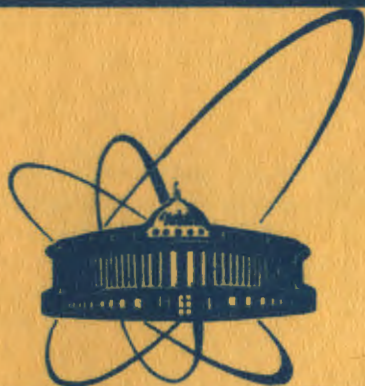


9/IV-84



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

1793/84

1-83-910

**А.Н.Алеев, В.А.Арефьев, В.П.Баландин,
В.К.Бирулев, А.С.Вовенко, Т.С.Григалашвили,
Б.Н.Гуськов, И.Н.Какурин, Д.А.Кириллов,
И.Г.Косарев, В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин,
М.Ф.Лихачев, А.Н.Максимов, А.Н.Морозов,
И.А.Савин, В.Е.Симонов, Ю.С.Ходырев***

**КАНАЛ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ 4Н
СЕРПУХОВСКОГО УСКОРИТЕЛЯ**

* Институт физики высоких энергий, Серпухов

1983

Канал нейтральных частиц 4Н ускорителя ИФВЭ на энергию 70 ГэВ показан на рис.1. Выбор трассы канала определялся условиями его совместимости с действующими каналами заряженных частиц в экспериментальном зале и необходимостью получения с внутренней мишени ускорителя интенсивного пучка нейтральных частиц со средней энергией, близкой к максимально возможной.

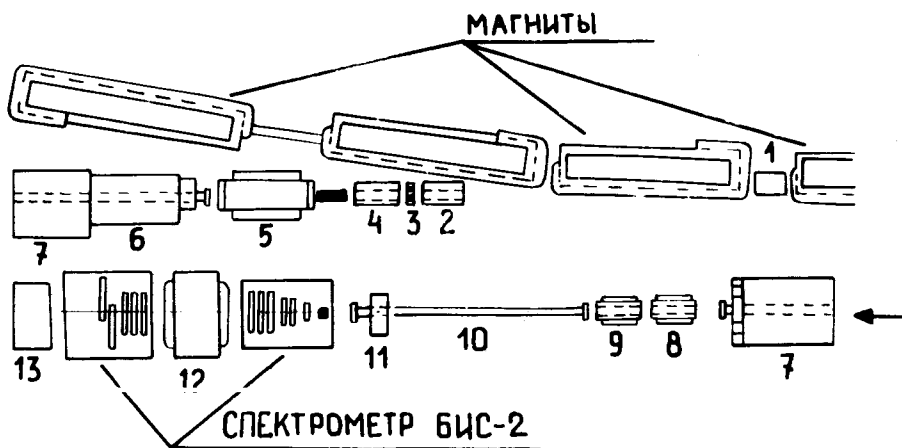


Рис.1. Схема канала 4Н серпуховского ускорителя: 1 - внутренняя бериллиевая мишень; 2,4,8,9 - коллиматоры K_1, K_2, K_3, K_4 ; 3 - γ -фильтр; 5 - очищающий магнит СП-129 /М₁/; 6,7 - стальная и бетонная защита; 10 - вакуумный ионопровод; 11 - магнит СП-94; 12 - спектрометрический магнит СП-40А; 13 - бетонная пробка.

Основными характеристиками пучка нейтральных частиц являются его состав, энергетический спектр и интенсивность. Эти характеристики /при заданной энергии и интенсивности ускоренных протонов, падающих на внутреннюю мишень/ существенно зависят от угла вывода пучка нейтральных частиц, то есть угла между касательной к равновесной орбите ускоренных протонов в месте падения их на внутреннюю мишень и осью канала. Угол вывода в канале 4Н равен 13,3 мрад. Специальным подбором конфигурации локальных искажений реальной орбиты ускоренных протонов в процессе их наведения на мишень угол вывода можно изменять в пределах от 8 до 15 мрад, что позволяет варьировать основные характеристики пучка. На

достаточно большом расстоянии от внутренней мишени нейтральный пучок состоит в основном из нейтронов, K_L^0 -мезонов и γ -квантов. Используя такой пучок, можно решать широкий круг задач, связанных с исследованием адрон-адронного рождения и распада нестабильных частиц. При соответствующем подавлении нейтронов в пучке γ -квантов можно изучать фоторождение адронов на нуклонах и ядрах. А при угле вывода 15 мрад пучок нейтральных частиц является оптимальным для исследования процессов, вызванных долгоживущими K_L^0 -мезонами.

