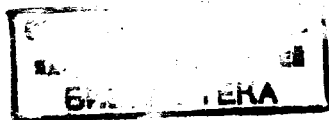


13 - 10157

С.А.Бунятов, Б.Ж.Залиханов,  
В.С.Курбатов, А.Халбаев\*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА  
ПУЧКОВ МЕЗОННОГО ТРАКТА  
ПО ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА



---

\* Институт ядерной физики АН УзССР.

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



СЗУУ 1п  
Б-911

505/1-77

13 - 10157

С.А.Бунятов, Б.Ж.Залиханов,  
В.С.Курбатов, А.Халбаев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА  
ПУЧКОВ МЕЗОННОГО ТРАКТА  
ПО ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА

**1976**

Бунятов С.А. и др.

13 - 10157

Определение состава пучков мезонного тракта по времени пролета

Для определения состава пучков мезонного тракта синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ использован сцинтилляционный спектрометр по времени пролета.

Измерено содержание пионов, мюонов и электронов в пучках мезонного тракта с различными импульсами в разных точках на выходе из тракта.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований  
Дубна 1976

В настоящей работе приводятся результаты измерения состава пучков  $\pi^-$ -мезонов с импульсами 168, 340, 358 и 390 МэВ/с мезонного тракта синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ.

Имеющиеся к настоящему времени данные о составах пучков мезонного тракта были получены косвенным путем из кривых пробегов <sup>1/</sup>, из скорости счета в звездном детекторе /отношение  $\pi/\mu$  <sup>2/</sup>, и наконец, путем сравнения дифференциального сечения упругого  $\pi^-P$ -рассеяния с известными экспериментальными данными <sup>3/</sup>.

Эти методы дают разные результаты по составу пучков, имеют ограниченную область применения и не обеспечивают высокого уровня разделения  $\pi, \mu$ -мезонов и электронов, содержащихся в пучках.

Более точным и универсальным методом является измерение времени пролета частиц пучка. Эта методика позволяет непосредственно определить состав и энергию пучка в месте расположения мишени и с высокой эффективностью / $\approx 100\%$ / выделить из пучка необходимые частицы.

Схема эксперимента показана на рис. 1а. Первый "базовый" счетчик Б1 /сцинтиллятор  $10 \times 10 \times 4$  см<sup>3</sup>/, задающий начало измеряемого временного интервала, помещался между квадрупольными магнитными линзами МЛ28 и МЛ29 мезонного тракта. Второй "базовый" счетчик Б11 /сцинтиллятор  $10 \times 10 \times 4$  см<sup>3</sup>/ отстоял от последней линзы тракта на расстоянии 60 см. При таком расположении счетчиков пролетное расстояние по оси тракта составляет  $\sim 5$  м.

Для устранения дефокусирующего действия магнитного поля линз в счетчике Б1 дополнительно использовались стальные трубы /диаметром 9 см и толщиной стенок 0,4 см/, внутри которых располагались основные кожухи ф.э.у. /рис. 1б/.

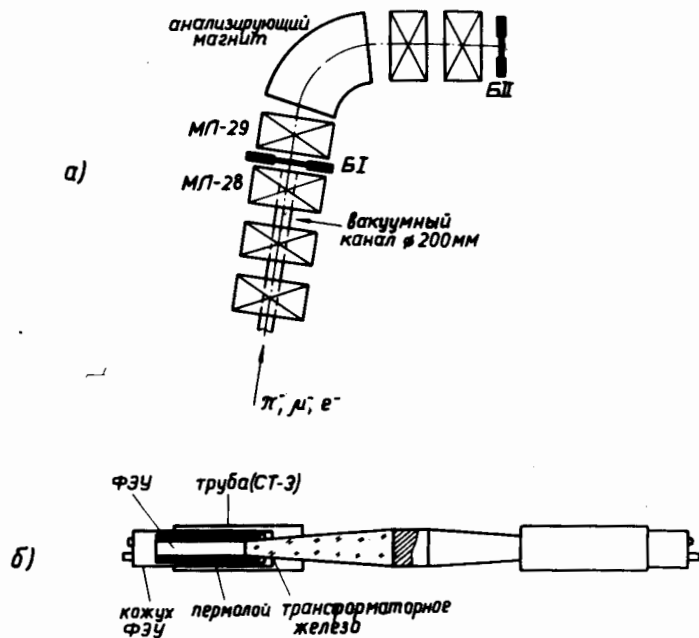


Рис. 1.

