

С 344.1

A-193

11317

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

5/11-78



2429 / 2-78

1 - 11317

Т.В.Аверичева, А.М.Балдин, С.Г.Басиладзе,  
В.К.Бондарев, Н.Гиордэнеску, Л.Б.Голованов,  
А.П.Крячко, В.Л.Мазарский, А.Н.Манятовский,  
Е.А.Матюшевский, Н.С.Мороз, С.А.Нежданова,  
Н.М.Никитюк, Ю.А.Панебратцев, А.А.Повторейко,  
С.В.Рихвицкий, В.С.Ставинский, А.Н.Хренов, А.П.Цвинев

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

КУМУЛЯТИВНОГО РОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ /ДИСК/

**1978**



Аверичева Т.В. и др.

I - 11317

Установка для исследования кумулятивного рождения частиц (ДИСК)

Описана установка для измерений дифференциальных сечений фрагментации ядер мишени. Фрагменты мишени с зарядом  $Z$  регистрируются в интервале углов вылета от  $49^\circ$  до  $180^\circ$  относительно направления налетающей частицы и в интервале импульсов от  $0,15Z$  ГэВ/с до  $1,6Z$  ГэВ/с. Такой выбор кинематических переменных позволяет исследовать взаимодействие налетающего адрона с локальной группой нуклонов ядра, т.е. исследовать процессы кумулятивного рождения частиц. Исследуемые ядра:  $H, D, He, {}^{6,7}Li, Be, C, Mg, Al, Si, {}^{54,56,58}Fe, {}^{58,61,64}Ni, Cu, {}^{64}Zn, {}^{112,118,124}Sn, {}^{144,154}Sm, {}^{182,186}W, Pb, U$ . Наблюдаемые фрагменты:  $\pi^\pm, K^\pm, P^\pm, d, t, {}^3He, {}^4He$ . Первичный пучок частиц:  $P, d, \alpha$  и любые ускоренные на синхротроне ОИЯИ ядра до импульсов на нуклон  $5$  ГэВ/с. Пучок вторичных частиц (фрагментов) проходит анализ в магнитном поле, формируется дуплетом квадрупольных линз и идентифицируется с помощью спектрометрии трех типов: по времени пролета, по ионизационным потерям и по интенсивности черенковского излучения. Используемый в установке многомерный анализ позволяет проводить идентификацию частиц одного знака заряда одновременно в широком диапазоне скоростей ( $\beta > 0,16$ ) в условиях большой фоновой загрузки регистрирующей аппаратуры с высокой степенью подавления фоновых частиц и случайных событий без потери эффективности регистрации.

Установка создана в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.  
Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Averitcheva T.V. et al.

I - 11317

Device for the Study of Cumulative Production of Particles

In this paper the device is described created at JINR High Energy Laboratory and used to measure the differential inclusive fragmentation cross sections of target nuclei (from  $H$  to  $U$ ). The momentum interval of fragments with charge  $Z$  is from  $15Z$  MeV/c up to  $1600Z$  MeV/c and the angle interval is  $49^\circ$ - $180^\circ$  relative to the direction of accelerated nucleons incident upon the target. Such a choice of kinematic variables permits to study the interaction of an impinging hadron with a local group of nuclear nucleons, that is to study a process of particle cumulative production. The nuclei under study are:  $H, D, He, {}^{6,7}Li, Be, C, Mg, Al, Si, {}^{54,56,58}Fe, {}^{58,61,64}Ni, Cu, {}^{64}Zn, {}^{112,118,124}Sn, {}^{144,154}Sm, {}^{182,186}W, Pb, U$ ; the fragments are observed:  $\pi^\pm, K^\pm, P^\pm, d, t, {}^3He, {}^4He$ ; the primary particle beam is  $P, d, \alpha$  and any nuclei accelerated in the synchrotron up to  $5$  GeV/c. The beam of secondary particles (fragments) is being analysed in the magnetic field, is formed by double quadrupole lenses and is identified by the time-of-flight method, by energy losses and by the Cherenkov radiation intensity. The multi-parameter analysis used in the device allows one to identify particles of a similar charge sign simultaneously in a wide rate range ( $\beta > 0,16$ ) under condition of a high background loading of the detecting apparatus. It permits to suppress effectively background particles and accidental events.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

## ВВЕДЕНИЕ

Описываемая установка предназначена для исследования процесса фрагментации ядер мишени в инклюзивной постановке:

$$a + b \rightarrow c + X.$$

/1/

Частица  $c$  регистрируется в интервале углов вылета от  $49^\circ$  до  $180^\circ$  относительно направления налетающей частицы  $a$  и в интервале импульсов  $/0,15-1,6/Z$  ГэВ/с, где  $Z$  - заряд частицы  $c$ . Такой выбор кинематических переменных позволяет исследовать взаимодействие адрона  $a$  с локальной группой нуклонов адрона  $b$  с массой до шести нуклонных масс /т.е. кумулятивное рождение частиц<sup>/1/</sup> до шестого порядка кумулятивности/.

В частном случае, когда  $b=c$ , исследуются процессы рассеяния адронов с величинами переданного четырехимпульса до  $3 /ГэВ/с^2$ . Наблюдаемые адроны  $a, b, c$  следующие:

$$c: \pi^\pm, K^\pm, p^\pm, d, t, {}^3He, {}^4He$$

$$b: H, D, He, \text{ /криогенные мишени/}, {}^{6,7}Li, Be, C, Mg, Al, Si, {}^{54,56,58}Fe, {}^{58,61,64}Ni, Cu, {}^{64}Zn, {}^{112,118,124}Sn, {}^{144,154}Sm, {}^{182,186}W, Pb, U.$$

$a: p, d, \alpha$  и любые ускоренные на синхротроне ОИЯИ ядра до импульсов на нуклон  $5$  ГэВ/с. Первый вариант экспериментальной установки описан в работе<sup>/2/</sup>.

## ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ УСТАНОВКИ

Принципиальная схема установки показана на рис. 1. Первичный пучок ускоренных частиц /а/ транспортируется по вакуумпроводу и фокусируется магнитной оптикой на мишень /Т/ с дисперсией изображения  $\sim 5$  мм. Размеры и положение пучка в фокусе контролируются с помощью телевизионной установки по свечению экрана, дистанционно вводимого в пучок.

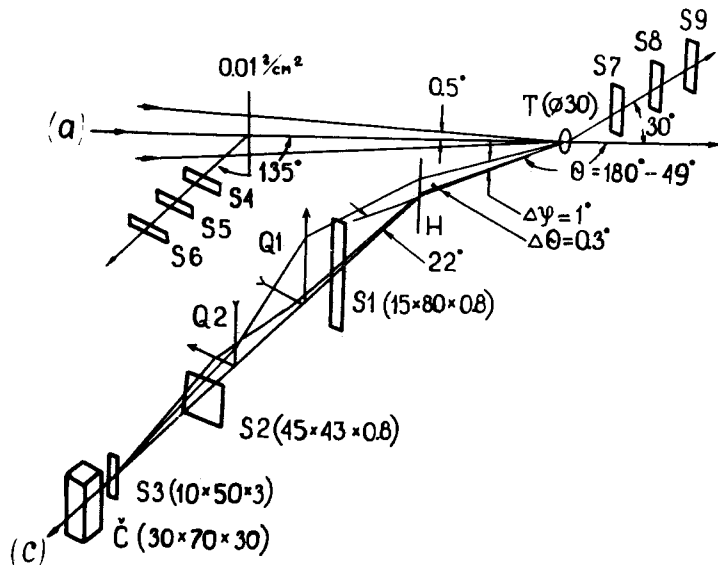


Рис. 1. Схема установки ДИСК

Твердые мишени диаметром 30 мм и толщиной  $0,1-2$  г/см<sup>2</sup> крепятся в пенопластовых оправках. Криогенные мишени<sup>3/</sup> общий вид которых показан на рис. 2, имеют диаметр 50 мм и размер по пучку 50 мм /140 мм/. Эти мишени размещены в общем вакуумном кожухе с майларовыми окнами  $0,01$  г/см<sup>2</sup> /, позволяющими исследовать вторичные частицы в диапазоне азимутальных углов от 0° до 180°. Сосуды мишеней, изготовлен-

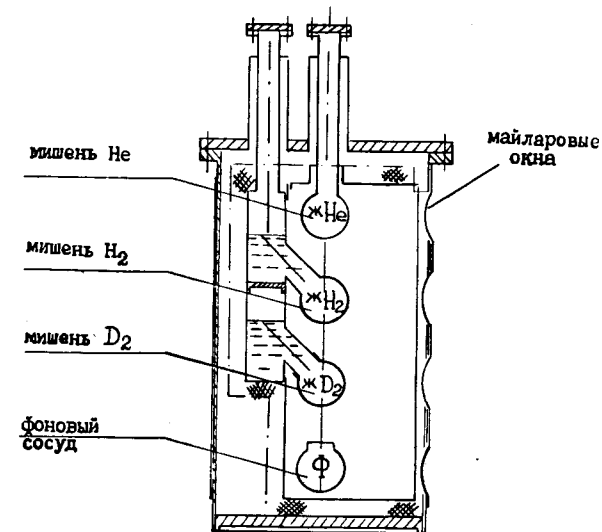


Рис. 2. Криогенные мишени

ные из майлара /120 мкм/, заполняются гелием и водородом самотеком из промсосудов /50 л/. Жидкий водород используется для ожидения дейтерия и для охлаждения теплозащитного экрана гелиевой мишени. Периодичность доливок жидкостей в промсосуды: 40 ч для водорода и 80 ч для гелия. Оборудование мишеней размещено на дистанционно управляемой ферме с движением как по вертикали, так и по горизонтали, и визуально контролируется с помощью телеустановки.

Телескоп счетчиков S7, S8, S9 /монитор M<sub>π</sub> /, нацеленный на мишень, контролирует сброс на нее пучка /а/. На пути первичного пучка, на расстоянии 3 м от мишени, размещена майларовая пленка  $0,01$  г/см<sup>2</sup> /, на которую под углом 135° направлен телескоп счетчиков S4, S5, S6 /монитор M<sub>p</sub> /. M<sub>p</sub> мониторирует поток ускоренных частиц. Градуировка отсчетов M<sub>p</sub> осуществляется по измерению активации <sup>12</sup>C /с точностью  $\pm 5\%$  /<sup>18,19</sup> при облучении полистирола (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>) в фокусе первичного пучка.

В счетчиках мониторов  $M_p$  и  $M_\pi$  используются ФЭУ-87 и сцинтилляторы размерами  $50 \times 10 \times 0,8$  мм<sup>3</sup>. Интенсивность первичного пучка /протоны, дейтоны,  $\alpha$ -частицы/ составляет  $10^9 - 10^{12}$  частиц за время вывода пучка из ускорителя /~0,5 с/. Непровзаимодействовавшие с мишенью частицы с помощью магнитов СП94 и СП40 направляются в радиационную "ловушку".

