

# 11. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРИБОРЫ

Существует несколько типов приборов, предназначенных для измерения средней плотности нейтронов в реакторе. Один из наиболее известных основан на использовании реакции ( $n, \alpha$ ), проходящей при облучении нейтронами пластин, покрытых  $^{10}\text{B}$ , во втором применяются газонаполненные камеры, содержащие  $^{10}\text{BF}_3$ , а в третьем измеряется степень ионизации газа (люминесценция газа) при делении  $^{235}\text{U}$ , покрывающего электрод. Каждый из этих приборов выполняет определенную функцию в общей схеме управления.

Промышленность выпускает: газонаполненные счетчики нейтронов (реакции нейтронов с  $^{10}\text{B}$  и другими нуклидами): счетчики, наполненные  $\text{BF}_3$ , счетчики с борным покрытием, счетчики, наполненные  $^3\text{He}$ , Камеры деления, сцинтилляционные счетчики медленных нейтронов с  $\text{LiI}$ , термостолбики как детекторы медленных нейтронов, активационные детекторы медленных нейтронов (фольги), фотоэмульсии, фотоэмульсионные детекторы медленных нейтронов, детекторы быстрых нейтронов и др.

Детекторы могут быть лабораторными или поисковыми, используемыми для обнаружения нейтронов в окружающей среде. Примером может служить измеритель-сигнализатор поисковый обладающий высокой чувствительностью как к гамма, так и нейтронному излучению. Это достигается использованием в приборе двух детекторов: сцинтиллятора на основе кристалла  $\text{CsI}$  для регистрации гамма квантов и газоразрядного датчика на основе  $^3\text{He}$  для регистрации нейтронов. Нейтронная чувствительность прибора также может быть значительно увеличена путем применения внешнего замедлителя в виде полиэтиленовой камеры. Это дает возможность обнаружить и локализовать такое же количество оружейного плутония и других нейтронных источников, которые вызывают срабатывание больших высокочувствительных стационарных радиационных мониторов.

Алгоритм, используемый в мониторе, обеспечивает автоматическое запоминание радиационного фона и вычисление порога срабатывания по заданным пользователем исходным параметрам. При превышении этого порога прибор подает звуковой или вибрационный сигнал, частота которого меняется по мере приближения к источнику или удаления от него, что позволяет пользователю даже без специальной подготовки легко локализовать источник. В мониторе предусмотрены два режима работы: поиск радиоактивных источников по их гамма и нейтронному излучениям и оценка уровня гамма излучения в мкЗв/ч.

Диапазон регистрируемых энергий: гамма излучения: 0.033 ... 3.0 МэВ; нейтронного излучения: 0.025 эВ ... 14 МэВ

Многоканальный Анализатор mMCA-430 производства фирмы TSA совмещает 256-канальный анализатор и счетчик нейтронов в одном компактном приборе. Имея всего 1.4 кг, он может быстро подтвердить присутствие специальных ядерных материалов.

ДЕТЕКТОРЫ: Гамма - излучениям кристалл  $\text{NaI(Tl)}$  Нейтронный: 2.5см x 0.5см кристалл  $\text{LiI(Eu)}$  с замедлителем.

Прибор выдаёт скорость счёта (гамма- и нейтроны) в заданной области энергий, энергетические гамма- и нейтронные спектры

Нейтронные счётчики устанавливаются на борту космических аппаратов. Так, аппаратура БТН-М1 для российского научного эксперимента «БТН-Нейтрон» работает на борту МКС.



Рис. 12. Блок детектирования (слева) и электронный блок (справа) аппаратуры БТН-М1.

В качестве блока детекторов нейтронов и гамма квантов используется запасной образец прибора ХЕНД, разработанного в ИКИ РАН для изучения нейтронного излучения Марса с борта космического аппарата НАСА

«Марс Одиссей» и который, начиная с мая 2001 г. работает в составе научной аппаратуры этого космического аппарата.

Совместные измерения приборами ХЕНД на борту спутника Марса «Марс Одиссей» и БТН-М1 на борту МКС позволяют оценить нейтронную компоненту радиационного фона на всех участках межпланетного

перелета Земля-Марс-Земля. Эти исследования на орбитах вокруг Земли и Марса явятся первым практическим шагом по обеспечению радиационной безопасности будущих марсианских экспедиций. Будут получены синхронные данные о потоках нейтронов на околоземной орбите МКС и на около марсианской орбите. Полученные данные позволят сравнить нейтронное альbedo верхней атмосферы Земли и поверхности Марса в условиях спокойного Солнца и во время мощных солнечных вспышек, а также изучить потоки нейтронного и гамма излучения в различных направлениях от активного Солнца. Кроме того, будет проводиться мониторинг космических гамма-всплесков для определения небесных координат их источников. Регистрация гамма-всплесков идентичными приборами на орбитах Земли и Марса позволит определять направление на источник всплеска и проводить наблюдения послесвечения  $\gamma$ -всплесков в оптическом, инфракрасном и радио диапазонах.

Спектроскопию нейтронов мы рассмотрим в лекции 6.