

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

А 131

9-88-214

**В.М.Абазов, С.А.Густов, О.Л.Климов,  
И.В.Мирохин, О.В.Савченко, Е.П.Череватенко**

**ФАЗОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ  
ВЫВЕДЕННОГО ПРОТОННОГО ПУЧКА  
ФАЗОТРОНА ОИЯИ**

**1988**

Для корректного решения задачи транспортировки и формирования выведенного протонного пучка фазотрона ОИЯИ<sup>/1/</sup> необходимо<sup>/2/</sup> с достаточной точностью знать начальные условия.

1) фазовые характеристики (матрицу) пучка на входе в ионно-оптическую систему;

2) среднюю энергию и энергетический разброс пучка протонов.

Целью настоящей работы явилось измерение фазовых параметров пучка и использование полученных данных для оптимизации работы X (нейтронного) канала фазотрона.

## 1. ИЗМЕРЕНИЕ ФАЗОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА

Матрица пучка  $\mu^{\circ /2,3/}$  полностью восстанавливается по измерениям профиля в трех сечениях тракта<sup>/4/</sup>. Связь между показаниями профилометров и фазовыми параметрами пучка на входе в ионно-оптическую систему дается системой из трех линейных уравнений

$$\sigma_{11}^{(i)2} \mu_{11}^{\circ} + 2\sigma_{11}^{(i)}\sigma_{12}^{(i)}\mu_{12}^{\circ} + \sigma_{12}^{(i)2} \mu_{22}^{\circ} = \mu_{11}^{(i)}, \quad i = 1, 3, \quad (1)$$

где  $\sigma^{(i)}$  — матрица, описывающая оптику между  $i$ -детектором и точкой восстановления  $\mu^{\circ}$ ;  $\mu_{11}^{(i)}$  — пространственная дисперсия на  $i$ -профилометре.

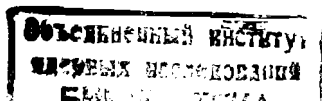
При выборе схемы измерений существенны следующие обстоятельства:

а. Как видно из системы (1), точность восстановления элементов  $\mu^{\circ}$  зависит в том числе и от точности определения элементов  $\sigma^{(i)}$ . Следовательно, желательно размещение детекторов в дрейфовом промежутке, причем свободном и от рассеянного магнитного поля ускорителя, поскольку в этом случае  $\sigma^{(i)}$  имеет наиболее простой вид

$$\sigma^{(i)} = \begin{pmatrix} 1 & L^{(i)} \\ 0 & 1 \end{pmatrix},$$

и точность определения ее элементов зависит лишь от точности геометрической установки профилометра ( $\Delta L = 0,5$  см).

б. Величины абсолютных ошибок при таком расположении детекторов сильно зависят от длины используемого дрейфового промежутка<sup>/5/</sup>.



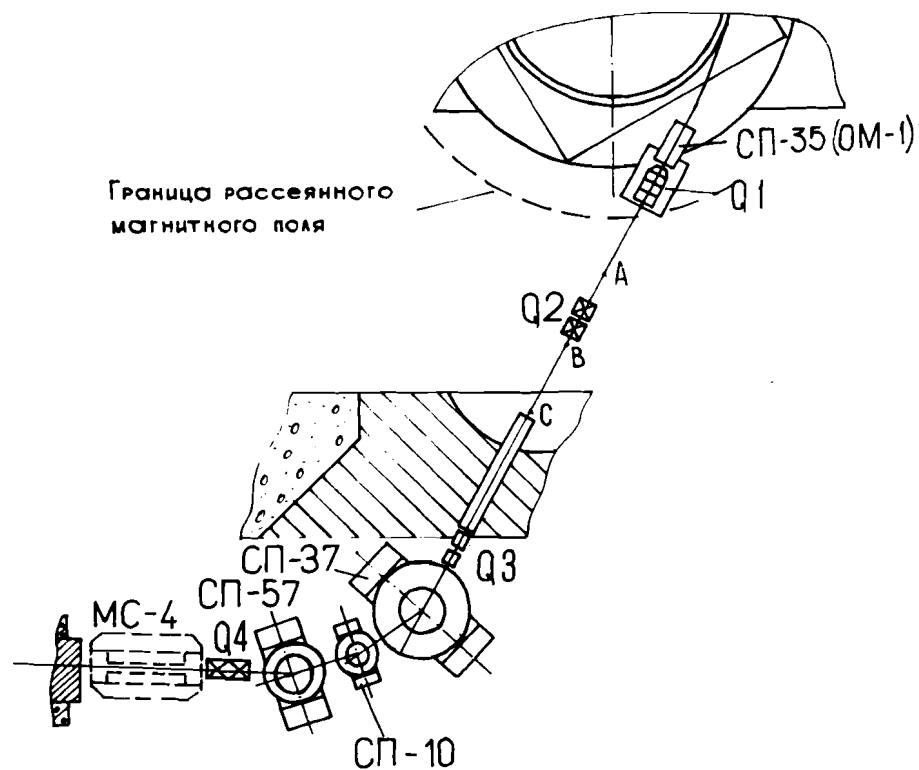


Рис.1. Схема X канала.

