

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



СЗ46.46

A-646

P1 - 7924

2714/2-74

АНАЛИЗ  $\pi^-$  - p - ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

ПО МАССЕ МИШЕНИ ПРИ  $p_c = 40$  ГЭВ

И ВЫДЕЛЕНИЕ ДИФРАКЦИОННОЙ КОМПОНЕНТЫ

Будапешт - Бухарест - Варшава - Дубна -

Краков - Москва - София - Ташкент - Тбилиси -

Улан-Батор - Ханой

**1974**

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 7924

**АНАЛИЗ  $\pi^- p$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

**ПО МАССЕ МИШЕНИ ПРИ  $p_c = 40$  ГЭВ**

**И ВЫДЕЛЕНИЕ ДИФРАКЦИОННОЙ КОМПОНЕНТЫ**

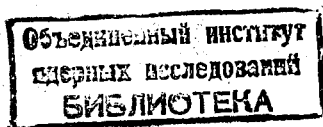
Будапешт - Бухарест - Варшава - Дубна -

Краков - Москва - София - Ташкент - Тбилиси -

Улан-Батор - Ханой

(совместная работа) \*

*Направлено в ЯФ*



---

\* Перечень авторов см. на обороте.

Н.Ангелов, К.П.Вишневская,<sup>1</sup> В.Г.Гришин, Л.А.Диденко,<sup>1</sup> И.А.Ивановская, Ш.В.Иногамов,  
Т.Я.Иногамова, Т.Канарек, Е.Н.Кладницкая, Дж.М.Кохли,<sup>2</sup> В.Б.Любимов, Н.Н.Мельникова,  
В.Ф.Никитина, В.М.Попова,<sup>1</sup> М.Сабзу, А.Н.Соломин,<sup>1</sup> П.М.Суд,<sup>2</sup> Х.И.Семерджиев,  
Л.Н.Смирнова,<sup>1</sup> М.И.Соловьев, Х.Я.Супичаков, Ю.В.Тевзадзе, Н.Г.Фадеев,  
Э.Т.Цивцивадзе, Л.М.Щеглова,<sup>1</sup> Г.Янчо

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна.

Т.Гемеш, Л.Йенж, Д.Кш, Ш.Красновски, Д.Пинтер, М.Пош, К.Хайду

Центральный институт физических исследований,  
Будапешт.

О.Балеа, В.Болдеа, Т.Понта, С.Фелеа

Институт атомной физики, Бухарест.

Е.Биалковски, В.Вуйцик, Я.Гаевски, М.Гурски, Р.Гокиели, Р.Сосновски

Институт ядерных исследований и Институт физики  
Варшавского университета, Варшава.

Л.Анела, Е.Бартке, А.Квятковска, Г.Рудницка

Институт ядерной физики и Институт ядерной техники,  
Краков.

Н.О.Ахабабян, Л.Грекова, Н.П.Иков, П.П.Керачев, П.К.Марков,  
В.Н.Пенев, А.И.Шкловская

Институт ядерных исследований и ядерной энергетики  
и Машинно-электротехнический институт, София.

К.Н.Абдулаева, М.Азимова, С.А.Азимов, Ю.Ахмеджанова, К.Р.Игамбердиев,  
С.Л.Лутфулаев, Х.А.Ризаев, Е.И.Трунова, Т.М.Усманов, А.А.Юлдашев, Б.С.Юлдашев

Физико-технический институт АН УзССР, Ташкент.

Л.Н.Абесалашвили, Н.С.Амаглюбели, Л.Т.Ахобадзе, Д.В.Герсамя, М.А.Дасаева,  
Р.Г.Салуквадзе, М.С.Чаргейшвили, Л.В.Чхидзе

Тбилисский государственный университет.

У.Баатар, Д.Тувдэндорж, Б.Чадраа

Институт физики и математики МАН, Улан-Батор.

