

К- 891

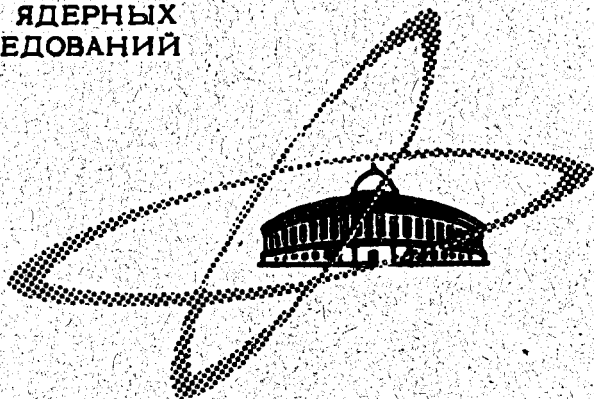
9ф, 1969, т. 10 №3, с. 577-584

7/IV-69

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

P1 - 4336



А.А. Кузнецов, Н.Н. Мельникова, Т.В. Рыльцева,
Б. Чадраа, В. Балинт, А. Михул, Д. Мумуяну,
Т. Понта, С. Фелеа

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

РОЖДЕНИЕ РЕЗОНАНСОВ В РЕАКЦИЯХ

$\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \Lambda^0 K^0$ и $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^0 \Lambda^0 K^+$

ПРИ 4,0 ГЭВ/С

1969

P1 - 4336

7753/2 up.

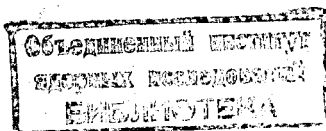
А.А. Кузнецов, Н.Н. Мельникова, Т.В. Рыльцева,
Б. Чадраа*, В. Балинт**, А. Михул**, Д. Мумуяну**,
Т. Понта**, С. Фелеа**

РОЖДЕНИЕ РЕЗОНАНСОВ В РЕАКЦИЯХ
 $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \Lambda^0 K^0$ и $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^0 \Lambda^0 K^+$
ПРИ 4,0 ГЭВ/С

Направлено в ЯФ

* Институт атомной физики (г. Бухарест).

** Физический институт АН МНР (г. Улан-Батор)



Данная работа является продолжением цикла исследований^{/1,2,3/}, которые посвящены изучению странных частиц в π^-p взаимодействиях при 4,0 Гэв/с и выполнены на материале с 24-литровой пропановой пузырьковой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. В работе приводятся данные о рождении резонансов в реакциях



и



Для анализа реакций (1) и (2) было использовано 230000 фотографий. Отбирались случаи неупругих взаимодействий π^- -мезонов на водороде, в которых наблюдался распад одной или двух V^0 -частиц в рабочем объеме камеры. При отборе событий применялись критерии, которые были описаны ранее^{/4/}. Средняя эффективность двукратного просмотра равнялась (96±3)%.

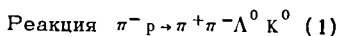
Измерения производились на полуавтоматах Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ и Института атомной физики

^{X/} Кинематика распадов Λ^0 - и Σ^0 -гиперонов не позволяла в пределах точности измерений различать эти частицы, поэтому символ (Λ^0) относится к реакциям с рождением Λ^0 - и Σ^0 -гиперонов.

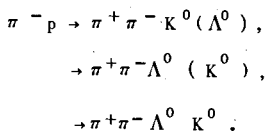
(г. Бухарест). Полученные данные обсчитывались по геометрической и кинематической программам /5,6,7/ на ЭВМ Лаборатории вычислительной техники и автоматизации.

Методика идентификации V^0 -частиц и выделения каналов реакций была описана ранее /1,2/. При анализе событий дополнительно привлекались результаты ионизационных измерений на следах вторичных заряженных частиц звезд и V^0 -событий /8/, а также учитывалась картина распадов останавливающихся частиц в камере.

В таблице приведены суммарные данные о числе событий, относящихся к соответствующим каналам реакции ^{x)}. В связи с ограниченными размерами камеры каждому событию приписывался вес, который вычислялся методом моделирования с помощью программы 671 /9/. Ниже во всех распределениях события приводятся с соответствующими весами.



События, относящиеся к реакции (1), выделялись при анализе каналов реакции вида



На основании полного числа событий этого типа было определено сечение реакции (1). Оно оказалось равным $\sigma(1) = 154 \pm 14$ мкб. При определении сечения вводились поправки на примесь других частиц в пучке (8%), на примесь событий взаимодействий π^- -мезонов на связанном протоне (19%), на нейтральные моды распада Λ^0 и K^0 , на эффективность просмотра и на потерю событий в связи с ограниченными размерами камеры /1/.

Для изучения рождения резонансов в реакции (1) были построены распределения эффективных масс различных комбинаций частиц (см. рис.1).

^{x)} События, которые нельзя было однозначно идентифицировать, были включены в статистику как для реакции (1), так и для реакции (2) с весом 1/2.

Распределение $\Lambda^0 \pi^+$ -комбинаций указывает на рождение резонанса Y_{1385}^{*+} (рис. 1а). Сравнение экспериментального распределения с линейной комбинацией фазового пространства и брайт-вигнеровской кривой для резонанса Y_{1385}^{*+} дает вклад Y_{1385}^{*+} в этот процесс, равный $(9,9 \pm 3)\%$, что соответствует сечению реакции

$$\pi^- p \rightarrow Y_{1385}^{*+} K^0 \pi^-, \quad (3)$$

$$\sigma(3) = (15,3 \pm 4,7) \text{ мкб.}$$

Исходя из распределений эффективных масс ($\Lambda^0 \pi^-$) комбинаций (рис. 1б) получаем для сечения реакции $\pi^- p \rightarrow Y_{1385}^{*+} K^0 \pi^+$ (4) значение $\sigma(4) = (11,4 \pm 3,8) \text{ мкб.}$

На рис. 1г приведено распределение эффективных масс $K^0 \pi^+$ -комбинаций. Анализ этого распределения показал, что сечение реакции с рождением K_{890}^{*+} -мезона $\pi^- p \rightarrow K_{890}^{*+} \Lambda^0 \pi^-$ (5) равно

$$\sigma(5) = (12,9 \pm 4,2) \text{ мкб.}$$

Распределения эффективных масс для $K^0 \pi^-$ и $\pi^+ \pi^-$ -комбинаций (рис. 1в) не показывают каких-либо аномалий и хорошо описываются фазовыми кривыми. Верхняя граница сечения рождения ρ^- -мезона (6) соответствует

$$\rho(6) = (1,2 \pm 3,5) \text{ мкб } [\pi^- p \rightarrow \Lambda^0 K^0 \rho^0]. \quad (5)$$

$$\text{Реакция } \pi^- p \rightarrow K^+ \pi^- \Lambda^0 \pi^0 \quad (2)$$

Анализ событий, принадлежащих реакции (2), указывает на сильное рождение резонанса K_{890}^{*0} в этом процессе. На рис. 2а приведено экспериментальное распределение эффективных масс $K^+ \pi^-$ -комбинаций.

