

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



28/x-74

P1 - 8163

Б-821

4254/2-74

К.Г.Боресков, В.В.Глаголев, Р.М.Лебедев,

Л.А.Пономарев, И.Паточка, И.С.Саитов

АНАЛИЗ РОЖДЕНИЯ ρ_0 -МЕЗОНА И Δ^{++} ИЗОБАРЫ

В РЕАКЦИИ $\pi^- p \rightarrow p \pi^+ \pi^- \pi^-$

В МОДЕЛИ ОРЕР ПРИ ИМПУЛЬСЕ 5 ГЭВ/С

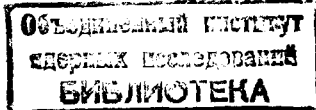
1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

К.Г.Боресков,¹ В.В.Глаголев, Р.М.Лебедев,
Л.А.Пономарев,¹ И.Паточка,² И.С.Саитов

АНАЛИЗ РОЖДЕНИЯ ρ_0 -МЕЗОНА И Δ^{++} ИЗОБАРЫ
В РЕАКЦИИ $\pi^- p \rightarrow p \pi^+ \pi^- \pi^-$
В МОДЕЛИ OPER ПРИ ИМПУЛЬСЕ 5 ГЭВ/С

Направлено на IV Международный симпозиум по физике
высоких энергий и элементарных частиц (Варна, 1974 г.)



¹ Институт теоретической и экспериментальной физики,
г. Москва.

² Университет в Кошице (ЧССР).

Summary

Using the criteria $|t|_{\pi^+\pi^-} < 0.4 \text{ (GeV/c)}^2$, $|t|_{p\pi^+} < 0.4 \text{ (GeV/c)}^2$ and $0.66 < M_{\pi^+\pi^-} < 0.86$, $1.12 < M_{p\pi^+} < 1.34$, the groups of events enriched with those from the channels of quasi-three-body reactions ($\pi^-p \rightarrow p\rho^0\pi^-$) and ($\pi^-p \rightarrow \Delta^{++}\pi^-\pi^-$), in which ρ -zero meson and delta isobar are produced, have been selected from the reaction $\pi^-p \rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^-$ at 5 GeV/c. For these two groups of events, the $M_{\pi^+\pi^-}$ and $M_{p\pi^+}$ distributions, the polar angle distributions of negative pion and proton in the t-channel coordinate system in the c.m.s. of the corresponding pairs of particles as well as the Trieman-Yang angle distributions are compared to the predictions of the OPER model with the following formfactor

$$F_2 = \exp\left\{ \left[R_2^2 + d_{\pi}^2 \ln\left(\frac{s}{s_0} \frac{x_1^2}{s_1} \frac{x_2^2}{s_2}\right) \right] (t - \mu^2) \right\}.$$

All the distributions were calculated at fixed parameters whose values were determined from the analysis of double-pion production for the reaction $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-$. The OPER model gives a correct value of the cross section of the channels considered and describes well the angular distributions.

1. ВВЕДЕНИЕ

В работе /1/ с помощью модели однопионного реджезованного обмена / OPER / было проведено подробное описание общих характеристик реакции



при двух значениях импульса пучка π^- -мезонов: 5 ГэВ/с и 16 ГэВ/с. Из распределений, приведенных на рис. 4,5 работы /1/, видно, что модель количественно удовлетворительно описывает сечения каналов реакции /1/, соответствующих рождению ρ_0 -мезона и $\Delta^{++}(1236)$ -изобары:



Цель настоящей работы - более детальная проверка модели применительно к реакциям /2,3/.

В разделе 2 этой работы описываются критерии, позволяющие более или менее удовлетворительно выделить в полном фазовом объеме реакции /1/ при 5 ГэВ/с группы событий, обогащенные событиями из реакции /2 и 3/.

В разделе 3 дается краткое описание экспериментальных данных в выделенных областях.

Особое внимание уделяется описанию угловых характеристик распада ρ_0 -мезона и Δ^{++} -изобары, являющихся главными носителями информации о квантовых числах обмениваемой частицы.

При теоретических расчетах была использована модель (OPER) в виде, сформулированном в работе /1/, и с теми же значениями свободных параметров.

2. ВЫДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ 2 И 3

В работе /2/ при изучении распределений $d\sigma/dt'$ при 5 ГэВ/с для систем $\pi^+\pi^-$ и $P\pi^+$ было показано /рис. 6 /2/, что в областях эффективных масс систем $\pi^+\pi^-$ и $P\pi^+$, соответствующих образованию ρ_0 -мезона и Δ^{++} -изобары, наклоны в $d\sigma/dt'$ заметно больше, чем вне этих областей. Из рис. 2 /2/ видно также, что наклоны по t' в области значений $t' < .3$ /ГэВ/с² хорошо описываются одной экспонентой. Это обстоятельство является строгим указанием на то, что реакции /2,3/, соответствующие образованию ρ_0 - и Δ^{++} , имеют периферический характер.

По этой причине в настоящей работе в качестве критерия для выделения из общего ансамбля событий реакции /1/ событий, относящихся в каналах 2 и 3, был применен критерий обрезания по квадрату переданного системам $\pi^+\pi^-$ и $P\pi^+$ 4-импульса.

На рис. 1 приведены $d\sigma/dt$ /нижний рисунок/ и $d\sigma/dM$ /верхний рисунок/ системы $\pi^+\pi^-$ для разных обрезаний по $|t|$. Из рисунка видно: 1/ основная доля периферически рождающихся ρ_0 -мезонов лежит в области $|t| < .4$ /нижний рисунок/; 2/ при $|t| < .4$ доля фона в области ρ_0 -пика начинает заметно расти /верхний рисунок/. Интересно отметить, что в области $|t| < .6$ сохраняется еще заметный пик в области масс ρ_0 -мезона, его детальное изучение выходит за рамки настоящей работы и представляет самостоятельный интерес. Таким образом, выделение событий в группу, соответствующую реакции /2/, по критериям $|t|_{\pi^+\pi^-} < .4$ и $.66 < M_{\pi^+\pi^-} < .86$ при 5 ГэВ/с можно считать вполне оправданным.

На тех же самых основаниях /см. рис. 2-4/, для выделения событий в группу, соответствующую реакции /3/, были выбраны критерии $|t|_{P\pi^+} < .4$ и $1.12 < M_{P\pi^+} < 1.35$.

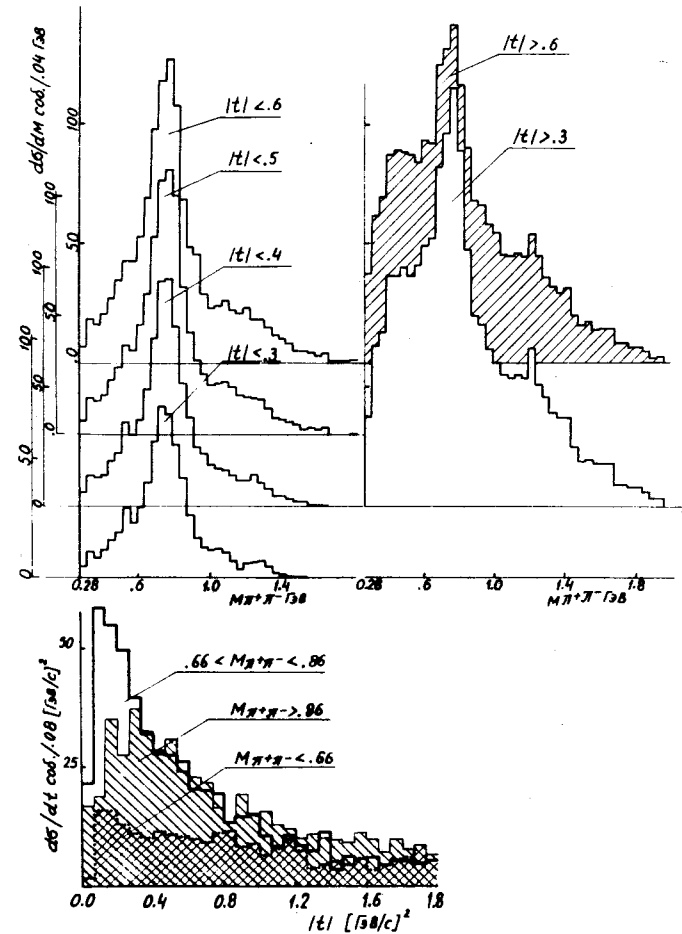


Рис. 1. Распределения эффективных масс пар $\pi^+\pi^-$ в различных интервалах $|t|$ - модуля квадрата четырехимпульса, переданного системе $\pi^+\pi^-$. Здесь же приведены: $d\sigma/d|t|$ для различных областей $M_{\pi^+\pi^-}$ - /внизу/; распределения по $M_{\pi^+\pi^-}$ для $|t| > .6$ /заштриховано/.