Нгуен Дин Ты

Ханойский университет.

<sup>1</sup> Физический факультет и научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ.

<sup>2</sup> Физический факультет Пенджабского университета.

В последние годы большое количество экспериментальных и теоретических работ посвящено исследованию реакций множественного рождения частиц при высоких энергиях <sup>1/1</sup>. Инклюзивный подход к этим реакциям позволил обнаружить важные закономерности процессов множественного образования частиц в разных типах взаимодействий. Было показано <sup>2/2</sup>, что экспериментальные данные не могут быть описаны в рамках одной модели. Поэтому для описания процессов множественного рождения частиц при высоких энергиях была предложена двухкомпонентная модель <sup>3/3</sup>, предполагающая существование дифракционных и мультипериферических процессов. В связи с этим большой интерес представляет выделение реакций, связанных с дифракционной диссоциацией налетающей частицы, и изучение их характеристик. В работах <sup>4/4</sup> было показано, что при больших энергиях эти процессы имеют ряд интересных особенностей.

Настоящая статья посвящена выделению дифракционной компоненты  $\pi^-p$  взаимодействий при импульсе  $p = 40 \text{ ГэВ/с}$  и исследованию некоторых характеристик этих взаимодействий. Работа выполнена на снимках с 2-метровой пропановой пузырьковой камеры, облученной в пучке  $\pi^-$ -мезонов с импульсом  $40 \text{ ГэВ/с}$  на ускорителе в ИФВЭ /Серпухов/. Для анализа использовалось 3570 событий  $\pi^-p$ -взаимодействий, где были полностью измерены все заряженные треки. Из числа этих событий были отобраны случаи, в которых имелся один идентифицированный протон. Идентификация протонов проводилась по критерию ионизация - импульс для следов с импульсом  $p < 800 \text{ МэВ/с}$ . Импульс протонов, остановившихся в камере, определялся по пробегу.

Изучались инклюзивные процессы типа



Всего было отобрано 793 таких взаимодействия. События, связанные с упругим рассеянием  $\pi^-$ -мезона на протоне, были исключены согласно критериям, описанным в работе /5/. Оказалось, что  $\approx 10\%$  всех событий имеют сильно выраженный периферический характер, который может быть связан с дифракцией налетающего пиона.

При исследовании процессов дифракционного типа прежде всего возникает вопрос о методике выделения этих реакций, так как в настоящее время еще нет однозначного метода выделения дифракционных взаимодействий. В работе /4/ было показано, что анализ распределений частиц по быстротам дает некоторую возможность выделить события, соответствующие дифракционным взаимодействиям. Предполагается, что для события дифракционного типа характерен следующий вид распределения частиц по быстроте:



Из-за периферического характера дифракционных процессов ожидается, что они характеризуются большими  $\Delta y$ , где  $\Delta y$  - разница между быстротами медленного протона и ближайшего по быстроте пиона из системы X. Однако нужно отметить, что одного этого критерия недостаточно для определения событий дифракционного типа, т.к. подобная картина может наблюдаться и при других механизмах взаимодействия.

Мы провели анализ событий типа /1/ с целью выделения дифракционной компоненты в  $\pi^-$ -взаимодействиях при 40 ГэВ/с. На рис. 1 представлено двумерное распределение событий типа /1/ по величине  $\Delta y$  и квадрату недостающей массы  $MM^2$  /ГэВ<sup>2</sup>/ для различной множественности заряженных частиц:  $n_{\pm} = 2, 4$  и  $n_{\pm} \geq 6$ . Из рисунка видно, что для события с малой множественностью существует явная группировка случаев

