

С 3450

Г-521

26/11-7

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2187/2-72

1 - 6372



В.В.Глаголев, П.Зелински, А.Д.Кириллов,  
Л.Н.Комолов, В.И.Котов, В.А.Кузнецов,  
Р.М.Лебедев, Р.Т.Малашкевич, С.А.Нежданова,  
М.С.Ниорадзе, В.Н.Рамжин, И.С.Саитов, А.Сандач,  
И.Н.Семенюшкин

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

КАНАЛ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЧАСТИЦ  
ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ  
МЕТРОВОЙ ВОДОРОДНОЙ КАМЕРЫ ОИЯИ

1972



## 1. В в е д е н и е

Исследования в области физики элементарных частиц невозможны без создания пучков частиц разного сорта в широком диапазоне энергий. Для экспериментов, выполняемых электронной методикой, часто бывает достаточно сформировать пучок частиц определенного знака и импульса, а выделение нужного сорта осуществляется соответствующей методикой (черенковскими счетчиками или по времени пролета). При проведении исследований с помощью пузырьковых камер такая избирательная регистрация для частиц высоких энергий практически невозможна. Поэтому при создании каналов, формирующих пучки для облучения пузырьковых камер, требуется двойная сепарация частиц - по импульсу и массе.

Облучения камер  $\pi^-$ -мезонами проводятся без очистки от частиц другого сорта, так как примесь  $K^-$ -мезонов и антипротонов в  $\pi^-$ -мезонных пучках мала. Сравнительно легко осуществляется сепарация  $\pi^+$ -мезонов и протонов, количество которых сравнимо в положительных пучках.

Серьезной проблемой является получение "чистых"  $K^-$ -мезонных, дейтронных и антипротонных пучков, так как доля этих частиц в "естественном" пучке (на мишени) составляет не более нескольких процентов для  $K^-$ -мезонов и дейтронов и десятых долей процента - для антипротонов. Чтобы сформировать пригодный для облучения камеры пучок, необходимо снизить фон в  $1 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^4$  раз.

В связи с предложениями ряда физических задач в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ было решено создать канал положительных частиц. Исследование  $d_p$ -взаимодействий при облучении водородной камеры пучком дейтронов явилось основной задачей, выполняемой на сформированном

пучке. Преимущество такой постановки опыта по сравнению с вариантом изучения  $p d$  -взаимодействий при облучении протонами дейтериевой камеры /1/ состоит, например, в том, что в событиях с развалом дейтрона нуклон-спектатор имеет импульс порядка половины импульса первичного дейтрона и хорошо идентифицируется.

При облучении дейтронами улучшается разрешение по импульсам для  $n p$  -рассеяния. Имеются также и другие преимущества, как, например, хорошие методические условия для изучения когерентного рождения  $\pi$  -мезонов, для наблюдения редких процессов типа

$$d p \rightarrow T \pi + \pi^{\circ} \quad \text{и др.}$$

## 2. Оптическая схема канала

При проектировании канала учитывались следующие основные положения:

1. Транспортирующая система должна допускать формирование пучков вторичных частиц обоих знаков с импульсом до 4 Гэв/с на метровую водородную пузырьковую камеру. Трассу канала относительно ускорителя нужно выбирать таким образом, чтобы имелась возможность формирования пучков отрицательных частиц с углом выхода  $0^{\circ}$  из мишени и положительных - под минимально возможным углом.

2. Необходимо, чтобы поток частиц обеспечивал оптимальную загрузку камеры ( $\approx 10-15$  частиц в цикле), при этом отбираемая интенсивность первичного протонного пучка не может превышать  $1+2 \cdot 10^{10}$  (облучение камеры проводится, как правило, совместно с другими экспериментами на синхрофазотроне).

3. Примесь фоновых частиц должна быть  $\approx 10\%$ , а размеры пучка на входе в камеру -  $50 \times 120 \text{ мм}^2$  (первая цифра - для вертикальной плоскости).

4. Оптическая схема канала должна обеспечивать также возможность получения пучков  $K^{\pm}$ -мезонов с импульсом до 2 Гэв/с, при этом примесь  $\pi^{\pm}$ ,  $p$ ,  $\mu^{\pm}$  не должна превышать 20%.

5. Необходимо предусмотреть возможность получения "чистого" пучка антипротонов с импульсом до 3 Гэв/с.

С учетом всех перечисленных соображений в 1971 году на синхрофазотроне ИВЭ был создан канал №13а, позволивший на 1-ом этапе провести облучение метровой водородной камеры дейтронами (рис. 1).

На синхрофазотроне вывод положительных частиц наружу кольца связан со значительными техническими трудностями: конструкция ускорителя не позволяет использовать положительные частицы с углом рождения на мишени  $\leq 20^\circ$  без серьезных переделок, что значительно уменьшает интенсивность вторичных частиц.