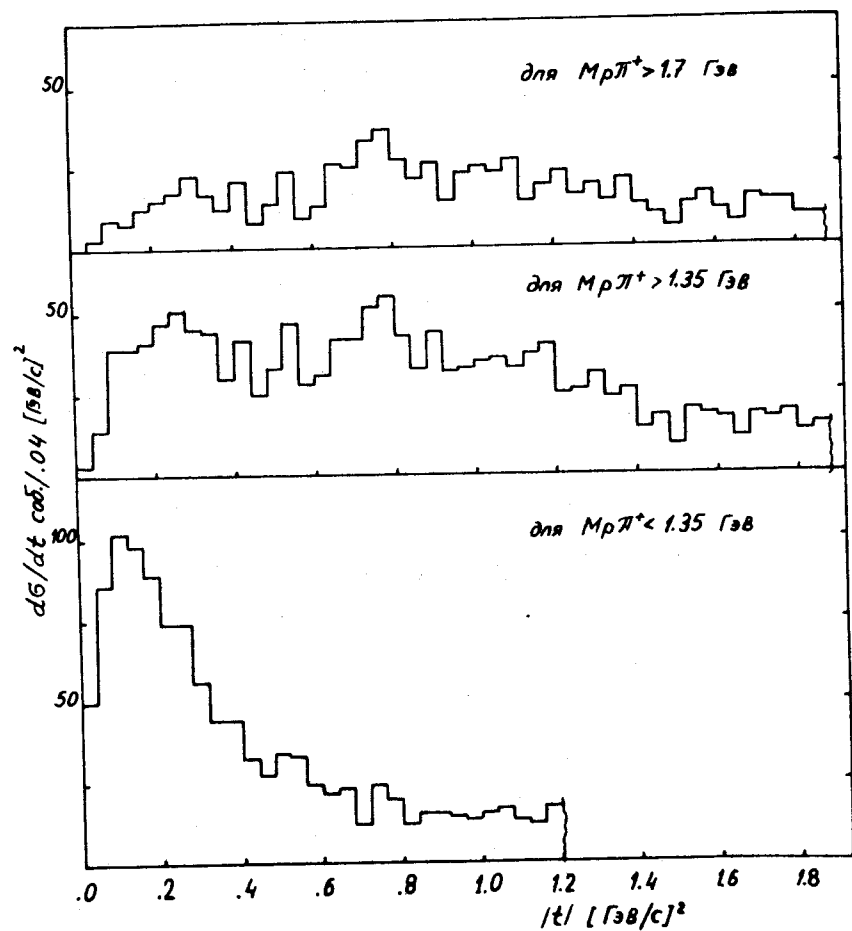


Рис. 2. Распределение $d\sigma/d|t|$ для различных областей $M_{p\pi^+}$.