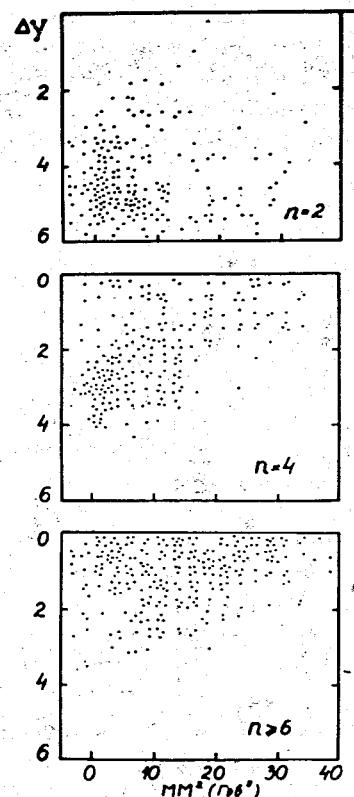


Рис. 1. Двумерное распределение  $\Delta y - MM^2$  для событий разной множественности  $n_{\pm} = 2, 4$  и  $n_{\pm} \geq 6$ .

с большими  $\Delta y$ , коррелированными с малыми  $MM^2$  в области квадрата недостающей массы  $MM^2 \approx 20$  ГэВ<sup>2</sup>. С увеличением множественности этот эффект пропадает, и для  $n_{\pm} \geq 6$  наблюдается равномерная заселенность событий, характеризующихся величиной  $\Delta y$  от 0 до 2. Нужно отметить, что быстрота протонов в лабораторной системе координат близка к 0 /у лаб.  $p \leq 0,5$  для большинства протонов/, а быстрота  $\pi^-$ -мезонов, летящих вперед в системе центра масс реакции,  $y_{\pi \text{ лаб.}} \geq 2,3$ . Таким образом, в событиях с  $\Delta y \geq 2$  все образующиеся заря-

женные  $\pi$ -мезоны летят вперед в системе центра масс.

На рис. 2 приведены распределения событий /1/ по квадрату недостающей массы  $MM^2$ . Как видно из рисунка, в событиях с множественностью  $n_{\pm} \leq 6$  наблюдается пик в интервале  $MM^2 < 20 \text{ ГэВ}^2$ , при  $n_{\pm} > 6$  явного пика нет.

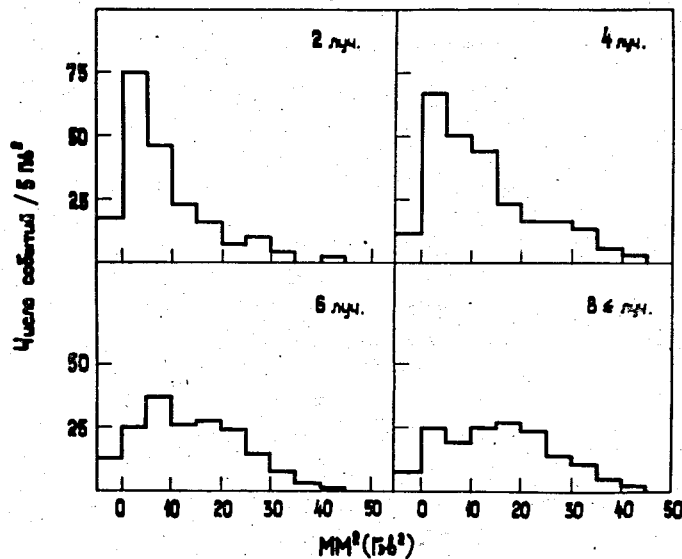


Рис. 2. Распределение по квадрату недостающей массы ( $MM^2$ ) для событий с множественностью  $n_{\pm} = 2, 4, 6$  и  $n_{\pm} \geq 8$ .

