

СТРУКТУРА И РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛОВ ЧАСТИЦ УНК

В.В.Аммосов, В.В.Васильев, В.И.Гаркуша, С.П.Денисов, А.М.Зайцев, М.М.Зайцев,
В.Г.Заручейский, В.П.Карташев, В.И.Котов, В.Н.Лебедев, Н.В.Мохов,
Ф.Н.Новоскольцев, Р.А.Рзаев, В.П.Сахаров, Б.А.Серебряков, Н.Е.Тюрин, Ю.С.Ходырев

Институт физики высоких энергий

Серпухов, 142284

Аннотация

Развитие исследований в области физики высоких энергий в ИФВЭ связывается с сооружением ускорительно-накопительного комплекса (УНК) с энергией ускоренных протонов 3000 ГэВ и интенсивностью $6 \cdot 10^{14}$ протонов за цикл I . Планируемая экспериментальная база УНК, состоящая из адронной и нейтринной экспериментальных зон, изображена на рис.1. Проектирование экспериментальной базы выполнялось с учетом рельефа местности, данных геологических исследований, радиационной обстановки и проблемы охраны окружающей среды ².

Для организации каналов частиц УНК предполагается осуществить медленный (длитель-

ность 40 сек) и совмещенный с ним быстрый (через каждые 4 сек) выходы протонного пучка из ускорителя при длительности цикла ускорения 120 сек. При этом медленно выведенный протонный пучок предназначен для обеих экспериментальных зон, а быстро выведенный протонный пучок - для нейтринной экспериментальной зоны.

Транспортировка и деление протонного пучка

Выведенный из ускорителя протонный пучок поднимается на угол 2,2 мрад и транспортируется до станции деления DC1, где медленно выведенный протонный пучок делится на две части, одна из которых предназначена для организации адронной зоны, а другая - нейт-