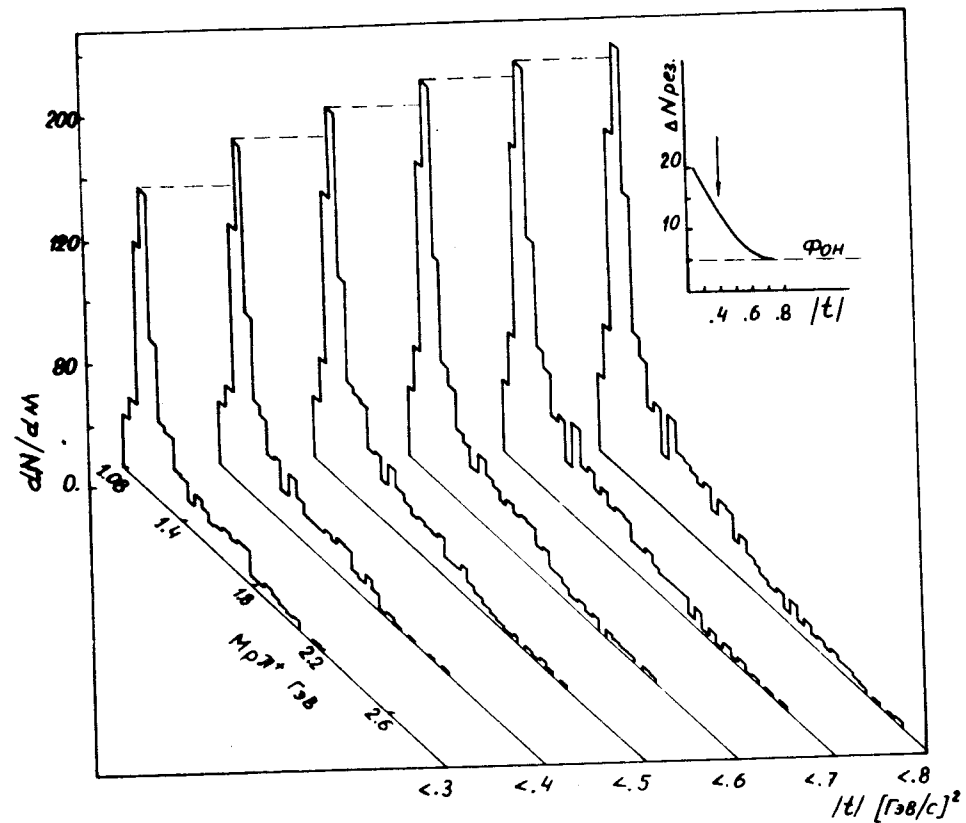


Рис. 3. Распределения по $M_{p\pi^+}$ для различных интервалов $|t|$ -модуля квадрата четырехимпульса, переданного системе P_{π^+} . В верхнем углу показано распределение разностей максимумов в разных гистограммах при разных интервалах. Стрелкой показано выбранное обрезание по $|t|$, когда вклад с увеличением $|t|$ становится равным фону.

3. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Подробное описание OPER-модели дано в работе^{1/}. Здесь мы лишь напомним, что реакция /1/ описывалась с помощью квадратов амплитуд, соответствующих диаграммам, показанным на рис. 5а,б/, без учета их интерференции.

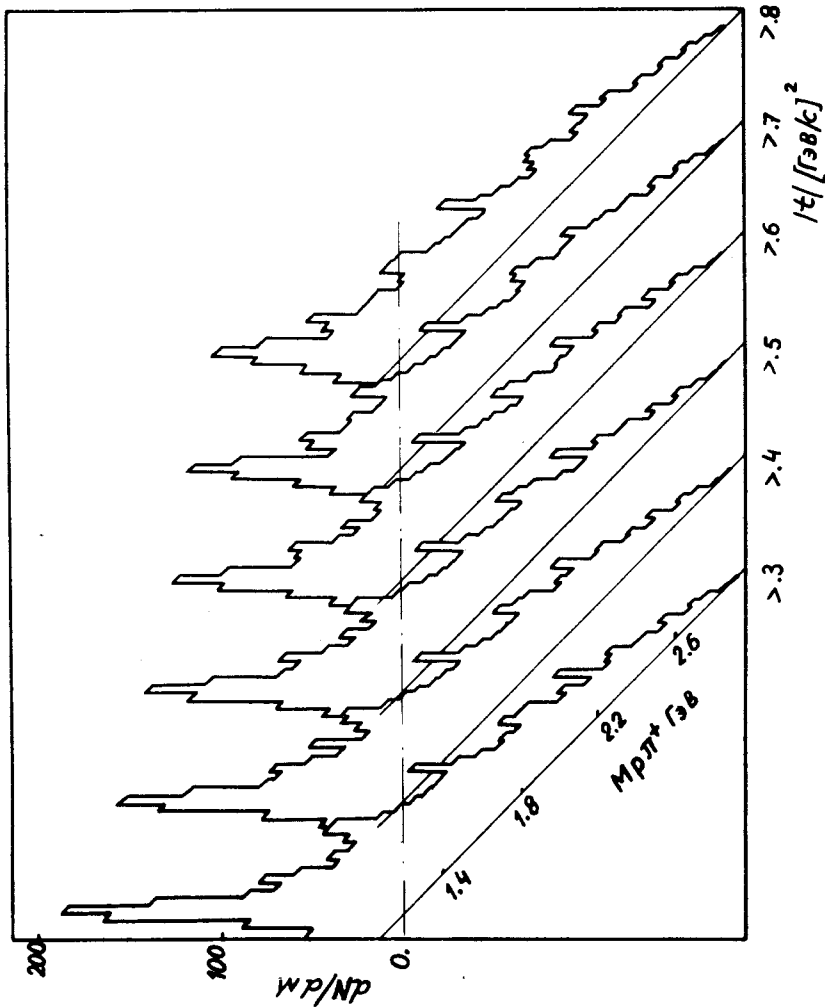


Рис. 4. Распределения по M_{π^+} для больших $|t|$.

