

## **ПЕРЕНОСНОЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОИСКА И ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ, В ТОМ ЧИСЛЕ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

**А.Б. Дорин, В.Ф. Ельцин, М.Г.Ермак, А.Ш.Харитонов, А.К. Чураков**  
ООО НИИП «Грин Стар Инструментс»

**И.В. Романов, М.В. Сафонов, А.Н.Седин**  
Войсковая часть 68240

Необходимость обнаружения и идентификации опасных, в том числе взрывчатых веществ, обуславливается задачами борьбы с угрозой терроризма и ростом организованной преступности во всем мире, что требует развития принципиально новых подходов к вопросам обнаружения опасных веществ, в частности, методологии, основанной на активных ядерных методах. Объектом обнаружения и идентификации являются следующие вещества: взрывчатые вещества (ВВ), делящиеся материалы, радиоактивные вещества и др. Особенно важно для решения этих задач создание переносных комплексов, способных обнаруживать взрывчатые и радиоактивные вещества на месте в подозрительных объектах, а также поиск таких веществ в транспортных средствах, поскольку способ обращения с опасными веществами можно выбрать только после их идентификации.

В разработанном нами переносном комплексе для обнаружения ВВ и других запрещенных веществ и предметов использованы активный и пассивный методы анализа.

Активный метод наносекундного нейтронного анализа – выделение полезного сигнала при подавлении фона, используя два ограничения (пространственное и временное). Подавление фона регистрируемого вторичного излучения и, соответственно, выделение полезного сигнала от обнаруживаемого объекта в методе наносекундного нейтронного анализа обусловлено тем, что позиционно-чувствительный детектор альфа-частиц, встроенный в портативный нейтронный генератор, дает информацию об области досматриваемого объекта, в которой произошло взаимодействие "меченого" данной альфа-частицей нейтрона с материалом объекта. Таким образом, встроенный в нейтронный генератор позиционно-чувствительный детектор сопутствующих частиц, позволяет регистрировать только то вторичное излучение, которое вызвано данным ("меченым") нейтроном, и получать посегментное изображение досматриваемого объекта, а использование наносекундных интервалов времени позволяет получать изображение «срезов» объекта по глубине, т.е. получать трехмерное изображение объекта.

Для ВВ вторичным излучением, позволяющим их идентифицировать активным методом, является характеристическое гамма-излучение. Измеряя энергию характеристического гамма-излучения с помощью блоков детектирования, выясняют каким возбужденным ядром оно испущено, и, соответственно, определяют состав исследуемого объекта. Обработка сигнала производится в процессоре блока электроники, используя программное обеспечение по специальным алгоритмам. Поскольку гамма-излучение обладает высокой проникающей способностью, то взрывчатые и другие запрещенные вещества и предметы можно обнаружить, даже если они упакованы или находятся в транспортных средствах и грузах. Использование этого метода значительно повышает достоверность принятия решения о наличии опасных веществ в исследуемом объекте, что является одной из важнейших задач в построении систем обнаружения.

Пассивный метод основан на регистрации гамма-излучения радиоактивных изотопов (своеобразная пассивная "ядерная локация"), интенсивность которого в значительной мере определяется их изотопным составом, количеством, "возрастом", технологией изготовления, наличием и степенью защиты, а также другими факторами. Среди делящихся материалов нас в первую очередь интересуют так называемые оружейные делящиеся материалы, такие как плутоний и уран с высоким обогащением. Спектр радиоактивных веществ, которые могут использоваться в качестве поражающего элемента (например, в «грязной бомбе») разнообразен. Пример некоторых из радиоактивных изотопов и энергий, по которым проводится их идентификация: K-40 (1460 кэВ), Th-232 (2614 кэВ), Ra-226 (1764 кэВ), Cs-137 (662 кэВ), Am-241 (59 кэВ), Mn-54 (835 кэВ), Cm-244 (597 кэВ), Fe-55 (126 кэВ), Ru-106 (622 кэВ), Co-60 (1332 кэВ), Eu-152 (1408 кэВ) и т.д.

Переносной комплекс представляет собой измерительное устройство, в состав которого входят:

- электронно-физический модуль (модуль №1), объединяющий нейтронный генератор ИНГ-27 с девятью встроенными альфа – детекторами, блок электроники, состоящий из промышленного компьютера и процессора импульсных сигналов и источники питания;
- модуль детектирования (модуль №2) с двумя переносными сцинтилляционными детекторами гамма – излучения на основе ВГО кристаллов;
- защищенный мобильный ноутбук с программным обеспечением;
- транспортная упаковка, позволяющая перевозить комплекс любыми видами транспорта и установочные штативы.

Внешний вид переносного комплекса представлен на рис.1.



Рис.1

Быстродействующий цифровой процессор принимает импульсные сигналы от 9 альфа- детекторов и 2-х детекторов гамма-излучения, усиливает их, фильтрует специальным образом, а затем, оцифровывает. Оцифрованные с частотой 100 МГц и разрешением 1024 разряда сигналы обрабатываются в специальном вычислителе, реализованном на программируемой логической матрице. Задача вычислителя заключается в выделении полезных сигналов от детекторов, определении возможных

временных совпадений в заданном временном интервале (50-100 нс) и, при их обнаружении, запоминании в буферной памяти FIFO цифровых последовательностей по совпадающим каналам, выработки прерывания в модуль процессора и передачи ему запомненной информации. В итоге, использование в процессоре цифровой обработки только «полезных» сигналов в наносекундном диапазоне позволяет стабильно работать и иметь запас по пропускной способности тракта.

