

Калориметрическое определение поглощенной дозы ионизирующего излучения реактора методом компенсации тепловыделения в исследуемом образце

В. С. Карасев, В. М. Коляда

При исследовании радиационной стойкости материалов величина поглощенной энергии ионизирующего излучения используется как мера воздействия облучения на физико-механические, химические и другие свойства материалов. Кроме того, для обеспечения облучения при нужной температуре необходимо знать дозу, тепловыделение в образцах и конструкциях ампул для облучения. Теоретический расчет поглощенной дозы дает приближенное значение, так как используемые при этом спектры реакторных излучений определяются неточно. Поэтому желательны проводить прямые калориметрические измерения.

При исследованиях на высоконапряженном реакторе ВВР-М использование ранее применявшихся калориметров ограничено или полностью исключено ввиду значительной величины тепловыделения в облучаемых образцах. Исключение составляет примененный на реакторе РФТ изотермический метод*, по которому полное тепловыделение в образце рассчитывалось по данным о перепаде температур на воздушном зазоре между образцом и стенкой канала. При этом точность определения поглощенной дозы составляла 16%.

В настоящей работе описан метод, позволяющий с большой точностью измерять высокие мощности поглощенной дозы без привлечения расчета с использованием теплофизических констант материалов. Для этой цели в изотермическом калориметре был использован метод электрической компенсации тепловыделения в исследуемом образце, отличающийся, как показала пред-

варительная калибровка вне реактора, большой надежностью и высокой точностью (схема калориметра показана на рисунке).

Во время измерения поглощенной дозы термостатирование калориметра обеспечивается высокой тепловой стабильностью реактора, обусловленной хорошим качеством автоматического поддержания мощности и большой теплоемкостью системы. Как показали наблюдения, температура воды первого контура реактора, интенсивно охлаждающей канал с калориметром и являющейся в данном случае рабочим телом термостата, изменяется со скоростью не более $0,1^\circ \text{C}/\text{ч}$.

Методика основана на том, что в изотермических условиях энергия ионизирующего излучения, поглощенная исследуемым образцом в единицу времени, равна при отсутствии образца в калориметре электрической мощности компенсирующего нагревателя, если измеряемые термометрами температура поверхности калориметра в первом и втором случаях одинакова.

Для определения оптимальной конструкции калориметра были проведены расчеты, подтвержденные экспериментом. Калориметр, вставленный в чехол, имитирующий материаловедческий канал, помещался в водяной термостат, где с точностью $0,1^\circ \text{C}$ поддерживалась температура, близкая к температуре охлаждающей воды в реакторе. Была получена зависимость температуры на поверхности калориметра от мощности нагревателя и затем та же зависимость в случае введения в калориметр электроимитатора, представляющего собой нихромовую спираль, которая заменяет образец.

* Н. Ф. Правдюк, В. Н. Кузнецов, Н. И. Лалетин. «Атомная энергия», 9, 380 (1960).

Таблица 1

Экспериментальная оценка точности имитации облучаемого образца

Мощность нагревателя калориметра, <i>вт</i>	Среднее показание термометр, <i>мв</i>	Мощность электроимитатора образца, <i>вт</i>	Среднее показание термометр, <i>мв</i>
10,70	3,062	10,20	2,931
16,52	4,325	16,86	4,360
30,50	6,650	30,50	6,560

Как показали измерения (табл. 1), расхождение данных не превышало 3%. Экспериментально определенная чувствительность калориметра в области рабочих температур составила в среднем $0,180 \text{ мв}/\text{вт}$. Электродвижущая сила термометр измерялась потенциометрическим методом с точностью $0,006 \text{ мв}$, а мощность нагревателя — с точностью $0,05 \text{ вт}$.

Результаты эксперимента с имитацией процесса измерения в реакторе приведены в табл. 2. В нагрева-

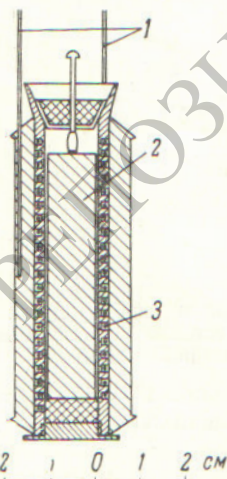


Схема калориметра:
1 — термометры; 2 — образец;
3 — нагреватель

Таблица 2

Результаты измерений при имитации облучения

Мощность нагревателя калориметра, <i>вт</i>	Мощность электроимитатора образца, <i>вт</i>	Среднее показание термомпар на поверхности калориметра, <i>ме</i>
20,00	5,40	5,921
25,40	0,00	5,935

теле калориметра рассеивалась электрическая мощность, приблизительно соответствующая поглощенной энергии излучения конструкцией калориметра. При установленном тепловом режиме проводились компенсационные измерения с имитатором образца.