Другой характеристикой этого класса событий может быть величина массы мишени, определяемая на основании законов сохранения энергии и импульса как

$$M_t = \sum_{i=1}^n (E_i - p_i \cos \theta_i) - (E_0 - p_0),$$

где  $E_i$ ,  $p_i$  и  $\theta_i$  - соответственно энергия, импульс и угол вылета  $i$ -ой частицы в лабораторной системе координат,  $E_0$ ,  $p_0$  - энергия и импульс налетающей частицы /суммирование ведется по всем вторичным частицам/. Для

$\pi$ - $p$ -взаимодействий при высоких энергиях  $E_0 - p_0 \ll \ll 1 \text{ МэВ}$  и, следовательно,

$$M_t \approx \sum_{i=1}^{n-1} (E_i - p_i \cos \theta_i) + (E_N - p_N \cos \theta_N),$$

где индекс  $N$  относится к нуклону отдачи. Эффективная масса мишени определяется как

$$\bar{M}_t = \sum_{j=1}^{n-1} (E_j - p_j \cos \theta_j).$$

Величина  $\bar{M}_t$  интерпретируется как "часть" мишени, которая эффективно участвует во взаимодействии /6/. Ожидается, что из-за периферичности взаимодействия дифракционные процессы должны характеризоваться малой величиной массы мишени.

На рис. 3 приведено двумерное распределение  $M_t$  и  $MM^2$  для событий с  $n_{\pm} = 4$  и  $n_{\pm} \geq 6$ . Видно, что в интервале  $MM^2 \leq 20 \text{ ГэВ}^2$  события группируются в области  $M_t \leq 150 \text{ МэВ}$  в случае  $n_{\pm} = 4$ , а для  $n_{\pm} \geq 6$  плотность точек почти равномерна.

На рис. 4 приведено двумерное распределение  $M_t$  и  $\Delta_y$  для событий /1/. Как видно из рисунка, события с  $M_t \leq 150 \text{ МэВ}$  являются сильно периферическими ( $\Delta_y \geq 2$ ). Таким образом, наблюдается сильная корреляция  $\bar{M}_t$  и  $\Delta_y$  в области больших  $\Delta_y$  и малых  $M_t$ .

Совокупность приведенных выше распределений позволяет сделать следующие выводы.

В событиях /1/ имеется значительная доля ~50% случаев, которые характеризуются следующими свойствами:

1. Распределение по квадрату недостающей массы имеет узкий пик в области  $MM^2 < 20 \text{ ГэВ}^2$ .
  2. В распределении по эффективной массе мишени  $\bar{M}_t$  также наблюдается пик при малых значениях  $M_t < 150 \text{ МэВ}$ .
  3. События, характеризующиеся признаками 1/ и 2/, имеют большие величины  $\Delta_y$  ( $\Delta_y \geq 2$ ).
- Доля событий, характеризующихся свойствами 1-3, велика для взаимодействий с малой множественностью и падает с ее ростом.

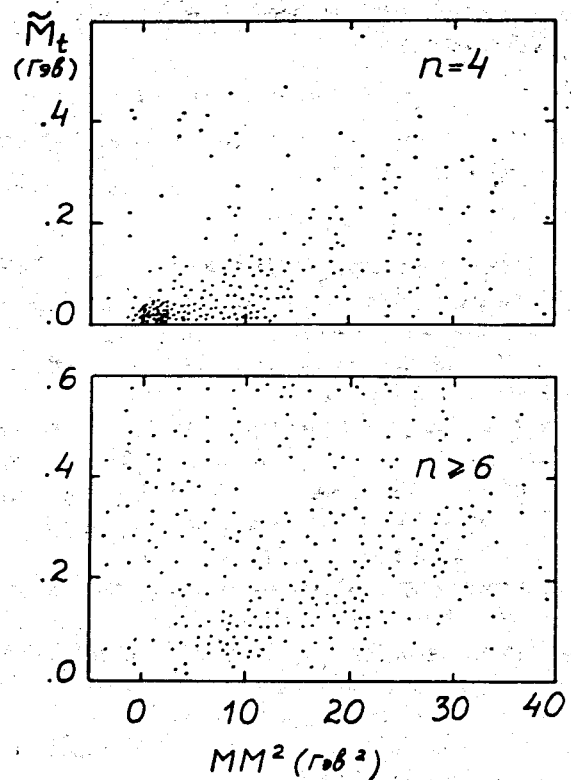


Рис. 3. Двумерное распределение  $\tilde{M}_t - MM^2$  для событий с  $n_{\pm} = 4$  и  $n_{\pm} \geq 6$ .