Вторичные частицы с /рис. 1/, фрагменты мишени, анализируются по импульсу магнитом Н /СП94, угол поворота -  $22^\circ$ / и фокусируются квадрупольными линзами  $Q_1$  и  $Q_2$  /МЛ15/ в районе счетчика  $S_3$ . Частицы с регистрируются сцинтилляционными счетчиками  $S_1, S_2, S_3$  и черенковским счетчиком на твердом радиаторе С. Размеры сцинтилляторов и радиатора указаны на рис. 1.

Магнитная оптика (Н,  $Q_{1,2}$ ) и счетчики вторичных частиц размещены на двух состыкованных подвижных фермах с общей осью вращения, проходящей через центр мишени Т. Поворот всего канала вторичных частиц производится дистанционно с телевизионным контролем с точностью до  $0,1^\circ$  в диапазоне азимутальных углов вылета частиц  $\epsilon$  от  $49^\circ$  до  $180^\circ$ . Угловой диапазон установки в области  $\theta = 49^\circ - 90^\circ$  при ограниченных размерах измерительной площадки достигается путем разворота магнита Н /СП94/ на специальной платформе вокруг своей оси на  $180^\circ$ , совместно с перестыковкой ферм /при этом поворот частиц С в магните Н - на тот же угол  $22^\circ$ , но по часовой стрелке/.

Счетчик  $S_1$  помещен в магнитный экран и установлен вблизи магнита Н на расстоянии 2,4 м от мишени. Расстояние между счетчиками  $S_1$  и  $S_3$  - 3,8 м между  $S_2$  и  $S_3$  - 0,97 м. Конструктивное оформление головной части счетчиков показано на рис. 3. Радиатор С-счетчика /полиметилметакрилат специальной очистки/ наклеен на фотоумножитель 56DVP и накрыт светособирающим экраном из алюминизированного майлара. По всей трассе пучка (с) установлен вакуумпровод с разрывами для счетчиков.

На рис. 4 показано распределение входного телесного угла ( $\Omega$ ) установки по импульсу (Р) частиц с. При этом  $P_0$  - импульс частиц, вышедших из центра

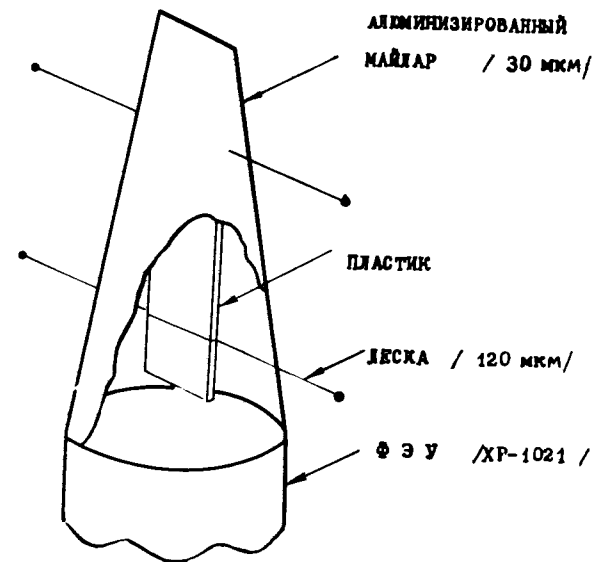


Рис. 3. Вид головной части сцинтилляционных счетчиков

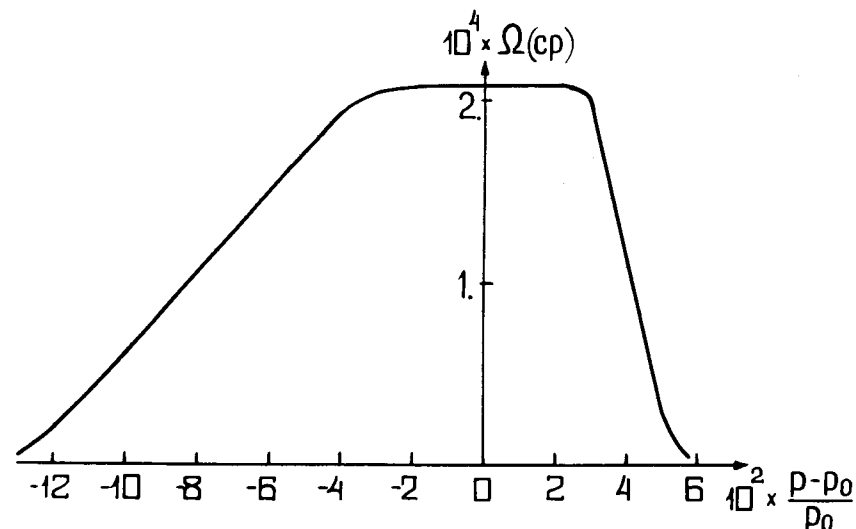


Рис. 4. Распределение входного телесного угла ( $\Omega$ ) установки по импульсу (Р) вторичных частиц.



