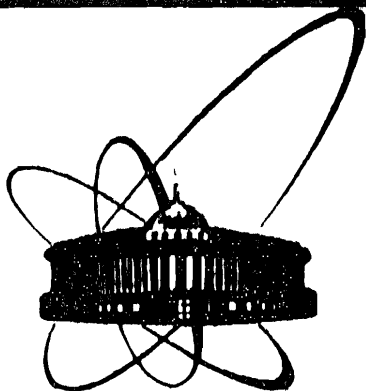


87-371



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Д 937

13-87-371

В.М.Дьяченко, И.И.Марвин, А.М.Сосульникова,
К.Д.Толстов

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТОКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
И КАЛИБРОВКА МОНИТОРНЫХ СИСТЕМ

1987

Точное измерение потоков заряженных частиц в широком интервале их масс, энергий и интенсивностей является сложной задачей, которая, как правило, неоднозначна в решении. Она еще осложняется при проведении абсолютных измерений, например, сечений взаимодействия. Для преодоления трудностей использовались различные детекторы, в том числе сцинтилляционные счетчики^{1/}, ионизационные камеры и их комбинация.

Необходимо было осуществить калибровку счетчиков при малой начальной интенсивности потока частиц, чтобы исключить просчеты, затем достигнуть точности при интенсивностях, обеспечивающих надежную работу ионизационной камеры в токовом режиме регистрации, т.е. при суммировании потока частиц за импульс. При этом важна линейность показаний¹ с увеличением загрузки и стабильность во времени с учетом температурных и других свойств газа в камере. Применяется также способ мониторингования по наведенной активности, например, ^{24}Na , образуемого в алюминиевой фольге. Это требует знания сечений в реакциях $X + ^{27}\text{Al} \rightarrow ^{24}\text{Na} + Y$, которые известны в ограниченной области энергий и масс частиц. Разработанный нами метод применим для непрерывных и импульсных пучков различной энергии и любой интенсивности. Метод основан на регистрации заряженных частиц с помощью узкого фотоэмульсионного слоя, пересекающего при вращении пучок частиц. Одновременно с этим производится регистрация нейтронов, возникающих от пучка и вторичных частиц в блоке конвертора, в качестве которого может служить любой материал. Размер конвертора должен обеспечить попадание на него первичного пучка и вторичных частиц, если конвертор установлен за аппаратурой данного эксперимента. Фотоэмульсия накапливает поток частиц за несколько сотен циклов при интенсивности $10^2 \div 10^5$ частиц в цикле. Суммарное число частиц, которые затем подсчитываются в фотоэмульсии, сопоставляется с суммой отсчетов регистратора нейтронов в конверторе, тем самым определяется коэффициент пересчета для последующих измерений при максимальных интенсивностях пучка. В наших опытах конвертором служил блок свинца, а нейтроны регистрировались стандартными камерами деления КНТ-8. /Подробно аппаратура описана в^{12/}/. Пучки частиц, как правило, имеют сложный профиль, а интенсивность переменна по радиусу и азимуту. Поэтому во избежание трудоемких

Объединенный институт
ядерных исследований
БНБ ИОТБМАН

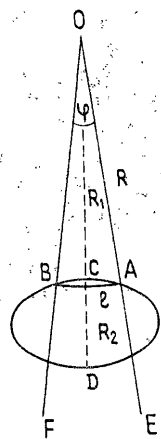


Рис. 1. Схема опыта с вращением слоя фотоэмульсии в пучке частиц. O - ось мотора, направлена вдоль пучка и по нормали к плоскости рисунка. OC=R₁ - минимальный радиус. OD=R₂ - максимальный радиус. φ - угловой интервал пересечения пучка при радиусе R=OA. l - длина дуги элемента площади слоя ΔS при R. OE=OF - слой фотоэмульсии.

подсчетов частиц на всей фотоэмульсии, если она перекрывает пучок, использовалось ее вращение. Для этого слой длиной 20 см и шириной 3±5 см укреплялся на оси расположенного вне пучка мотора с частотой оборотов ~10 Гц. При вращении слой фотоэмульсии пересекал пучок частиц, падавших на него по нормали. Таким образом, элемент площади слоя на расстоянии R от оси мотора /рис. 1/ захватывал частицы на азимутах безотносительно к

профилю пучка. Поверхность слоя от минимального R₁ до максимального R₂ перекрывала весь пучок. Заметим, что все рассмотрение справедливо при любом профиле пучка и нестабильности его положения. Подсчет частиц было достаточно провести на узкой полосе слоя вдоль отрезка от R₁ до R₂. Согласно рис. 1, элемент площади слоя пересекает пучок по дуге "l" между точками A и B. Очевидно, что при многократном пересечении пучка за цикл И/ИЛИ регистрации сотен циклов плотность частиц на элементе ΔS будет усреднена по дуге l. Следовательно, если число частиц на ΔS есть i/R, l/, то суммарная интенсивность J₁(R, ΔS) = i(R, ΔS) · l = i(R, ΔS) · R · φ. Но элемент площади ΔS находился в пучке не все время, а только его часть, равную φ/2π, поэтому суммарная интенсивность пучка на радиусе R в 2π/φ раз больше, т.е.