Поэтому при измерениях использовалась практически максимально возможная пролетная база ABC (рис.1) длиной 6,88 м, причем на дублете Q1 был экспериментально подобран режим, обеспечивающий прохождение пучком выключенного дублета Q2 без потерь. Профили протонного пучка интенсивностью примерно 0,2 мкА измерялись полупроводниковым профилометром<sup>16</sup> с точностью не хуже 0,1 см, последовательно размещаемым в точках А, В, С.

Многokратное рассеяние на воздухе учитывалось в основном в соответствии с подходом, развитым в работах<sup>17</sup>. Единственное отличие заключалось в том, что при расчете среднеквадратичного угла многократного рассеивания использовалась не формула Росси — Грейзена, непригодная при столь малых толщинах<sup>18</sup>, а известное соотношение Бете — Ашкина. Причем в качестве единицы длины пути брался 1 метр. Поскольку характерные размеры элементов тракта не превышают 6,88 м (максимальный используемый дрейфовый промежуток) и не

меньше 0,11 м (дрейфовый промежуток между квадрупольями, составляющими линзу Q1), то можно пренебречь логарифмической зависимостью в формуле Бете — Ашкина, положив, что  $\langle \theta^2 \rangle$  определяется с ошибкой  $\cong \pm 30\%$ .

В таблице 1 даны результаты восстановления элементов  $\mu^\circ$  в точке В. Приведенные ошибки соответствуют ошибкам в измерении огибающих 0,1 см, ошибкам в измерении длин дрейфовых промежутков 0,5 см и в вычислении среднеквадратичных углов многократного рассеивания 30%. Там же даны фазовые параметры пучка на входе в линзу Q1 (начало ионно-оптической системы), вычисленные в предположении пренебрежимо малого влияния рассеянного магнитного поля ускорителя на пучок на отрезке тракта точка В — вход линзы Q1.

Таблица 1

	Точка В		Вход Q1	
	X	Y	X	Y
$\mu_{11}$ (см <sup>2</sup> )	4,2 ± 0,5	1,8 ± 0,3	6,0	0,6
$\mu_{22}$ (мрад <sup>2</sup> )	11,3 ± 5,6	11,8 ± 4,8	26,0	18,7
$\mu_{12}$ (см·мрад)	3,9 ± 0,8	2,9 ± 0,7	11,4	-0,13
$\epsilon$ (см·мрад)	5,7 ± 2,3	3,6 ± 1,4	5,1	3,35

## 2. НЕЙТРОННЫЙ КАНАЛ

Полученные данные были использованы в качестве начальных условий для оптимизации режима работы X канала, с помощью программ "TRANSPORT"<sup>12</sup> и "DECAY TURTLE"<sup>19</sup>. На рис.2. показаны огибающие (на уровне  $2\sigma$ ), рассчитанные для пучка со средней энергией  $\bar{E} = 659$  МэВ и энергетической дисперсией  $\sigma_E = 3,1$  МэВ<sup>10</sup>.

В таблице 2 даны соответствующие значения магнитных полей в ионно-оптических элементах нейтронного тракта.

Из рис.3 видно хорошее совпадение расчетных и экспериментальных значений огибающих на нейтронной мишени X канала.

В таблицах 3, 4 приведены расчетные значения огибающих и экспериментальные данные, полученные в различное время и при различных интенсивностях пучка.

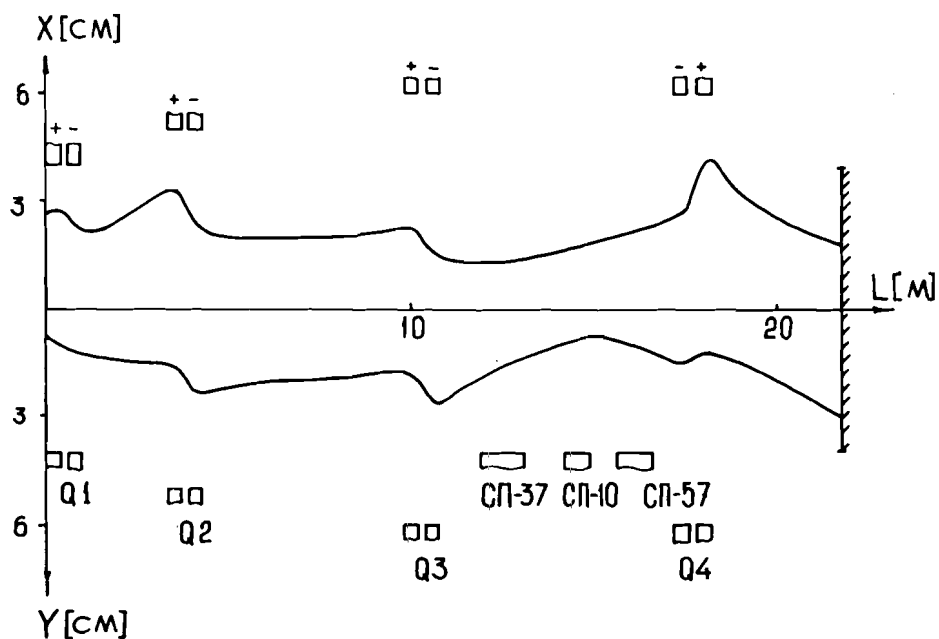


Рис.2. Огибающие пучка в нейтронном канале.