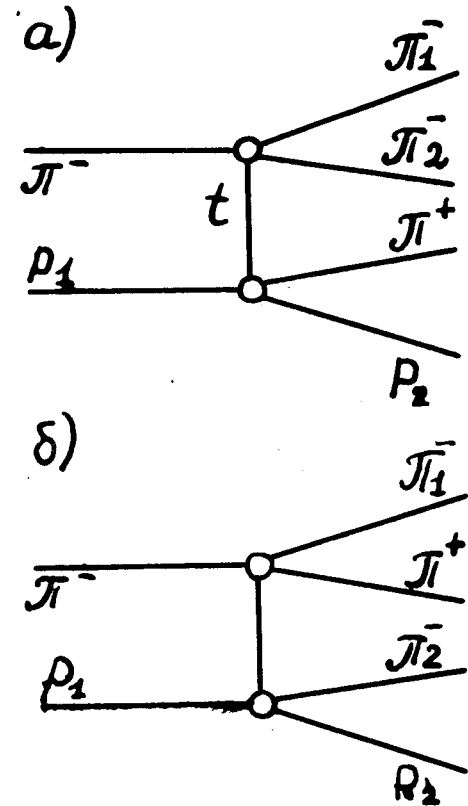


Рис. 5

Матричные элементы, соответствующие отдельному графику, полагались пропорциональными амплитудам $\pi\pi$ и πp -рассеяния вне массовой поверхности. Формфактор, описывающий сход этих амплитуд с массовой поверхности, находился из условия реджезации обмениваемого π -мезона. Он зависит от четырех свободных параметров, три из которых были найдены при описании реакции $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-$ в модели OPER, четвертый - при описании реакции /1/1/. В данной работе параметры были фиксированы прежними.

На рис. 6 приведено распределение по массам $\pi^+\pi^-$. ρ_0 -мезонный максимум соответствует вкладу диаграммы 5б /комбинация $\pi_1^-\pi^+$ /. В дальнейшем эту комбинацию будем называть основной, а остальные - фоновыми.

Линия, изображенная точками на рис. 6, соответствует вкладу фоновых комбинаций от диаграммы 5а, а пунктирная соответствует фону, в котором учтена, кроме того, комбинация $\pi_2^-\pi^+$ из графика 5б. Из рис. 6 видно, что в области ρ_0 -мезона теоретическая кривая хорошо описывает эксперимент, в то время как в области масс $< 0,6$ ГэВ теория дает заметное отклонение.

Отметим, что это самое большое несоответствие, с которым мы встретились при описании реакции /1/ в OPER-модели. Мы надеемся, что оно уменьшится при учете интерференции вкладов разных диаграмм.

Распределение по массе $p\pi^+$, изображенное на рис. 7, вскоду удовлетворительно описывается теоретической кривой. Резонансный максимум, соответствующий изобаре $\Delta(1236)$, обусловлен вкладом диаграммы 5а. Пунктирной кривой показан вклад фона из диаграммы 5б. Интересно отметить, что фон от диаграммы 5б имеет довольно очевидный максимум в районе Δ^{++} изобары.

Хорошо известно, что при периферическом рождении пары частиц угловые распределения в системе ее центра несут информацию о квантовых числах обмениваемого состояния. В дальнейшем будут анализироваться угловые распределения в системах центра инерции пар $\pi^+\pi^-$ и $p\pi^+$.

В качестве системы отсчета удобно взять t -канальные системы координат.

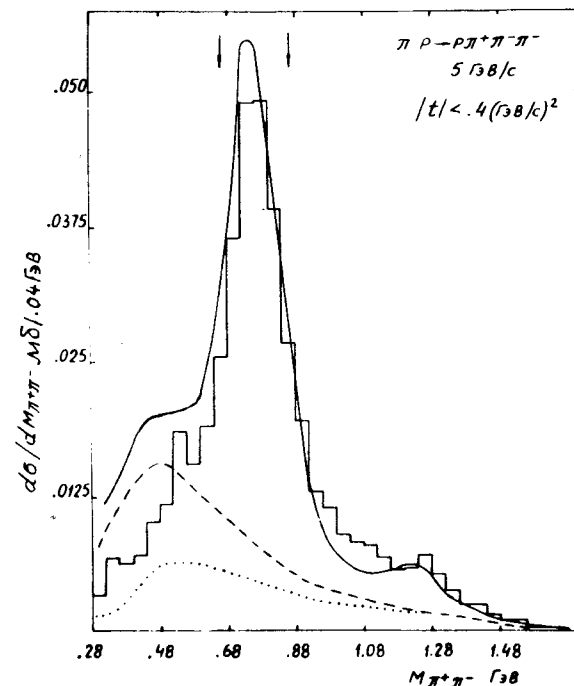


Рис. 6. Распределение по массам $M_{\pi^+\pi^-}$ при условии, что $|t|_{\pi^+\pi^-} < 0.4$ /ГэВ/с². Сплошной линией показаны результаты вычислений по OPER-модели. Стрелками показаны границы обрезаний по $M_{\pi^+\pi^-}$, в которых строились угловые распределения для системы $\pi^+\pi^-$. Пунктирная кривая - вклад фоновых комбинаций из обоих графиков рис. 5. Линия, изображенная точками - вклад фоновых комбинаций только из графика 5а.