Полученные результаты позволили оценить вклад дифракционных процессов в  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 40 ГэВ/с.

На рис. 5 приведено распределение событий типа /1/ по  $\tilde{M}_t$  /сплошная кривая/. Здесь же для сравнения приведено распределение по  $M_t$  /пунктирная кривая/ для всех событий с множественностью больше шести /за исключением типа /1//. Видно, что вид распределений в этих двух случаях резко различен. Для событий с медленными протонами наблюдается резкий пик при малых  $\tilde{M}_t$ , в то время как распределение для событий с большой

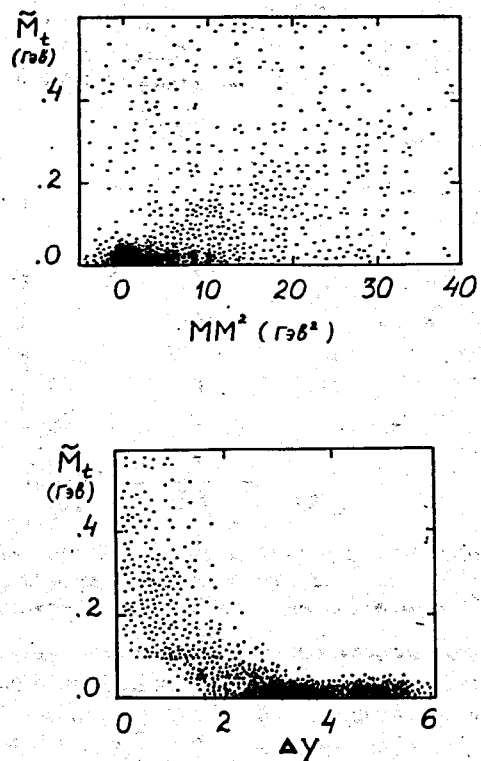


Рис. 4. Двумерные распределения  $\tilde{M}_t - \Delta y$  и  $MM^2 - \tilde{M}_t$  для событий типа /1/.

множественностью характеризуется широким максимумом со средним значением  $\tilde{M}_t \approx 400$  МэВ. Сделав нормировку обоих распределений в интервале  $200 \leq \tilde{M}_t \leq 800$  МэВ на полное число событий в этом интервале, мы показали, что эти распределения с хорошей точностью совпадают при  $\tilde{M}_t > 200$  МэВ, поэтому можно предположить, что вклад дифракционных событий с большим значением  $\tilde{M}_t$  и с  $n_{\pm} > 6$  мал по сравнению с вкладом недифракционных /мультипериферических/ процессов. В то же время события с  $\tilde{M}_t \leq 150$  и с медленным протоном можно считать принадлежащими к классу дифракционных.

