

Установка для поверки и аттестации химических дозиметров по поглощенной дозе фотонного излучения ^{60}Co и ^{137}Cs

БЕРЛЯНД В. А., ГЕНЕРАЛОВА В. В., ГУРСКИЙ М. Н.

УДК 539.12.08

Отсутствие образцовых установок для градуировки и периодической поверки химических дозиметров в диапазоне доз 10^4 — 10^8 рад затрудняет практическое использование этих дозиметров и ставит под сомнение достоверность полученных результатов.

С помощью наиболее совершенных калориметров можно измерять мощность поглощенной в определенных материалах дозы фотонного излучения с погрешностью порядка 1% [1]. Однако при переходе от дозы, поглощенной в материале калориметра, к дозе, поглощенной в материале химического дозиметра, погрешность возрастает. Согласно общесоюзной поверочной схеме для средств измерения мощности поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения при передаче мощности дозы от государственного первичного эталона, воспроизводящего единицу мощности поглощенной дозы в образцовом веществе — графите, к тканеэквивалентному веществу систематическая погрешность возрастает до 2,5%, суммарная погрешность при этом превышает $\pm 3\%$ [2,3]. При переходе же к поглощенной дозе в материале химического дозиметра погрешность превосходит $\pm 3,5\%$.

Была разработана установка, при помощи которой можно градуировать некоторые химические дозиметры со значительно меньшей погрешностью. Образцовая установка включает в себя изотопные γ -установки МРХ- γ -100 и ЛМБ- γ -1М; набор калориметров с различными поглотителями, близкими по составу к наиболее распространенным химическим дозиметрам; измерительную и регулируемую аппаратуру.

МРХ- γ -100 и ЛМБ- γ -1М представляют собой самозащищенные гамма-установки, в которых близкое к изотропному поле фотонного излучения создается источниками ^{60}Co и ^{137}Cs , расположенными по образующим цилиндрических камер для облучения [4] объемом 1000 и 300 см³ соответственно.

Градуировку химических дозиметров проводят методом замещения калориметра, измеряющего поглощенную дозу в конкретном веществе, химическим детектором. Погрешность градуировки вторичных детекторов обусловлена погрешностью калориметрических измерений и корректностью перехода от поглощенной дозы в поглотителе калориметра к дозе в материале дозиметра.

Чтобы устранить погрешности, связанные с пересчетом мощности поглощенной дозы от одного материала к другому, и учесть различные ослабления излучения в поглотителе калориметра и химическом детекторе, поглотитель калориметра изготавливается из материала детектора, имеет идентичную форму и размеры.

Поскольку размеры поглотителя калориметра довольно значительные, а теплопроводность материала химических дозиметров низкая, использование адиабатического или квазиадиабатического метода с локальным измерительным преобразователем может привести к значительным погрешностям в связи с неидентичностью распределения источников тепла в процессе облучения и при электрической градуировке калориметра. В таких условиях целесообразно использовать калориметры теплового потока, показания которых не зависят от пространиственного распределения источников тепла в материале поглотителя калориметра.

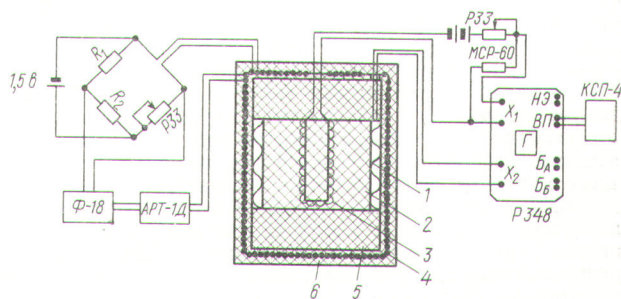
Калориметры теплового потока образцовой установки с поглотителями из графита, полистирола и воды имеют форму цилиндра размером 22 × 22 мм.

Градулируемая жидкая дозиметрическая система помещается в полистироловый тонкостенный (0,2 мм) цилиндр указанных размеров (рисунк).

Для градуировки калориметра в единицах поглощенной дозы внутрь поглотителя помещена нагревательная спираль диаметром 0,05 мм и сопротивлением 150—200 Ом. Ток через нагреватель определяется по падению напряжения на образцовом магазине сопротивления МСР-60 (класс точности 0,02) с помощью потенциометра РЗ48 (класс точности 0,002). Тепловой поток от поглотителя, возникающий в процессе облучения, регистрируется оболочкой-термометром, которая представляет собой батарею из соединенных последовательно дифференциальных медьконстантановых термпар. Термобатарея из константановой ленты сечением 0,3 × 0,003 мм (медь наносится на константан электролитическим способом) находится в хорошем тепловом (но не электрическом) контакте с поглотителем калориметра и корпусом термостата. Это достигается применением в качестве изоляции материалов с малым термическим сопротивлением — оксидного слоя и пластинок слюды толщиной 3—5 мм. Э. д. с. термобатареи измеряется потенциометром Р 348. Для уменьшения влияния флюктуации температуры окружающей среды калориметр помещается в термостат — алюминиевый цилиндр с толщиной стенок 1 мм, окруженный слоем пенопласта толщиной 10 мм. В качестве измерительного преобразователя в термостате используется медный термометр сопротивлений, включенный в мостовую схему. Сопротивления моста равномерно размещены по всей поверхности корпуса термостата. Температура термостата поддерживается постоянной с точностью 10^{-3} — 10^{-4} °С аналоговым регулятором температур АРТ-1Д, сконструированным на базе фотоусилителя Ф-18 [5].

Изменения термо-э. д. с. калориметра в результате тепловых флюктуаций записываются на ленту самопишущего потенциометра КСП-4.