В первом случае это будет система центра инерции пары $\pi^+\pi^-$ с осью Z, направленной вдоль импульса исходной частицы. Во втором - система пары $p\pi^+$ с осью Z, направленной вдоль импульса протона-мишени. Полярные углы вылета π^- -мезона и протона, соответственно, в этих системах обозначим $\theta_{\pi^+\pi^-}$ и $\theta_{p\pi^+}$; азимутальные

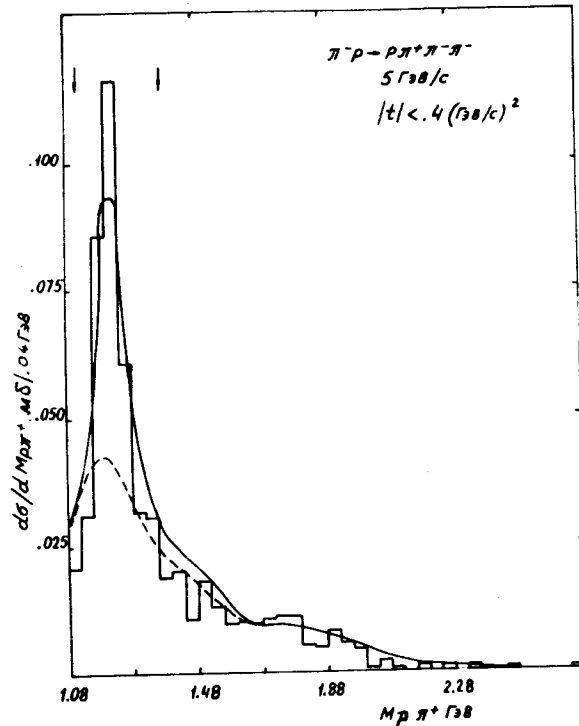


Рис. 7. Распределение по массам $M_{P\pi^+}$ при условии, что $|t|_{P\pi^+} < .4 \text{ ГэВ/с}$. Сплошная линия - результаты расчетов по OPER-модели. Стрелками обозначены границы обрезания по $M_{P\pi^+}$, в которых строились угловые распределения на рис. 9. Пунктирная линия - вклад фона из графика 5б.

углы в тех же системах /аналогичные углам Треймана-Янга/ определим следующим образом:

$$\phi_{\pi^+\pi^-} = \arccos \frac{(\bar{q}_1 \times \bar{q}_{\pi^-})(\bar{P}_1 \times \bar{q}_1)}{|(\bar{q}_1 \times \bar{q}_{\pi^-})| |(\bar{P}_1 \times \bar{q}_1)|}$$

$$\phi_{P\pi^+} = \arccos \frac{(\bar{P}_1 \times \bar{P}_2)(\bar{q}_1 \times \bar{P}_1)}{|(\bar{P}_1 \times \bar{P}_2)| |(\bar{q}_1 \times \bar{P}_1)|}$$

Здесь \bar{q}_1 и \bar{P}_1 - импульсы исходных π^- -мезона и протона мишени, \bar{q}_{π^-} и \bar{P}_2 - импульсы π^- -мезона и конечного протона.

При определении $\phi_{\pi^+\pi^-}$ ($\phi_{P\pi^+}$) импульсы всех частиц берутся в системе центра инерции пары $\pi^+\pi^-$ ($P\pi^+$).

На рис. 8 показаны распределения по углам $\theta_{\pi^+\pi^-}$, $\phi_{\pi^+\pi^-}$, $\theta_{P\pi^+}$, $\phi_{P\pi^+}$ при соответствующих ограничениях. Остановимся подробнее на этих распределениях.

а/ $\theta_{\pi^+\pi^-}$. Вклад фоновой комбинации ($\pi_2^- \pi^+$) графика 5б сосредоточен, в основном, в заднем конусе, в то время как вклад графика 5а - в переднем конусе. Результирующее распределение имеет практически такую же асимметрию вперед-назад, как и основная комбинация.

