

Эксплуатационные характеристики ионизационных камер деления для СУЗ реакторов

А. Б. ДМИТРИЕВ, Е. К. МАЛЫШЕВ, В. Г. БЕЛОЗЕРОВ, О. И. ЩЕТИНИН

УДК 621.039.56

При эксплуатации ядерных реакторов контроль их мощности в течение четырех-пяти деkad может осуществляться с помощью импульсных ионизационных камер деления, а далее — с помощью токовых камер.

Установка двух отдельных камер иногда оказывается нежелательной или даже невозможной.

Одним из способов расширения рабочего диапазона ионизационных камер деления является их последовательное использование в импульсном и токовом режимах. В данной работе исследованы применяемые в СУЗ ядерных реакторов два типа импульсных ионизационных камер деления: КИТ-31 и КИТ-5 [1], чувствительность которых к тепловым нейтронам составляет соответственно 0,25 и $0,5 \cdot 10^{-4}$ имп/нейтр/см².

При работе камеры деления в токовом режиме ее дискриминационные свойства к γ -излучению снижаются по сравнению с импульсным режимом. Регистрируются фоновые токи, обусловленные мгновенным (при делении) γ -излучением, излучением продуктов деления, естественной α -активностью радиатора, утечкой по изоляторам и т. д.

Для камер КИТ-31 и КИТ-5 фоновый ток, обусловленный α -активностью радиатора, составляет $5,8 \cdot 10^{-9}$ и $2,0 \cdot 10^{-11}$ а. Чувствительность к γ -излучению изотопа Со⁶⁰ составляет $4,4 \cdot 10^{-11}$ и $1,5 \cdot 10^{-12}$ а/п/ч. Чувствительность к тепловым нейтронам в токовом режиме $1,0 \cdot 10^{-13}$ и $2,6 \cdot 10^{-16}$ а/нейтр/см²·сек. По этим данным можно судить о нижнем пределе диапазона измерений для токового режима работы камеры. Верхний предел определяется максимальным для рабочего напряжения камеры током насыщения. При нормальной температуре и напряжении питания 500 в максимальный рабочий ток камер КИТ-31 и КИТ-5 составляет 200 и 20 мка. Для расширения рабочего диапазона необходимо повышать напряжение питания.

Чтобы избежать возрастания уровня шумов вследствие накопления активных продуктов деления и активации конструкционных элементов, пусковые камеры КИТ-31 после выхода реактора на номинальную мощность обычно выводят из области большого нейтронного потока. С точки зрения эксплуатации эта операция нежелательна.

Камеры КИТ-31 были подвергнуты длительному облучению в реакторе. Периодически измерялся уровень шумов. К концу испытаний набранный интегральный поток составил 10^{18} нейтр/см². Возрастание уровня шумов оказалось незначительным.

При работе импульсных камер в больших полях γ -излучения в результате наложения импульсов, обусловленных взаимодействием γ -квантов с материалом камеры, могут появиться импульсы, сравнимые по величине с импульсами, обусловленными нейтронами. На основе предположения [2] о том, что такие импульсы вызваны наложением m и более прямоугольных «элементарных» импульсов, инициируемых вторичными электронами за интервал, равный постоянной времени усилителя T , была получена формула, связывающая скорость счета N ложных импульсов с мощностью дозы γ -излучения P_γ :

$$N = 8,89 \cdot 10^6 \sqrt{\frac{\eta S P_\gamma}{E_\gamma (\tau + \sigma)}} \times \exp \left[-\frac{7 \cdot 10^{-16} E_\gamma (\tau + \sigma) m^2}{\eta S P_\gamma T} \right],$$

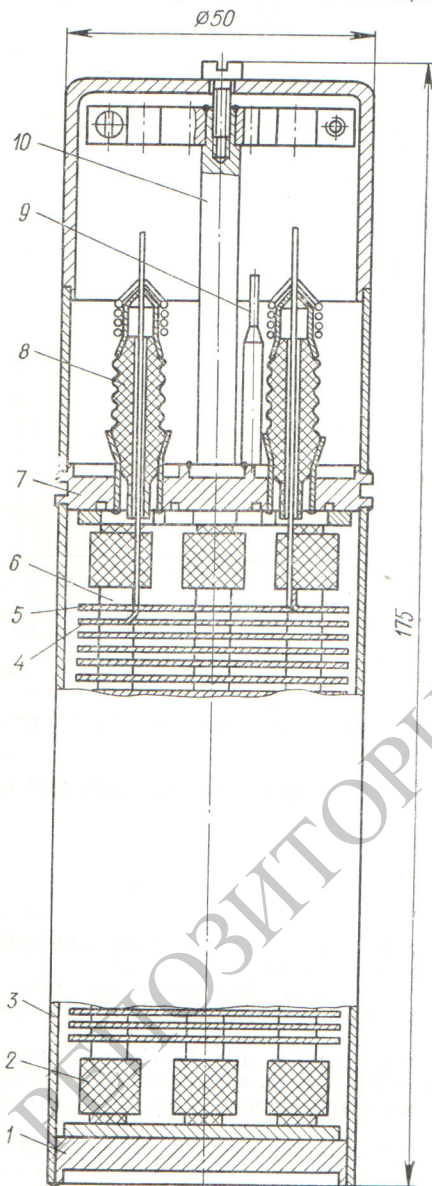


Рис. 1. Конструкция ионизационной камеры типа КИТ-54-1:
1, 7 — фланцы; 2 — опорный изолятор; 3 — корпус; 4, 5 — электроды; 6 — стойка; 8 — выводной изолятор; 9 — откачная трубка; 10 — кронштейн.

