

Переносной детектор ДВИН-1 для обнаружения взрывчатых веществ на основе метода меченых нейтронов

Быстрицкий В.М., Замятин Н.И., Зубарев Е.В., Красноперов А.В., Рапацкий В.Л.,
Рогачев А.В., Рогов Ю.Н., Садовский А.Б., Саламатин А.В., Сапожников М.Г.,
Слепнев В.М., Тарасов О.Г., Хабаров С.В.

ООО «Нейтронные технологии», Дубна

Аннотация

Переносной детектор ДВИН-1 предназначен для поиска взрывчатых веществ с помощью метода меченых нейтронов. Детектор состоит из портативного нейтронного генератора ИНГ-27 со встроенным 9-пиксельным кремниевым альфа - детектором, гамма-детектора на основе кристалла BGO, электроники приема и анализа данных, системы электропитания и интерфейса пользователя. Детектор работает в автоматическом режиме и принимает решение без участия оператора. Алгоритмы работы программного обеспечения созданы на основе анализа данных, набранных в более чем 300 проведенных экспериментах. Детектор позволяет обнаруживать более 30 видов взрывчатых веществ, минимальная детектируемая масса за 10 мин составила 25 грамм.

1. Введение

Детекторы взрывчатых веществ, использующие технологию метода меченых нейтронов (ММН), получили в последнее время широкое распространение [1-10].

В ММН объект досмотра облучается быстрыми нейтронами с энергией 14 МэВ, которые возникают в бинарной ядерной реакции $d+t \rightarrow \alpha + n$. Под действием нейтронов происходит возбуждение ядер вещества. Это возбуждение снимается испусканием γ -квантов с энергиями до 10 МэВ. Каждое вещество имеет свой характеристический спектр γ -квантов, что позволяет его идентифицировать.

Мечение нейтрона состоит в регистрации сопутствующей ему α -частицы специальным α -детектором. Это позволяет определить направление вылета нейтрона. Измерение временного интервала между сигналами с α - и γ -детекторов дает возможность измерить расстояние до точки, из которой был выпущен γ -квант, поскольку скорость нейтрона постоянна и равна 5 см/нс. Таким образом, есть возможность определить все три координаты области, из которой произошло γ -излучение.

Мечение нейтронов позволяет получить информацию о времени пролета, которая может быть использована для того, чтобы выбрать события только из определенного временного интервала. Это приводит к резкому уменьшению фона. Показано [6-9], что использование (α - γ)-совпадений уменьшает отношение фон-сигнал более, чем в 200 раз, что существенно улучшает условия обнаружения скрытых веществ.

Другое преимущество ММН состоит в том, что использование быстрых нейтронов и достаточно энергичных гамма-квантов позволяет контролировать сравнительно

большие объекты досмотра. Разработаны детекторы ММН позволяющие досматривать заминированные автомобили, крупногабаритные транспортные средства и морские контейнеры.

Важно, что идентификация происходит автоматически, без участия оператора.

Комплексная Программа обеспечения безопасности населения на транспорте, утвержденная постановлением Правительства РФ от 30.06.2010, предусматривает оснащение постов инструментального досмотра на входах на станции всех метрополитенов России переносными комплексами обнаружения взрывчатых веществ на основе метода быстрых меченых нейтронов.

В настоящее время 76 детекторов ДВИН-1 поставлены на вокзалы Северо-Кавказской, Октябрьской железной дороги, Казани и Владивостока, а также на станции метрополитенов Москвы, Санкт-Петербурга, Казани и Новосибирска.

2. Описание детектора

Детектор ДВИН-1 (см.Рис.1) состоит из модуля досмотра, который кабелем соединен с компьютером оператора. Модуль досмотра имеет размеры 740x510x410 мм и массу 40 кг. Внутри модуля досмотра размещены источник нейтронов, гамма-детектор и электроника сбора данных. Питание модуля досмотра осуществляется от сети 220 В или от автономного аккумулятора. Потребляемая мощность – 300 Вт.

Управление детектором осуществляется одним оператором, который должен только правильно позиционировать комплекс относительно объекта досмотра и запустить процесс измерения. Все остальные действия по обнаружению взрывчатых веществ производятся автоматически.



Рис.1 Переносной детектор взрывчатых веществ ДВИН-1.

Главное преимущество ДВИН-1 перед газоанализаторами состоит в том, что детектор определяет не только факт возможного наличия ВВ, но и точное положение ВВ в объекте досмотра. В отличие от рентгеновских установок, которые обнаруживают контрасты плотности, детекторы ММН реагируют на элементный состав вещества. По сути, они определяют, как много содержится в веществе различных элементов, например, углерода, азота и кислорода. Это дает возможность обнаруживать различные взрывчатые твердые и жидкие вещества, в том числе, безазотные ВВ.

Алгоритмы работы программного обеспечения ДВИН-1 созданы на основе анализа данных, набранных в более чем 300 проведенных экспериментах. Детектор позволяет обнаруживать более 30 видов взрывчатых веществ. Минимальная детектируемая масса ВВ за 10 мин составила 25 грамм.