Канал $4H$ условно делится на две части: головную - формирующую и измерительную, описанные ниже. Отдельный раздел данной работы содержит описание основных характеристик пучка.

Источником частиц в канале является внутренняя мишень в камере ускорителя. Обычно используется бериллиевая проволочка диаметром 0,2 см и длиной 2 см. Из вакуумной камеры ускорителя нейтральные частицы входят в канал через гофрированную стальную стенку толщиной 70 мкм и высотой 0,7 см. Толщина вещества на пути частиц пучка составляет $39 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$.

ФОРМИРУЮЩАЯ ЧАСТЬ КАНАЛА

Формирование пучка нейтральных частиц /нейтронов и K_L^0 -мезонов/ осуществляется системой соосных латунных коллиматоров K_1 , K_2 , K_3 и K_4 , вмонтированных в свинцовые или стальные блоки. Они обеспечивают горизонтальную и вертикальную теоретические расходимости 0,68 мрад и 1,16 мрад соответственно. В таблице приведены размеры элементов канала и координаты их центров относительно центра спектрометрического магнита СП-40А установки БИС-2^{1/1}, размещенной в этом канале.

В головной части канала с помощью магнитного поля ускорителя происходит "очистка" пучка от заряженных частиц. Для изменения интенсивности γ -квантов высоких энергий между коллиматорами K_1 и K_2 установлен γ -фильтр, который содержит набор свинцовых цилиндров диаметром 7 см, толщина которых может изменяться дистанционно в пределах от 0 до 20 см. Заряженные частицы, образовавшиеся при взаимодействии γ -квантов со свинцом, отклоняются от пучка магнитом СП-129 /M1/.

Между коллиматором K_2 и магнитом M1 находится пучковый затвор - дистанционно передвигаемый свинцовый блок длиной по пучку 150 см.

Трасса пучка между магнитом M1 и коллиматором K_3 проходит в ионопроводе, который расположен в стальной стене толщиной 1400 см, защищающей канал от высокоэнергетических частиц со стороны ускорителя и параллельно работающих мишеней соседних каналов. От коллиматора K_4 до измерительной части канала пучок проходит в вакуумном ионопроводе.

Таблица

Геометрические характеристики элементов канала $4H$ и их размещение относительно центра магнита СП-40А

Название элемента	Длина (ℓ) элемента, см	Расстояние от центра магнита СП-40А до центра элемента (ℓ_0), см	Поперечные размеры элементов канала, ϕ /см/, $X \times Y$ /см ² /	X и Y	
				при $z = \ell_0 - \ell/2$	при $z = \ell_0 + \ell/2$
1. Внутренняя мишень	2	-6734	ϕ 0,2	ϕ 0,2	X и Y
2. Коллиматор K_1	147	-4949	1,51x2,39	1,61x2,57	
3. γ -фильтр	0-20	-4854	ϕ 7	ϕ 7	
4. Коллиматор K_2	200	-4720	1,65x2,64	1,8x2,9	
5. Пучковый затвор	150	-4500	10x10	10x20	
6. Магнит СП-129	400	-4185	35x10	35x10	
7. Ионопровод в стальной защите	1400	-3238	ϕ 9	ϕ 9	
8. Коллиматор K_3	250	-2310	3,3x5,56	3,47x5,85	
9. Коллиматор K_4	250	-2040	3,51x5,92	3,68x6,21	
10. Ионопровод	1320	-1260	ϕ 10	ϕ 10	
11. Магнит СП-94	130	-750	30x13	30x13	
12. Магнит СП-40А	150	0	100x28	100x28	

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ КАНАЛА

В измерительной части канала размещается аппаратура экспериментальной установки бесфильмового спектрометра БИС-2, в состав которого входят /см. рис.2/:

- спектрометрические магниты СП-40А и СП-94;
- пропорциональные камеры /ПК/;
- сцинтилляционные счетчики /Г1, Г2, Г3, \bar{A} /;
- детекторы γ -квантов и электронов /ЧСПП/;
- телескоп для мониторинга пучка (MN);
- мишень (М).

Рис.2. Блок-схема аппаратуры БИС-2.