Сравнение экспериментальных данных с комбинацией брейт-вигнеровской и фазовых кривых дает величину сечения процесса $\pi^- p \rightarrow K_{890}^{*0} \Lambda^0 \pi^0$ (7), равную $(34,5 \pm 5,9)$ мкб.

На рис. 3 приведена зависимость дифференциального сечения реакции (7) от квадрата четырехмерного переданного импульса $\Delta_{1(K\pi)}^{*2} = t$. Видно, что для событий этой реакции, взятых из интервала эффективных масс $K^+ \pi^-$ -комбинаций $0,83 \leq M_{K^+\pi^-} \leq 0,93$ Гэв характерно распределение, при котором $|t| < 1,0$ (Гэв/с)², т.е. процесс образования K_{890}^{*0} носит периферический характер.

Анализ спектра эффективных масс $K^+ \pi^0$ -комбинаций (рис. 2б) дает величину $\sigma = (3,4 \pm 4,2)$ мкб для процесса $\pi^- p \rightarrow K_{890}^{*+} \Lambda^0 \pi^-$ (8).

Рассмотрение каналов реакций с рождением гиперонных резонансов Y_{1385}^{*0} и Y_{1385}^{*-} в реакции (2) указывает на малые сечения образования этих резонансов, а именно: $(5,0 \pm 3,5)$ мкб для процесса $\pi^- p \rightarrow Y_{1385}^{*0} K^+ \pi^-$ (9) и $(5,4 \pm 3,6)$ мкб для реакции $\pi^- p \rightarrow Y_{1385}^{*-} K^+ \pi^0$ (10) (см. рис. 2в,г).

Характерной особенностью рассмотренных выше процессов является периферическое рождение резонансов при этой энергии, как это наблюдалось для конечных состояний $\pi^- p$ взаимодействий без странных частиц. Кроме этого, интересно отметить, что в реакциях (1) и (2), в основном, реализуются только низковозбужденные состояния гиперона (Y_{1385}^*) и K -мезона (K_{890}^*) и нет указаний на рождение состояний с большим возбуждением.

На рис. 4 (а,б,в,г,д,е,ж) приведены данные по сечениям процессов образования Y_{1385}^* и K_{890}^* -резонансов в $\pi^- p$ взаимодействиях в зависимости от импульса налетающей частицы. Эти результаты взяты из ранее опубликованных работ /10,11/ и из настоящей работы. Представленные на рис. 4 кривые получены с помощью метода наименьших квадратов. Из рис. 4 следует, что для всех указанных выше процессов (3+10) наблюдается характерная зависимость сечений от величины первичного импульса пионов: от порога реакции сечение быстро растет, затем достигает максимума в области импульсов от 3,2 до 3,3 Гэв/с и далее падает с увеличением импульса. Такое поведение сечений приводит к следующим выводам:

1) Для всех рассмотренных выше процессов уже при импульсе 4,0 Гэв/с наблюдается уменьшение сечений образования Υ_{1345}^* и K_{890}^* -резонансов. Возможным объяснением такого поведения сечения может быть увеличение вклада каналов реакций с большим числом частиц в конечном состоянии или увеличение вклада реакций с большими возбуждениями бариона.

2) Для всех процессов (3+10) наблюдается максимум в ходе сечений в области первичных импульсов от 3,2 до 3,3 Гэв/с. Этот факт, если он подтвердится новыми данными в этом интервале импульсов^{x/}, может быть объяснен существованием нуклонной изобары с массой, равной 2650 Мэв. Известно, что в этой области масс наблюдалась нуклонная изобара $N_{1/2}^*$ (2650) с $\Gamma = 360 \text{ Мэв}^{1/2}$. Возможно, что наблюдаемый максимум в ходе сечений процессов (3+10) связан с образованием этой изобары.

Квазидвухчастичные процессы в реакциях (1) и (2)

Нами был оценен также вклад квазидвухчастичных процессов в реакциях (1) и (2). Оценки показали, что сечение реакции $\pi^- p \rightarrow$

$\Upsilon_{1345}^{*-} K_{890}^{*+}$ (11) составляет $(4,6 \pm 3,1)$ мкб, а процесс $\pi^- p \rightarrow$

$\Upsilon_{1345}^{*0} K_{890}^{*0}$ (12) идет с сечением, равным $(4,1 \pm 3,7)$ мкб.

Сравнение этих данных с результатами работ при других энергиях (см. рис. 6 а,б) указывает на то, что сечения квазидвухчастичных процессов падают с увеличением первичной энергии π^- -мезона.

$\Lambda^0 K^{+0}$ - системы

Изучение спектра эффективных масс $\Lambda^0 K^0$ - и $\Lambda^0 K^+$ -комбинаций в реакциях (1) и (2) показало, что характерной чертой этих спектров

^{x/} В настоящее время пока нет данных о сечениях процессов с образованием Υ_{1345}^* и K_{890}^* в реакциях (1) и (2) в области первичных импульсов от 3,2 до 3,8 Гэв/с.

является концентрация событий в области эффективных масс $1650 \pm 1910 \text{ Мэв}$ (рис. 7 а, б).