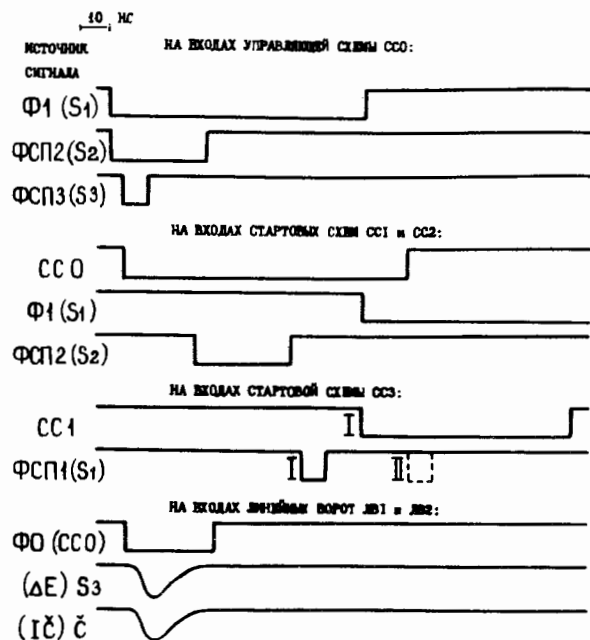


Рис. 6. Временные диаграммы сигналов спектрометра

Сигнал с СС0, укороченный формирователем Ф0 до 30 нс, является управляющим для линейных ворот ЛВ1 и ЛВ2, на входы которых поступают импульсы тока с фотоумножителей счетчиков  $S_3$  /1/3 часть заряда/ и  $S_1$ , соответственно.

Режим работы каждого ФЭУ счетчиков  $S_1, S_2, S_3$  /ХР1021/ выбран из условий наилучшего временного разрешения / $\pm 50$  нс/ при линейной зависимости выходного сигнала по заряду /до  $2 \cdot 10^{-9}$  Кл в импульсе/ от числа фотоэлектронов. Для проверки линейности использовались  $\gamma$ -источники с энергией от 0,1 до 1,5 МэВ, кристаллы NaJ(Tl), стильбен и пластический сцинтиллятор /напряжение на ФЭУ варьировалось/. В делителях питания ФЭУ /на последних 4 промежутках/ использовались стабилизаторы типа КС.

По фотопику и по времени пролета  $\pi^+$  не было обнаружено влияния рассеянного поля магнита Н на времен-

ные и амплитудные характеристики сигнала  $S_1$  -счетчика.

Аналоговые сигналы с время-амплитудных конвертеров и с линейных ворот поступают на амплитудно-цифровые преобразователи /АЦП/<sup>18/</sup>, время преобразования которых для максимальной амплитуды / $\sim 3$  В/ составляет  $1,5 \text{ мкс} + 14 \text{ нс/канал} \times 256 \text{ каналов} = 5,1 \text{ мкс}$ .

Таким образом, каждое событие, обусловленное совпадением на схеме СС0, анализируется по пяти измерениям /5-мерное событие/. На АЦП1 преобразовано время между сигналами "Старт" с  $S_1$  по первому сигналу и "Стоп" с  $S_3$  в номер канала ( $T_1$ ), на АЦП2 преобразовано время между сигналами "Старт" с  $S_2$  и "Стоп" с  $S_3$  - ( $T_2$ ), на АЦП3 - время между сигналами "Старт" с  $S_1$  по второму сигналу и "Стоп" с  $S_3$  - ( $T'_1$ ), на АЦП4 преобразованы ионизационные потери в  $0,3 \text{ г/см}^2$  - сцинтилляторе  $S_3$  - счетчика ( $\Delta E$ ) и на АЦП5 - интенсивность черенковского излучения в  $3 \text{ г/см}^2$  радиаторе  $\check{C}$  -счетчика ( $I\check{C}$ ).

На рис. 5 приведена блок-схема мониторинг системы  $M_p$  с двумя пересчетными схемами<sup>9/</sup>: СЧ7 - для счета "рабочих" совпадений ( $M_p$ ) и СЧ8 - для счета случайных совпадений при больших загрузках счетчика  $S_4$  ( $M_p$  сл.). Аналогичную блок-схему имеет мониторинг система  $M_\pi$ .

Модули амплитудно-цифровых преобразователей /АЦП331/ и пересчетных схем /2ДС423/ работают в крейте КАМАК, связанном с ЭВМ.

#### б/ Организация связи установки с БЭСМ-4

Для обмена информацией между установкой и БЭСМ-4 используется однокреитная система КАМАК<sup>10/</sup>. Так как установка не может накапливать многомерные события, а средняя частота поступления таких событий достигает  $5 \text{ кГц}$ , то становится существенной скорость передачи этих событий в ЭВМ.

В системе обмена крейт КАМАК - БЭСМ-4 имеется особенность: БЭСМ-4 оперирует 45-разрядным словом с циклом памяти 8 мкс, в то время как КАМАК имеет длину слова в 24 разряда и цикл  $\sim 1 \text{ мкс}$ .

Для увеличения скорости передачи информации с АЦП в ЭВМ пять восьмиразрядных АЦП скомпонованы так, что они занимают фактически 2 станции крейта, а прием информации с АЦП ведется в групповом режиме опроса соответствующих станций двумя циклами КАМАК за один цикл БЭСМ-4. Переключение станций производится контроллером КБ-603<sup>/11/</sup> автоматически при наличии признака приема информации со станции, введенного в команду CNAF, и при наличии сигнала совпадений со схемы СС0. Таким образом, за 8 мкс после прихода очередного импульса запроса от БЭСМ-4 по линии связи крейт установки - интерфейс БЭСМ-4 передается двумя циклами и формируется в ИКБ-581<sup>/12/</sup> 45-разрядное слово, включающее показания пяти АЦП.