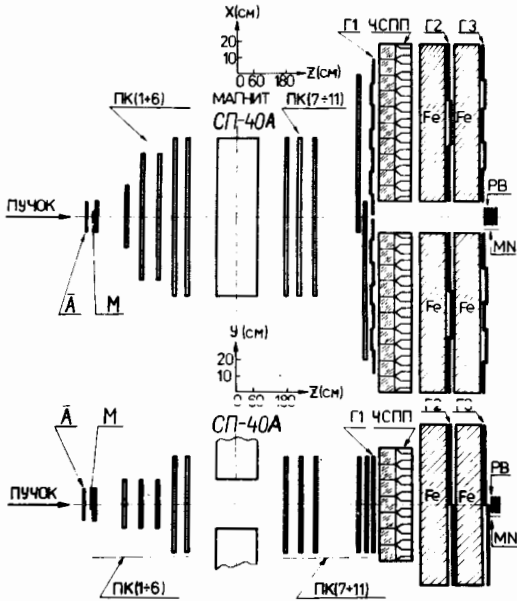
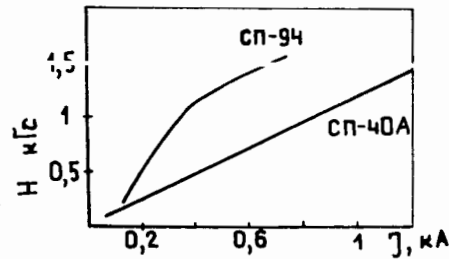


Рис.3. Кривые намагничивания магнитов СП-40А и СП-94.



Спектрометр работает на линии с ЭВМ ЕС-1040. Описание основных элементов спектрометра БИС-2 и его физические характеристики приведены в работе ^{1/}. Спектрометрические магниты СП-40А и СП-94 ^{2/} имеют эффективные длины магнитного поля 204 и 144 см соответственно. Кривые намагничивания для этих магнитов представлены на рис.3.

Для определения величины потока нейтронов, контроля таких характеристик пучка, как интенсивность, длительность растяжки, равномерность сброса и т.п., а также контроля работы отдельных узлов спектрометра служит нейтронный монитор. Он состоит из трех круглых сцинтилляционных счетчиков. Диаметр каждого счетчика 12 см и толщина 1 см. Между первым и вторым счетчиками размещена свинцовая пластина толщиной 0,4 см. Первый счетчик (А1) включен на антисовпадение, два других /С₁ и С₂/ - на сов-

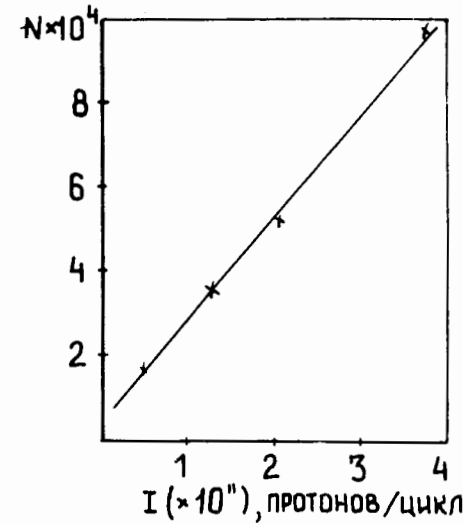


Рис.4. Зависимость счета нейтронного монитора от числа сбрасываемых на внутреннюю мишень протонов.

падению. Поток нейтронов в пучке оценивается на основе соотношения

$$N = \Pi \cdot (\bar{A}_1 / l_{01} + l_2 / l_{02}),$$

где \bar{N} - число срабатываний монитора $\bar{A}_1 \cdot C_1 \cdot C_2$, Π - поток нейтронов, l_1 - толщина свинцовой пластины, l_2 - неэффективная толщина сцинтиллятора счетчика (\bar{A}_1), l_{01} и l_{02} - ядерные длины свинца и пластикового сцинтиллятора.

Типичная величина отношения числа нейтронов, регистрируемых монитором, к числу нейтронов, падающих на мишень, - 2,1%. Зависимость счета нейтронного монитора от интенсивности сбрасываемых на внутреннюю мишень протонов приведена на рис.4.

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕЙТРОННОГО ПУЧКА

С помощью установки БИС-2 на канале 4Н изучены импульсные спектры нейтронов, γ -квантов и фоновых заряженных частиц ^{3/}, а также геометрические характеристики пучка: профиль и расходимость в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Импульсный спектр γ -квантов определен по конверсии γ -квантов на ядрах углерода в электрон-позитронную пару, регистрируемую спектрометром. Импульсный спектр γ -квантов /в отсутствие на пучке γ -фильтра/ показан на рис.5.