На рис. 7 в приведено суммарное распределение эффективных масс $\Lambda^0 K^0$ - и $\Lambda^0 K^+$ - комбинаций, в котором наблюдаются пики в районе масс $\approx 1700 \text{ Мэв}$ и $\approx 1850 \text{ Мэв}$. Для исключения влияния известных резонансов Y_{1385}^* и K_{890}^* , наблюдаемых в реакциях (1) и (2), здесь же приведены спектры эффективных масс $\Lambda^0 K^+$ - комбинаций без событий, лежащих в области масс резонансов Y_{1385}^* и K_{890}^* (см. заштрихованные гистограммы). Можно видеть, что пик в области $\approx 1700 \text{ Мэв}$ не связан с их рождением.

Предполагая, что наблюдаемое в эксперименте отклонение от фазовой кривой обусловлено рождением (ΛK) -резонанса с массой 1710 Мэв , можно описать полученное экспериментальное распределение комбинацией фазового пространства и резонансом в брайт-вигнеровской форме с массой $M = 1710 \text{ Мэв}$ и $\Gamma = 220 \text{ Мэв}$ ($\chi^2 = 17$, $n = 21$). Полученная аппроксимация дает для сечения рождения (ΛK) -резонанса в реакциях (1) и (2) величину $(32, 2 \pm 7, 7) \text{ мкб}$. Так как указанный эффект наблюдался в спектрах эффективных масс $\Lambda^0 K^0$ - и $\Lambda^0 K^+$ - комбинаций, изоспин этого состояния равен $1/2$ и его можно отождествить с одной из нуклонных изобар, например, $N_{1/2}^*(1710)$. В пользу такого объяснения можно привести следующие данные: в работе /13/, где рассматривается энергетический ход сечения реакции $\pi^- p \rightarrow \Lambda^0 K^0$, наблюдался пик при $E_\pi \approx 1070 \text{ Мэв}$. Проведенный фазовый анализ этой реакции /14/ показал, что наибольший вклад в этот процесс вносит нуклонная изобара $N_{1/2}^*(1710)(S_{11})$. Эти соображения и экспериментальное отклонение от фазовой кривой в этой области масс в спектрах ΛK -комбинаций являются указанием на возможную моду распада этого возбужденного состояния нуклона, связанную с ΛK -системой. Оценки показали, что отношение моды распада $N_{1/2}^*(1710)$ на (ΛK)-систему ко всем возможным неупругим модам распада составляет величину $\approx 1,1\%$.

На рис. 8 приведено распределение квадрата четырехмерного переданного импульса $\Delta_{p \rightarrow (\Lambda K)}^2 = -t$ для событий, лежащих в области эффективных масс ΛK - комбинаций $1600 \leq M_{\Lambda K} \leq 1790 \text{ Мэв}$.

Видно, что в основном события из этого интервала эффективных масс характеризуются переданными импульсами $\Delta^2 \leq 0,8$ (Гэв/с²).

В ряде экспериментальных работ были указания на существование резонанса в ΛK -системе с массой ≈ 1700 Мэв и шириной $100+220$ Мэв. Так, в работе^{/15/} наблюдались резонансы в области 1700 и 1800 Мэв в спектре масс $\Lambda^0 K^0$ - и $\Lambda^0 K^+$ -комбинаций. При изучении странных частиц в $\pi^- p$ взаимодействиях при 7,91 Гэв/с авторы наблюдали резонанс в $\Lambda^0 K^0$ - и $\Lambda^0 K^+$ -системах, который они связывали с нуклонной изобарой $N^*(1688)$. В^{/16/} при импульсе π^- -мезона 6 Гэв/с также наблюдался $\Lambda^0 K^+$ -резонанс в 3-частичных конечных состояниях с малыми переданными импульсами. Авторы интерпретировали его как нуклонную изобару $N^*(1688)$; однако не исключалась возможность интерпретации этого резонанса как $N_{\frac{1}{2}}^*(1710)$. В работе^{/17/} есть указания на резонанс в $(\Lambda^0 K^0)$ -системах в $\pi^+ p$ взаимодействиях при 8,0 Гэв/с. Авторы считают, что эти резонансы можно объяснить распадом нуклонной изобары $N^*(1755)$ с $\Gamma = 220$ Мэв. В статье^{/11/} при импульсе π^- 1,5-4,2 Гэв/с нет указаний на существование нуклонных изобар, связанных с (ΛK) -системой.

Таким образом, в настоящее время вопрос о существовании (ΛK) -резонанса с массой ≈ 1700 Мэв и его интерпретации не решен и требуются дальнейшие исследования.

В заключение авторы выражают признательность сотрудникам Лаборатории высоких энергий М.И.Подгорешкому, Ю.А.Трояну и Э.Г.Бубелеву за полезные обсуждения. Авторы также благодарят лаборантов группы за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. Б.П.Банник, Ким Хи Ин, А.А.Кузнецов и др. Препринт ОИЯИ, 1-3682, Дубна, 1968.
2. М.Р.Атаян, К.Карамян, А.А.Кузнецов и др. Препринт ОИЯИ, 1-3779, Дубна, 1968.
3. А.А.Кузнецов, Н.Н.Мельникова, Б.Чадраа и др. Препринт ОИЯИ, P1-4049, Дубна, 1968.