Необходимость установки мишени в прямолинейной секции ускорителя и стремление к минимальному углу выхода привели к тому, что мишень пришлось установить на внешнем крае рабочей зоны ускорителя, т.е. при  $R = R_0 + 260$  мм, где  $R_0$  - средний радиус орбиты ускоренного пучка (рабочая зона -  $\pm 300$  мм от  $R_0$ ). Траектории положительных частиц в рассеянном поле ускорителя рассчитывались /2/ на ЭВМ БЭСМ-4.

Из-за значительной величины угла выхода насадка мишени была изготовлена ромбовидной формы (материал - латунь).

Предложенная оптическая схема (рис. 2) обеспечивает надежное выделение дейтронов с импульсом до 4 Гэв/с, протонов и  $\pi$ -мезонов - до 3 Гэв/с и  $K^\pm$ -мезонов - до 2 Гэв/с.

Необходимое подавление фона в канале ( $N_\phi^\circ / N_\phi \geq 10^3$ ) достигается за счет разделения частиц по скоростям в сепараторах, предварительного импульсного анализа и тщательного формирования пучка.

При работе с положительными частицами (мишень установлена вне магнитного поля ускорителя) импульсный анализ в канале осуществляет магнит  $M_1$ , расположенный после первого дублета квадрупольных линз (см. рис. 2). Линзы  $Q_1, Q_2$  (типа МЛ-16) фокусируют пучок на импульсный коллиматор (ИК), зазор в котором соответствует выделению импульсного интервала  $\frac{\Delta p}{p_0} = \pm 2\%$ .

Дисперсионное смещение на коллиматоре определяется углом поворота частиц в магните  $M_1$  ( $\phi_1 = 0,140$  рад.) и для нашего случая равно  $\approx 5$  мм на  $\frac{\Delta p}{p_0} = 1\%$ .

x/ Параметры используемых типов магнитов и линз см. в /3/.

Магнит  $M_2$  ( $\phi_2 = 0,07$  рад) выводит пучок на нужное направление и очищает его от рассеянных на коллиматоре частиц.

Второй объектив - несимметричный квартет квадрупольных линз ( $Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$ ), включенный по схеме ДФДФ (дефокусировка, фокусировка, дефокусировка, фокусировка), переносит изображение на коллиматор  $K1$ , установленный на таком расстоянии от магнита  $M_4$ , чтобы при повороте пучка на угол  $\phi_4 = 0,227$  рад линейная дисперсия была скомпенсирована полностью.

В вертикальной плоскости первый дублет квадрупольных линз, включенных по схеме ДФ, формирует параллельный пучок, причём размер пучка в этой плоскости определяется межполюсным зазором магнита  $M_1$  ( $\approx 80$  мм). Импульсный коллиматор и магнит  $M_2$  не ограничивают пучок.

Сепарационная ступень канала состоит из дублета линз,  $Q_3$  и  $Q_4$ , преобразующих параллельный пучок в параллельный (телескопическая схема), двухсекционного электростатического сепаратора (длина каждой секции - 5,5 м, зазор между пластинами - 7 см и напряженность поля - 45 кв/см) и конечного дублета (линзы  $Q_5$  и  $Q_6$ ), фокусирующего пучок на массовую щель  $K1$ . Между секциями сепаратора установлен магнит  $M_3$ , компенсирующий отклонение пучка с оси канала под действием электростатического поля.

Величина зазора  $K1$  определяется размерами изображения и подбирается по максимальному значению коэффициента пропускания частиц нужного сорта. В окончательном варианте величина зазора  $15 \times 50$  мм<sup>2</sup>.

Вторая часть канала - несимметричный триплет квадрупольных линз ( $Q_7, Q_8, Q_9$ ) формирует изображение перед магнитом  $M5$  (типа СП-12), где установлен коллиматор  $K2$  ( $25 \times 50$  мм<sup>2</sup>), обеспечивающий очистку пучка от частиц, рассеянных на массовой щели  $K1$ . Магнит  $M5$  ( $\phi_5 = 0,280$  рад) выводит частицы на направление водородной камеры, а конечный объектив (линзы  $Q_{10}$  и  $Q_{11}$  типа МЛ-17) формирует изображение требуемой конфигурации: около 5 см - в вертикальной плоскости и  $\approx 10-12$  см - в горизонтальной (фотографирование сверху).

На всём протяжении канала пучок транспортируется в вакууме (вакуумпровод, сепараторы), что предотвращает его уширение из-за рассеяния на воздухе. Предусмотрен разрыв вакуумпровода в районе массовой

щели К1 размещения коллиматора и регистрирующей аппаратуры, контролирующей интенсивность и профиль пучка. Выходы из вакуумпровода закрыты тонкой майларовой диафрагмой ( $\leq 0,1$  мм).