- а) Схема эксперимента,  
 б) эскиз "базового" счетчика Б1.

Разрешение спектрометра по времени пролета определялось по релятивистским электронам, содержащимся в пучке  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 340 МэВ/с, и составило 280 пс /полная ширина на полувысоте/. Подробное описание характеристик спектрометра приведено в работе <sup>1/4/</sup>.

В табл. 1 приведено положение мишени по радиусу  $R$  и азимуту  $\phi$  внутри ускорителя, токи на первой линзе  $I_1$ , анализирующего магнита  $I_2$  и фокусирующей линзы  $I_3$ , при которых проводились измерения состава пучка.

Таблица 1  
 Положение мишени в камере ускорителя и ток генераторов для разных режимов работы мезонного тракта

Импульс, МэВ/с	R см.	$\phi$ град.	$I_1$ , А.	$I_2^*$ , А.	$I_3$ , А.
168	269	5,80	825	240 ( 7,4)	370
340	271	12,74	-1000	485 (15,0)	1000
358	271	12,74	-1000	490 (15,5)	1000
390	269,3	13,00	-1000	550 (17,0)	990

Измерения проводились для пяти различных положений счетчика Б1 по сечению вакуумного канала при неизменном положении счетчика Б11. На рис. 2-б показаны спектры по времени пролета частиц пучка с импульсом 340 МэВ/с для различных положений счетчика Б1 относительно оси вакуумного канала. Из приведенных спектров видно, что состав пучка в различных точках тракта практически не меняется.

Способ определения доли  $\pi, \mu$ -мезонов и электронов в пучке поясняется на рис. 2. Доля электронов определяется непосредственно из спектра электронов. Количество  $\pi^-$ -мезонов равно удвоенной площади правой половины  $\pi^-$ -мезонного пика. Оставшаяся часть спектра относилась к  $\mu$ -мезонам. Процентное содержание  $\pi, \mu$ -мезонов и электронов для измеренных точек приводится в табл. 2.

Таблица 2

Состав пучка с импульсом 340 МэВ/с, измеренный для пяти различных положений счетчика Б11 относительно оси вакуумного канала

Части-цы./Точки изм.	Точки изм.				
	1	2	3	4	5
$\pi^-$ , %	78,5 $\pm$ 2,0	78,6 $\pm$ 2,0	77,5 $\pm$ 2,0	78,5 $\pm$ 2,0	80,0 $\pm$ 2,0
$\mu^-$ , %	18,5 $\pm$ 2,0	18,4 $\pm$ 2,0	19,6 $\pm$ 2,0	18,5 $\pm$ 2,0	16,8 $\pm$ 2,0
$e^-$ , %	3,0 $\pm$ 0,6	3,0 $\pm$ 0,6	2,9 $\pm$ 0,6	3,0 $\pm$ 0,6	3,2 $\pm$ 0,6

\* В скобках указано напряжение на шунте генератора в мВ.

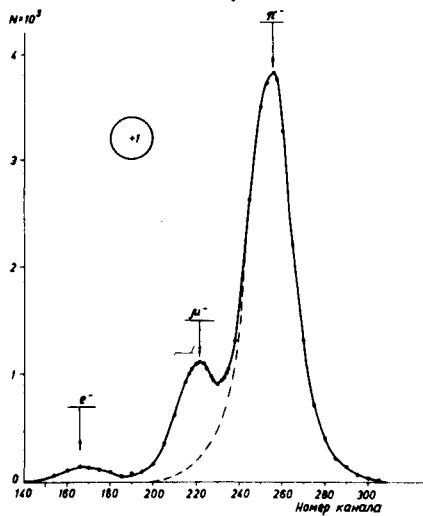


Рис. 2. Спектр по времени пролета частиц пучка с импульсом  $P = 340$  МэВ/с. Счетчик Б1 расположен в точке 1. Цена канала 15 пс.

