-квантов составляет 0,7. Это демонстрирует то, что данный метод определения доли мгновенных гамма-квантов можно применять на

практике. Он обладает теми преимуществами, что не требует дополнительных измерений, сложных расчётов и является оперативным.

Литература

1. Генералова, В. В. Гурский М. Н. Дозиметрия в радиационной технологии // М.: Издательство стандартов, 1981.

2. Воинов А. М., Колесов В. Ф., Матвеевко А. С. и др. Водный импульсный реактор ВИР-2М и его предшественники // ВАНТ. Сер.: Физика ядерных реакторов. 1990. Вып. 3.

3. Чуляев С. В., Одинцов Ю. М., Пепёлышев Ю. Н., Кошелев А. С. Вторично-эмиссионные детекторы ВЭД-2 для измерения мощности дозы γ -излучения. Атомная энергия. 1993. Т. 75. Вып. 4. С. 304–312.

4. Кошелев А. С., Довбыш Л. Е. и др. Детектор мощности гамма-излучения типа КГК-2 для диагностики полей излучений ядерных реакторов в диапазоне от 1 мкГр/сдо 100 Гр/с// ВАНТ. – Сер.: Физика ядерных реакторов. 2012. Вып. 3.

5. Чуляев С. В., Грудский М. Я., Артемьев В. А. Вторично-эмиссионные детекторы ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1995.