### 3. Исследование параметров пучка и выбор оптимального режима работы канала

Исследование параметров пучка осуществлялось с протонами импульса 3,36 Гэв/с. Окончательный подбор режимов магнитов и линз канала, обсчёт его характеристик были произведены по программам "ФОКУС" и "ПРОФИЛЬ" В.В. Миллера<sup>/4/</sup> на ЭВМ БЭСМ-6.

Для мониторинга вторичных частиц, формируемых каналом, использовалась система сцинтилляционных счётчиков  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  с пластинами диаметром 15 см и толщиной 1 см, расположенными, как показано на схеме (рис. 2).

Профили пучка и его положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях исследовались с помощью "бегающих" счётчиков ( $B_H, B_V$  - сцинтилляторы  $150 \times 10 \times 2$  мм<sup>3</sup>), установленных на дистанционно управляемых шасси попарно (для обеих плоскостей) с пределами перемещения  $\pm 250$  мм.

Процедура настройки начиналась с совмещения оси пучка с осью канала: при отключенных линзах и фиксированном напряжении на пластинах сепаратора изменялись токи в магнитах до получения максимальной скорости счёта "бегающих" счётчиков, предварительно выставленных на ось (в обеих плоскостях).

Точность установки линз в канале определялась по смещению пучка с оси при последовательном их включении. После проверки юстировки, которая показала, что элементы магнитной оптики и мишень установлены правильно, выполнялась следующая часть работы по наладке канала: совмещение горизонтального изображения, формируемого линзами  $Q_1$  и  $Q_2$ , с импульсным коллиматором. Непосредственные измерения профиля пучка в районе импульсного коллиматора с помощью "бегающих" счётчиков не могут служить критерием точности наведения изображения на коллиматор. В этом месте канала размеры пучка определяются набором импульсов,

шли K1 размещения коллиматора и регистрирующей аппаратуры, контролирующей интенсивность и профиль пучка. Выходы из вакуумпровода закрыты тонкой майларовой диафрагмой ( $\leq 0,1$  мм).

### 3. Исследование параметров пучка и выбор оптимального режима работы канала

Исследование параметров пучка осуществлялось с протонами импульса 3,36 ГэВ/с. Окончательный подбор режимов магнитов и линз канала, обшёт его характеристик были произведены по программам "ФОКУС" и "ПРОФИЛЬ" В.В. Миллера<sup>/4/</sup> на ЭВМ БЭСМ-6.

Для мониторингования вторичных частиц, формируемых каналом, использовалась система сцинтилляционных счётчиков  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  с пластинами диаметром 15 см и толщиной 1 см, расположенными, как показано на схеме (рис. 2).

Профили пучка и его положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях исследовались с помощью "бегающих" счётчиков ( $B_H, B_B$  - сцинтилляторы  $150 \times 10 \times 2$  мм<sup>3</sup>), установленных на дистанционно управляемых шасси попарно (для обеих плоскостей) с пределами перемещения  $\pm 250$  мм.

Процедура настройки начиналась с совмещения оси пучка с осью канала: при отключенных линзах и фиксированном напряжении на пластинах сепаратора изменялись токи в магнитах до получения максимальной скорости счёта "бегающих" счётчиков, предварительно выставленных на ось (в обеих плоскостях).

Точность установки линз в канале определялась по смещению пучка с оси при последовательном их включении. После проверки юстировки, которая показала, что элементы магнитной оптики и мишень установлены правильно, выполнялась следующая часть работы по наладке канала: совмещение горизонтального изображения, формируемого линзами  $Q_1$  и  $Q_2$ , с импульсным коллиматором. Непосредственные измерения профиля пучка в районе импульсного коллиматора с помощью "бегающих" счётчиков не могут служить критерием точности наведения изображения на коллиматор. В этом месте канала размеры пучка определяются набором импульсов,



Магнит  $M_2$  ( $\phi_2 = 0,07$  рад) выводит пучок на нужное направление и очищает его от рассеянных на коллиматоре частиц.

Второй объектив - несимметричный квартет квадрупольных линз ( $Q_3$ ,  $Q_4$ ,  $Q_5$ ,  $Q_6$ ), включенный по схеме ДФДФ (дефокусировка, фокусировка, дефокусировка, фокусировка), переносит изображение на коллиматор  $K1$ , установленный на таком расстоянии от магнита  $M_4$ , чтобы при повороте пучка на угол  $\phi_4 = 0,227$  рад линейная дисперсия была скомпенсирована полностью.