Среднее значение состава пучка с импульсом  $340$  МэВ/с в месте расположения счетчиков Б11 следующее:

$$\pi^- - (78,6 \pm 2,0)\%$$

$$\mu^- - (18,4 \pm 2,0)\%$$

$$e^- - (3,0 \pm 0,6)\%$$

Поправка на различие многократного кулоновского рассеяния электронов и мезонов не вводилась.

Для оценки влияния многократного кулоновского рассеяния на состав пучка были проведены измерения при различных количествах вещества на пути частиц в месте расположения счетчика Б1. В одном случае количество вещества составляло  $4$  г/см<sup>2</sup>/толщина счетчика Б1/. В другом случае был добавлен сцинтиллятор толщиной  $1$  см/  $1$  г/см<sup>2</sup>/. Измерения показали, что доля электронов во втором случае уменьшилась на  $0,15\%$ , поэтому ошибки в измерении ее увеличены с  $0,1\%$  до  $0,6\%$ .

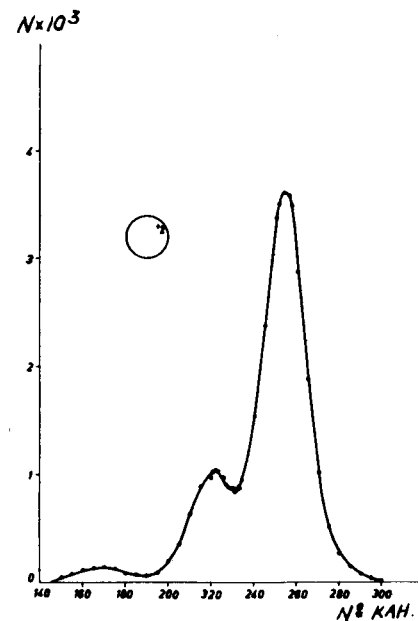


Рис. 3. Спектр по времени пролета ( $P = 340$  МэВ/с). Б1 в точке 2. Цена канала 15 пс.

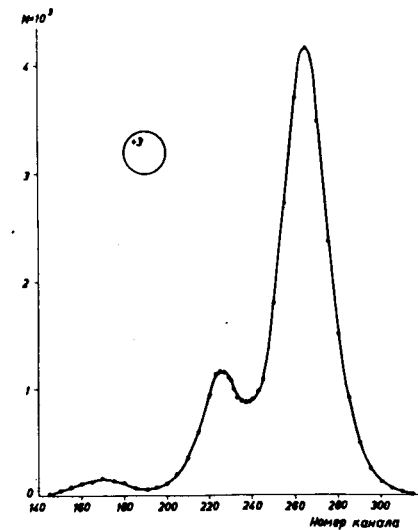


Рис. 4. Спектр по времени пролета ( $P = 340$  МэВ/с). Б1 в точке 3. Цена канала 15 пс.

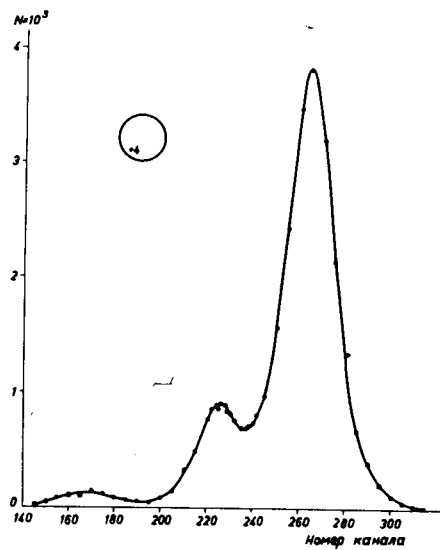


Рис. 5. Спектр по времени пролета ( $P = 340$  МэВ/с). Б1 в точке 4. Цена канала 15 пс.