Мертвое время установки  $\leq 14$  мкс/ определяется временем преобразования АЦП и временем считывания со всех АЦП. На это время производится блокировка всей регистрирующей аппаратуры сигналом от ФБИ/имп. БЛ, см. рис. 5/.

Групповой режим опроса двух станций /пяти АЦП/ вводится на время сброса пучка частиц  $\sim 0,5$  с/, а вслед за ним происходит считывание /за 2 мс/ показаний с пересчетных схем и с блока набора констант<sup>/15/</sup>.

#### в/ Программное обеспечение БЭСМ-4 в режиме on-line с установкой

В on-line -программу входят программы накопления и анализа принятой информации. Управление работой программы ведется с установки в режиме диалога экспериментатор - ЭВМ с помощью дисплея ВТ-340<sup>/16/</sup>. Программа анализа позволяет в процессе набора статистики /в паузах между циклами сброса пучка частиц/ выбирать из спектрометрируемых событий события определенного сорта /до 5 сортов одновременно/ в заданных границах пятимерной области  $(T_1, T_2, T_1', \Delta E, I_{\chi})$ . Выбранные события суммируются и выводятся на экран в виде таблиц.

Граничные условия вводятся в программу с дисплея. Для определения этих границ используется вывод на дисплей одномерных и двумерных гистограмм для различных комбинаций из пяти измерений при задании условий по остальным измерениям.

В процессе работы установки на экран дисплея выводятся показания всех пересчетных схем, причем мониторные отсчеты  $M_p$  и  $M_{\pi}$  выводятся за каждый из 16 последних циклов работы ускорителя.

Программа написана в автокоде Ассемблер<sup>/17/</sup>.

#### г/ Анализ событий /характеристики спектрометра/

Используя линейную связь времени пролета вторичных частиц  $t_1$  и  $t_2$ , определим координату Т:

$$T = qT_1 - T_2 + h, \quad /2/$$

по которой события распределены независимо от скорости регистрируемых частиц. Все события, не связанные со случайными сигналами счетчиков, имеют распределение по Т с одним максимумом.

На рис. 7 узкой линией представлен  $T_1$ -спектр событий без граничных условий /канал с импульсом  $P_0 = 0,8$  ГэВ/с для положительных частиц, угол -  $55^\circ$ , мишень - Pb, интенсивность первичного пучка -  $10^{10}$  протонов за цикл сброса/. Стрелками указаны центры распределений по  $T_1$  частиц данного сорта. Ширина этих распределений для частиц  $\beta < 0,7$  определяется импульсным разбросом /см. рис. 4/.

Широкой линией на рис. 7 представлены события, выделенные по условию  $96 \leq T \leq 104$ , где Т определено из /2/ при  $q=0,5$  и  $h=125$  /заметим, что имеется слабая нелинейность в связи между  $t_1(t_2)$  и  $T_1(T_2)$ , соответственно, определяемая интегральной нелинейностью схем АЦП и ВАК/. При этом условия с эффективностью  $\sim 0,95$  исключаются события, связанные со случайными сигналами по любому из счетчиков / $S_1, S_2, S_3$  /.



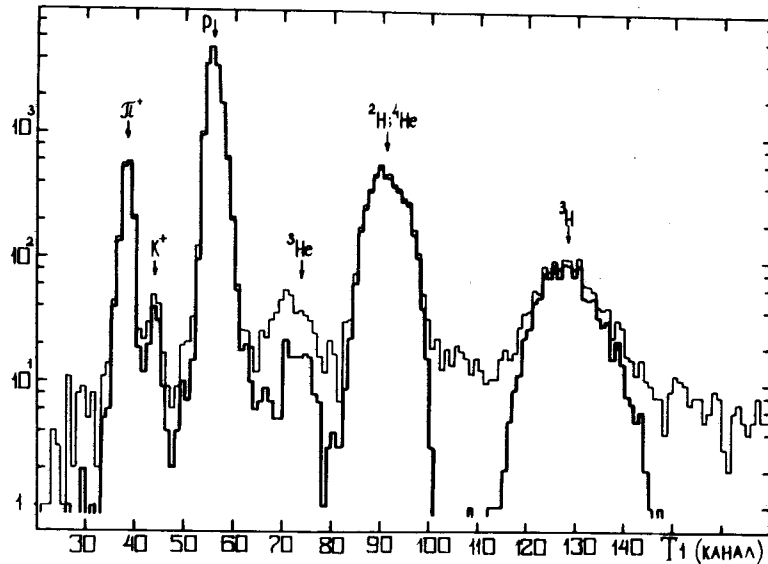


Рис. 7. /Время-пролетные/  $T_1$ -спектры вторичных частиц /импульс  $P_0 = 0,8$  ГэВ/с, угол -  $55^\circ$ , мишень - Pb /1 г/см<sup>2</sup>/: а/ узкой линией - без граничных условий; б/ широкой линией - с условием на плоскости / $T_1, T_2$ /.

Обозначим:  $t_{S1}$  и  $t_{S2}$  - времена прихода старт-сигналов со счетчиков  $S_1$  и  $S_2$  соответственно, на входы ВАКов /рис. 5/,  $t_{S3}$  - время прихода стоп-сигнала со счетчика  $S_3$  на входы этих ВАКов,  $K_1$  и  $K_2$  - коэффициенты преобразования

$$K_1 = \frac{dt_1}{dT_1} = 380 \frac{\text{нс}}{\text{канал}}, \quad K_2 = \frac{dt_2}{dT_2} = 195 \frac{\text{нс}}{\text{канал}} \quad /3/$$

Измеряемые временные величины связаны соотношениями

$$t_1 = t_{S3} - t_{S1} + C_1, \quad t_2 = t_{S3} - t_{S2} + C_2, \quad /4/$$

где  $C_1$  и  $C_2$  - константы.