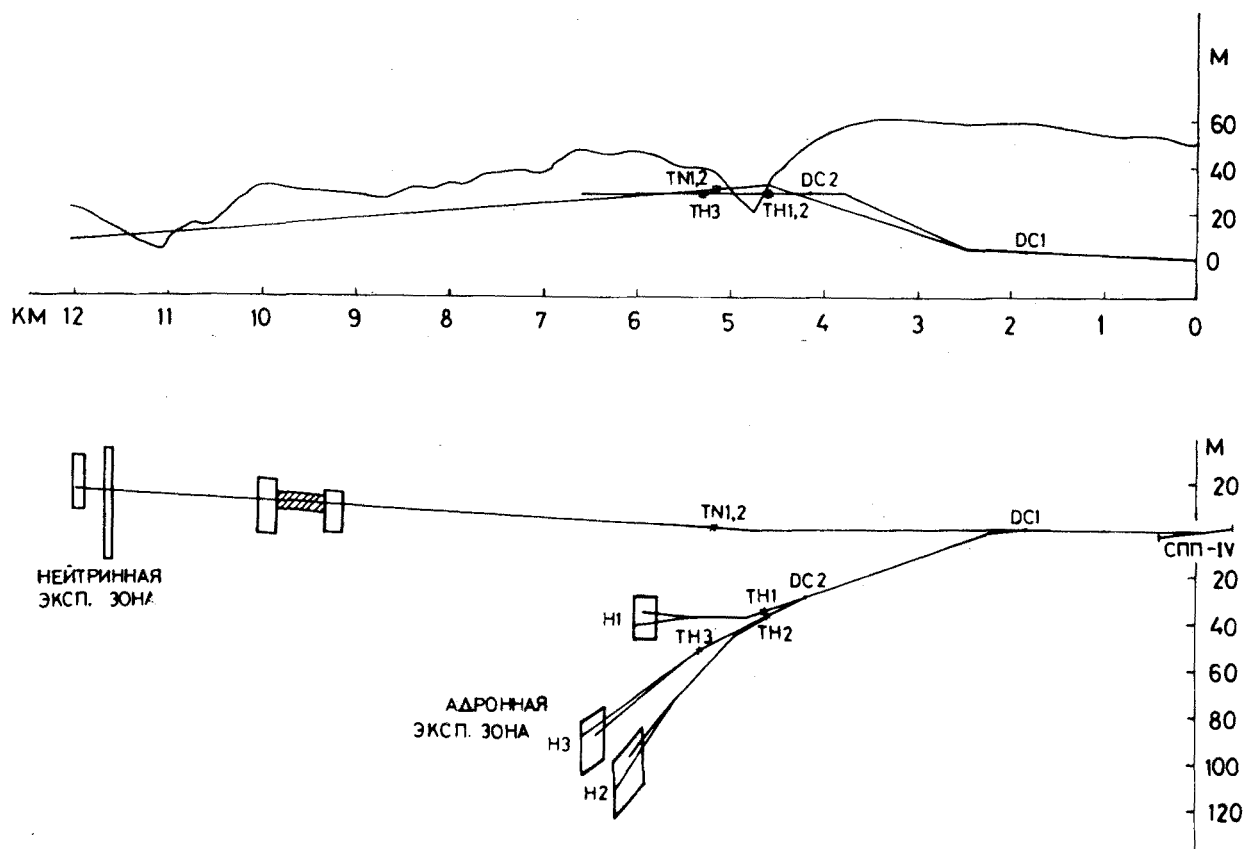


Рис.1. Общий план размещения каналов частиц УНК и экспериментальных залов

ринной зоны. Быстро выведенный протонный пучок целиком пропускается через станцию деления в направлении нейтринной зоны.

Протонный пучок для адронной зоны отклоняется в горизонтальной плоскости на угол 14 мрад и поднимается на поверхность с углом подъема 17,2 мрад. После подъема протонный пучок еще раз делится на две части (станция деления ДС2), которые направляются на мишени ТН1 и ТН2, расположенные в мишенном зале с размерами 18х160 м².

Протонный пучок, предназначенный для нейтринной зоны, поднимается на поверхность с углом подъема 11,7 мрад и направляется в зависимости от режима работы либо на мишень ТН1, либо на мишень ТН2. Размеры мишенного зала нейтринной зоны составляют 12х200 м².

Транспортировка протонного пучка до первой станции деления и на участках подъема к мишенным залам осуществляется периодической системой из квадрупольных линз, период структуры которой составляет 270 м.

Адронная зона

В соответствии с предложениями экспериментов в адронной зоне УНК предполагается создание достаточно полного спектра пучков частиц: адронные пучки умеренной и высокой интенсивности, пучки электронов и γ -квантов ($\pi^0 \rightarrow 2\gamma$, $\gamma \rightarrow e^+e^-$); пучок поляризованных протонов или антипротонов ($\Lambda \rightarrow p\pi^-$, $\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\pi^+$) и пучок гиперонов.

Мишень ТН1 используется для организации канала Н1. С мишени ТН2 отбираются вторичные частицы в направлении канала Н2, а непроизводительный пучок протонов транспортиру-

ется на мишень ТН3. Мишень ТН3, расположенная в мишенном зале с размерами 12х120 м², предназначена для организации двух каналов НЗА и НЗВ. Основные характеристики каналов Н1 – НЗ приведены в табл. I.

Канал Н1, оптическая схема которого приведена на рис.2а, предназначен для формирования высокоинтенсивных пучков адронов и электронов на две поочередно работающие физические установки, расположенные в экспериментальном зале № 1 с размерами 18х240 м². Размещая в начале зала мишень, на которую по каналу Н1 предполагается транспортировать первичный протонный пучок, можно организовать короткий (80–100 м) гиперонный канал, принципиальная схема которого обсуждалась в работе ³. Типичная интенсивность формируемого в таком канале пучка Σ -гиперонов будет составлять $3 \cdot 10^7$ част/с.

Канал Н2 (рис.2б) предназначен для формирования пучков умеренной интенсивности в экспериментальный зал № 2 с размерами 24 х 300 м², в котором предполагается разместить две поочередно работающие физические установки. Большие углы поворотов в канале, а также использование сверхпроводящих магнитных элементов обуславливают значительные потери энергии на излучение при формировании электронных пучков, максимально возможный импульс которых не превышает 1100 ГэВ/с.

Каналы НЗА и НЗВ, имеющие общую головную часть, обеспечивают пучками две поочередно работающие установки, расположенные в экспериментальном зале № 3 с размерами 24х240 м². Оптическая схема канала НЗА (рис.2в) оптими-

Таблица I

Канал	Н1	Н2	НЗА	НЗВ
Длина, м	1260	1265	1070	1000
Акцептанс, мкстер	0,50	0,25	0,10	0,35
Максимальный импульс, ГэВ/с	3000	3000	2400	3000
Максимальный импульс для пучков положительно заряженных вторичных частиц, ГэВ/с	1500	1800	1100	1100
Выделяемый импульсный интервал ($\Delta p/p$) _{min}	±1,5%	±1,0%	±0,7%	±2,5%
($\Delta p/p$) _{max}	±9,0%	±4,0%	±15,0%	±8,0%