$$J(R, \Delta S) = 2\pi \cdot R \cdot i(R, \Delta S).$$

Если R измеряется в мм, то элементом площади должен быть 1 мм². Однако при больших нагрузках можно провести подсчет частиц на меньшем элементе площади ΔS, умножив результат на 1 мм²/ΔS. Просуммировав по всем элементам ΔS от R₁ до R₂, получим полный поток частиц

$$J_0 = \sum_{R_1}^{R_2} 2\pi R i(R) \cdot \frac{1}{\Delta S};$$

каждый элемент этой суммы дает распределение интенсивности по R.

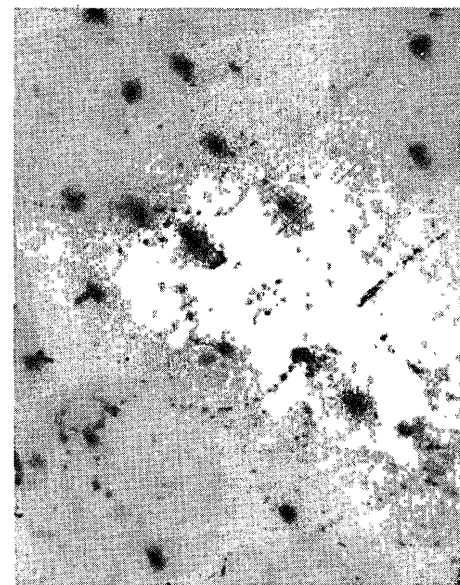
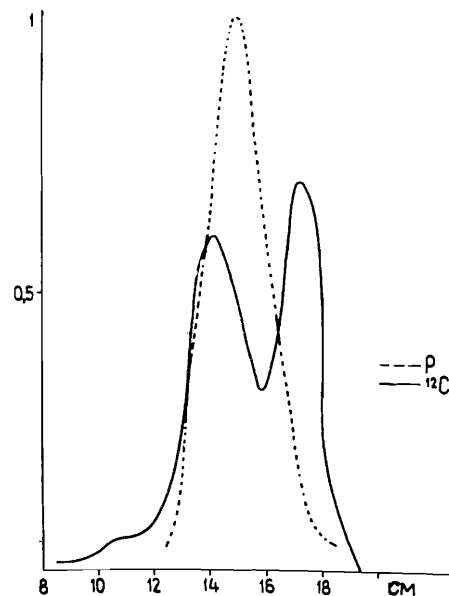


Рис. 2. Микрофотография пучка ядер ¹²C.

На рис. 2 представлена микрофотография следов ядер ¹²C, которые надежно отличаются от фоновых частиц, т.к. имеют строго одинаковые направления по нормали к слою и ионизационные характеристики.

На рис. 3 даны распределения интенсивности в опытах с протонами и ядрами ¹²C, нормированные на площадь. Как видно из рисунка, пучок ¹²C не был стабилен по положению. Полный поток протонов, подсчитанный двумя независимыми наблюдателями, дал значения 6,65 · 10⁸ и

6,67 · 10⁸, что не превышает 1% статистической точности, т.к. каждым наблюдателем было зарегистрировано ~10⁴ протонов. Средние значения интегрального потока J = 6,66 · 10⁸ ± 2%, и в погрешности учтена ошибка определения R ~ 1 мм при <R> = 150 мм. На рис. 4 дано распределение интенсивности J для двух экспериментов в пучке дейтронов, которые также нормированы на площадь.



Отношение суммарных потоков дейтронов в этих опытах равно 1,76 ± 0,05. Регистрация нейтронов с помощью 21 камеры КНТ-8 в различных точках свинцового конвертора показала, что отношения отсчетов каждой из камер в двух опытах сравнимы, т.к. отличаются

Рис. 3. Распределения интенсивности протонов и ядер ¹²C, нормированные по площади.

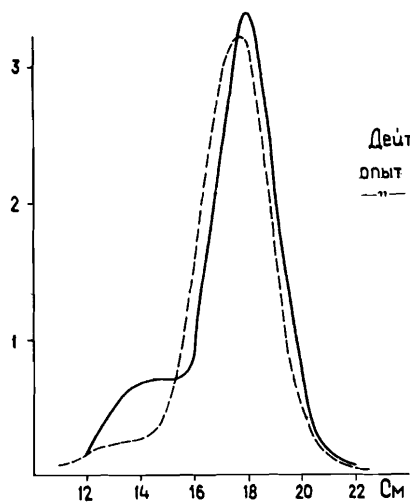


Рис. 4. Распределения интенсивности дейтронов в двух опытах.