Распределения событий по  $T_1$  и  $T_2$  для частиц с фиксированной скоростью имеют дисперсии  $\sigma^2[T_1]$  и  $\sigma^2[T_2]$ , связанные с временными флуктуациями сигналов регистрирующей аппаратуры ( $\sigma^2[t_{S1}], \sigma^2[t_{S2}], \sigma^2[t_{S3}]$ ).

Согласно /3/, /4/, /2/ имеем соотношения для дисперсий:

$$\sigma^2[T_1] = \frac{\sigma^2[t_1]}{k_1^2} = \frac{1}{k_1^2} (\sigma^2[t_{S3}] + \sigma^2[t_{S1}]) \quad /5/$$

$$\sigma^2[T_2] = \frac{\sigma^2[t_2]}{k_2^2} = \frac{1}{k_2^2} (\sigma^2[t_{S3}] + \sigma^2[t_{S2}]) \quad /6/$$

$$\sigma^2[T] = \left(\frac{q}{k_1} - \frac{1}{k_2}\right)^2 \sigma^2[t_{S3}] + \frac{q^2}{k_1^2} \sigma^2[t_{S1}] + \frac{1}{k_2^2} \sigma^2[t_{S2}]. \quad /7/$$

Указанные дисперсии являются характеристиками время-пролетного спектрометра и имеют максимальные значения для частиц с  $\beta \approx 1$ .

Для  $\pi^+$  /0,8 ГэВ/с/ найдены значения:  $\sigma[t_1] = 340$  нс,  $\sigma[t_2] = 230$  нс,  $\sigma[T] = 1,16$  канала, откуда следует, согласно системе уравнений /5/, /6/ и /7/,  $\sigma[t_{S1}] = 313$  нс,  $\sigma[t_{S2}] = 189$  нс,  $\sigma[t_{S3}] = 128$  нс. Для качественного объяснения приведенных значений напомним, что толщины сцинтилляторов равны: для счетчика  $S_1$  - 0,8 мм,  $S_2$  - 0,8 мм,  $S_3$  - 3 мм и длины их в направлении от ФЭУ равны: для  $S_1$  - 80 мм,  $S_2$  - 40 мм,  $S_3$  - 50 мм.

Разрешение  $T_1$ -ветви спектрометра по скорости/полуширина распределения на полувысоте/ оценено как

$$\Delta\beta \leq \pm 3 \cdot 10^{-2} \beta^2. \quad /8/$$

Для трития ( $\beta = 0,27$ ) найдено  $\sigma[T] = 0,77$  канала. Из уравнений /5/, /6/ и /7/ следует, что

$$\sigma^2[T] = \frac{q^2}{k_1^2} \sigma^2[t_1] + \frac{1}{k_2^2} \sigma^2[t_2] - \frac{2q}{k_1 k_2} \sigma^2[t_{S3}]. \quad /9/$$

При очевидных условиях:  $0 < \sigma[t_{S3}] < 128 \text{ нс}$ ,  $\sigma[t_{S2}] < \sigma[t_{S1}]$  получаем для трития ( $\beta=0,27$ ) из уравнений /7/ и /9/ оценки:  $\sigma[t_{S2}] < 145 \text{ нс}$ ,  $\sigma[t_2] < 170 \text{ нс}$ .

На рис. 8 и 9 представлены  $\Delta E$  и  $I\check{c}$ -спектры, соответственно, для тех же событий, что и на рис. 7а.

Определим координату  $T\Delta$ :

$$T\Delta = q_1 T_1 + q_2 \Delta E + h_1, \quad /10/$$

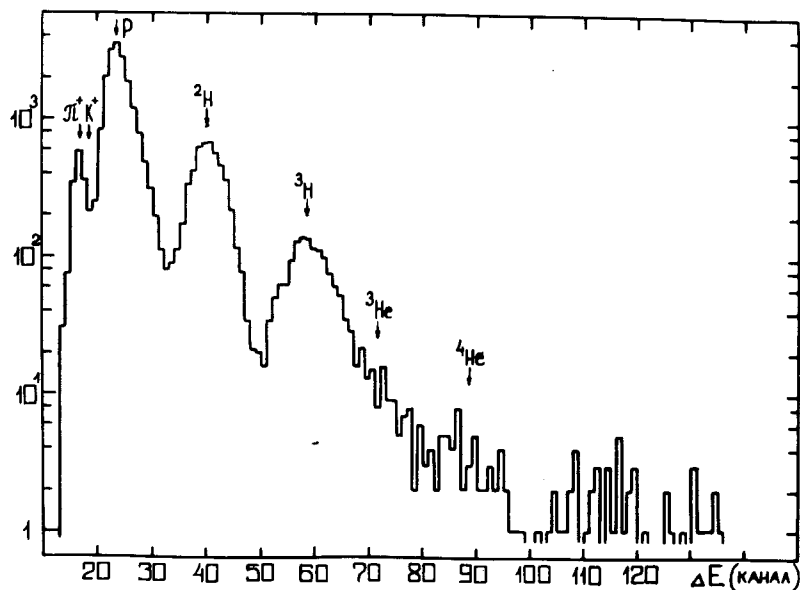


Рис. 8. /Ионизационный/  $\Delta E$ -спектр частиц /тех же, что на рис. 7а/ без граничных условий.