Данные табл. 1 и 2 показывают, что конструкция калориметра обеспечивает возможность измерения поглощенной энергии излучения в образце с точностью 3—5% путем компенсации тепловыделения с помощью размещенного в калориметре нагревателя.

Эксперимент по измерению мощности поглощенной дозы в образцах из свинца, олова и стали (высота образцов 55 мм, диаметр 9,5 мм) проводился в центре рабочей части металловедческого канала. Во время измерений мощность реактора поддерживалась постоянной (0,85 *Мвт*). В результате измерений было найдено, что мощность поглощенной дозы, приведенная к мощности реактора 10 *Мвт* для свинца, олова и стали (Ст. 3), составляет 0,665; 0,509 и 0,425 *Мрад/сек* соответственно.

На основании описанного ранее метода (см. спуску) можно оценить значение мощности поглощенных доз γ -излучения и быстрых нейтронов в исследуемых материалах. Сравнение полученных результатов с данными работы, проведенной на реакторе РФТ, указывает на значительно большую мощность суммарной поглощенной дозы на реакторе ВВР-М при том же потоке нейтронов. Это объясняется тем, что в реакторе РФТ тепловыделяющие элементы окружены графитовыми блоками и поэтому в канале реактора плотность потока γ -квантов, вносящих основной вклад в тепловыделение, существенно ниже, чем на реакторе ВВР-М.

Поступило в Редакцию 15/VII 1964 г.

УДК 621.039.83

Изотопная установка для γ -облучения УКП-30000

Г. Н. Пьянков, М. А. Барашкин, Н. В. Кулюпина

При исследованиях в области радиационной химии и особенно в области радиационного материаловедения довольно часто возникает необходимость в облучении различных объектов толщиной более 1 *г/см²* дозами 10^8 — 10^9 *рад* и выше.

Описанные в литературе изотопные установки и рентгеновские аппараты позволяют создавать мощности доз, как правило, не выше 1000 — 1300 *рад/сек* [1, 2]. При этом для набора дозы 10^9 *рад* требуются в лучшем случае сотни часов. В течение этого времени необходимо постоянное наблюдение вследствие того, что образцы в процессе облучения могут сильно разогреваться.

Установка УКП-30000 (установка киевская подводная, 30 000 *г-акт* Ra) по сравнению с известными установками такого рода позволяет в два-три раза сократить время набора больших доз. При облучении на УКП-30000 не требуется постоянного наблюдения. Она совершенно безопасна в работе и очень проста в обращении.

Схема установки УКП-30000 показана на рис. 1. Облучатель установки 1 постоянно находится на дне бассейна под слоем воды 2 толщиной 4 м. Вода играет роль биологической защиты. Кроме того, она обеспечивает постоянство температуры как самого облучателя, так и образцов, которые подвергаются воздействию излучений. На случай утечки воды из бассейна имеется дублирующая система с поплавковой блокировкой 3. Она состоит из свинцового П-образного экрана высотой 700 мм и толщиной 150 мм с качающейся свинцовой крышкой толщиной 240 мм, уравновешенной противовесом. Крышка сбалансирована так, что в придонном положении она удерживается поплавком емкостью 18 л. При снижении уровня воды в бассейне примерно

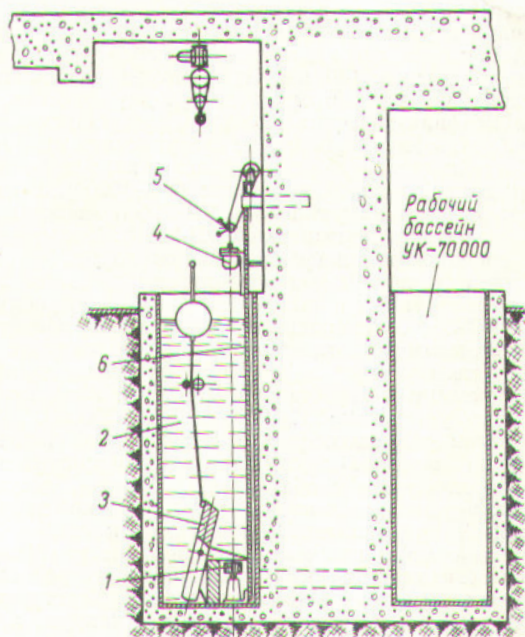


Рис. 1. Схема УКП-30000.

на 300 мм равновесие нарушается и крышка под собственным весом опускается на экран, закрывая облучатель.