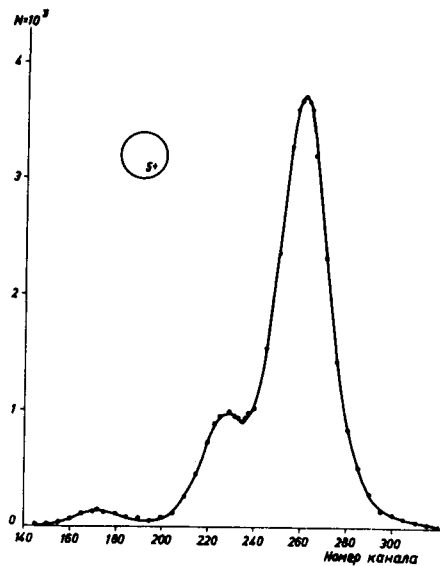


Рис. 6. Спектр по времени пролета ( $P = 340$  МэВ/с). Б1 в точке 5. Цена канала 15 пс.

На рис. 7 показаны спектры по времени пролета частиц пучка с импульсом 358 МэВ/с, измеренные при различных расстояниях между счетчиком Б11 и последней линзой тракта. В табл.3 приводятся результаты этих измерений. Как видно из таблицы, при изменении расстояния от 60 до 180 см состав пучка в пределах ошибок измерения не изменяется.

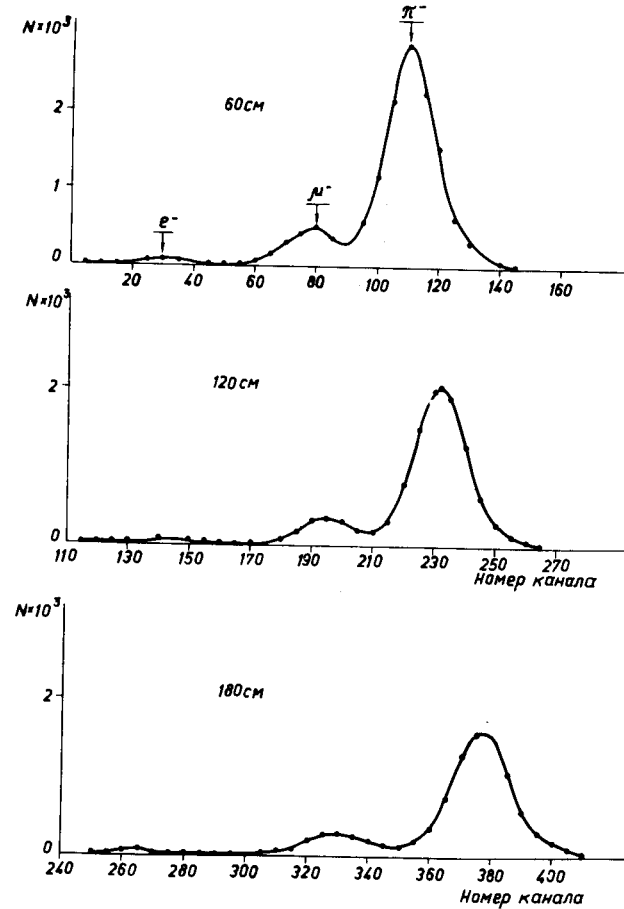


Рис. 7. Спектры по времени пролета частиц пучка с импульсом 358 МэВ/с, измеренный при различных положениях счетчика БП относительно последней линзы тракта. Цена канала 15 пс.