Таблица 2

Элемент	Апертура, см	Эффективная длина, м	Индукция поля на полюсе, кГс
Q1	8	0,40	+3,35 - 3,35
Q2	10	0,42	+4,11 -3,9
Q3	12	0,44	+4,68 -4,87
Q4	12	0,44	-4,58 +5,12

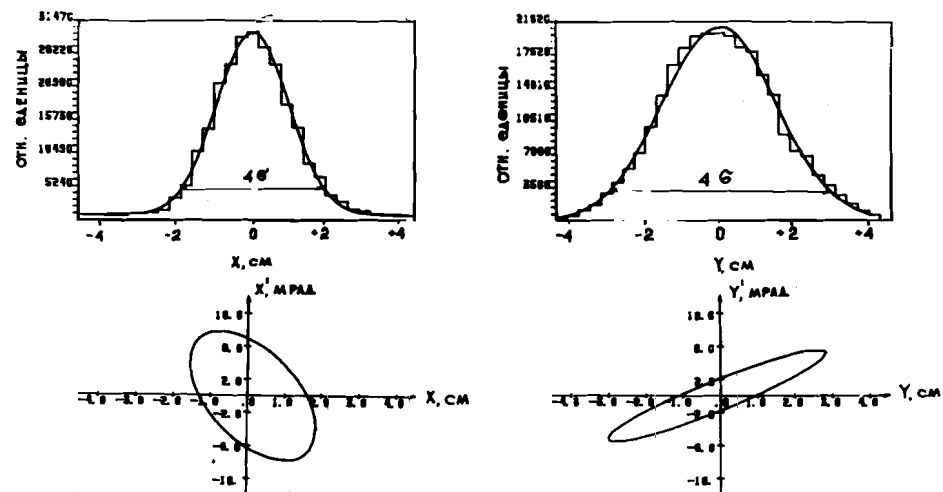


Рис.3. Экспериментальные (вверху) и расчетные огибающие пучка на нейтронной мишени.

Таблица 3

	Вакуум		Воздух			
	X	Y	X	Y	X	Y
Расчет	1,6	2,7	1,7	3,0		
Эксперимент	1,8±0,1	2,4±0,1	2,0±0,1	3,1±0,1	1,7±0,1	2,6±0,1
Дата	20.03.87		27.03.87		02.12.87	

Таблица 4

	X	Y
J = 0,2 мкА	3,6±0,1	2,4±0,1
J = 1 мкА	3,4±0,1	2,3±0,1

Описанные результаты позволяют сделать следующие выводы:  
 1). Расчетный режим работы X тракта, выполненный на основании измерений фазовых параметров пучка, хорошо совпадает с реальным процессом транспортировки протонов по нейтронному каналу.

2). Фазовые параметры пучка постоянны в течение длительного времени.

3). Параметры пучка неизменны по крайней мере в интервале интенсивности 0,2 ÷ 1 мкА.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин Е.С. и др. ОИЯИ, 9-82-406, Дубна, 1982.
2. Brown K.L. et al. CERN, 80-04, 1980.
3. Гаркуша В.И. и др. ИФВЭ, 79-24, Серпухов, 1979.
4. Асеев В.Н. и др. – В сб.: Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна: ОИЯИ, 1985, т.1, с.277.
5. Грачев М.И. и др. В сб.: Труды III Всесоюзного семинара. М.: Изд-во ИЯИ АН СССР, 1984, с.61.
6. Густов С.А. ОИЯИ, 9-87-668, Дубна, 1987.
7. Абросимов Н.К. и др. ЛИЯФ, 1170, Л., 1986.  
Абросимов Н.К. и др. ЛИЯФ, 1171, Л., 1986.
8. Штернхеймер Р. – В сб.: Принципы и методы регистрации элементарных частиц. М.: ИЛ, 1963, с.9.
9. Brown K.L., Iselin C. CERN, 14-2, 1974.
10. Абазов В.М. и др. ОИЯИ, 9-87-322, Дубна, 1987.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
D1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
D9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
D7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
D2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
D4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
D2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
D14-87-799	Труды Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987	4 р. 20 к.

Рукопись поступила в издательский отдел  
29 марта 1988 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.