Импульсный спектр /в/ нейтронов /рис.6/ определен путем усреднения двух спектров: расчетного /б/, вычисленного на основе "Атласа спектров рожденных частиц" ^{4/}, и экспериментального спектра /а/, полученного при анализе реакции $nC^{12} \rightarrow h^+ X$ /спектрометром регистрируется только одна положительная частица h^+ /. Максимум усредненного спектра составляет ~42 ГэВ/с, полуширина на полувысоте - 15 ГэВ/с.

Импульсные спектры заряженных фоновых частиц показаны на рис.7: а/ для положительно и б/ отрицательно заряженных частиц. Доля фоновых заряженных частиц в пучке нейтронов составляет около 2%.

Горизонтальный и вертикальный профили пучка нейтронов были получены с помощью пропорциональной камеры ПК-10, расположенной

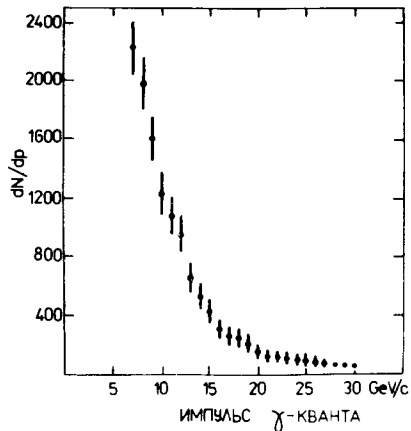
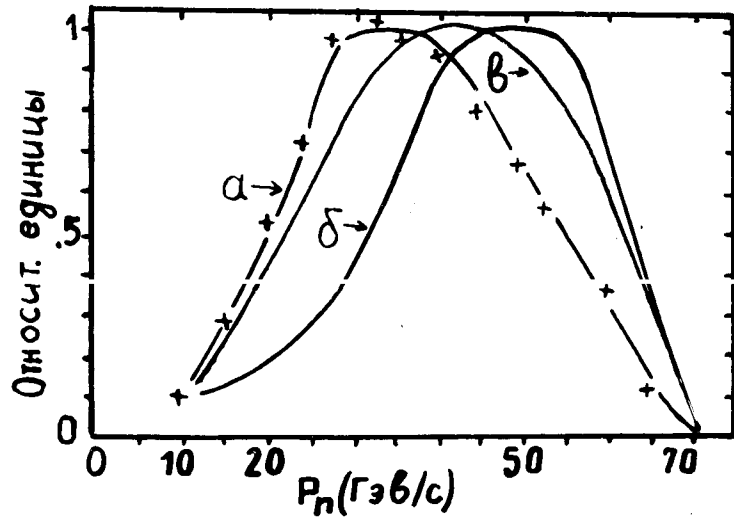


Рис.5. Импульсный спектр γ -квантов.

Рис.6. Импульсный спектр нейтронов.



за спектрометрическим магнитом СП-40А, интеграл остаточного поля которого во время измерений не превышал 1 Гс·м. В качестве мишени перед ПК-10 была помещена полиэтиленовая пластина толщиной по пучку 6 см и с поперечными размерами, заведомо большими, чем сечение пучка. Сигнал запуска спектрометра вырабатывался, если в полиэтиленовой мишени рождалась одна заряженная частица, которая затем проходила через все пропорциональные камеры установки, расположенные за СП-40А, и сцинтилляционный годоскоп Г1. Сигналы счетчика \bar{A} запрещали запуск установки при прохождении заряженных частиц пучка. На рис.8 показан профиль пучка нейтронов в плоскости ПК-10, которая имеет Z-координату относительно центра спектрометрического магнита СП-40А $Z = 359,8$ см. Полная

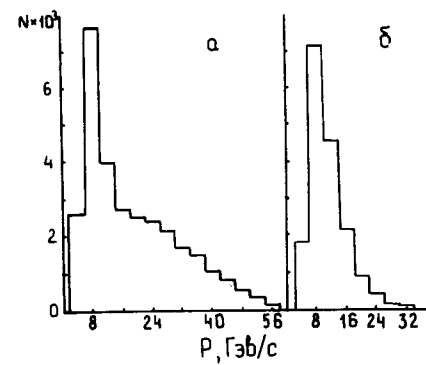
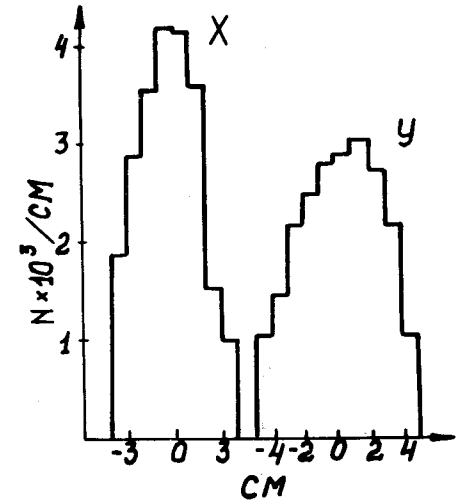


Рис.7. Импульсный спектр фоновых заряженных частиц: а/ для положительно и б/ отрицательно заряженных частиц.