где η — квантовый выход материала стенок; S — площадь стенок, $см^2$; E_γ — энергия γ -квантов, $Мэв$; τ — коэффициент фотоэлектрического поглощения, $см^2/г$; σ — коэффициент поглощения энергии γ -квантов при комптон-эффекте, $см^2/г$.

При $T = 0,1$ $мксек$ мощность дозы P_γ , приводящая к скорости счета ложных импульсов 1 $имп/сек$, составляет для камер КНТ-31 и КНТ-5 соответственно $6 \cdot 10^6$ и $4 \cdot 10^9$ $р/ч$. Уменьшение величины T в десять раз примерно на столько же увеличивает допустимую мощность дозы γ -излучения.

Недостатком конструкции камер КНТ-31 и КНТ-5 является отсутствие у них охранного электрода, что особенно сильно сказывается при высоких температурах (выше $300^\circ C$). Была разработана конструкция камеры деления типа КНТ-54-1 с охранным электродом. В камере (рис. 1) применена плоскопараллельная система электродов; межэлектродный зазор составляет 1,6 $мм$. На электроды с двух сторон нанесено электролитическим способом урановое покрытие в виде $U_2^{35}O_8$ толщиной 1 $мг/см^2$. Общая площадь покрытия 1000 $см^2$. Электродная система крепится на шести стойках-рейках, опирающихся на керамические изоляторы. Роль охранного электрода выполняет заземленный корпус камеры. Металлические детали камеры изготовлены из нержавеющей стали Х18Н9Т, изоляторы — из высокоглиноземистой керамики типа М-7 [3].

На рис. 2 представлены счетные характеристики камеры в зависимости от температуры окружающей среды. При испытании камеры подвергались кратковременному (2 ч) нагреву в электропечи. При температуре $600^\circ C$ еще имеется участок плато, позволяющий надежно регистрировать импульсы, обусловленные нейтронами. Для сравнения на этом же рисунке дана счетная характеристика камеры без охранного электрода (КНТ-31) при температуре среды $400^\circ C$ (кривая 4).

При емкости камеры 300 $пф$ и сопротивлении нагрузки 1,2 $ком$ средняя амплитуда импульса составляет около 100 $мв$. Чувствительность камеры при уровне дискриминации 70 $мв$ составляет 0,59 $имп/нейтр/см^2$ по отношению к невозмущенному изотропному потоку тепловых нейтронов.

В режиме измерения среднего тока чувствительность камеры оказалась равной $1,5 \cdot 10^{-13}$ $а/нейтр/см^2 \cdot сек$. Фоновый ток, обусловленный α -активностью, составляет $6 \cdot 10^{-9}$ $а$. Чтобы обеспечить простую стыковку конца диапазона импульсного режима с началом токового режима, в регистрирующую схему нужно ввести ток, компенсирующий фоновый. Максимальный рабо-

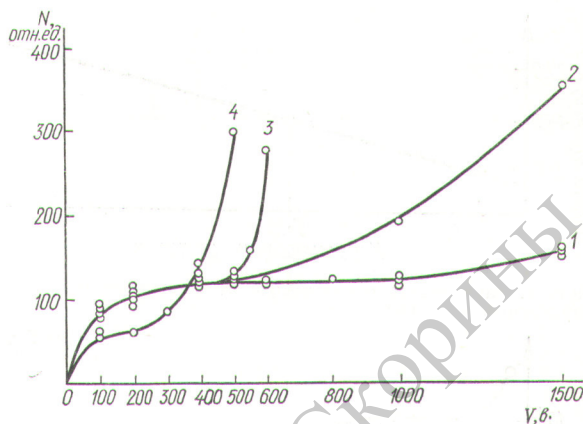


Рис. 2. Счетные характеристики камеры при различной температуре:

1 — $20 \div 400^\circ C$; 2 — $500^\circ C$; 3 — $600^\circ C$; 4 — $400^\circ C$ (КНТ-31).

чий ток камеры 3 $ма$ при напряжении питания 500 $в$. Чувствительность камеры к γ -излучению изотопа Co^{60} составляет $1,3 \cdot 10^{-11}$ $а/р/ч$. В области промежуточных уровней мощности реактора регистрация нейтронов затруднена вследствие наличия большого фона γ -излучения, интенсивность которого меняется непропорционально мощности реактора. Применение метода статистической дискриминации γ -фона [4] позволит существенно улучшить точность измерений при работе камеры в условиях γ -излучения в токовом режиме.

Поступило в Редакцию 21/1 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Б. Дмитриев, Е. К. Малышев, И. А. Реформатская. «Приборы и техника эксперимента», № 4, 55 (1968).
2. А. Б. Джиллеспи. Сигнал, шум и разрешающая способность усилителей. М., Атомиздат, 1964.
3. В. А. Преснов и др. Керамика и ее спай с металлом в технике. М., Атомиздат, 1969.
4. А. И. Могильнер, С. А. Морозов. «Атомная энергия», 24, 151 (1968).

Способ изучения распределения урана в магний-бериллиевой оболочке твэла

А. Ф. ГОРЕНКО, Г. М. ШЕВЧЕНКО, Н. И. БУГАЕВА, А. С. ЗАДВОРНЫЙ, Н. А. СКАКУН, А. П. КЛЮЧАРОВ

УДК 621.039.546

В процессе эксплуатации и при изготовлении твэлов в местах контакта горючего и оболочки наблюдается взаимная диффузия. Диффузионное взаимодействие способно привести к нарушениям целостности оболочки и, как следствие, к загрязнению теплоносителя. Таким образом, накладываются серьезные ограничения

на выбор материала оболочки, температурный режим и длительность эксплуатации твэла.

Распределение урана в магний-бериллиевой оболочке толщиной 500—600 $мк$ изучалось в твэле пруткового типа с сердечником из природного урана. С образца длиной 2,5 $см$ раствором азотной кислоты (1 : 15)