Градуировка калориметров, проведенная на стенде и в радиационных установках, показала, что в пределах



Блок-схема калориметрической установки:

1 — медь-константановые термопары; 2 — поглотитель; 3 — спираль из манганиновой проволоки; 4 — корпус термостата; 5, 6 — пенопласт

погрешности градуировки (0,3%) излучение не влияет на чувствительность калориметра, равную 20—30 мВ/Вт. Калориметры могут измерять мощность поглощенной дозы γ -излучения в диапазоне 0,1—100 Вт/кг (10—10 000 рад/с).

При измерениях калориметрами теплового потока мощности поглощенной дозы γ -излучения в радиационных установках МРХ- γ -100 и ЛМБ- γ -1М (50, 700 рад/с) суммарная неисключенная систематическая погрешность не превосходила $\pm 1,8\%$ при доверительной вероятности 0,95; случайная погрешность, выраженная в виде среднеквадратичного отклонения результата измерений, не превышала 0,5% при доверительной вероятности 0,95. Результаты калориметрических измерений были проверены на нормальный закон распределения.

В таблице приведены величины составляющих неисключенной систематической погрешности калориметров теплового потока.

Составляющие погрешности калориметра

Источник погрешности	Величина погрешности, %
Измерение массы	0,01
Наличие инородных материалов	0,3
Измерение тока	0,02
Измерение сопротивления нагревателя	0,02
Влияние оболочки-тепломера	1,0
Регистрируемые утечки тепла	1,3

Суммарная погрешность измерения мощности поглощенной дозы для всех калориметров при доверительной вероятности 0,95 не превосходит $\pm 2\%$.

Погрешность градуировки химических дозиметров также не превышает $\pm 2\%$. Снижения этой величины можно добиться в результате более точного учета влияния оболочки-тепломера и уменьшения неконтролируемых утечек тепла. (Простое вычитание фона оболочки из общего сигнала недостаточно корректно, поскольку условия облучения пустой оболочки-тепломера и оболочки с поглотителем существенно различны.)

Таким образом, на основании результатов метрологической аттестации настоящая установка допущена к применению в качестве образцового средства измерения первого разряда для проверки образцовых и рабочих химических дозиметров.

Поступило в Редакцию 23/V 1974 г.
В окончательной редакции 4/XI 1974 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шиманская Н. С. Калориметрия ионизирующих излучений. М., Атомиздат, 1973.
2. ГОСТ 8.071-73. Общесоюзная поверочная схема для средств измерений мощности поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения.
3. ГОСТ 8.070-73. Государственный первичный эталон единицы мощности поглощенной дозы фотонного ионизирующего излучения.
4. Каушанский Д. А. Гамма-установка для микробиологических и радиационно-химических исследований МРХ- γ -100. М., Атомиздат, 1969.
5. Малышев В. М. В сб.: Шестая всесоюзная конференция по калориметрии. Тбилиси, «Мецниераба», 1973, с. 549.

Концентрации ^{238}Pu и ^{239}Pu в приземном воздухе Подмосковья в 1969—1971 гг.

МАХОНЬКО К. П., БОБОВНИКОВА Ц. И., ВОЛОКИТИН А. А., МАРТЫНЕНКО В. П.

УДК 551.510.72

Для определения концентрации изотопов плутония в Подмосковье суточные пробы аэрозолей отбирали на фильтроткань ФПП-15-1,5 с помощью наземной фильтрующей установки производительностью 1900 м³/ч. Для анализа пробы объединяли помесью, фильтроткань сжигали; зола разлагалась смесью фтористоводородной и азотной кислот, плутоний переводился в четырехвалентное состояние и экстрагировался 5%-ным раствором теноилтрифторацетона в бензоле. Окончательно плутоний выделялся на платиновый диск диаметром 1 см. Для определения потерь плутония в процессе этих операций предварительно в золу фильтра вносили известное количество ^{236}Pu , служившего меткой для определения выхода анализа.

Содержание изотопов плутония в пробе измерялось на альфа-спектрометре «Амур-1» с кремниевым поверхностно-барьерным детектором площадью 1,25 см² и разрешением 160 кэв. Регистрацию проводили в энергетическом интервале 4—6 Мэв, фон спектрометра в этой области не превышал 0,02 имп/ч, эффективность регистрации около 30%.

На рисунке показаны результаты измерений концентрации ^{239}Pu и ^{238}Pu (заштрихованная гистограмма).

Точками нанесено отношение концентраций этих изотопов. Из приведенных данных следует, что среднегодовые концентрации ^{239}Pu постепенно повышались [(5,5; 6,4; 7,0) · 10⁻¹⁷ кюри/м³ соответственно в 1969, 1970 и 1971 гг.]

Максимальные среднемесячные концентрации ^{239}Pu с 1969 г. также понемногу увеличивались, достигнув в июле 1971 г. значения 16 · 10⁻¹⁷ кюри/м³, в то же время максимальные среднемесячные концентрации ^{238}Pu наблюдались в апреле 1969 г. на уровне 3 · 10⁻¹⁷ кюри/м³ и в последующие два года упали на 30%. Максимальные концентрации ^{238}Pu наблюдались ежегодно в апреле или мае, а для ^{239}Pu , кроме максимумов в эти месяцы, наблюдались максимумы в июле или августе, сопровождавшиеся незначительным увеличением концентраций ^{238}Pu . Для сравнения укажем, что по нашим данным максимальные концентрации глобального ^{137}Cs в 1969—1971 гг. наблюдались в июле. Поскольку увеличение концентраций изотопов в весенне-летний период связано с поступлением их из стратосферного резервуара, можно предположить, что ранний апрельский максимум концентрации изотопов плутония обусловлен более быстрым выведением из ат-