4. Б.П.Банник, А.А.Кузнецов, Н.Н.Мельникова и др. Препринт ОИЯИ, 1-3096, Дубна, 1966.
5. О.В.Благодирова, З.М.Иванченко, А.Ф.Лукьянцев и др. Препринт ОИЯИ, 2005, Дубна, 1965.
6. О.В.Благодирова, Л.И.Лепилова, А.Ф.Лукьянцев и др. Препринт ОИЯИ, 1959, Дубна, 1965.
7. З.М.Иванченко, А.Ф.Лукьянцев, В.И.Мороз и др. Препринт ОИЯИ, Р-2389, Дубна, 1967.
8. Б.П.Банник, Ким Хи Ин, А.А.Кузнецов и др. Препринт ОИЯИ, 2617, Дубна, 1966.
9. В.Ф.Вишневский, Ду Юань-пай, Г.И.Копылов и др. Препринт ОИЯИ, Р-1489, Дубна, 1964; Б.А.Шахбазян. Вопросы физики элементарных частиц, т. IV, г.Ереван, 1964.
10. D.H.Miller, A.Z.Kovaes, R.L.McIlwain et al. Phys. Rev., 140, B.360 (1965).
11. O.I.Dahl, M.Hardy, R.I.Hess et al. Preprint UCRL - 16978, 1967.
12. N.Barash-Schmidt, A.Barbaro-Galtieri, L.R.Price et al. Review of Particle Properties. UCRL - 8030, 1968.
13. O.Goussu, M.Sene, B.Chidine et al. Nuovo Cim., 42, 606 (1966).
14. S.R.Deans, W.G.Holladay, I.E.Rush. XIV Intern. Conf. on High Energy Physics, p.144, Vienna, 1968;
C.Lovelace, F.Wagner, J.Niopoluos. IV Intern. Conf. on High Energy Physics, p. 469, Vienna, 1968.
15. Б.П.Банник, Э.Г.Бубелев, Ким Хи Ин и др. XII Международная конференция по физике высоких энергий, стр. 682, Дубна, 1964.
16. R.Ehrlich, W.Selove, H.Yuta. Phys. Rev., 152, 1194, 1966;
D.I.Crenell, K.W.Lai, J.M.Scarr et al. Phys. Rev. Lett., 19, 1212 (1967).
17. M.Alderholz, I.Bartsch, R.Schulte et al. XIV Intern. Conf. on High Energy Physics, p.144, Vienna, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 февраля 1969 года.

Таблица

Реакция	$N_{\text{набл.}}$	$N_{\text{поправки}}$
$\pi^+\pi^-\lambda^0 K^0$	198	297
$K^+\pi^-\lambda^0\pi^0$	102	154
Неразделенные $\pi^+\pi^-\lambda^0(K^0)$ $K^+\pi^-\lambda^0(\pi^0)$	35	53

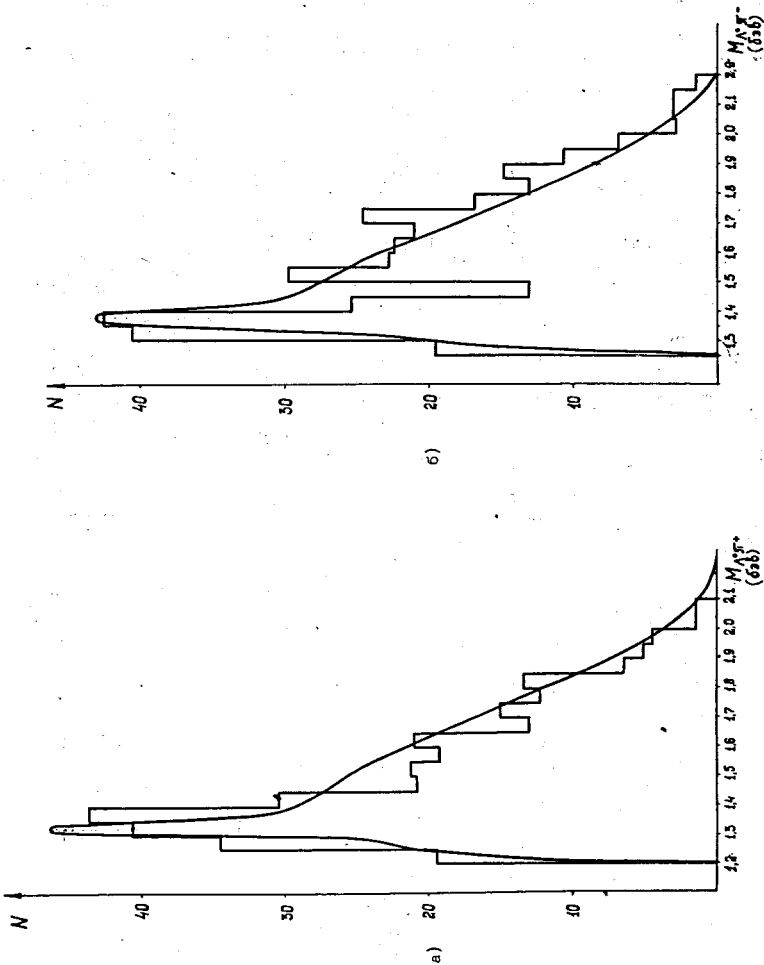


Рис. 1. Распределение эффективных масс различных комбинаций частиц в реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \Lambda^0 K^0$: а) гистограмма $\Lambda^0 \pi^+$ - комбинация; кривая - комбинация $9,8\%$ резонанса Y^*_{1386} и $91,1\%$ фона; б) гистограмма $K^0 \pi^-$ - комбинация; кривая - комбинация $7,4\%$ резонанса Y^*_{1386} и $92,6\%$ фона;