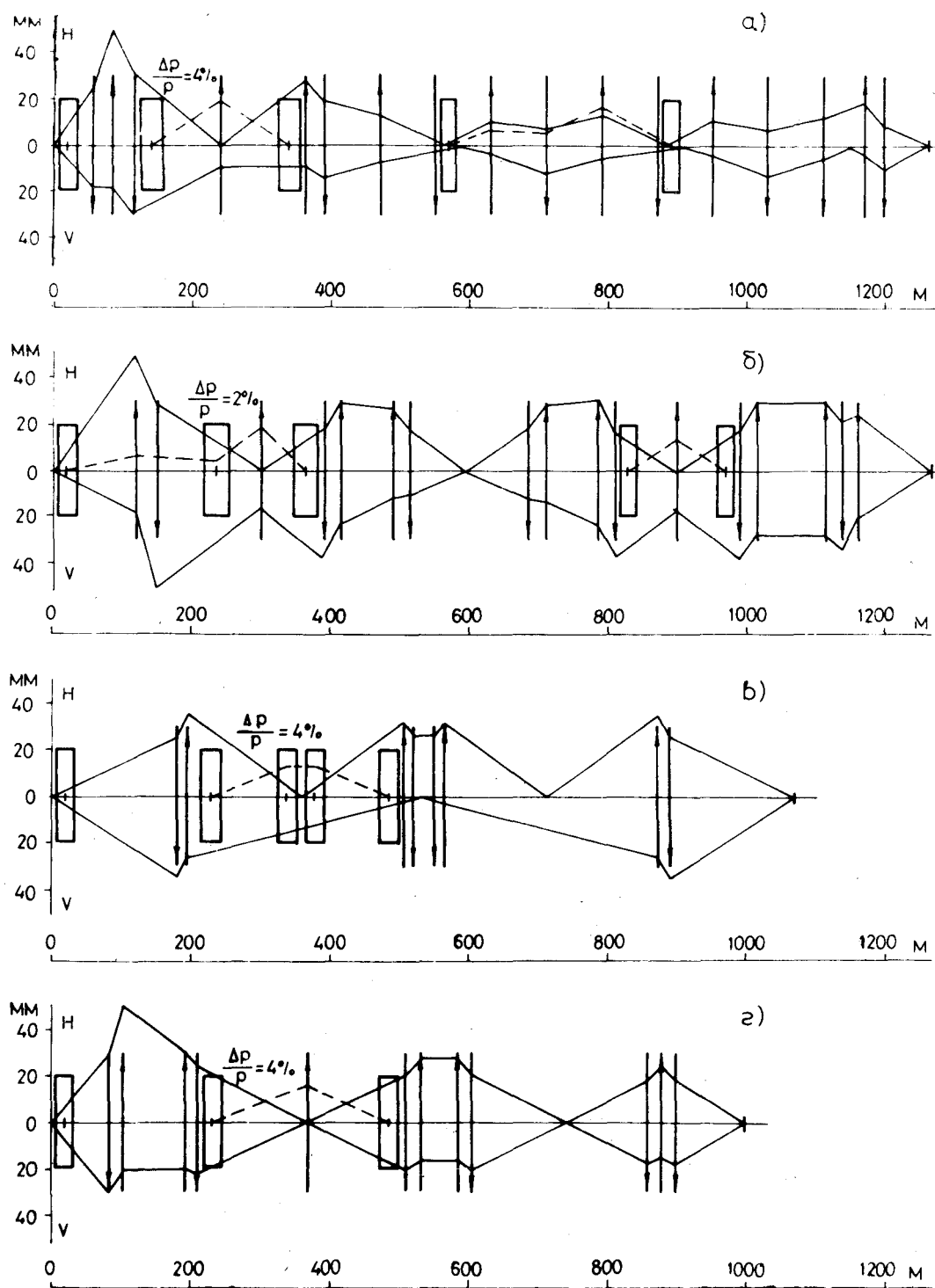


Рис.2. Оптические схемы каналов частиц адронной экспериментальной зоны:
а) - Н1, б) - Н2, в) - НЗА и г) - НЗВ. Сплошные линии - ход лучей в горизонтальной и вертикальной плоскостях, пунктирные - дисперсия