в которой все события, не связанные со случайными сигналами, разделены по заряду и в первом приближении не различаются по скорости.

На рис. 10а,б показаны  $T_1$ -спектры однозарядных частиц /из событий, представленных на рис. 7б/, разделенных условием:

а/  $I\check{c} > 119$  канала ( $\pi^+$ ), б/  $I\check{c} < 117$  канала ( $K^+$ ,  $P...$ ).

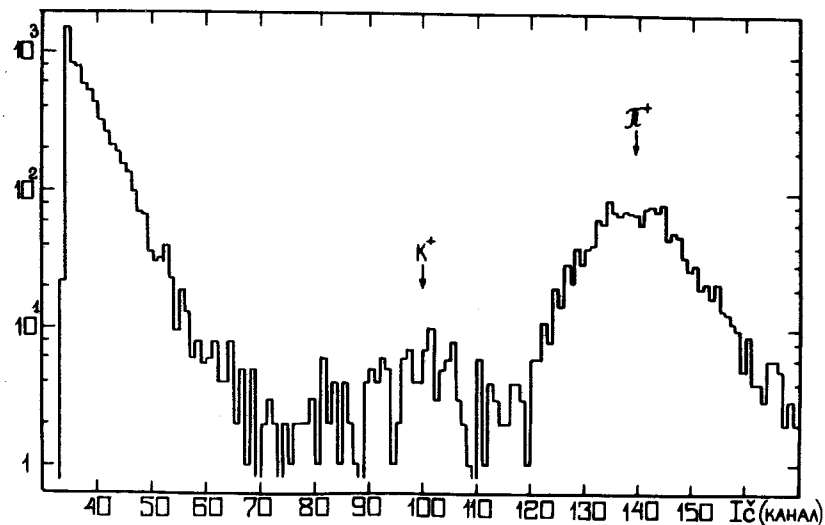


Рис. 9. /Черенковский/  $I\check{c}$ -спектр частиц /тех же, что на рис. 7а/ без граничных условий.

На второй гистограмме  $\pi^+$  подавлены с эффективностью 0,98 /что важно для выделения  $K^+$ /, а на первой - протоны подавлены с эффективностью 0,998.

Распределение  $\pi^+$  по  $I\check{c}$  /рис. 9/ имеет дисперсию  $\sigma[I\check{c}] = 8,3$  канала, что соответствует разрешению  $\check{C}$ -счетчика по скорости  $\Delta\beta/\beta = \pm 5 \cdot 10^{-2}$ .

На рис. 10в представлен  $T\Delta$ -спектр дейтронов и  $^4\text{He}$  /из событий, представленных на рис. 7б/, выделенных по  $T_1$  ( $84 \leq T_1 \leq 100$ ), где  $T\Delta$  определено из /4/ при  $q_1 = -0,25$ ,  $q_2 = 0,518$ ,  $h_1 = 69,25$ . Условие  $I\check{c} > 45$ , наложенное на события из рис. 10в, слабо влияет на  $^4\text{He}$ , но подавляет дейтроны /см. рис. 10г/. Это связано с высокой эффективностью регистрации  $^4\text{He}$   $\check{C}$ -счетчиком за счет сцинтилляций в радиаторе.

На рис. 11 узкой линией представлен  $T$ -спектр частиц, выделенных по  $\Delta E$  как протоны /канал с импульсом  $P_0 = 0,7 \text{ ГэВ/с}$ , угол -  $180^\circ$ , мишень -  $\text{Pb}$ , интенсивность первичного пучка -  $4 \cdot 10^{10}$  протонов за цикл сброса/. Увеличение загрузок счетчиков, особенно  $S_1$ -счетчика / $\sim 10^5$  сигналов за цикл сброса/, сказалось

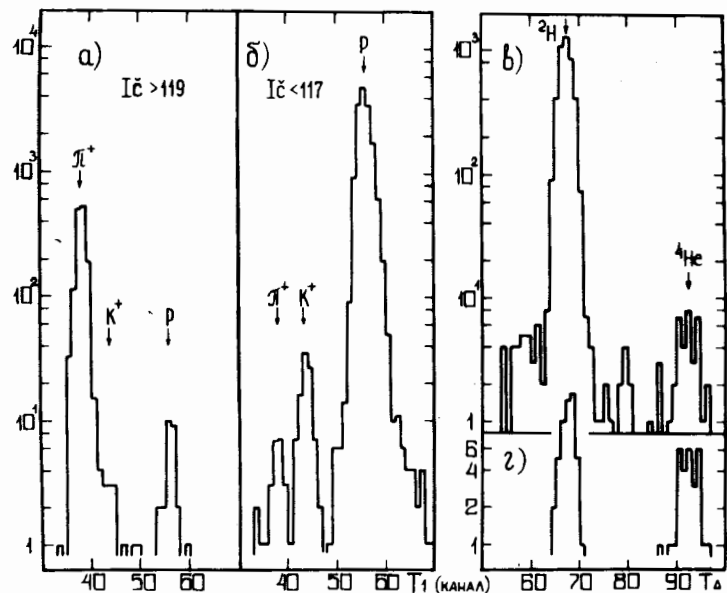


Рис. 10. Спектры частиц /из тех, что на рис. 76//: а/  $T_1$  - спектр с условием  $I_c > 119$  канала; б/  $T_1$  - спектр с условием  $I_c < 117$  канала; в/  $T_\Delta$  - спектр частиц, выделенных по  $T_1$  как дейтроны и  ${}^4\text{He}$  / $84 \leq T_1 \leq 100$ /; г/  $T_\Delta$  - спектр событий из в/ с условием  $I_c > 45$ .