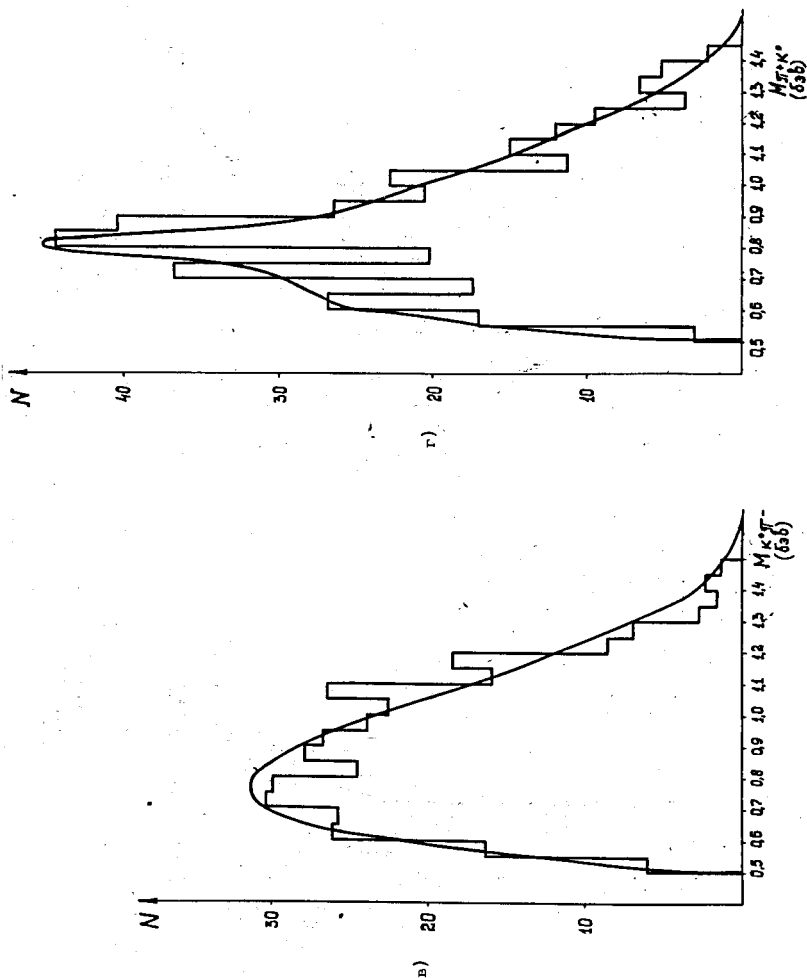


Рис. 1. Распределение эффективных масс различных комбинаций частиц в реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \Lambda^0 K^0$; в) гистограмма $K^0 \pi^-$ - комбинаций; на рисунке приведена фазовая кривая; г) гистограмма $K^0 \pi^+$ - комбинаций; кривая - комбинация 8,4% резонанса K^{*0} и 0,6% фона.

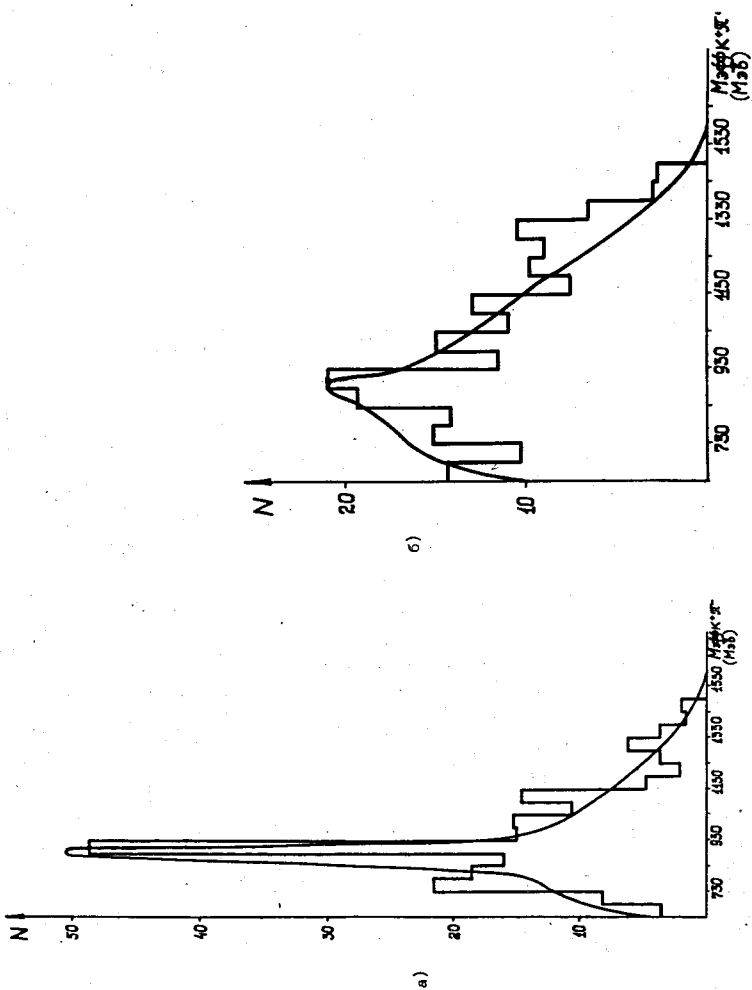


Рис. 2. Распределение эффективных масс различных комбинаций частиц в реакции $\pi^- p \rightarrow K^+ \pi^- \Lambda^0 \pi^0$: а) гистограмма $K^+ \pi^-$ -комбинаций, кривая - комбинация 35,2% резонанса K^*_{890} и 64,8% фона; б) гистограмма $K^+ \pi^0$ -комбинаций, кривая - комбинация 3,5% резонанса K^*_{890} и 96,5% фона;