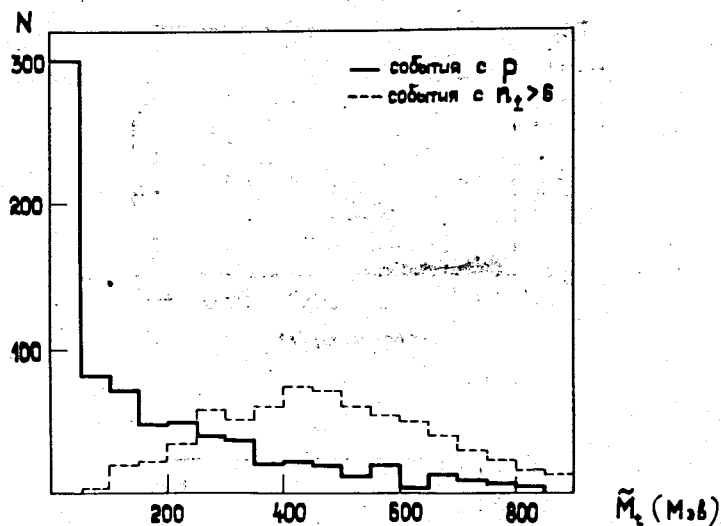


Рис. 5. Распределение событий типа /1/ по эффективной массе мишени  $\tilde{M}_t$  /сплошная кривая/. Пунктиром обозначено распределение по  $\tilde{M}_t$  для всех событий с  $n_+ > 6$ .

На основе высказанного произведены оценки топологических сечений для событий дифракционной диссоциации  $\pi^-$ -мезона при импульсе  $40 \text{ ГэВ}/c$ , удовлетворяющих критериям  $\tilde{M}_t < 150 \text{ МэВ}$  и  $M_t^2 \leq 20 \text{ ГэВ}^2$ . Данные приведены в табл. 1. Нужно отметить, что ошибки, приводимые в таблице, - статистические. Здесь же для сравнения приведены аналогичные результаты по топологическим сечениям, полученным при  $p_s = 205 \text{ ГэВ}$ .

Таблица 1

Топологические сечения для дифракционной диссоциации  $\pi^-$ -мезона в  $\pi^-p$ -взаимодействиях.

Множественность	Сечение /мб/ при $p_s = 40 \text{ ГэВ}$	Сечение /мб/ при $p_s = 205 \text{ ГэВ}$
2	$1,04 \pm 0,08$	$0,67 \pm 0,09$
4	$0,89 \pm 0,08$	$0,84 \pm 0,08$
6	$0,34 \pm 0,04$	$0,29 \pm 0,06$
8	$0,05 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,04$
Все	$2,32 \pm 0,12$	$1,90 \pm 0,20$

Средняя множественность заряженных частиц в процессах дифракционного типа оказалась равной  $\langle n_+ \rangle = 3,47 \pm 0,17$ . Для  $\pi^-p$ -взаимодействий при  $205 \text{ ГэВ}$  эта же величина равна  $\langle n_+ \rangle = 3,8 \pm 0,2$ .

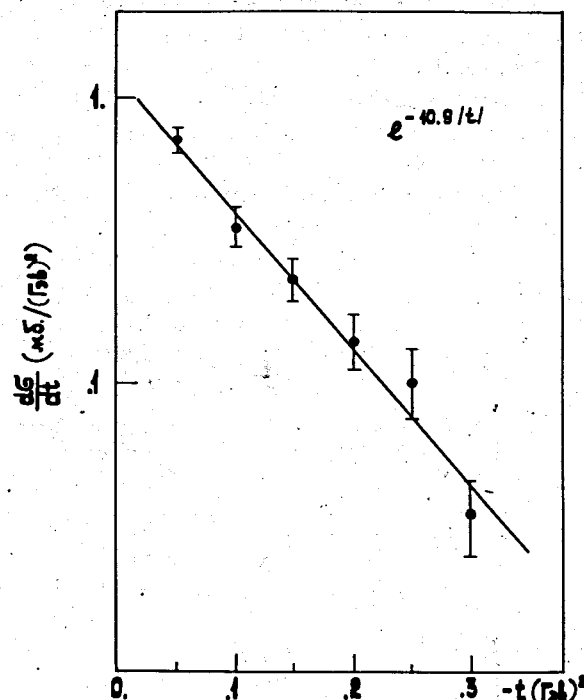


Рис. 6. Распределение дифракционных событий по квадрату четырехмерного переданного импульса  $-t$ .