Для ВВ вторичным излучением, позволяющим идентифицировать опасное вещество, является характеристическое гамма-излучение. Ядра атомов вещества излучают энергию в форме гамма-квантов различной энергии. Кислород и углерод при столкновении их атомных ядер с быстрыми нейтронами вызывают гамма-излучение с энергией 6,13 и 4,44 МэВ соответственно. Азот обнаруживается по гамма-излучению с энергией 1,6; 2,3 и 5,1 МэВ. Поскольку в контролируемых объектах могут находиться другие вещества, деформирующие гамма-спектр из-за наличия в них значительных количеств N, C, O (например, кожа, бумага, пластмасса и т.д.), в комплексе применяется метод локального определения соотношения концентраций этих элементов. Алгоритм анализа основан на разложении зарегистрированного полного спектра на спектры отдельных компонентов, моделируемых на базе библиотеки гамма-линий и полной функции отклика, включающей комптоновское распределение. Проверка статистической гипотезы разложения спектра проводится по критерию согласия, статистика которого имеет распределение хи-квадрат. По результатам разложения спектров гамма-излучения определяется присутствие в объекте и относительное содержание кислорода, водорода и азота, которое указывает на присутствие в нем определенных химических соединений (взрывчатых и других запрещенных веществ). Алгоритм анализа по корреляционной обработке информации от каждого «среза» объекта по девяти сегментам, далее сравнительный матричный анализ по совокупности детекторов реализован в специализированном программном обеспечении, имеющем простой и удобный интерфейс. Использование вышеуказанной методики анализа позволяет обнаружить ВВ даже если они герметично упакованы и находятся в запаянных металлических емкостях.

На рис. 2 приведен пример разложения экспериментальных спектров ВВ тротила  $C_7H_5O_6N_3$  и гексогена  $C_3H_6N_6O_6$ . Даже при малой статистике наглядно видно различие спектров ВВ.

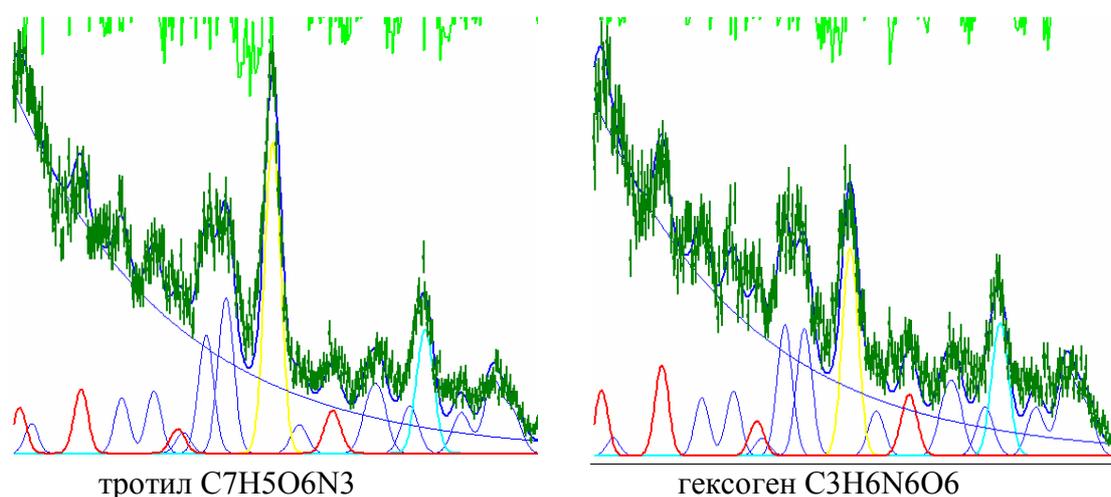


Рис.2

Работа переносного комплекса при реализации пассивного метода основана на принципе преобразования энергии заряженных частиц или квантов ионизирующего излучения в электрический сигнал, накопления статистики событий информационного потока (получение спектра) и извлечения информации из полученного распределения

для определения параметров объекта по содержанию и активности радионуклидов. Сигнал с выхода детекторов подаётся на вход процессора, в котором усиливается, формируется специальным образом для получения оптимального отношения сигнал/шум и преобразуется в цифровой код, пропорциональный поглощённой энергии. Получаемые коды накапливаются в памяти промышленного компьютера и образуют энергетический спектр гамма-излучения (зависимость количества зарегистрированных импульсов от энергии излучения). Специализированное программное обеспечение позволяет управлять работой комплекса, обрабатывать спектры в автоматическом и интерактивном режимах, содержит справочник данных энергий излучения нуклидов (библиотекарь) и позволяет идентифицировать радионуклиды и определять значения их активности в исследуемых образцах объектов.

Переносной комплекс успешно прошел испытания и найдет свое достойное место в линейке приборов по обнаружению и идентификации опасных веществ.