Таблица 3

Состав пучка с импульсом 358 МэВ/с, измеренный при различных расстояниях между счетчиком Б11 и последней линзой тракта

Частицы \ Расстояние, см.	60	120	180
$\pi^-$ , %	$83,7 \pm 2,0$	$84,3 \pm 2,0$	$84,8 \pm 2,0$
$\mu^-$ , %	$14,0 \pm 2,0$	$13,5 \pm 2,0$	$13,1 \pm 2,0$
$e^-$ , %	$2,3 \pm 0,6$	$2,2 \pm 0,6$	$2,1 \pm 0,6$

Состав пучка  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 390 МэВ/с показан на рис. 8 /счетчик Б11 расположен на расстоянии 80 см от последней линзы тракта/. Данный пучок имеет следующий состав:

$$\pi^- - (90,0 \pm 2,0)\%$$

$$\mu^- - (9,0 \pm 2,0)\%$$

$$e^- - (1,0 \pm 0,5)\%$$

Учет количества  $\pi^-$ -мезонов, взаимодействующих в счетчике Б1, приводит к незначительному изменению состава пучка. Например, пучок с импульсом 390 МэВ/с с учетом указанной поправки имеет следующий состав:

$$\pi^- - (90,7 \pm 2,0)\%$$

$$\mu^- - (8,4 \pm 2,0)\%$$

$$e^- - (0,9 \pm 0,5)\%$$

Состав пучка с импульсом 390 МэВ/с практически не изменяется с увеличением расстояния между счетчиком Б11 и последней линзой тракта до 6 м.

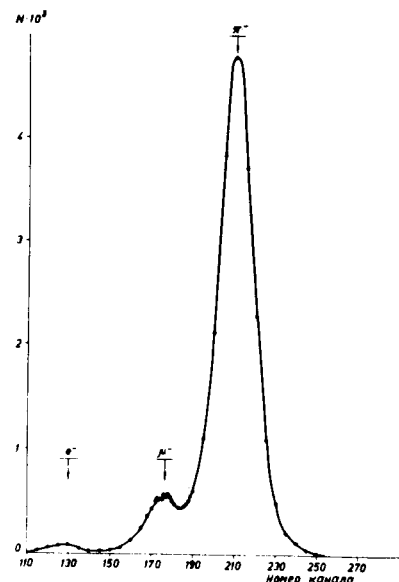


Рис. 8. Спектр по времени пролета частиц пучка с импульсом  $P = 390$  МэВ/с. Цена канала 15 пс.

В табл. 4 приводится состав пучка  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 390 МэВ/с, измеренный различными методами.

Таблица 4

Состав пучка с импульсом 390 МэВ/с, измеренный различными методами

Работа	Метод	$\pi^-$ , %	$\mu^-$ , %	$e^-$ , %
В.С. Роганов /1/, 1969 г.	Звёздный детектор	68	-	-
А.В. Кушнов и др. /3/, 1974 г.	Упругое $\pi$ -рассеяние	$78 \pm 3$	-	-
Настоящая работа	Время пролёта	$90,7 \pm 2,0$	$8,4 \pm 2,0$	$0,9 \pm 0,45$

Состав пучка с импульсом 168 МэВ/с, измеренный для пяти положений счетчика Б1 относительно оси вакуумного канала, приводится в табл. 5.

Таблица 5

Состав пучка с импульсом 168 МэВ/с, измеренный для пяти различных положений счетчика Б1 относительно оси вакуумного канала

Точки изм. Части- цы.	1	2	3	4	5
$\pi^-$ , %	41,0 $\pm$ 0,2	41,0 $\pm$ 0,2	38,2 $\pm$ 0,2	41,1 $\pm$ 0,2	48,5 $\pm$ 0,2
$\mu^-$ , %	23,0 $\pm$ 0,3	22,2 $\pm$ 0,3	24,5 $\pm$ 0,3	26,5 $\pm$ 0,3	25,5 $\pm$ 0,3
$e^-$ , %	32,0 $\pm$ 1,0	37,8 $\pm$ 1,0	37,3 $\pm$ 1,0	32,4 $\pm$ 1,0	26,0 $\pm$ 1,0