б/ $\phi_{\pi^+\pi^-}$. Основная комбинация практически изотропна - обмен реджезованным π -мезоном ведет себя так же, как и обмен элементарным мезоном. Одна из фоновых комбинаций имеет максимум в районе 0° , что и приводит к асимметрии конечного распределения.

в/ $\theta_{P\pi^+}$. Фоновая комбинация /вклад графика 5б/ в данном случае доминирует и определяет большую остроту распределения.

г/ $\phi_{P\pi^+}$. Основная комбинация, так же как и в случае $\phi_{\pi^+\pi^-}$, изотропна. Фоновая комбинация имеет характерный максимум в районе 60° .

На рис. 9 приведены распределения, аналогичные показанным на рис. 8, но с дополнительным отбором по массе системы $\pi^+\pi^-$ в области ρ_0 -мезона /рис. 9 а, б/ и по массе $P\pi^+$ в области Δ^{++} -изобары /1236/ /рис. 9 в, г/. Вклад фоновых комбинаций здесь уменьшается приблизительно до 15% в области ρ_0 -мезона и примерно до 60% в области изобары.

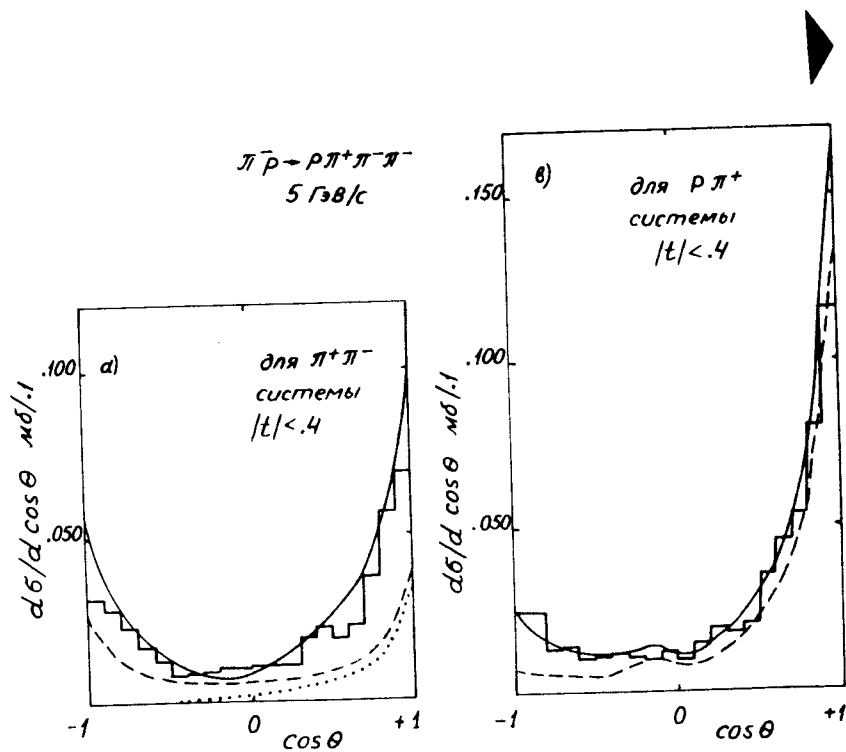
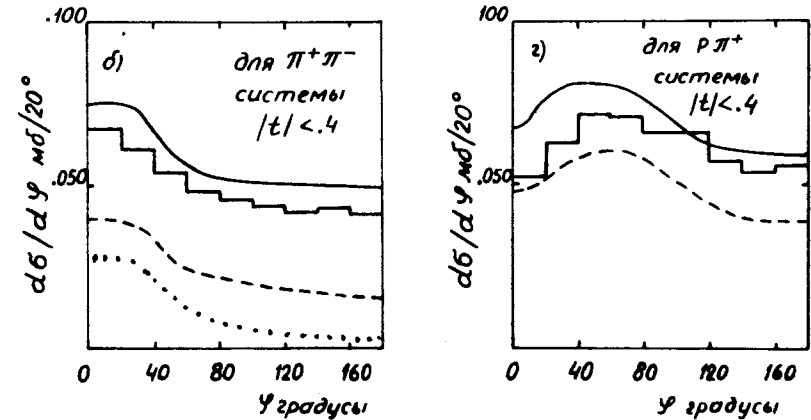


Рис. 8. Угловые распределения в системе Гаттфрида-Джексона для $\pi^+\pi^-$ и $\rho\pi^+$: а/ распределение по косинусу полярного угла π^- -мезона; б/ распределение по азимутальному углу, образуемому плоскостями распада и рождения $\pi^+\pi^-$ -пары; в/ распределение по косинусу полярного угла протона; г/ распределение по азимутальному углу, образованному плоскостями рождения и распада $\rho\pi^+$ -пары. Пунктирные линии - вклад фоновых комбинаций. Линия, изображенная точками, показывает вклад фона из графика, где не содержится основной комбинации.