на увеличении числа событий, связанных со случайными. Среди этих событий имеются протоны, выброшенные из пика /98 канал/ в большие каналы случайными сигналами, пришедшими на  $S_1$  раньше протонов и давшими старт-сигнал. Если такое опережение превышает 20 нс, то срабатывает схема ССЗ /см. рис. 5 и б/ от второго сигнала с  $S_1$  и на  $T_1'$  - спектре накапливается пик протонов, "потерянных" по  $T_1$ . Спектр этих "потерянных" протонов, выделенных по  $T_1'$ -координате, представлен на рис. 11 широкой линией. В 106 канале находится пик протонов, выброшенных из основного пика формирователем - влияние большой загрузки на старт-сигнал с ФСП /см. рис. 5/.

Подводя итог анализу событий, можно заключить, что время-пролетная спектрометрия ( $T_1, T_2, T_1'$ ) в описанной установке является основным методом разде-

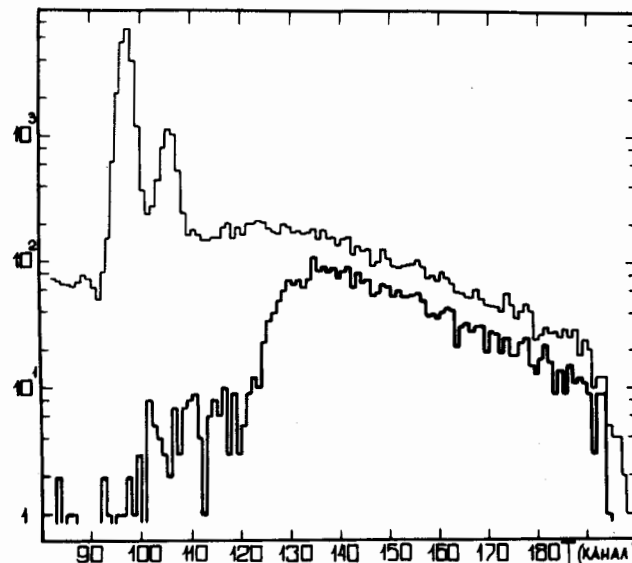


Рис. 11.  $T$  - спектры событий, выделенных по  $\Delta E$  как протоны, /импульс  $P_0 = 0,7 \text{ ГэВ/с}$ , угол -  $180^\circ$  мишень -  $\text{Pb} / 2 \text{ г/см}^2$ //: а/ узкой линией - без дополнительных условий; б/ широкой линией - с условием по  $T_1'$  для протонов.

ления частиц по скорости в широком диапазоне скоростей ( $\beta > 0,16$ ). Обладая высокой разрешающей способностью, этот метод эффективно работает в условиях большой фоновой загрузки счетчиков.

Использование спектрометрии по ионизационным потерям и по черенковскому излучению / $\Delta E$  и  $I_c$  / позволяет проводить идентификацию частиц, прошедших анализ в магнитном поле, по заряду ( $Z$ ) и по скорости в импульсном диапазоне установки / $P_0 \leq 2 \cdot Z \text{ ГэВ/с}$  /.

Использование 5-мерного анализа / $T_1, T_2, T_1', \Delta E, I_c$  / дает возможность разделять частицы с высокой степенью подавления "фоновых" частиц и случайных событий и позволяет получать величину эффективности граничных условий, необходимую для расчета сечений изучаемых процессов.

Авторы благодарят О.Ю.Кульпину, В.Г.Перевозчикову, В.Л.Свалова, М.Н.Шкобину, принимавших участие в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Балдин А.М. ОИЯИ, Р7-5769, Дубна, 1971. Краткие сообщения по физике №1, АН СССР, М., 1971, с.35.
2. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, Р1-8028, Дубна, 1974.
3. Голованов Л.Б. и др. ОИЯИ, Р8-10284, Дубна, 1977.
4. Миллер В.В. ПТЭ, 1964, 6, с.3.
5. Козодаев М.С., Тяпкин А.А. ПТЭ, 1956, 1, с.21.
6. Басиладзе С.Г., Юдин В.К. ОИЯИ, Р13-10016, Дубна, 1976.
7. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, Р13-6382, Дубна, 1972.
8. Басиладзе С.Г., Маньяков П.К. ОИЯИ, Р13-7387, Дубна, 1973.
9. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, Р10-9520, Дубна, 1976.
10. Коба Т. и др. ОИЯИ, Р10-8739, Дубна, 1975.
11. Коба Т., Сусова Г.М. ОИЯИ, Р10-8484, Дубна, 1974.
12. Коба Т., Сусова Г.М. ОИЯИ, Р10-8483, Дубна, 1974.
13. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, Р13-6383, Дубна, 1972.
14. Ондриш Л. и др. ОИЯИ, Р13-5377, Дубна, 1970.
15. Арефьев В.А. и др. ОИЯИ, Р10-7326, Дубна, 1973.
16. Ефимов Л.Т. и др. ОИЯИ, Р10-8833, Дубна, 1975.
17. Загинайко В.А., Силин И.Н. Депонированная публикация ОИЯИ, Б1-11-4514, Дубна, 1968.
18. Cumming J.V. Ann.Rev.Nucl.Sci., 1963, 13, p.261.
19. Charalambus St. e.a. Preprint CERN/D1/HP90, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел  
10 февраля 1978 года.