В вертикальной плоскости первый дублет квадрупольных линз, включенных по схеме ДФ, формирует параллельный пучок, причём размер пучка в этой плоскости определяется межполюсным зазором магнита  $M1$  ( $\approx 80$  мм). Импульсный коллиматор и магнит  $M_2$  не ограничивают пучок.

Сепарационная ступень канала состоит из дублета линз,  $Q_3$  и  $Q_4$ , преобразующих параллельный пучок в параллельный (телескопическая схема), двухсекционного электростатического сепаратора (длина каждой секции - 5,5 м, зазор между пластинами - 7 см и напряженность поля - 45 кв/см) и конечного дублета (линзы  $Q_5$  и  $Q_6$ ), фокусирующего пучок на массовую щель  $K1$ . Между секциями сепаратора установлен магнит  $M_3$ , компенсирующий отклонение пучка с оси канала под действием электростатического поля.

Величина зазора  $K1$  определяется размерами изображения и подбирается по максимальному значению коэффициента пропускания частиц нужного сорта. В окончательном варианте величина зазора  $15 \times 50$  мм<sup>2</sup>.

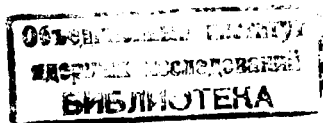
Вторая часть канала - несимметричный триплет квадрупольных линз ( $Q_7$ ,  $Q_8$ ,  $Q_9$ ) формирует изображение перед магнитом  $M5$  (типа СП-12), где установлен коллиматор  $K2$  ( $25 \times 50$  мм<sup>2</sup>), обеспечивающий очистку пучка от частиц, рассеянных на массовой щели  $K1$ . Магнит  $M5$  ( $\phi_5 = 0,280$  рад) выводит частицы на направление водородной камеры, а конечный объектив (линзы  $Q_{10}$  и  $Q_{11}$  типа МЛ-17) формирует изображение требуемой конфигурации: около 5 см - в вертикальной плоскости и  $\approx 10-12$  см - в горизонтальной (фотографирование сверху).

На всём протяжении канала пучок транспортируется в вакууме (вакуумпровод, сепараторы), что предотвращает его уширение из-за рассеяния на воздухе. Предусмотрен разрыв вакуумпровода в районе массовой

1 - 6372

В.В.Глаголев, П.Зелински, А.Д.Кириллов,  
Л.Н.Комолов, В.И.Котов, В.А.Кузнецов,  
Р.М.Лебедев, Р.Т.Малашкевич, С.А.Нежданова,  
М.С.Ниорадзе\*, В.Н.Рамжин, И.С.Саитов, А.Сандач,  
И.Н.Семенюшкин

КАНАЛ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЧАСТИЦ  
ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ  
МЕТРОВОЙ ВОДОРОДНОЙ КАМЕРЫ ОИЯИ



---

\*Тбилисский государственный университет.

щели K1 размещения коллиматора и регистрирующей аппаратуры, контролирующей интенсивность и профиль пучка. Выходы из вакуумпровода закрыты тонкой майларовой диафрагмой ( $\leq 0,1$  мм).

### 3. Исследование параметров пучка и выбор оптимального режима работы канала

Исследование параметров пучка осуществлялось с протонами импульса 3,36 Гэв/с. Окончательный подбор режимов магнитов и линз канала, обсчёт его характеристик были произведены по программам "ФОКУС" и "ПРОФИЛЬ" В.В. Миллера<sup>4/</sup> на ЭВМ БЭСМ-6.

Для мониторингования вторичных частиц, формируемых каналом, использовалась система сцинтилляционных счётчиков  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  с пластинами диаметром 15 см и толщиной 1 см, расположенными, как показано на схеме (рис. 2).

Профили пучка и его положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях исследовались с помощью "бегающих" счётчиков ( $B_H, B_V$  - сцинтилляторы  $150 \times 10 \times 2$  мм<sup>3</sup>), установленных на дистанционно управляемых шасси попарно (для обеих плоскостей) с пределами перемещения  $\pm 250$  мм.

Процедура настройки начиналась с совмещения оси пучка с осью канала: при отключенных линзах и фиксированном напряжении на пластинах сепаратора изменялись токи в магнитах до получения максимальной скорости счёта "бегающих" счётчиков, предварительно выставленных на ось (в обеих плоскостях).