Детектор может быть настроен на обнаружение хлора, фосфора, калия и использоваться для контроля за сильнодействующими ядовитыми веществами. Детекторы ММН были протестированы на обнаружение различных наркотиков, таких как кокаин, героин, гашиш, солутан, оксibuтират натрия. В пассивном режиме, при выключенном источнике нейтронов, детектор ДВИН-1 может быть использован в качестве детектора радиоактивных веществ.

3. Радиационная безопасность

Степень радиационной безопасности при работе детектора ДВИН-1 была проверена специалистами Роспотребнадзора в ходе испытаний в досмотровой зоне станции Петербургского метро «Ладжская». По результатам испытаний было подготовлено санитарно-эпидемиологическое заключение. В нем фиксируется отсутствие какой-либо опасной наведенной активности в объекте досмотра или в окружающей среде. Физическая причина этого состоит в том, что быстрые нейтроны слабо взаимодействуют с веществом, в отличие от тепловых или медленных нейтронов. В сочетании с малым временем досмотра (менее 10 мин) и невысокой интенсивностью нейтронного генератора ($5 \times 10^7 \text{ с}^{-1}$) это приводит к полному отсутствию какого либо превышения фоновых значений.

Специалистами Роспотребнадзора была определена безопасная зона, на которой должен находиться оператор во время обследования. Она составляет 8.5 м.

Важно, что методикой использования детекторов на основе ММН не разрешается и не предполагается облучение людей. Эти детекторы не будут использоваться при выборочном контроле багажа в зонах досмотра. Они будут работать только для досмотра забытых вещей и подозрительных объектов. В таких ситуациях действующие сейчас инструкции предусматривают при вызове кинолога полностью оцеплять место расположения подозрительного объекта, удаляя население. Тем самым создаются все условия для безопасного применения детекторов ММН. В заключении Роспотребнадзора оценена мощность эквивалентной дозы, возникающей при работе ДВИН-1 на расстоянии 20 м – она составляет 0.4 мкЗв. Для сравнения, величина дозы пренебрежимо малого радиационного риска, который вообще не подлежит учету, составляет 10 мкЗв в год, а допустимая годовая доза для населения составляет 1000 мкЗв. То есть, обычный гражданин может без какой-либо опасности для здоровья 2500 раз в год ходить мимо оцепленного места, где работает ДВИН-1.

В выключенном состоянии детектор ДВИН-1 не является источником ионизирующего излучения. Поэтому никаких дополнительных требований к месту хранения ДВИН-1 не возникает.

Детектор ДВИН-1 содержит тритиевую мишень, находящуюся в герметически отпаянном корпусе нейтронной трубки. В заключении Роспотребнадзора подчеркивается, что в выключенном состоянии детектор ДВИН-1 не представляет радиационной опасности и может транспортироваться в штатной таре, например, в багажниках легковых автомобилей по I транспортной категории в соответствии с требованиями СанПин 2.6.1.1281-03.

Заключение

Серийное производство детекторов ДВИН-1 налажено в г.Дубне силами ООО «Нейтронные технологии». Разрабатываются различные модификации детектора, например, для работы в полевых условиях. Для целей обнаружения малых количеств скрытых веществ разработан вариант с повышенной гранулярностью меченых пучков, он позволяет облучать объекты досмотра 64 пучками меченых нейтронов.

Более подробно о детекторах на основе технологии ММН можно узнать на сайте <http://ntech.jinr.ru>.

Авторы выражают большую благодарность всему коллективу ФГУП ВНИИА им. Н.Л.Духова и, в особенности, Е.П. Боголюбову, В.И. Рыжкову, А.С.Чуприкову и Д.И.Юркову за бесперебойную поставку нейтронных генераторов ИНГ-27.

Литература

1. P.O. Hawkins, R.W. Sutton, Rev. Sci. Instr. 31 (1960) 241.
2. L.I.Ussery et al., Los Alamos Nat. Lab report LA12847-MS (October 1994).
3. E.Rhodes et al., SPIE, v. 2092, p. 288 (1993); E.Rodes et al., IEEE Trans. Nucl. Science, 39 (1992) 1041-1045.
4. A.Beyerle, J.P.Hurley, L.Tunnell, Nucl.Instr.Meth. A299 (1990) 458.
5. S.Pesenti et al., Nucl. Instr. Meth., A531 (2004) 657.
6. V.M.Bystritsky et al., Proceedings of the 4th International Symposium on Technology and Mine Problem, Naval Postgraduate School, March 13-16, Monterey, California, 2000.
7. V.M.Bystritsky et al., Proceedings of the International Conference on Requirements and Technologies for the Detection, Removal and Neutralization of Landmines and UXO, EUDEM2-SCOT-2003, 15-18 September 2003, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium, 2003, v 1,2.
8. V.M.Bystritsky et al., Proc. Conference "Portable neutron generators and technologies on their basis", Moscow, 2004, p.283.
9. V.M.Bystritsky et al., JINR Communications, E13-2006-36, 2006.
10. V.M.Bystritsky et al., Physics of Particles and Nuclei Letters, 5 (2008) 441.