Таблица 2

Канал	Импульс, ГэВ/с	π^+	K^+	π^-	K^-	e^-
Н1	500	$2,8 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^9$	$2,0 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^9$	$3,9 \cdot 10^9$
	1000	$3,4 \cdot 10^{10}$	$3,6 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^9$	$6,6 \cdot 10^8$
	1500	$1,6 \cdot 10^{10}$	$2,4 \cdot 10^9$	$7,9 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^8$	$3,3 \cdot 10^7$
	2000	-	-	$1,9 \cdot 10^9$	$4,0 \cdot 10^7$	-
	2500	-	-	$1,3 \cdot 10^8$	$7,0 \cdot 10^5$	-
Н2*)	500	$1,9 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^9$	$7,2 \cdot 10^7$	$9,7 \cdot 10^8$
	1000	$2,9 \cdot 10^9$	$2,9 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^9$	$6,3 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^7$
	1500	$1,9 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^8$	$5,2 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^7$	-
	2000	-	-	$1,4 \cdot 10^8$	$2,8 \cdot 10^6$	-
	2500	-	-	$1,0 \cdot 10^7$	$5,5 \cdot 10^4$	-
Н3А	500	$5,7 \cdot 10^9$	$4,5 \cdot 10^8$	$5,6 \cdot 10^9$	$3,6 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^9$
	1000	$5,9 \cdot 10^9$	$5,8 \cdot 10^8$	$5,0 \cdot 10^9$	$3,1 \cdot 10^8$	$3,8 \cdot 10^8$
	1500	-	-	$2,7 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^8$	$3,3 \cdot 10^7$
	2000	-	-	$7,3 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^7$	-
	2500	-	-	$5,4 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^5$	-
Н3В	500	$1,9 \cdot 10^{10}$	$1,5 \cdot 10^9$	$1,4 \cdot 10^{10}$	$9,3 \cdot 10^8$	$2,9 \cdot 10^9$
	1000	$2,1 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$7,8 \cdot 10^8$	$5,6 \cdot 10^8$
	1500	-	-	$6,0 \cdot 10^9$	$2,6 \cdot 10^8$	$5,8 \cdot 10^7$
	2000	-	-	$1,5 \cdot 10^9$	$3,1 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^6$
	2500	-	-	$1,1 \cdot 10^8$	$5,7 \cdot 10^5$	-

*) При использовании короткой мишени порядка 0,1 ℓ яд.

зирована для получения пучков поляризованных протонов (антипротонов) от распада Λ ($\bar{\Lambda}$) -

гиперонов. Интенсивность формируемых пучков поляризованных протонов составит $(3-6) \cdot 10^7$ част/с при средней поперечной поляризации 30-45%. Канал НЗВ (рис.2г), как и канал Н1, предназначен для формирования высокоинтенсивных пучков. Вследствие малых углов поворотов в нем могут быть получены пучки электронов с максимальными импульсами.

Предельные интенсивности пучков вторичных частиц в каналах Н1-Н3, рассчитанные на 10^{13} падающих на мишень протонов, приведены в табл.2 (мишень - 500 мм Be). Для расчета выходов вторичных частиц здесь и далее использовалась полуэмпирическая формула из работы ⁴.

Нейтринная зона

Для выполнения широкой программы исследований на нейтринных пучках высоких энергий предполагается создать на УНК универсальный нейтринный комплекс с возможностями получения пучков нейтрино с широким и узким энер-

гетическими спектрами, пучков "меченых" нейтрино ⁵ и "прямых" нейтрино (*beam-dump*).

Длина распадной базы нейтринного комплекса равна 3,5 км. В конце распадной базы размещается мюонная защита из стали длиной 500 м и грунта ~1000 м. На последующих 2 км в трех экспериментальных залах будут размещены нейтринные детекторы. Привязка нейтринного комплекса на местности выполнена с учетом возможности размещения нейтринных детекторов на расстоянии вплоть до 50 км от начала защиты.

Формирование нейтринных пучков с широким и квазишироким (с подавленной низкоэнергетической частью) спектрами предполагается осуществить, используя для фокусировки родителей нейтрино систему из литиевых линз, размещенных на базе 150 м. Пропуская через литиевые линзы импульсный ток с амплитудой 400-600 кА, на их поверхности можно обеспечить поля до 80 кЭ ⁶.