Точность установки линз в канале определялась по смещению пучка с оси при последовательном их включении. После проверки юстировки, которая показала, что элементы магнитной оптики и мишень установлены правильно, выполнялась следующая часть работы по наладке канала: совмещение горизонтального изображения, формируемого линзами  $Q_1$  и  $Q_2$ , с импульсным коллиматором. Непосредственные измерения профиля пучка в районе импульсного коллиматора с помощью "бегающих" счётчиков не могут служить критерием точности наведения изображения на коллиматор. В этом месте канала размеры пучка определяются набором импульсов,

пропускаемых начальной частью системы, а он, как правило, значительно, и поэтому сформировать узкое изображение невозможно. Интенсивность частиц в пучке для всего интервала импульсов также примерно одинакова, и точка оптимальной фокусировки ничем не отличается от соседних. В силу этих причин совмещение изображения с импульсным коллиматором проводят косвенно, измеряя профиль пучка (и интенсивность) в местах последующих изображений (на массовой щели). При настройке канала для этой цели использовался метод фокальных коэффициентов<sup>/5/</sup>, расчёт которых был произведен на ЭВМ БЭСМ-6 по программе "ФОКУС".

Изменяя ток в линзах  $Q_3$  и  $Q_4$  соответственно фокальным коэффициентам, можно сдвигать изображение в одной, интересующей нас плоскости, оставляя его неизменным в другой. При правильном положении изображения относительно коллиматора импульсный интервал будет максимальным и распределение интенсивности на массовой щели наиболее узким.

Наведение изображения на коллиматор дает большую точность, если между первым и конечным объективом нет дополнительных линз. Поэтому совмещение изображения с ИК проводилось при отключенных линзах  $Q_3$  и  $Q_4$ , а градиенты линз конечного дублета пересчитывались для получения изображения на массовой щели при измененной схеме.

После настройки первого объектива корректировались режимы остальных линз. Профили пучка на массовой щели, полученные после выполнения всего комплекса работ, приведены на рис. 3а и б.

На кривой, характеризующей распределение интенсивности частиц в вертикальной плоскости, имеются два максимума - один соответствует протонам, другой - дейтронам. Линейное разделение (расстояние между максимумами) - 18 мм, что удовлетворительно согласуется с расчётным значением для  $p = 3,36$  Гэв/с и напряженностью электрического поля в сепараторах - 41 кв/см. Коэффициент сепарации (величина, характеризующая качество сепарации), определяемый как отношение линейного разделения к ширине изображения (ширина на полувысоте), оказался равным 1,8.

После полной отладки первой ступени проводилась коррекция токов линз и магнитов второй и третьей частей канала. В результате проведенной работы были получены следующие характеристики магнитно-оптической системы.

Таблица

Длина канала	121 м
Угол рождения вторичных частиц на мишени	22°
Максимальный импульс	4 Гэв/с
Телесный угол	$2,20 \cdot 10^{-4}$ стерад
Размеры изображения (гориз.х верт.)	
а) на коллиматоре К-1	$25 \times 10$ мм <sup>2</sup>
б) на коллиматоре К-2	$32 \times 15$ мм <sup>2</sup>
в) перед водородной камерой	$95 \times 35$ мм <sup>2</sup>
Поток вторичных частиц на водородной камере для импульса 3,36 Гэв/с на $1 \cdot 10^{10}$ первичных протонов:	
а) дейтроны	4
б) протоны	50
Примесь фоновых частиц на водородной камере ( $\rho$ , $\pi^+$ )	12%

Поток дейтронов на камере и примесь фоновых частиц измерялись по разнице во временах пролета на базе  $\approx 80$  м.

#### 4. Облучение метровой водородной пузырьковой камеры

пучком дейтронов и выделение канала реакции  $d p \rightarrow p p n$

В июле 1971 года была проведена экспозиция метровой водородной пузырьковой камеры в пучке сепарированных дейтронов. Параметры пучка определялись по измерениям на пучковых треках, по кинематике взаимодействий, а также по импульсному распределению спектаторных нуклонов. Угол погружения пучковых треков  $\lambda = 0,005 \pm 0,005$  радиан, разброс по азимуту  $\Delta\phi = \pm 0,005$  радиан. Импульс пучка, определенный с помощью кинематического фита реакции  $d p \rightarrow p p n$ , получен равным

$$P_d = (3,37 \pm 0,07) \text{ Гэв/с.}$$

Процедура оценки импульса с помощью фитирования реакций без нейтральной частицы (4С фит) при задании широких пределов на разброс пучка в кинематическую программу дала

$$P_d = (3,39 \pm 0,05) \text{ Гэв/с.}$$

Оценка по среднему значению импульса спектатора в реакции  $d p \rightarrow p p n$  привела к значению

$$P_d = (3,44 \pm 0,02) \text{ Гэв/с.}$$

Оценка состава пучка в рабочей области камеры была проведена на основе известных данных по полному сечению  $pp$  - и  $dp$  - взаимодействий<sup>16/</sup>. При этом пренебрегалось возможной примесью  $\pi^+$ -мезонов. Доля дейтронов в потоке заряженных частиц  $N$ , входящем в рабочую область камеры, выражается как

$$K = \frac{\frac{N_{ВЗ}}{N} - 1 + e^{-n\sigma_{pp} l}}{e^{-n\sigma_{pp} l} - e^{-n\sigma_{dp} l}},$$

где  $N_{\text{вз.}}$  - полное число взаимодействий в рабочей области,  $l$  - длина рабочей области,  $n$  - число ядер водорода в  $1 \text{ см}^3$ ,  $\sigma_{dp}$  - полное сечение  $dp$  -взаимодействия,  $\sigma_{pp}$  - полное сечение  $pp$  -взаимодействия.

