

Концепция применения пропорциональных газовых датчиков СИ - 41Г и СИ - 42БГ в аппаратуре регистрации ионизирующих излучений

Н.К.Черезов

ГУП “НПО “Радиевый институт им. В.Г.Хлопина”

Традиционно для измерений потоков ионизирующих излучений стремятся использовать детекторы с максимальной эффективностью регистрации и селективностью. При этом возникают естественные ограничения по использованию известных систем в практических применениях, которые можно разделить условно на три основных:

1. *Дозиметрия* - требование минимальных массогабаритных характеристик и значительной автономности для постов контроля находится в противоречии с достижимой при этом эффективностью. Как правило, вводят понятие "ход с жесткостью", что резко увеличивает систематическую погрешность измерений.

2. *Радиометрия поисковая* - требование за минимальное время обнаружить изменение интенсивности компонентов потока ионизирующих излучений осложняется проблемами установления порога, который в силу случайного характера процесса радиоактивного распада зависит от соотношения интенсивностей искомого и фонового потоков, для достаточного разделения которых, как правило, использование блоков детектирования с высокой селективностью (энергетическим разрешением) затруднено.

3. *Радиометрия (спектрометрия) аналитическая* - использование площади пика полного поглощения для получения конечного результата (активности объекта) осложняется проблемами фиксации геометрии измерений, сложной и неопределенной функцией отклика устройств в области фотопика. В ряде практически важных случаев необходимо концентрирование измеряемых радионуклидов. При этом стоимость измерений и аппаратуры не позволяют оперативно решать целый ряд возникших в последнее время проблем радиационного мониторинга, в том числе на крупных производствах.

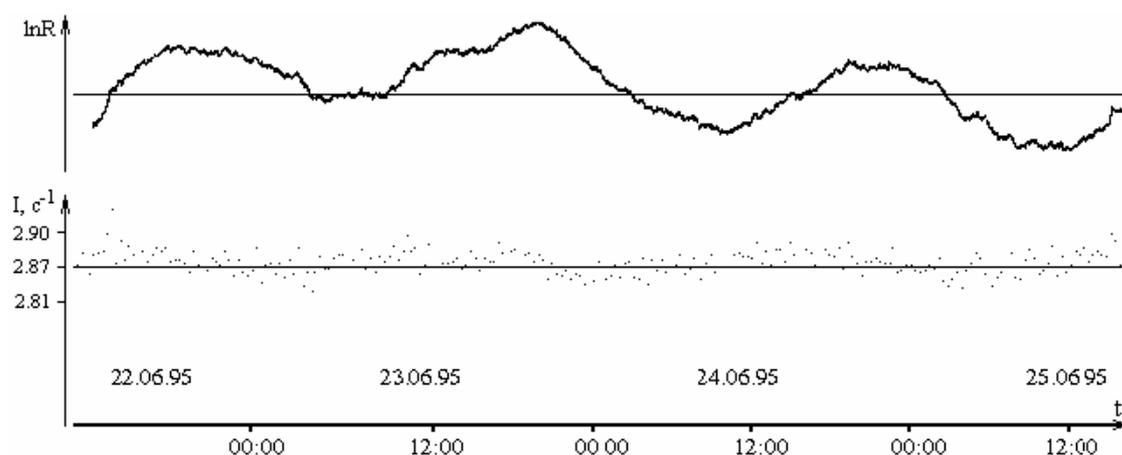
Газовые датчики СИ - 41Г и СИ - 42БГ при работе в пропорциональном режиме позволяют в составе блоков детектирования в значительной мере уменьшить вышеуказанные ограничения и создать семейство приборов, не имеющее известных аналогов в мировой практике.

Основными отличительными особенностями созданных экспериментальных образцов приборов являются:

1. Накопительное устройство фиксирует момент появления каждого импульса определенного интервала амплитуд от различных датчиков. Это позволяет проводить анализ истории измерения, а в реальном масштабе времени сокращает минимальное время обнаружения задаваемой величины изменения счета.

2. Сочетание эффективности и селективности датчиков в широком диапазоне энергий фотонного и корпускулярного излучений позволяет создать математический "образ" фона, который автоматически либо по команде оператора используем для анализа изменения радиационной обстановки. Анализ проводим в соответствии с закономерностями пуассоновского распределения. При этом задаются частота конкурирующего с фоновым процессом, вероятности α - ошибки 1-го рода (ложной тревоги или принятия флуктуации фона как факта изменения частоты конкурирующего процесса) и β - ошибки 2-го рода (не обнаружения изменения фона).

На следующем ниже рисунке приведен типичный результат измерения фоновой обстановки. В нижней части рисунка показано изменение во времени регистрируемой интенсивности фона с усреднением за 20 минут, а в верхней - результат его обработки в реальном масштабе времени. На ней отчетливо видны суточные флуктуации фона.