Среднее значение состава пучка с импульсом 168 МэВ/с в месте расположения счетчика Б1 следующее:

$$\pi^- - (42,0 \pm 0,2)\%$$

$$\mu^- - (24,1 \pm 0,3)\%$$

$$e^- - (33,9 \pm 1,0)\%$$

На рис. 9 показан спектр по времени пролета частиц пучка с импульсом 168 МэВ/с, измеренный при положении первого счетчика в точке 1 и расстоянии между линзой и счетчиком Б1 60 см. Для данного пучка наблюдается значительное изменение относительной доли  $\pi$ ,  $\mu$ -мезонов и электронов по мере удаления счетчика Б1 от последней линзы. Так, например, при расстоянии между счетчиком Б1 и линзой, равном 2,5 м, доля электронов составляет 46%, а доли  $\pi$  и  $\mu$ -мезонов соответственно 23 и 31%. Изменение состава пучка с импульсом 168 МэВ/с при увеличении расстояния вызвано распадом  $\pi^-$ -мезонов и различной угловой расходимостью частиц пучка.

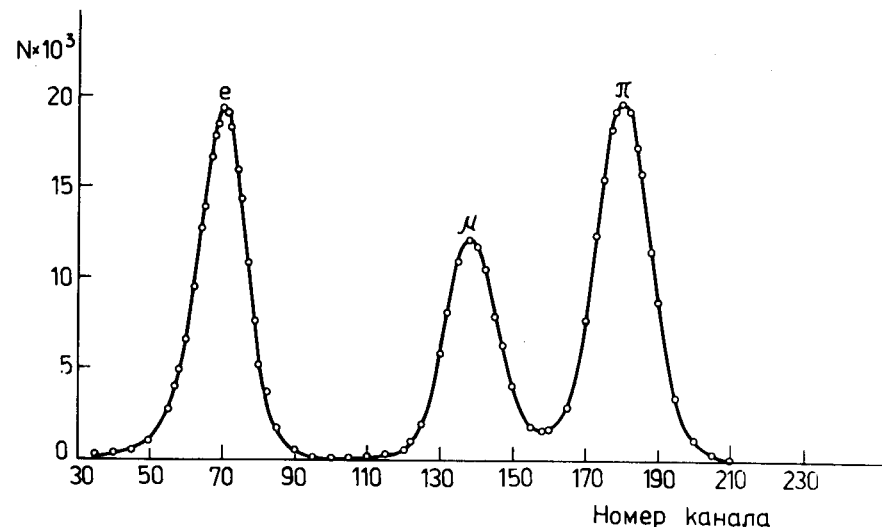


Рис. 9. Спектр по времени пролета частиц пучка с импульсом 168 МэВ/с. Цена канала 50 пс.

Таким образом, показано, что использование методики по времени пролета позволяет с точностью  $1 \div 2\%$  определить состав пучка в месте расположения мишени во всем интервале энергий мезонного тракта. Благодаря универсальности метода в процессе измерения определяется не только спектр масс частиц, но и их энергетический спектр. Кроме того, в случае необходимости по времени пролета можно выделить из пучка  $\pi$ ,  $\mu$ -мезоны или электроны.

Авторы выражают благодарность В.Г.Зинову и В.С.Роганову за полезные обсуждения, а также Н.А.Лебедеву за помощь в проведении измерений.

#### Литература

1. В.С.Роганов. ОИЯИ, Б1-9-4707, Дубна, 1969.
2. В.Г.Варламов, Ю.М.Гришин, А.В.Демьянов, Б.А.Долгошеин, В.С.Роганов. ОИЯИ, 1-4084, Дубна, 1968.



3. А. В. Купцов, Г. И. Смирнов, Д. М. Хазинс. ПТЭ, №5, 32 /1974/.
4. С. А. Бунятов, Б. Ж. Залиханов, В. С. Курбатов, А. Халбаев. ОИЯИ, 13-10156, Дубна, 1976.

*Рукопись поступила в издательский отдел  
6 октября 1976 года.*