Мы проанализировали некоторые характеристики выделенных нами дифракционных событий. На рис. 6 приведено распределение этих событий по квадрату четырехмерного переданного импульса  $-t$ . Распределение фитировалось с помощью экспоненциальной функции вида  $\exp a |t|$ . Величина  $a = -10,9 \pm 0,9 \text{ /ГэВ}^{-2}$  для  $|t| < 0,3 \text{ ГэВ}^2$ . Полученная величина "наклона" дифференциального сечения оказалась больше, чем наклон для

упругих  $\pi^-p$ -взаимодействий. К сожалению, статистика не позволяет нам исследовать зависимость величины  $\alpha$  от квадрата недостающей массы  $M^2$ , что является хорошей характеристикой многих дифракционных моделей.

На рис. 7 приведены распределения по  $\Delta y$  для дифракционных /  $\bar{M}_t \leq 150$  МэВ/ и недифракционных событий /  $\bar{M}_t > 150$  МэВ/, для реакции /1/. Кривые проведены от руки, чтобы показать характер распределений. В работе /8/ были проведены расчеты\* распределений по  $\Delta y$  для процессов дифракционного типа и процессов, не связанных с дифракцией. Кривые, полученные с помощью этих расчетов, качественно согласуются с данными, полученными нами.

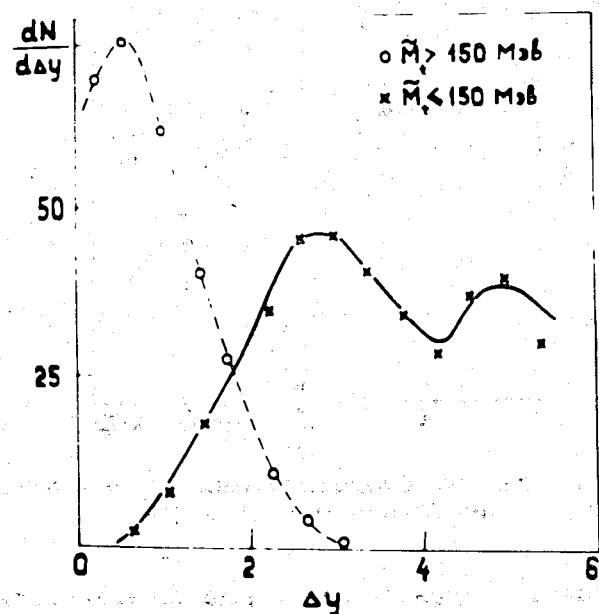


Рис. 7. Распределение событий по величине  $\Delta y$ . Сплошная кривая - события с  $\bar{M}_t \leq 150$  МэВ, пунктирная - с  $\bar{M}_t > 150$  МэВ.

\* В рамках модели Чу-Пиньотти /9/ и редже-модели.

В заключение авторы выражают искреннюю признательность группе лаборантов, принимавших участие в обработке экспериментального материала.

#### Литература

1. L.Foa. Report to the Aix-en Provence Conference (1973).
2. E.L.Berger. Preprint CERN TH/1737 (1973).
3. K.Fialkowski, H.I.Mitten. Phys.Lett., 43B, 61 (1973).  
H.Harari, E.Rabinovici. Phys.Lett., 43B, 49 (1973).
4. F.T.Dao et al. Phys.Lett., B399, 402 (1973).
5. Сотрудничество Будапешт - Бухарест - Варшава - Дубна - Краков - Серпухов - София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой. ЯФ, т. 18, в. 3, 545 /1973/.
6. Н.Г.Биргер, Ю.А.Сморodin. ЖЭТФ, 36, 1159 /1959/.  
ЖЭТФ, 37, 1355 /1959/.
7. F.C.Winkelmann et al. Phys.Rev.Lett., 32, 121 (1974).
8. S.T.Jones, D.R.Silver. Preprint ANL/HEP, 7342 (1973). Phys. Rev. D, v. 9, 242 (1974).
9. G.F.Chew, A.Pignotti. Phys.Rev., 18, 1, 1914 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 мая 1974 года.