При оценке числа треков и числа взаимодействий учитывалась эффективность просмотра, равная  $99\%$ , и коэффициент присчитывания непучковых треков ( $\cong 2\%$ ).

Величина  $k$ , определенная на статистике 500 событий, оказалась равной:

$$k = 0,7 \pm 0,1.$$

Естественно, что доля  $dp$  -взаимодействий  $m$  при этом заметно выше за счёт большой величины  $\sigma_{dp}$ :

$$m = 0,81 \pm 0,06.$$

Достаточно грубая за счёт недостатка сведений по парциальным сечениям оценка доли  $dp$  -взаимодействий по частоте появления 4-лучевых событий дала  $m \cong 0,9$ .

Для сопоставления этих результатов с данными, полученными по измерениям времени пролета, можно учесть потери дейтронов в пучке за счёт ядерного взаимодействия с веществом на пути частиц для рабочей области камеры.

$$k = \frac{k_0 e^{-\sum \sigma_i^d n_i l_i}}{k_0 e^{-\sum \sigma_i^d n_i l_i} + (1 - k_0) e^{-\sum \sigma_i^p n_i l_i}},$$

где  $k_0$  - доля нейтронов в пучке в области измерений по времени пролета, суммирование проводится по всем средам. Расчёты показали, что уменьшение доли дейтронов, обусловленное этой причиной, может составить (3-4)%.

Результаты оценок по взаимодействиям в камере и методом времени пролета согласуются.

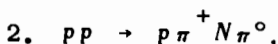
---

$x/$  Эффективность оценена по двукратному независимому просмотру и не учитывает систематических потерь в упругом  $pp$  - и  $dp$  -рассеянии на малые углы.

В области исследуемых импульсов с большим сечением ( $\approx 70\%$  от полного сечения  $d p$ -взаимодействий) идет реакция  $d p \rightarrow p p n$ . Методические преимущества использования дейтрона в качестве бомбардирующей частицы позволяют изучать поведение нуклонов-спектаторов, реакцию  $n p$ -перезарядки и ряд других вопросов.

В связи с этим проведена оценка примесей в канал  $d p \rightarrow p p n$  в условиях сепарированного пучка.

При помощи программы *FAKE* с введенными константами камеры<sup>1/7/</sup> были прогенерированы каналы реакций  $p p$ -взаимодействий, от которых ожидался наибольший вклад в исследуемый канал. Генерировалось по 100 событий реакций



После расчёта кинематики и идентификации по обычным критериям суммарная примесь из этих каналов в реакцию  $p d \rightarrow p p n$  оценена как  $(1,2 \pm 0,5)\%$ .

С другой стороны, генерация и последующий анализ канала  $p d \rightarrow p p n$  показали, что около 16% событий уходит в фоновые каналы. Применение дополнительного критерия - наличие нуклона-спектатора во взаимодействии - снижает эту величину до  $(1-2)\%$ .

Работа с реальными<sup>x/</sup>  $p p$ - и  $d p$ -взаимодействиями подтвердила приведенные оценки.

В качестве иллюстрации канала  $d p \rightarrow p p n$  приводим распределение квадрата недостающей массы для этого канала (рис. 4а), а также характерный для нуклонов-спектаторов пик в импульсном распределении быстрых нуклонов ( $> 1,2$  Гэв/с) в лабораторной системе координат (рис. 4б). Средняя величина массы нейтрона и средняя величина импульса спектатора из рис. 4 соответственно равны:

<sup>x/</sup> Было получено 2000 фотографий в протонном пучке при этом импульсе.



$$m_N = (0,939 \pm 0,018) \text{ Гэв/с},$$

$$P_S = (1,72 \pm 0,01) \text{ Гэв/с}.$$

В заключение благодарим Е.С. Кузнецову и В.Н. Стрельцова за обсуждения и помощь в работе, сотрудников сектора метровой водородной камеры отдела водородных камер ЛВЭ и сотрудников отдела эксплуатации физической аппаратуры за помощь в наладке канала и экспозиции камеры. Благодарим сотрудников отдела обработки फिल्मовой информации ЛВТА за помощь в обработке данных.

#### Литература

1. D.C.Brunt, M.J.Clayton, B.A.Westwood. Phys. Rev., v. 187, NO. 5, 1856 (1969).
2. Е.М. Кулакова, Л.А. Смирнова, Б.В. Феоктистов. ОИЯИ, БЗ-11-4910, Дубна, 1966.
3. Электрофизическая аппаратура промышленного изготовления. Справочник, Госатомиздат, М., 1963.
4. В.В. Миллер. Препринт ОИЯИ, 9-3582, Дубна, 1967.
5. В.И. Котов, В.В. Миллер. Фокусировка и разделение по массам частиц высоких энергий. Атомиздат, Москва, 1969.
6. CERN-HERA 70-2. Compilation. J.D.Hausen, D.R.Morrison, N.Tovey.
7. В.В. Глаголев, Г.Д. Пестова. ОИЯИ, 1-4906, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 апреля 1972 года.

$$m_N = (0,939 \pm 0,018) \text{ Гэв/с},$$

$$P_S = (1,72 \pm 0,01) \text{ Гэв/с}.$$

В заключение благодарим Е.С. Кузнецову и В.Н. Стрельцова за обсуждения и помощь в работе, сотрудников сектора метровой водородной камеры отдела водородных камер ЛВЭ и сотрудников отдела эксплуатации физической аппаратуры за помощь в наладке канала и экспозиции камеры. Благодарим сотрудников отдела обработки фильмовой информации ЛВТА за помощь в обработке данных.

#### Литература

1. D.C.Brunt, M.J.Clayton, B.A.Westwood. Phys. Rev., v. 187, NO. 5, 1856 (1969).
2. Е.М. Кулакова, Л.А. Смирнова, Б.В. Феохтистов. ОИЯИ, БЗ-11-4910, Дубна, 1966.
3. Электрофизическая аппаратура промышленного изготовления. Справочник, Госатомиздат, М., 1963.
4. В.В. Миллер. Препринт ОИЯИ, 9-3582, Дубна, 1967.
5. В.И. Котов, В.В. Миллер. Фокусировка и разделение по массам частиц высоких энергий. Атомиздат, Москва, 1969.
6. CERN-HERA 70-2. Compilation. J.D.Nausen, D.R.Morrison, N.Tovey.
7. В.В. Глаголев, Г.Д. Пестова. ОИЯИ, 1-4906, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 апреля 1972 года.

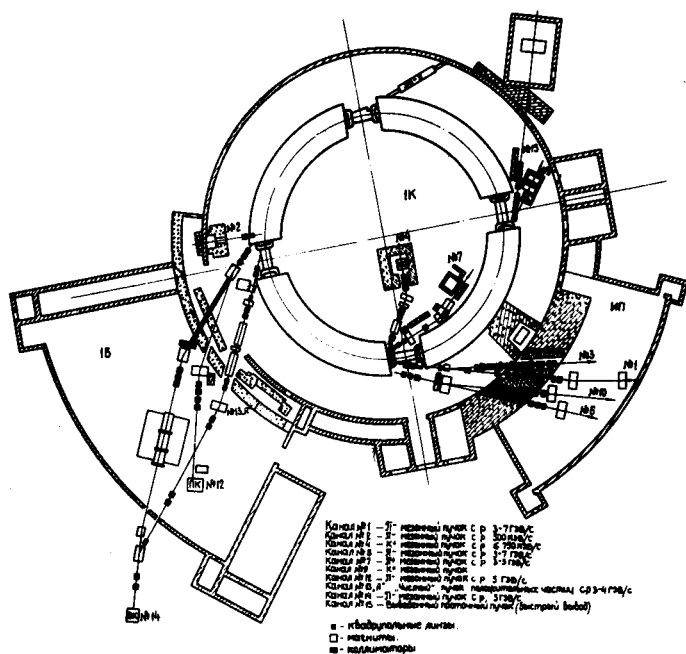


Рис. 1. Схема расположения каналов вторичных частиц на синхрофазотроне ОИЯИ.

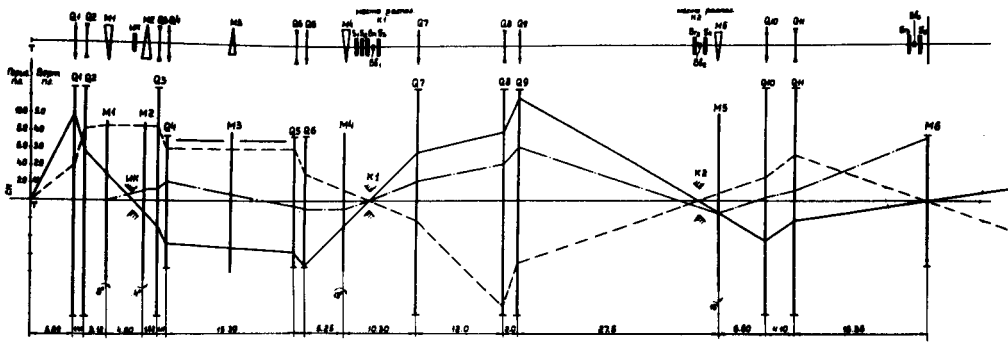


Рис. 2. Оптическая схема и ход лучей в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Сплошная линия - горизонтальная плоскость; пунктирная - вертикальная плоскость; штрих-пунктирная - дисперсия.