Дейтроны
опыт 1а —
опыт 2а ---

менее чем на два стандарта от среднего значения $1,65 \pm 0,04$ /отсчеты 8 камер отличаются от среднего в пределах $0,02$ /. Следовательно, оба метода регистрации потока дают результаты, которые согласуются в пределах одного стандарта от среднего значения $1,70 \pm 0,05$. На рис.5 показана интенсивность пучка протонов как функция последовательного числа циклов ускорителя, полученная

с помощью трех камер КНТ-8, прокалиброванных с помощью фотоэмульсий, установленных в различных точках конвертора.

Таким образом, прокалибровав КНТ-8 на регистрацию абсолютного потока частиц, в последующих опытах мы имеем монитор первичного пучка любой интенсивности. Временная струк-

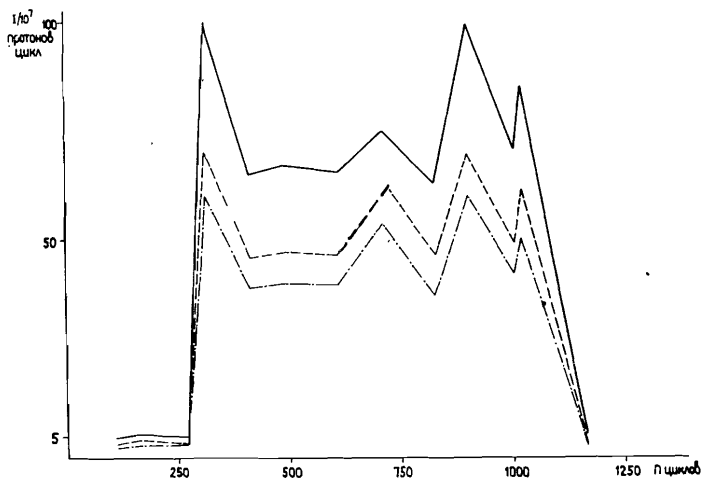


Рис. 5. Интенсивность пучка протонов как функция времени по отсчетам КНТ-8, прокалиброванных с помощью фотоэмульсии.

тура пучка не влияет на результаты регистрации, т.к. среднее время замедления нейтронов в конверторе до захвата в КНТ-8 сглаживает колебания интенсивности. КНТ-8 имеют очень стабильные эксплуатационные характеристики ^{3/}. Для их работы необходим зарядово-чувствительный усилитель, сигналы с которого поступают на запоминающий элемент.

Отметим, что метод не требует времени для наладки аппаратуры на пучке частиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый метод позволяет унифицировать измерение потоков частиц и ядер независимо от их типа и энергий в широком диапазоне интенсивностей от 10^2 част./с и выше /верхний предел не ограничен/.

Отличительные особенности данного метода:

1. Возможность его использования параллельно с проведением экспериментов, при размещении за экспериментальной установкой. При этом учитываются поправки на потери в интенсивности первичного пучка.
2. Отсутствие жестких требований как к параметрам усилительных трактов, так и к идентичности камер КНТ-8.
3. Возможность калибровки используемых мониторных систем.
4. Возможность получения "усредненного" профиля пучка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Waley W.R. et al.-NIM, 1980, vol.171, p.11.
2. Гусаков Ю.В. и др. Сообщения ОИЯИ 13-87-240, Дубна, 1987.
3. Дмитриев А.Б., Малышев Е.К. Нейтронные ионизационные камеры. М.: Атомиздат, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 мая 1987 года.

Дьяченко В.М. и др.

13-87-371

Измерение потоков заряженных частиц
и калибровка мониторинговых систем

Описываются методика и результаты ее применения при мониторинговании пучков протонов, дейтронов, ядер ^4He и ^{12}C , ускоренных на синхрофазотроне ОИЯИ. Предлагаемая методика позволяет измерять выведенные потоки заряженных частиц от 10^2 частиц/имп. до максимально возможного предела их интенсивности. В первых опытах достигнута точность 2%, которая может быть повышена. Метод позволяет калибровать системы, используемые для определения абсолютной интенсивности.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Dyachenko V.M. et al.

13-87-371

Charged Particle Flux Measurement and
Monitoring System Calibration

Technique and results of its application for monitoring the beams of protons, deuterons, ^4He and ^{12}C ions accelerated at the Dubna synchrophasotron are described. The proposed technique allows measuring the extracted currents of charged particles of intensity from 10^2 particle/monentum to the maximum possible limit. In the first experiments the 2% standard deviation of intensity has been obtained. This accuracy can be improved. The technique can be used for calibrating the systems used for measuring the absolute intensity.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987