На рис.3 представлены результаты расчетов для характерных пучков нейтрино с широким и квазишироким спектрами, полученные при раз-

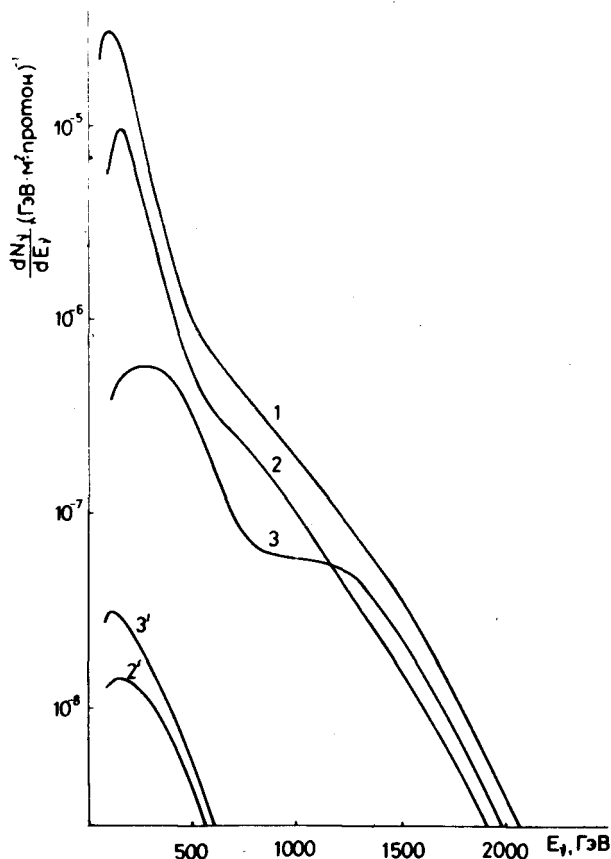


Рис.3. Спектры нейтринных пучков на детекторе в случае идеальной фокусировки (1) и при использовании фокусирующей системы из трех (2) и одной (3) литиевых линз. Кривые 2', 3' — примесь антинейтрино

личных комбинациях литиевых линз и выбранной геометрии канала. Применение фокусирующей системы из литиевых линз приводит к увеличению интенсивностей нейтрино и антинейтрино на детекторе в 12–14 раз по сравнению с интенсивностью без фокусирующей системы. Поток нейтрино на детекторе всего в 1,8 раза уступает идеально возможному спектру и составляет $2 \cdot 10^{-3}$ част./м²·протон. Фоновая примесь антинейтрино (нейтрино) в пучке нейтрино (антинейтрино) не превышает 0,3% (1,5%).

Нейтринные пучки с узким энергетическим спектром будут созданы на базе канала монохроматизированных пучков π - и K -мезонов. Этот высокоинтенсивный канал обеспечивает выделение пучка вторичных частиц в интервале импульсов 500–2250 ГэВ/с с полным разбросом по импульсам $\pm(1,5\text{--}14)\%$ и формирует на выходе пучок, близкий к параллельному (угловая расходимость на полувысоте 0,015–0,04 мрад).

При $\Delta p/p = \pm 2,5\%$ на детекторе с радиусом 1 м, расположенном, например, на расстоянии 10 км от начала мюонной защиты, можно получить потоки нейтрино $(3 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-6})$ част./м²·протон и $(1 \cdot 10^{-7} - 8 \cdot 10^{-7})$ част./м²·протон от распада $\pi^{\pm}$ и $K^{\pm}$ -мезонов соответственно. Относительная ширина на полувысоте энергетических пиков составляет 7–20% для нейтрино от распада $\pi^{\pm}$ -мезонов и 3–6% для нейтрино от распада $K^{\pm}$ -мезонов. Ожидаемый уровень сплошного фона составляет 1,5%, а примесь антинейтрино в нейтринном пучке — 0,5%.

Литература

1. Агеев А.И. и др. Труды VIII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1983, т. I, с. 8.
2. Гаркуша В.И. и др. Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1985, т. I, с. 33.
3. Прокошкин Ю.Д. и др. Препринт ИФВЭ 80–3, Серпухов, 1980.
4. Malensek A.J. Preprint FNAL FN-341, Batavia, 1981.
5. Денисов С.П. и др. Физические исследования на УНК ИФВЭ. Серпухов, 1982, с. 167.
6. Всеволожская Т.А., Сильвестров Г.И. Препринт ИЯФ 84–95. Новосибирск, 1984.

Discussion

В.П.Джелепов. Будут ли на УНК применяться мишени из ртути и свинца?

Ю.С.Ходырев. На УНК будут применяться жидкие мишени из более легких металлов, но получение низких плотностей мы моделировали на более тяжелых.