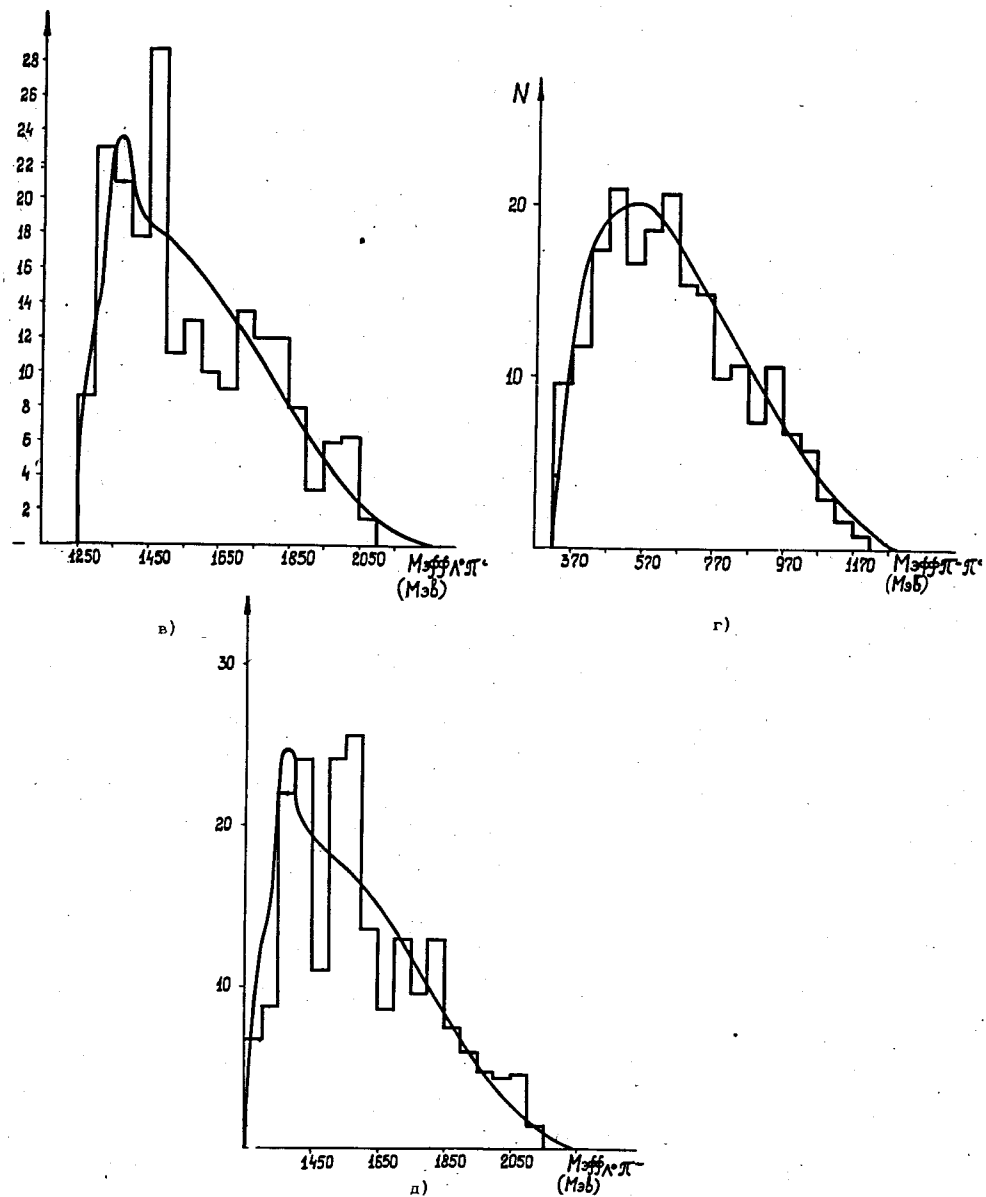


Рис. 2. Распределение эффективных масс различных комбинаций частиц в реакции $\pi^- p \rightarrow K^+ \pi^- \Lambda^0 \pi^0$: в) гистограмма $\Lambda^0 \pi^0$ -комбинаций; кривая - комбинация 5,1% резонанса γ^*_{1385} и 94,9% фона; г) гистограмма $\Lambda^0 \pi^+$ -комбинаций; кривая - комбинация 5,5% резонанса γ^*_{1385} и 94,5% фона; д) гистограмма $\pi^+ \pi^0$ -комбинаций вместе с фазовой кривой.

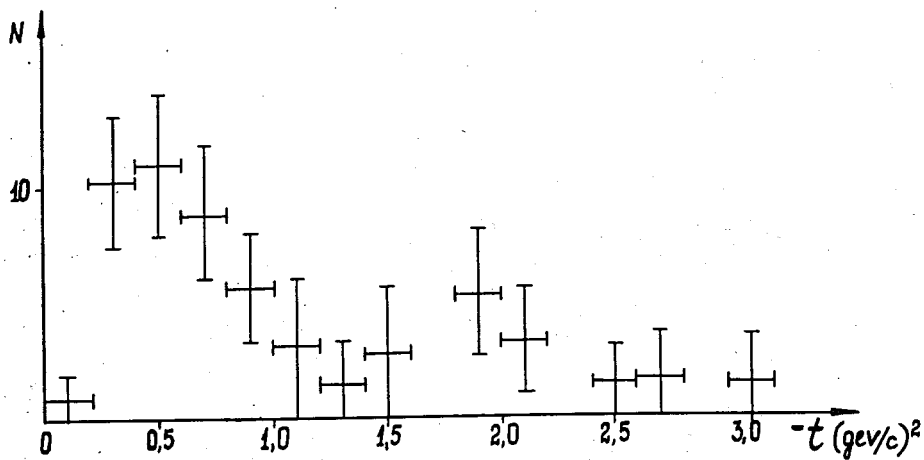


Рис. 3. Распределение дифференциального сечения реакции $\pi^- p \rightarrow K_{890}^{*0} \Lambda^0 \pi^0$ в зависимости от квадрата четырехмерного переданного импульса $\Delta_{1K_{890}^*}^2$ (в произвольных единицах).