Общий характер распределений в то же время изменился мало. Кривые, аналогичные 9а и б /без разделения вклада от разных диаграмм/, были получены в работах /3-5/ при анализе реакции /1/ при импульсе 4,5 и 3,9 ГэВ/с в модели, близкой при низких энергиях к нашей.

В заключение отметим, что все угловые распределения удовлетворительно описываются моделью реджезованного однопионного обмена. Поскольку для описания реакций /2/ и /3/ не возникает необходимости в добавлении к амплитуде процесса новых членов, соответствующих обмену в t -канале состояниями с квантовыми числами, отличными от π^- -мезонных, то можно утверждать, что в области переданных систем $\pi^+\pi^-$ и $\rho\pi^+$ 4-импульсов $< .4$ /ГэВ/с/ доминирует обмен реджезованным π^- -мезоном.

Авторам приятно поблагодарить А.Б.Кайдалова, Г.И.Копылова, С.П.Кручинина, А.В.Никитина, И.Каржавину и В.Рудь за полезные дискуссии и советы.

Литература

1. К.Г. Боресков, В.В. Глаголев и др., Препринт ОИЯИ, Р1-8164, Дубна, 1974.
2. В.В. Глаголев и др. Сообщение ОИЯИ, Р1-6846, Дубна, 1972.
3. Г.В. Бекетов и др. Препринт ИТЭФ-68, 1973.
4. Г.В. Бекетов и др. ЯФ, 7, 1974.
5. M.J. Losty et al. CERN/D.Ph.II/PHYS, 73-26, 8.8.1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 августа 1974 года.

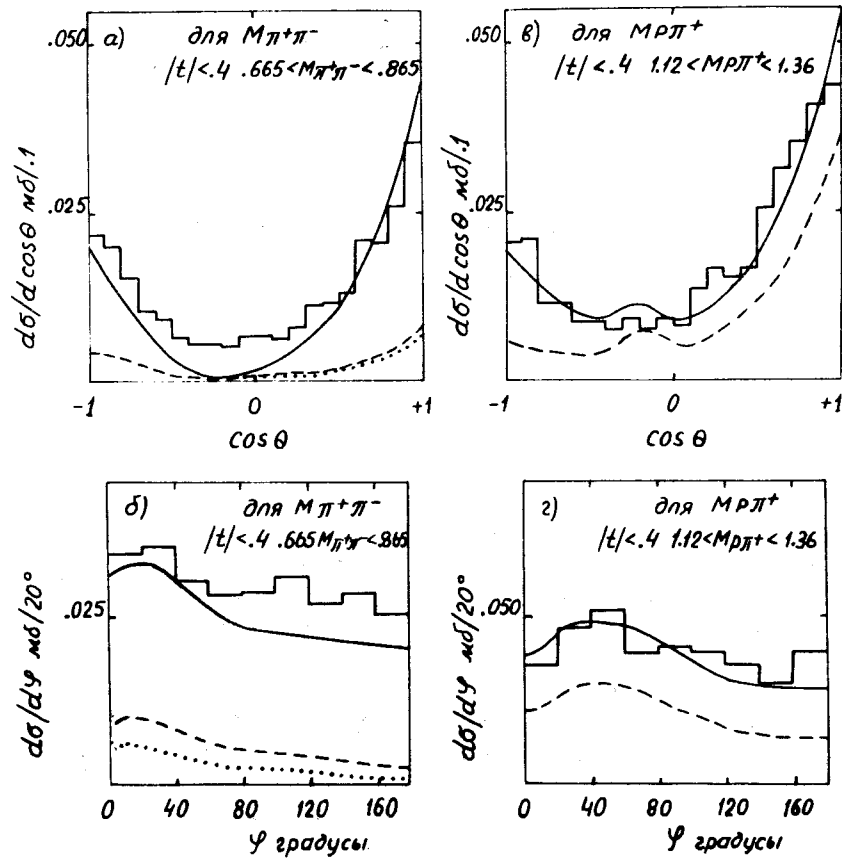


Рис. 9. То же, что и рис. 8, но с дополнительным отбором $\pi^+\pi^-$ и $p\pi^+$ - пар с эффективными массами, лежащими в области масс ρ_0 -мезона и Δ^{++} -изобары.