3. Разрешающее время датчиков и сопутствующей электроники (единицы микросекунд) позволяют расширить диапазон измерения интенсивностей потоков и проводить селективную регистрацию интересующих нуклидов. Так, в качестве фона принимаем ситуацию при помещенном на блок детектирования источнике Cs-137, при этом создается уровень МЭД около 100мкЗв/час. Источник Sr-90+Y-90 типа ОРИБИ на расстоянии 25 см определяем в течение нескольких секунд при создаваемом им потоке импульсов с частотой в 50 раз меньшей, чем наблюдаемой от источника Cs-137.

4. Селективность блоков определяли в диапазоне энергий от 8кэВ до 2.3МэВ для фотонного и с помощью фильтров для корпускулярного излучений. В результате получены сведения, позволяющие решать практические проблемы за реальные промежутки времени. В качестве одного из примеров приводим рисунок, демонстрирующий динамику измерения активности образца Pu-239 активностью около 200 Бк.



Селективность аппаратуры легко варьировать как выбором комбинации датчиков, так и составлением специализированных библиотек для различных применений. Например, аппарат в режиме обучения запомнил "образ" объекта, представляющего собой 80г обедненного урана на дне закрытого крышкой контейнера КТ1-5 на расстоянии 25см от датчиков. Затем контейнер удалили и вблизи его месторасположения поместили источник Cs-137, который создал на датчиках уровень МЭД около 1мкЗв/час. При анализе этот уровень был задан как фоновый и в течение нескольких секунд при многократном приближении контейнера аппарат фиксировал появление искомого образа.

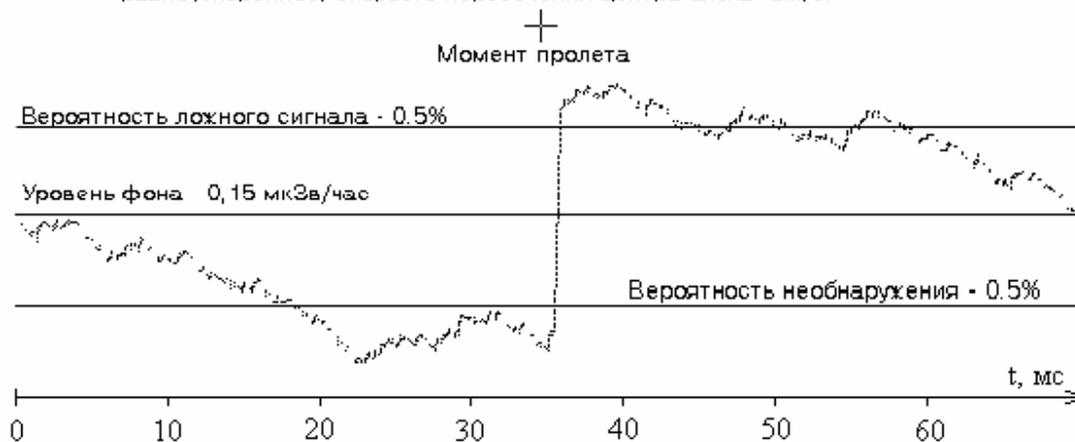
5. Разработанное программное обеспечение позволяет использовать аппаратуру на основе датчиков *одновременно* как поисковую, прецизионную дозиметрическую и в ряде случаев аналитическую при минимальных затратах на обучение пользователей.

Основные характеристики базового блока детектирования прибора МАК-3В/02:

- количество датчиков - 6, объем анализируемой пробы жидких или сыпучих тел - около 15 см^3 ;
- минимальная детектируемая активность каждого из радионуклидов в смеси Sr-90, Cs-137 и Pu-239: 2, 5 и 200 Бк/кг соответственно за время измерения 1 час;
- погрешность измерения уровня МЭД в течение суток - не более 0,4%;
- эффективное энергетическое разрешение для энергий фотонов от 8 до 2300кэВ - не более 1% при суммарном числе отсчетов 40000;
- рабочий диапазон температур - минус 40 до $+55^{\circ}\text{C}$;
- потребляемая накопителем и вычислителем мощность - не более 0,5 Вт;
- габариты блока детектирования: $188 \times 94 \times 22 \text{ мм}^3$, масса - 400г.

На следующем ниже рисунке приводится иллюстрация одного из режимов работы экспериментального блока.

Задано: обнаружить превышение фона на 20% от источника Sr-90+Y-90
 Условие: активность-100пCi, расстояние-20см от оси блока, движение-
 равноускоренное, скорость пересечения центра блока- 2м/с.



Более подробная информация содержится в следующих публикациях:

1. В.Векслер, Л.Грошев, Б.Исаев, Ионизационные методы исследования излучений, стр.107, М., 1950.
2. Н.К.Черезов, Н.В.Столяров, Тезисы 41-го совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, «Наука», Л., 1991.
3. J.A.Simpson, RSI, p.558, v.21, #6, 1950.
4. M.-L.Jarvinen, H.Sipila, NIM,193(1982) 53-56.
5. N.K.Cherezov, S.L.Paskov, NPPE – 95, Dubna, Russia, 1995.
6. N.K.Cherezov, S.L.Paskov, Meeting on radioactive materials transportation, St.- Petersburg, Russia, August 26-29, 1996.