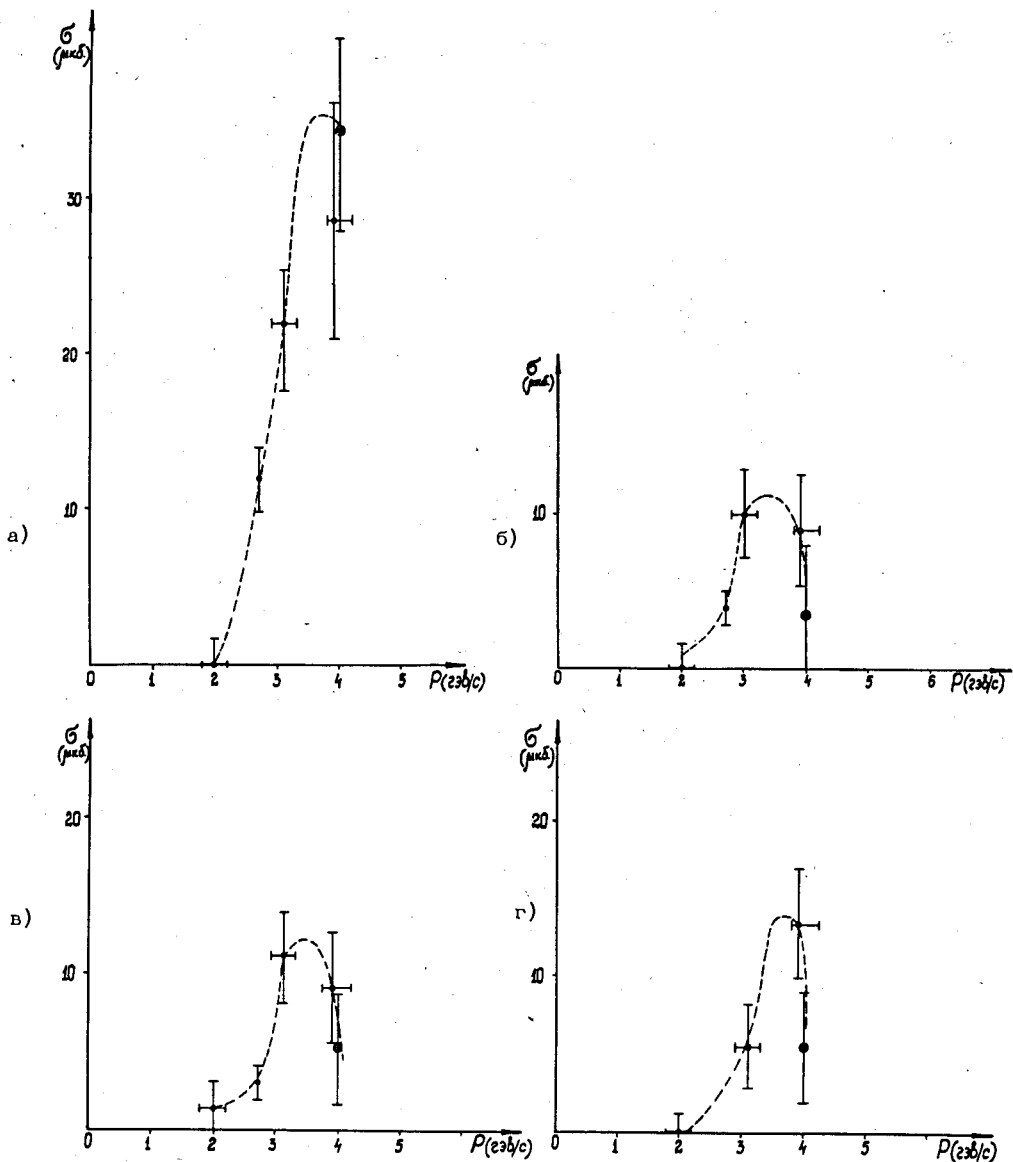


Рис. 4. Зависимость сечений рождения резонансов с участием странных частиц от первичного импульса для процессов: а) $\pi^- p \rightarrow K_{890}^{*+} \Lambda^0 \pi^-$; б) $\pi^- p \rightarrow K_{890}^{*+} \Lambda^0 \pi^-$; в) $\pi^- p \rightarrow Y_{1385}^{*0} K^+ \pi^-$; г) $\pi^- p \rightarrow Y_{1385}^{*0} K^+ \pi^0$;

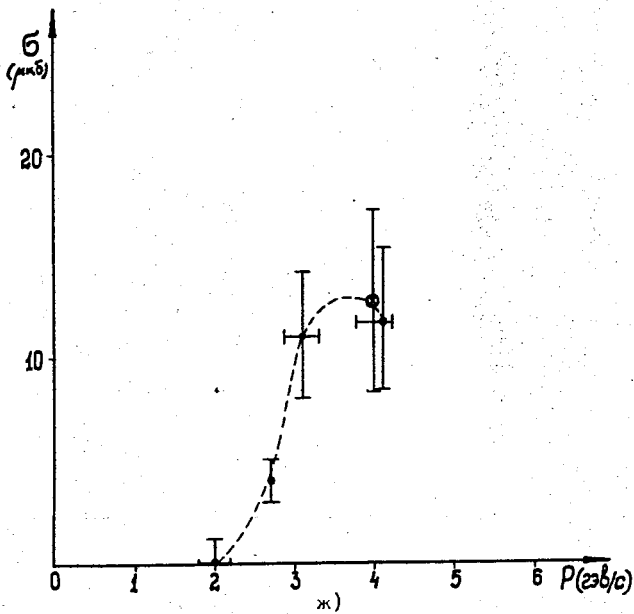
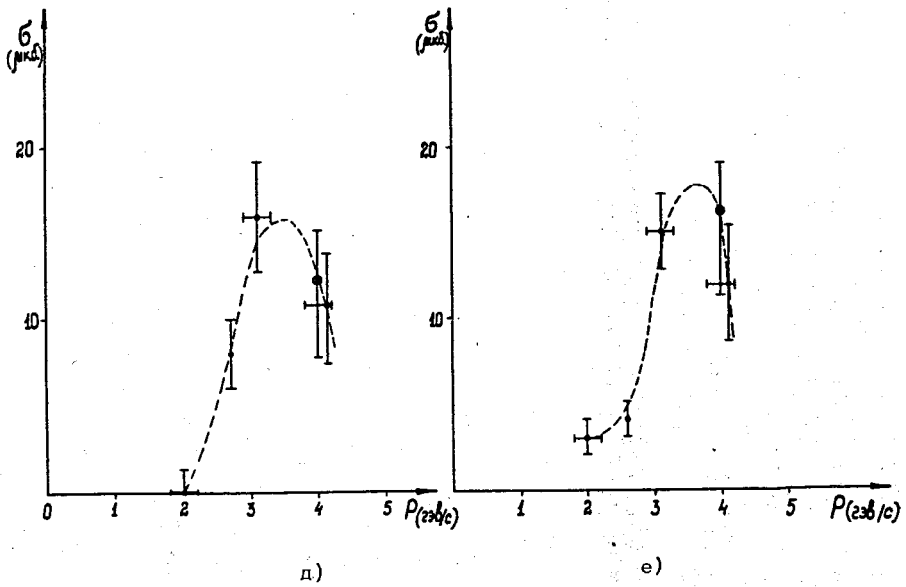


Рис. 4. Зависимость сечений рождения резонансов с участием странных частиц от первичного импульса для процессов:
 д) $\pi^- p \rightarrow \Upsilon_{1385}^{*-} K^0 \pi^+$; е) $\pi^- p \rightarrow \Upsilon_{1385}^{*+} K^0 \pi^-$; ж) $\pi^- p \rightarrow K_{890}^{*+} \Lambda^0 \pi^-$.