Рис.8. Профиль пучка нейтронов.



ширина пучка на полувысоте равна 50 мм по горизонтали и 80 мм по вертикали. Теоретические значения этих величин для той же Z-координаты - соответственно 48 и 82 мм. Горизонтальная и вертикальная расходимости пучка, определенные на основе экспериментально полученного профиля пучка и вычисленного теоретически, совпадают.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На ускорителе ИФВЭ на энергию 70 ГэВ спроектирован, создан и действует канал 4Н, в котором сформирован пучок нейтронов. В этом пучке в течение ряда лет с помощью спектрометров БИС-1, БИС-2 успешно выполнялись эксперименты по поиску очарованных частиц и узких барионных резонансов в адрон-адронных взаимодействиях^{15-13/}.

Пучок нейтронов имеет следующие характеристики:

- | | |
|--------------------------------|---|
| угол вывода пучка | - 13,3 мрад / 8 ± 15 мрад/; |
| средняя энергия нейтронов | - 42 ГэВ; |
| интенсивность | - $10^6 - 10^7$ нейтр. за цикл; |
| примесь заряженных частиц | - 2%; |
| размер пучка на входе в мишень | - 44 мм по горизонтали,
71 мм по вертикали; |
| расходимость пучка | - 0,680 мрад по горизонтали;
1,16 мрад по вертикали. |

Авторы признательны А.А.Логунову, А.М.Балдину, Л.Д.Соловьеву, М.И.Соловьеву за поддержку научной программы исследований в пучке нейтральных частиц ускорителя ИФВЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-644, Дубна, 1980.
2. Аверьянов Ю.М. и др. ОИЯИ, БЗ-10-9590, Дубна, 1976.
3. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, 1-81-67, Дубна, 1981.
4. Grot H. et al. Atlas of Particle Production Spectra. CERN, Geneva, 1970.
5. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, P1-11516, Дубна, 1978; ЯФ, 1978, 28, с.663.
6. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, P1-11838, Дубна, 1978; ЯФ, 1979, 29, с.94.
7. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, E1-80-726, Дубна, 1980; ЯФ, 1981, 28, с.386.
8. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, P1-81-165, Дубна, 1981.
9. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, P1-81-693, Дубна, 1981; ЯФ, 1982, 35, с.1175.
10. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, E1-82-116, Дубна, 1982.
11. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, P1-82-343, Дубна, 1982.
12. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, P1-82-353, Дубна, 1982; PHE 82-7, ИФВЭ АН ГДР, Берлин-Цойтен, 1982.
13. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, P1-82-360, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 декабря 1983 года.

Алеев А.Н. и др. 1-83-910
Канал нейтральных частиц $4N$ серпуховского ускорителя

Описан созданный на серпуховском ускорителе канал нейтральных частиц $4N$, предназначенный для получения пучка нейтронов высоких энергий. Пучок нейтронов имеет следующие характеристики: средняя энергия нейтронов $/40 \pm 5/$ ГэВ, интенсивность около 10^6 нейтронов за цикл на 10^{11} протонов, сбрасываемых на внутреннюю мишень, примесь заряженных частиц около 2%, размеры пучка - 50 мм по горизонтали, 60 мм по вертикали/вблизи мишени спектрометра БИС-2/. В этом пучке в течение ряда лет с помощью спектрометров БИС-1, БИС-2 успешно выполнялись эксперименты по поиску очарованных частиц и узких барионных резонансов в адрон-адронных взаимодействиях.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Aleev A.N. et al. 1-83-910
Neutral Particle $4N$ Channel of Serpukhov Accelerator

$4N$ channel of neutral particles created at Serpukhov accelerator is described. The channel is intended for high energy neutron beam production. The neutron beam has the following characteristics: average neutron energy is (40 ± 5) GeV, intensity - approx. 10^6 neutrons/cycle over 10^{11} protons striking onto internal target, impurity of charge particles - about 2%, beam dimensions - 50 mm horizontally, 60 mm vertically (in the region of BIS-2 spectrometer). The experiments on the search for charmed particles and narrow baryon resonances in hadron-hadron interactions have been successfully performed in this beam during several years by means of BIS-1, BIS-2 spectrometers.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой