

А.М.Благородов, В.Н.Лузин, И.А.Радкевич, Т.Г.Смолянкина,  
В.В.Соколовский, Ю.Ф.Томащук

ИЗМЕРЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СРЕЧЕНИЙ  $\frac{d^2\sigma}{d\Omega dM^2}$  В  
РЕАКЦИИ  $L-p \rightarrow pX^-$  ПРИ 3,2 Гэв/с и 3,7 Гэв/с.

Москва 1971г.

## А Н Н О Т А Ц И Я

В работе приводятся результаты измерения относительных дифференциальных сечений  $\frac{d^2\sigma}{dt dM_x}$  в реакции  $\pi^- p \rightarrow p x^-$  для двух значений первичного импульса 3,2 Гэв/с и 3,7 Гэв/с. Работа выполнена на магнитном спектрометре недостающих масс. Определено, что зависимость сечений от  $t$  хорошо описывается выражением вида  $B e^{-At}$ . Получена зависимость константы  $A$  от  $t$  для обоих значений первичного импульса.

## A b s t r a c t

Results are given of measurement of the relative differential cross sections  $\frac{d^2\sigma}{dt dM_x}$  in reactions  $\pi^- p \rightarrow p X^-$  for two values of initial momentum 3/2 and 3,7 GeV/c. The missing mass magnetic spectrometer was used. It is determined that the t-dependence of cross sections is reasonably described by the expression of the type  $B e^{-A/|t|}$ . The t-dependence of the constant A is obtained for both values of initial momentum.

Измерения выполнены на магнитном спектрометре недостающих масс, предназначенном для исследования произвольных квазидвухчастичных реакций [1]. Спектрометр регистрирует протоны отдачи в сравнительно широком интервале импульсов и углов [2] что позволяет исследовать зависимость сечений от переданного четырехмерного импульса  $\vec{t}$ .

Схема спектрометра показана на рис.1. Первичные  $\pi^-$ -мезоны регистрируются сцинтилляционными счетчиками  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$ . Протоны отдачи проходят счетчик  $C_4$  и после пролета через магнит регистрируются счетчиком  $C_5$  включенным в схему задержанных совпадений, которая позволяет выделять протоны по времени пролета вплоть до импульсов 1,5 Гэв/с. Мастерным сигналом запуска искровых камер служит срабатывание счетчиков  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ . Координаты траектории пучковых частиц и частицы отдачи определяются оптическими искровыми камерами ИК<sub>1</sub>, ИК<sub>3</sub>, ИК<sub>5</sub> и ИК<sub>6</sub>. На спектрометре установлена также автономная система акустических искровых камер АК<sub>1</sub> - АК<sub>6</sub>, которая в данном эксперименте не использовалась.

На входе спектрометра помещена жидководородная мишень, изготовленная из натянутой на каркас фольги нержавеющей стали толщиной 0,08 мм [3]. Дина мишени 250 мм, диаметр - 60 мм. Суммарная толщина стали на пути частиц отдачи составляет  $0,2 \pm 0,25$  мм.

Спектрометр регистрирует частицу отдачи в интервале углов от 23 до 69°. В интервале импульсов протона отдачи 0,27 - 0,8 Гэв/с схема задержанных совпадений пропускает все протоны, а в интервале 0,8 ± 1,5 Гэв/с протоны регистрируются с меньшей эффективностью, поправка на которую вводится расчетным путем [2]. Фотографий событий, зарегистрированных спектрометром, после отбраковки обмерялись на полуавтоматическом цифровальном столе (ПЦС-1). Данные обмера вводились на перфокартах в ЭВМ М-20 и по соответствующим программам проводилась обработка событий.

Эффективность спектрометра для регистрации протона отдачи из реакции  $\pi^- p \rightarrow p \chi^-$  была рассчитана по методу Монте-Карло. В результате

расчета [2] была получена двухпараметричная функция  $\Phi = \Phi(M_x, p_3)$ , где  $M_x$  - недостающая к протону отдачи масса, а  $p_3$  - импульс протона отдачи. На рис.2 изображены линии равной эффективности при импульсе пучковых мезонов 3,2 Гэв/с. Точками нанесены экспериментальные результаты. Коррекция экспериментального материала осуществлялась отдельной программой. Области значений недостающей массы  $0,6 \leq M \leq 1,65$  Гэв и значений импульса протона отдачи  $0,25 \leq p_3 \leq 0,85$  Гэв/с были разбиты на интервалы, равные 0,0025 Гэв для  $M_x$  и 0,05 Гэв/с для  $p_3$ . По величинам  $M_x$  и  $p_3$  для каждого события методом интерполяции определялась величина эффективности  $\Phi_i(M_x, p_3)$ , рассчитанная в [2]. Затем событие записывалось в соответствующий интервал  $\Delta M_x$  и  $\Delta p_3$  с весом  $\frac{1}{\Phi_i}$ . Таким образом, в каждом интервале вычислялось скорректированное число событий  $N = \sum_{i=1}^{N'} \frac{1}{\Phi_i}$ . Одновременно записывалось некорректированное число событий в тех же интервалах. Один из блоков программы вычислял статические ошибки для каждого интервала по формулам  $\Delta N' = \sqrt{N'}$  (для некорректированной гистограммы) и  $\Delta N = \sqrt{\sum_{i=1}^{N'} \frac{1}{\Phi_i^2}}$  (для корректированной). Программа позволяла также получать результаты при разбиении на любые другие, кратные 0,0025 Гэв и 0,005 Гэв/с, интервалы. Для получения дифференциальных сечений  $\frac{d^2\sigma}{dM_x dp_3}$  выбирались интервалы по  $M_x$  и  $p_3$ , равные 0,1 Гэв и 0,05 Гэв/с, соответственно, а также 0,2 и 0,05 Гэв/с. Если изобразить один из таких двумерных интервалов в осях  $M_x$  и  $p_3$  (см.рис.3), он будет представлять собой прямоугольник со сторонами 0,1 Гэв и 0,05 Гэв/с или 0,2 Гэв и 0,05 Гэв/с. При вычислении сечений использовались только те прямоугольники, которые целиком оказывались внутри кривой (3) рис.3.

Сечения вычислялись по формуле 
$$\frac{d^2\sigma}{dp_3 dM_x} = \left( \frac{c \gamma}{N_{\pi} \Delta p_3 \Delta M_x} \right) \cdot N \quad (1)$$
 где

- $N$  - скорректированное число событий в данном интервале  $\Delta M_x$  и  $\Delta p_3$ ;
- $N_{\pi}$  - число π- мезонов, прошедших через водородную мишень;
- $c$  - количество нуклонов на см<sup>2</sup> водородной мишени;

$\gamma = \frac{2\pi}{\Delta\alpha}$  - множитель, учитывающий ограничение по азимутальному углу при расчете эффективности спектрометра.

При переходе к сечению  $\frac{d^2\sigma}{dt dM_x}$  необходимо умножить выражение (1) на якобиан перехода  $\frac{dp_2}{dt}$ .

Для вычисления относительных дифференциальных сечений в выражении

(1) достаточно положить множитель, заключенный в скобки, равным 1 или  $\frac{1}{2}$  (соответственно для  $\Delta M_x = 0,1$  Гэв и  $\Delta M_x = 0,2$  Гэв).

Вычисленные относительные сечения приведены в таблицах 1 и 2. Для импульса 3,7 Гэв/с оценено с точностью  $\approx 30\%$  абсолютное сечение, которое оказалось  $\approx 27 \mu\text{бн}/\text{Гэв}^3/\text{с}^2$  на одну относительную единицу таблицы. На рис. 4 и 5 в полулогарифмическом масштабе изображена зависимость сечений от  $t$  для тех интервалов по массе, в которых сечения определены не менее чем при трех значениях  $t$  (см. таблицы 1 и 2). Из приведенных графиков видно, что зависимость сечения от  $t$  для каждого интервала по массе хорошо описывается выражением вида  $Be^{-At}$ . Значения констант  $A$  для каждой из прямых рассчитывались методом наименьших квадратов. На рис. 6 и 7 приведена зависимость константы  $A$  от массы для импульса первичных  $\pi^-$ -мезонов 3,2 и 3,7 Гэв/с, соответственно. Прямые проведены через экспериментальные точки методом наименьших квадратов. В пределах ошибок наклоны обеих прямых совпадают.

В заключение авторы считают приятным долгом выразить благодарность члену-корреспонденту <sup>АН СССР</sup> В.В. Владимирскому за постоянный интерес и помощь в работе.

Работа поступила  
в печать 30.XII-71 г.

Таблица I.

 $P_0 = 3,2 \text{ Гэв/с}$ 

Интервал $\Delta P_z$ , Гэв/с	Среднее значение $P_z$ , Гэв/с	Среднее значение $\pm$ (Гэв/с) <sup>2</sup>	$\frac{d^2\sigma}{dM^2 dMx}$ , относительные единицы						
			$0,9 \leq Mx \leq 1,0$	$1,0 \leq Mx \leq 1,1$	$1,1 \leq Mx \leq 1,2$	$1,2 \leq Mx \leq 1,3$	$1,3 \leq Mx \leq 1,4$	$1,1 \leq Mx \leq 1,3$	$1,2 \leq Mx \leq 1,4$
0,35-0,4	0,375	0,135	$131 \pm 10,5$	$191 \pm 17,9$	-	-	-	-	-
0,4-0,45	0,425	0,172	-	$146 \pm 14,1$	$220 \pm 17,9$	$266 \pm 25,1$	-	$244 \pm 15,3$	-
0,45-0,5	0,475	0,213	-	$122 \pm 16,9$	$169 \pm 14,6$	$181 \pm 16$	-	$175 \pm 11,5$	-
0,5-0,55	0,525	0,257	-	-	$125 \pm 12,4$	$162 \pm 14,7$	$135 \pm 18,9$	$143 \pm 9,6$	$148 \pm 12$
0,55-0,6	0,575	0,304	-	-	$75 \pm 13,8$	$138 \pm 12,9$	$94 \pm 13,1$	$106 \pm 9,5$	$116 \pm 9,3$
0,6-0,65	0,625	0,355	-	-	-	$114 \pm 11,4$	$78 \pm 10,6$	-	$96 \pm 7,7$
0,65-0,7	0,675	0,408	-	-	-	$79 \pm 9,3$	$79 \pm 10,0$	-	$79 \pm 7,1$
0,7-0,75	0,725	0,464	-	-	-	$70 \pm 10,5$	$84 \pm 10,7$	-	$77 \pm 7,6$
0,75-0,8	0,775	0,523	-	-	-	-	$61 \pm 9,5$	-	-
0,8-0,85	0,825	0,584	-	-	-	-	$41 \pm 8,4$	-	-

Таблица 2.

 $\rho_0 = 3,7$  Гэв/с

Интервал $\Delta\rho, \text{Гэв/с}$	Среднее значение $\rho, \text{Гэв/с}$	Среднее значение $t, (\text{Гэв/с})^2$	$\frac{d^2G}{dA dMx}$ , относительные единицы							
			$0,06 \leq M_x \leq 0,10$	$0,10 \leq M_x \leq 0,11$	$0,11 \leq M_x \leq 0,12$	$0,12 \leq M_x \leq 0,13$	$0,13 \leq M_x \leq 0,14$	$0,14 \leq M_x \leq 0,15$	$0,15 \leq M_x \leq 0,16$	$0,16 \leq M_x \leq 0,17$
0,35-0,4	0,375	0,135	$0,54 \pm 18,4$	$121 \pm 8,9$	$180 \pm 16,5$	$236 \pm 22,1$	-	-	-	-
0,4-0,45	0,425	0,172	-	$143 \pm 15,4$	$149 \pm 14,3$	$191 \pm 16,7$	$209 \pm 22,5$	-	$198 \pm 14,0$	-
0,45-0,5	0,475	0,213	-	-	$119 \pm 14,9$	$137 \pm 13,1$	$196 \pm 17,8$	-	$167 \pm 11,0$	-
0,5-0,55	0,525	0,257	-	-	-	$132 \pm 12,7$	$129 \pm 13,0$	-	$131 \pm 9,2$	-
0,55-0,6	0,575	0,304	-	-	-	-	$111 \pm 11,5$	$89 \pm 12,2$	-	$101 \pm 8,4$
0,6-0,65	0,625	0,355	-	-	-	-	$97 \pm 10,4$	$57 \pm 8,6$	-	$77 \pm 6,8$
0,65-0,7	0,675	0,408	-	-	-	-	$79 \pm 10,2$	$67 \pm 9,0$	-	$75 \pm 6,8$
0,7-0,75	0,725	0,464	-	-	-	-	-	$53 \pm 8,0$	-	-
0,75-0,8	0,775	0,523	-	-	-	-	-	$45 \pm 7,7$	-	-
0,8-0,85	0,825	0,584	-	-	-	-	-	$32 \pm 7,1$	-	-

Рис.1 Схематическое изображение спектрометра

Рис.2 Линии равной эффективности  $\Phi$  для  $\rho_0 = 3,2$  Гэв/с.  
 1 -  $\Phi = 0,5 \Phi_{max}$  ; 2 -  $\Phi = 0,3 \Phi_{max}$  ; 3 -  $\Phi = 0,1 \Phi_{max}$  ;  
 4 -  $\Phi = 0$ . То жким изображены случаи, полученные из эксперимента.

Рис.3 Гистограмма распределения событий по импульсу протона отдачи  $P_3$  для двух значений первичного импульса  $\rho_0 = 3,2$  Гэв/с и  $\rho_0 = 3,7$  Гэв/с.

Рис.4 Зависимость дифференциальных сечений  $\frac{d^2\sigma}{dt dM_x}$  (в относительных единицах) от  $t$  при  $\rho_0 = 3,2$  Гэв/с для разных интервалов по массе. Зависимость  $\frac{d^2\sigma}{dt dM_x}$  от  $t$  для каждого интервала по массе аппроксимирована выражением вида  $B e^{-At/t}$ , которое в полулогарифмическом масштабе дает прямую

- 1,0 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,1 Гэв ( , прямая (1) );
- 1,1 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,2 Гэв ( , прямая (2) );
- 1,2 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,3 Гэв ( , прямая (3) );
- 1,3 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,4 Гэв ( , прямая (4) );
- 1,1 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,3 Гэв ( , прямая (5) );
- 1,2 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,4 Гэв ( , прямая (6) );

Рис.5 Зависимость дифференциальных сечений  $\frac{d^2\sigma}{dt dM_x}$  в относительных единицах от  $t$  при  $\rho_0 = 3,7$  Гэв/с для разных интервалов по массе. Зависимость аппроксимирована выражением вида  $B e^{-At/t}$

- 1,1 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,2 Гэв ( , прямая (1) );
- 1,2 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,3 Гэв ( , прямая (2) );
- 1,3 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,4 Гэв ( , прямая (3) );
- 1,4 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,5 Гэв ( , прямая (4) );
- 1,2 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,4 Гэв ( , прямая (5) );
- 1,3 Гэв  $\leq M_x \leq$  1,5 Гэв ( , прямая (6) ).

Рис.6 Зависимость величины  $A$  от  $M_x$  для  $\rho_0 = 3,7$  Гэв/с  
Горизонтальный интервал  $\text{---} \circ \text{---}$  обозначает интервал по массе  $M_x$ , для которого определено данное значение  $A$ . Прямая проведена методом наименьших квадратов (по четырем независимым точкам).

Рис.7 Зависимость величины константы  $A$  от  $M_x$  для  $\rho_0 = 3,2$  Гэв/с.  
Горизонтальный интервал обозначает интервал по массе  $M_x$ , для которого определено данное значение  $A$ . Сплошная прямая проведена по четырем независимым точкам методом наименьших квадратов. Пунктирная линия относится к случаю  $\rho_0 = 3,7$  Гэв/с и взята из рис. 6

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.М.Благородов, В.Н.Лузин, Л.И.Мурза, А.А.Панов и др.  
Препринт ИТЭФ № 808, 1970.
2. А.М.Благородов, И.Н.Бородина, В.Н.Лузин, И.А.Радкевич и др.  
Препринт ИТЭФ № 843, 1970.
3. Т.Г.Смолянкина, И.А.Радкевич, В.В.Свколовский  
ИТЭ, № 3, 35 (1966).

I-ти

I/I-72 г.

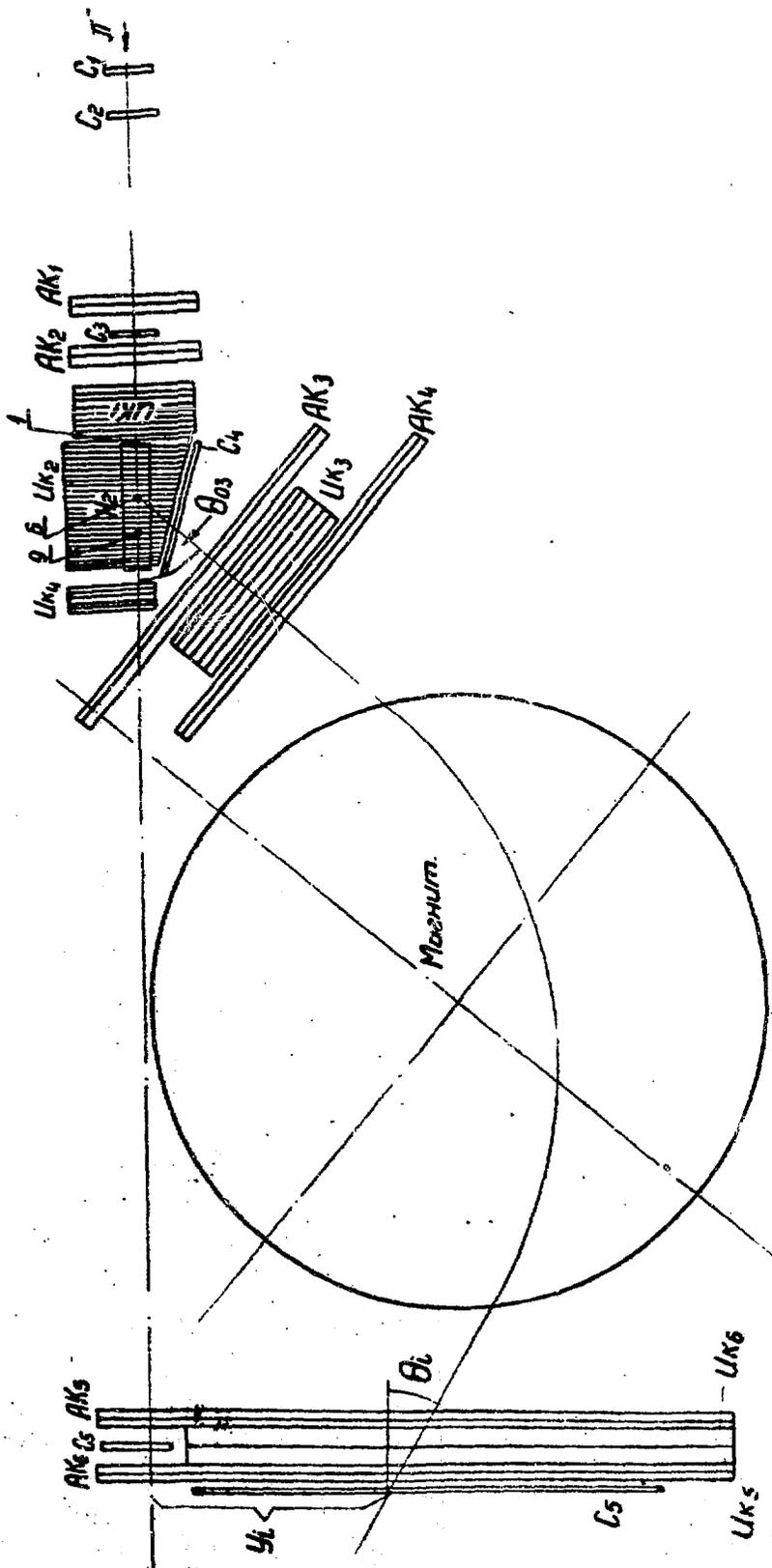
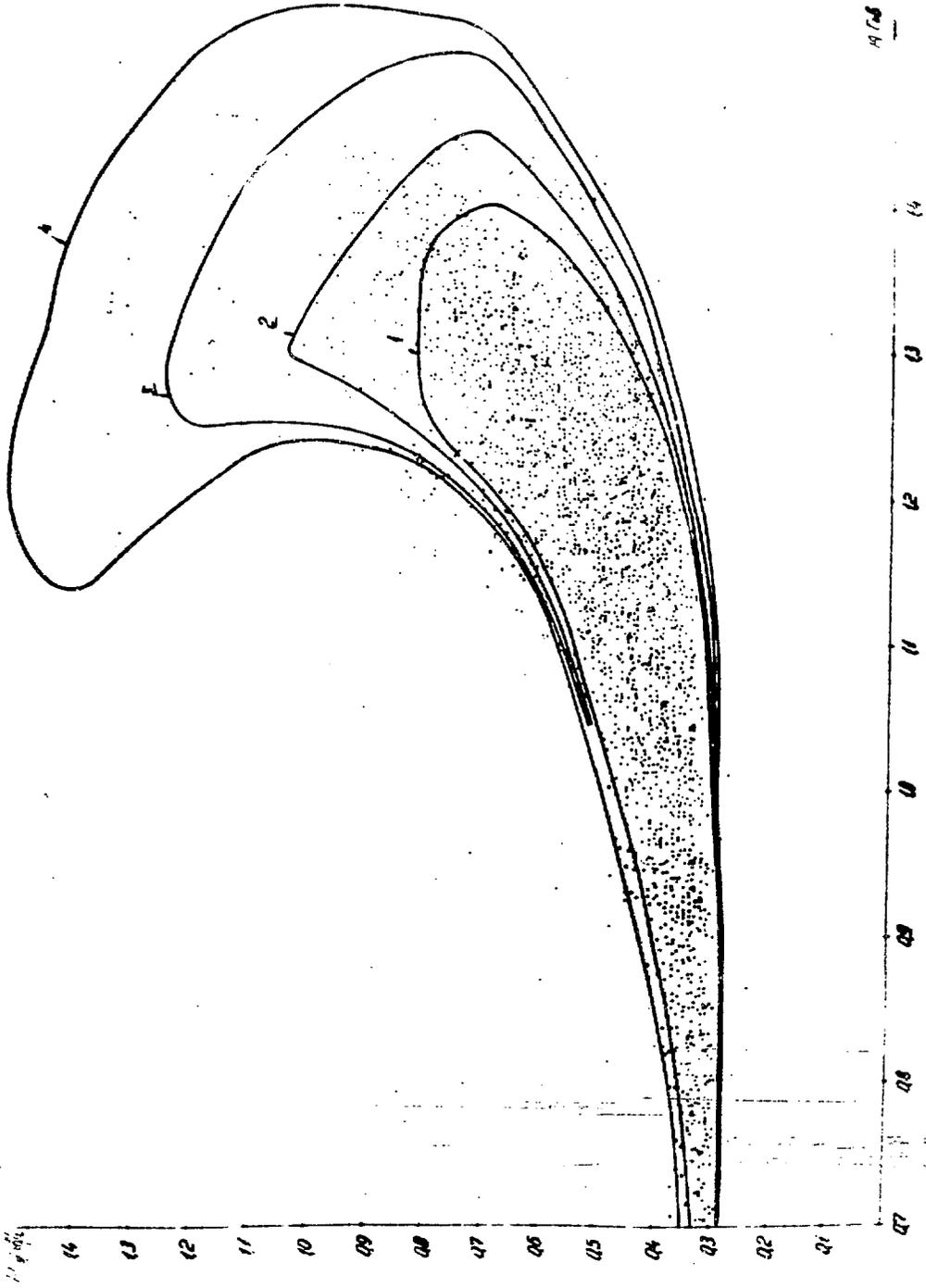


Рис. 1 М-1:10



1978

Рис. 2

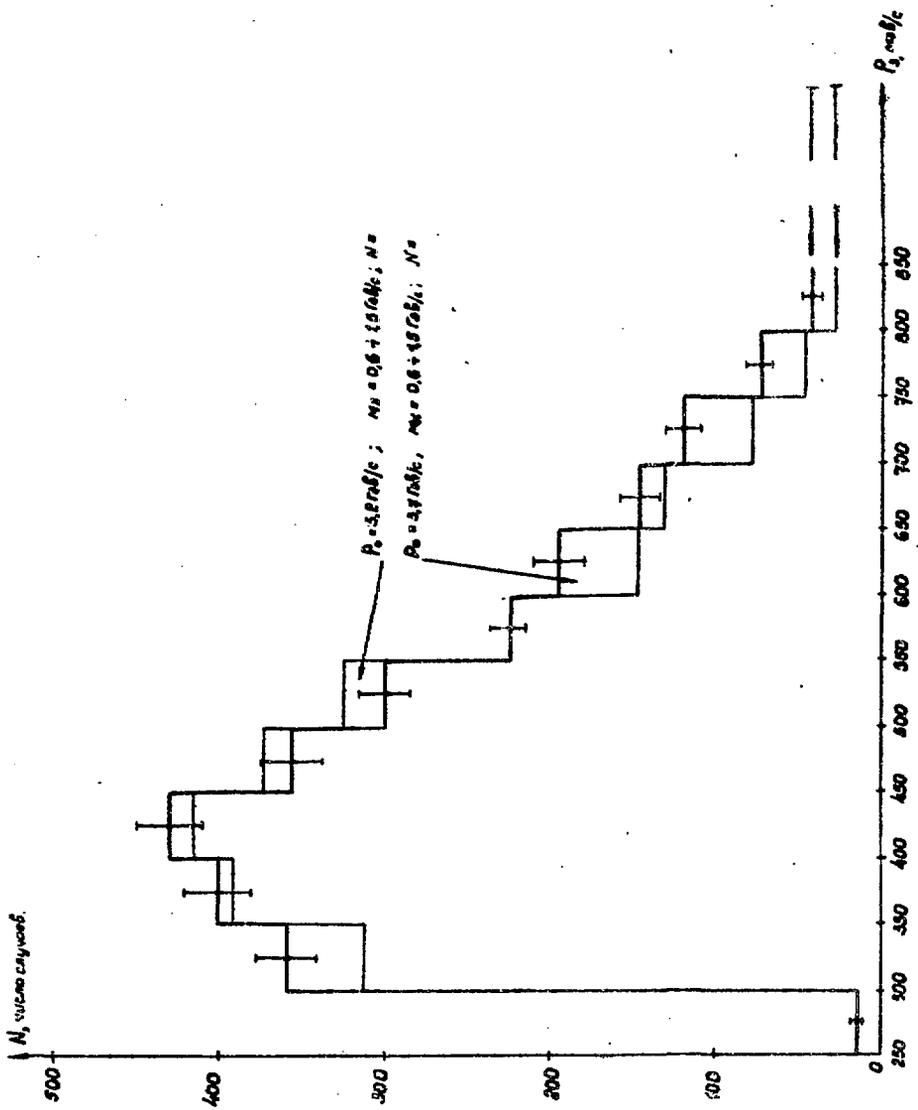


Fig. 5.

2.5  
100  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

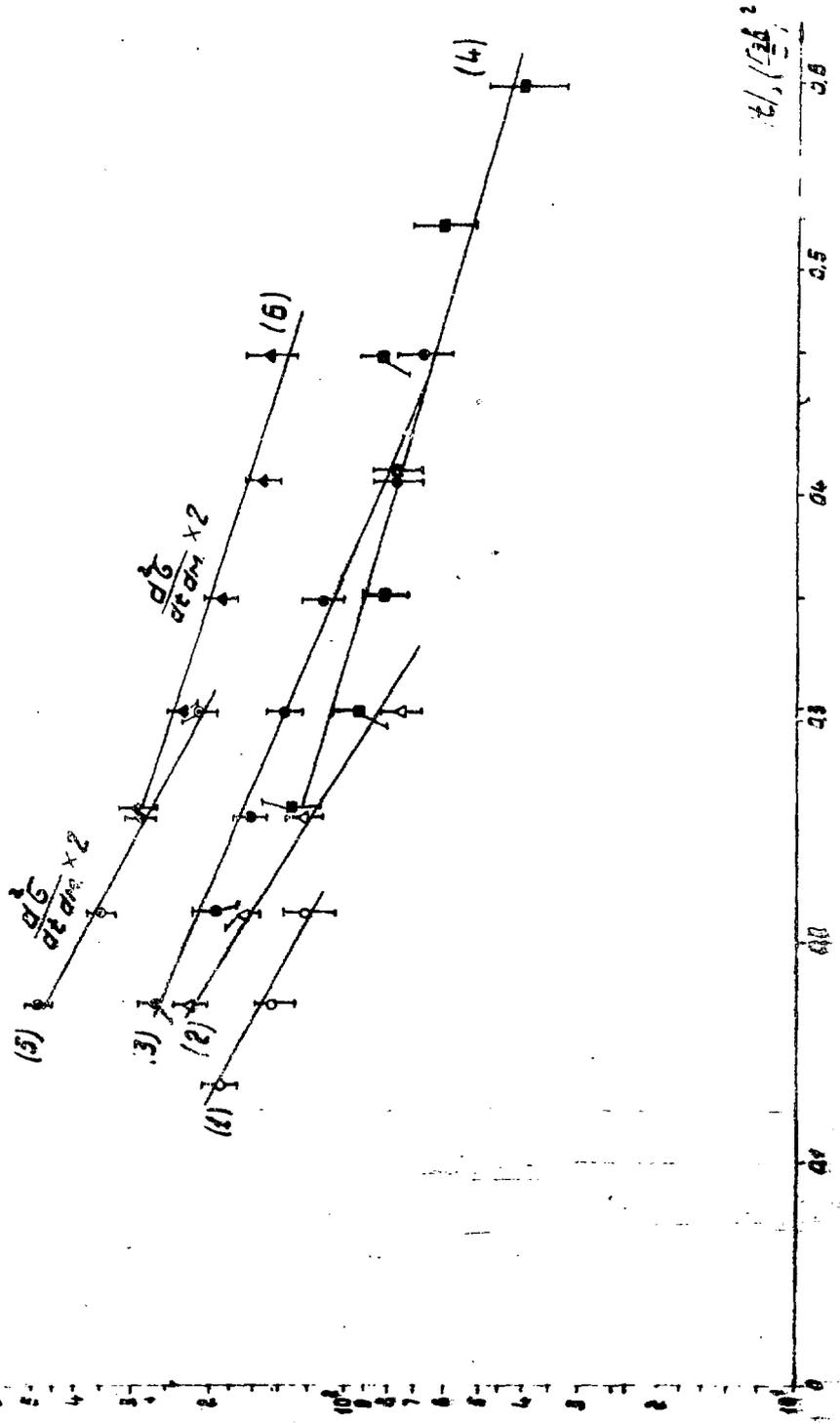


Рис. 4

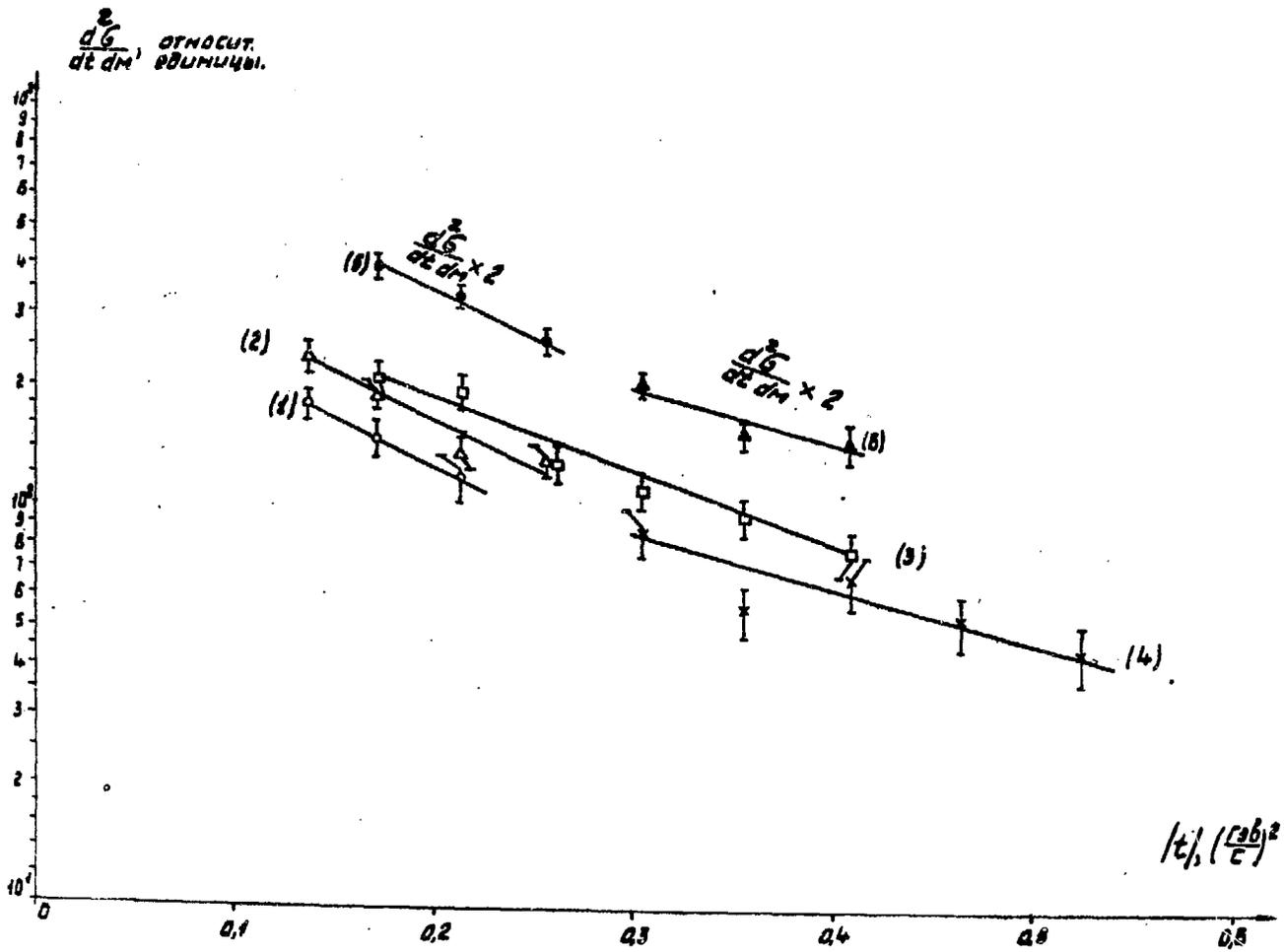


Рис. 5

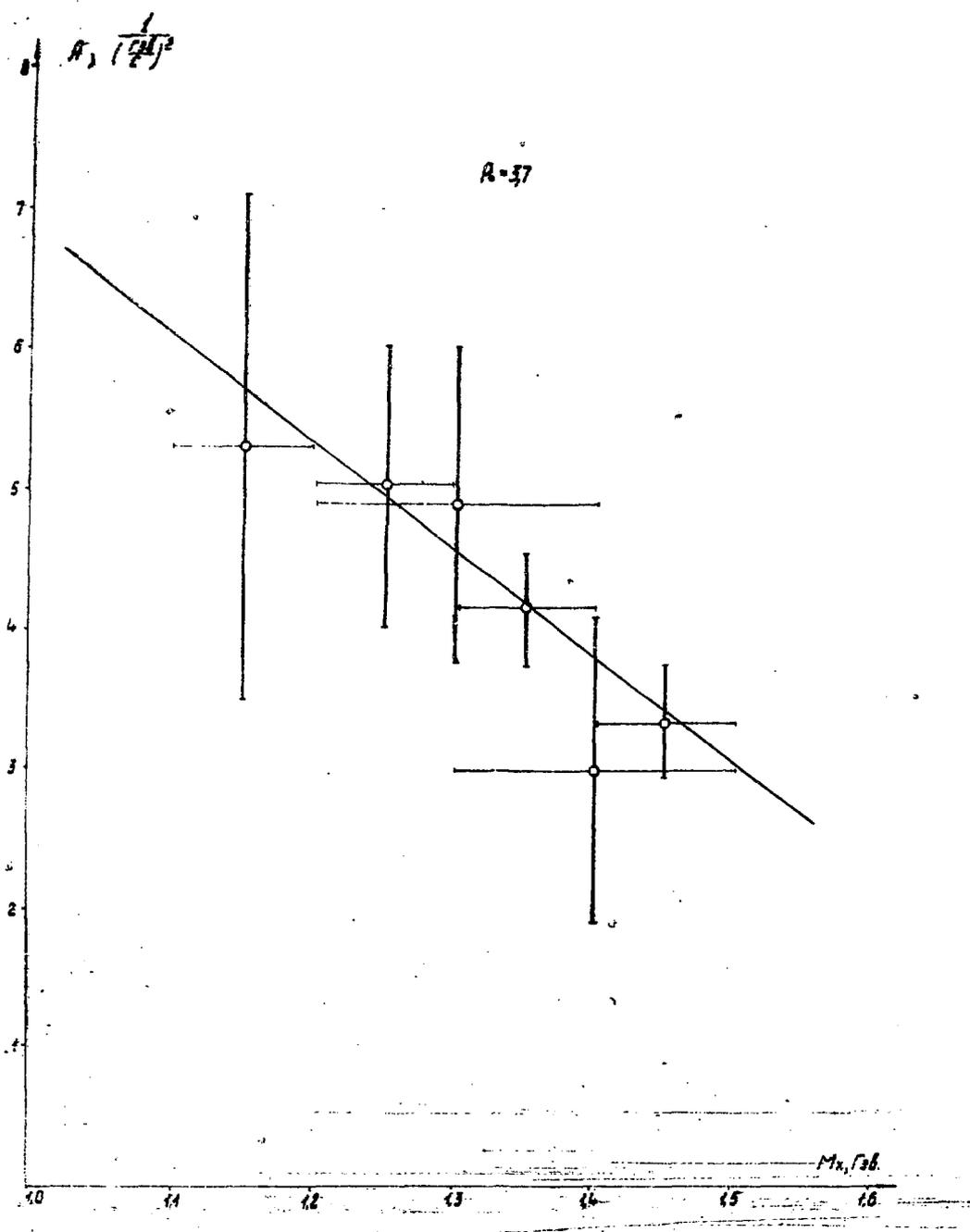


Рис. 6

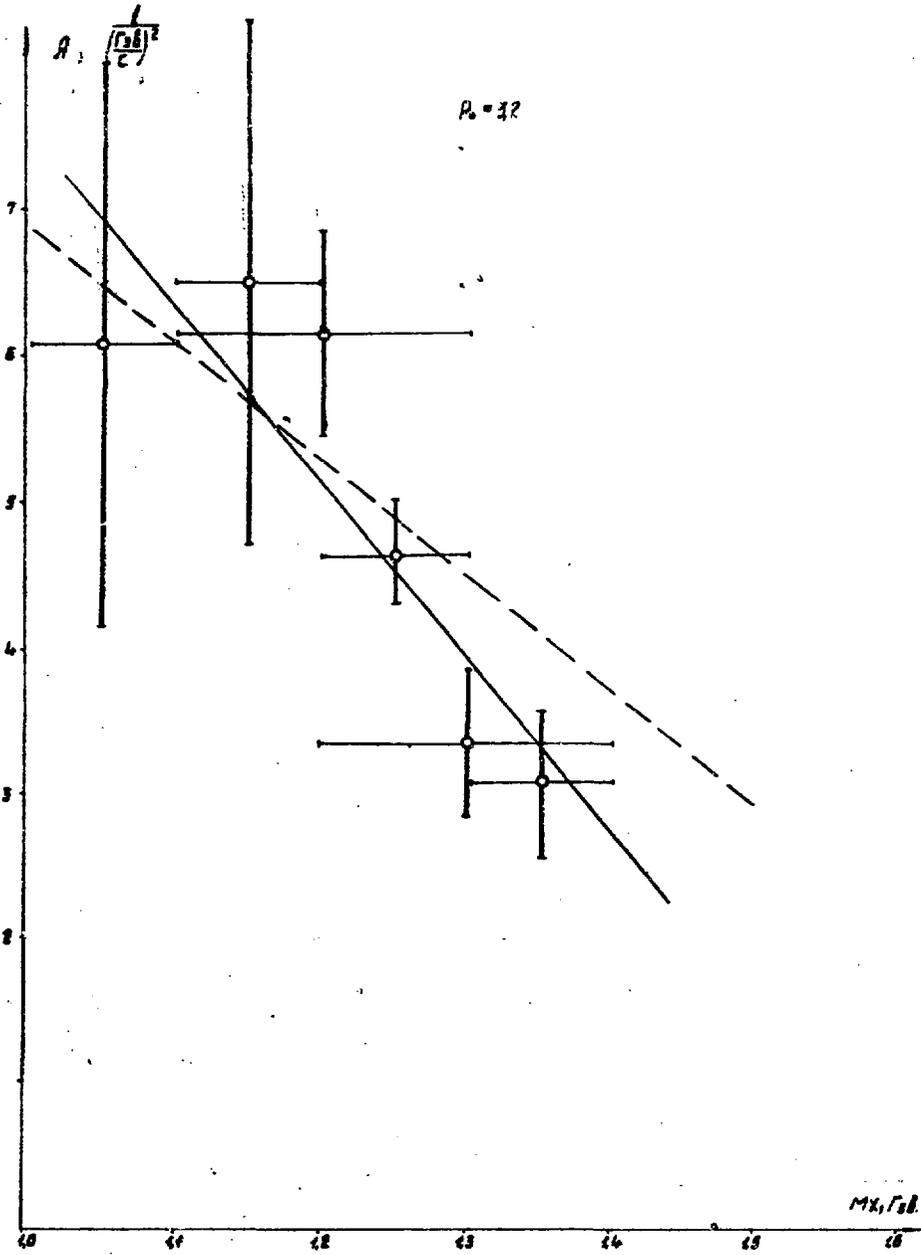


Рис. 7