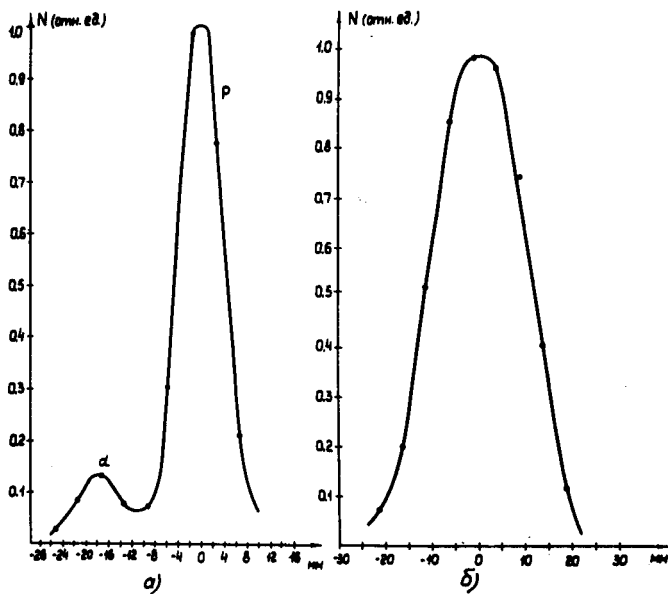


Рис. 3. Профиль пучка на массовой щели K1: а) в вертикальной плоскости, б) в горизонтальной плоскости.

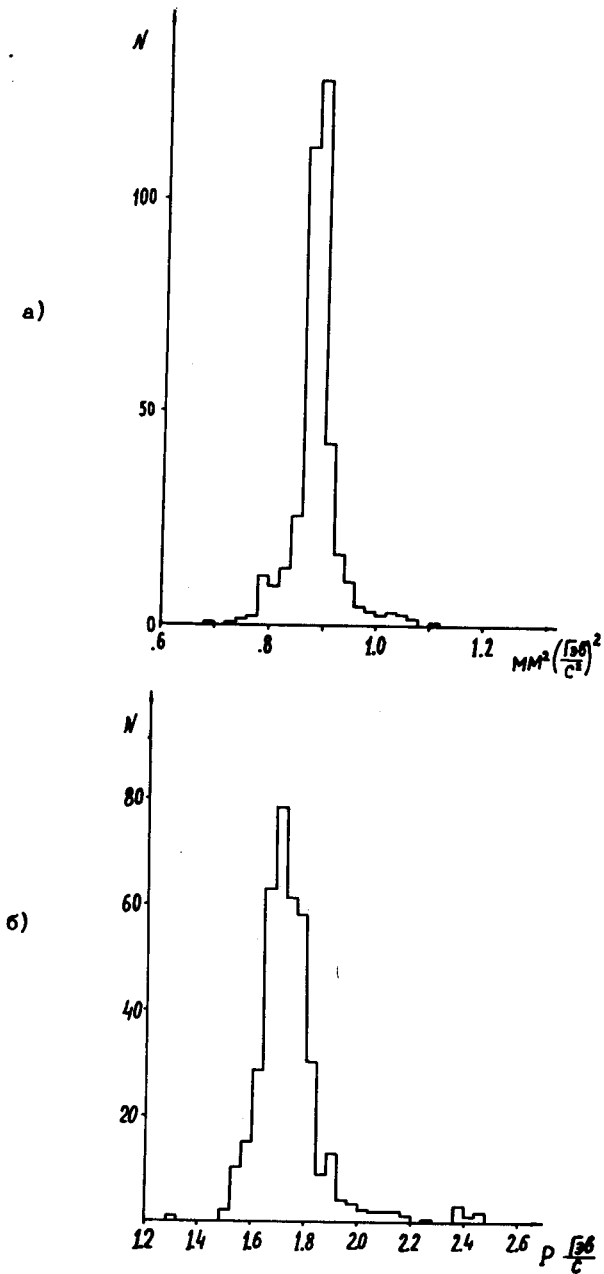


Рис.4.а) Распределение по квадрату недостающей массы в канале  $d p \rightarrow p p n$ .  
 б) спекторный пик в импульсном распределении протонов.