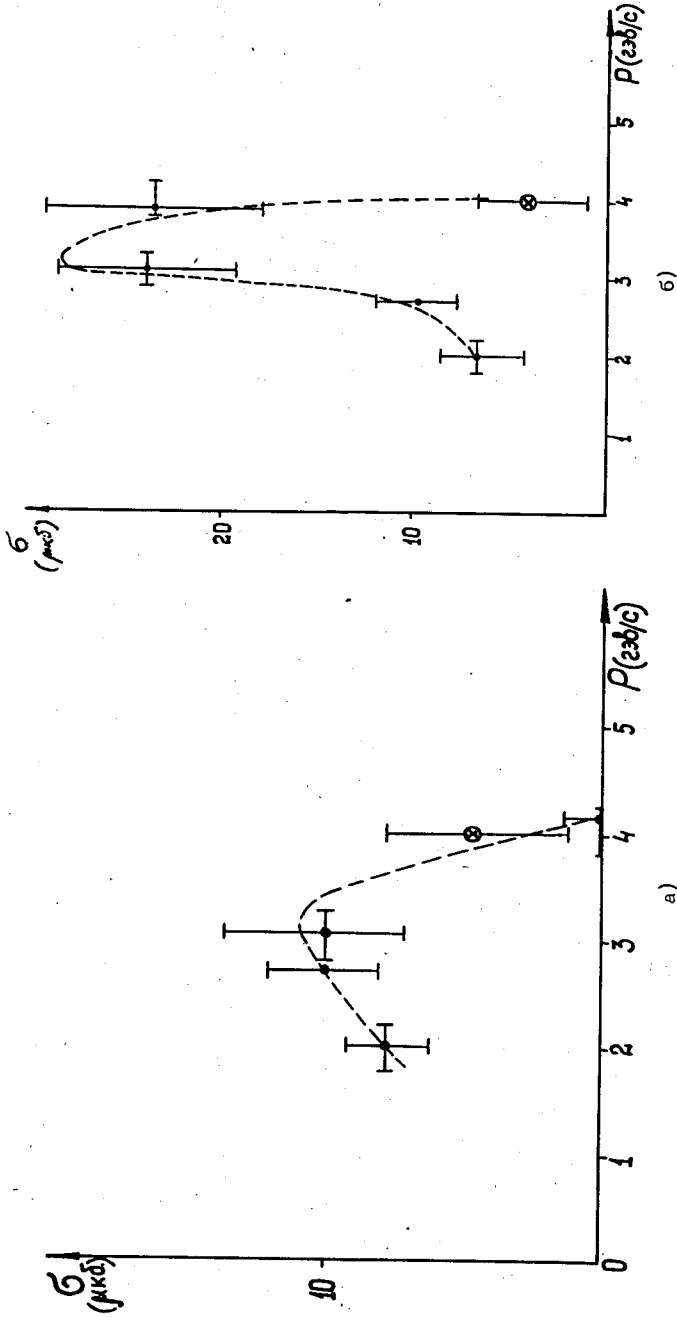


Рис. 5. Зависимость сечений квазивульчатичных процессов от первичного импульса для реакций: а) $\pi^- p \rightarrow Y_{1335}^* K_{890}^*$; б) $\pi^- p \rightarrow Y_{1335}^0 K_{890}^0$.

$\Lambda^0 \pi^- \begin{cases} \text{---} & K^0 \pi^+ \\ \text{---} & K^+ \pi^+ \end{cases}$

б) $\pi^- p \rightarrow Y_{1335}^0 K_{890}^0$
 $\Lambda^0 \pi^0 \begin{cases} \text{---} & K^+ \pi^- \\ \text{---} & K^0 \pi^0 \end{cases}$

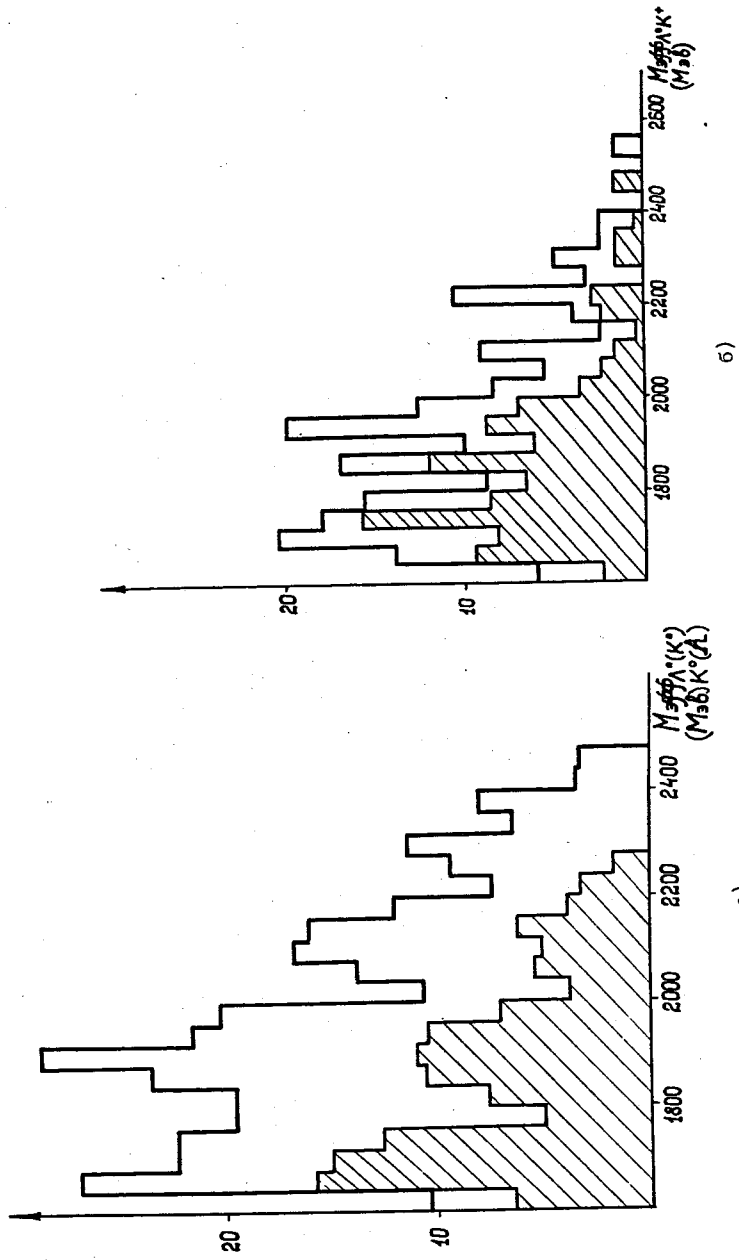


Рис. 6. Распределение эффективных масс $\Lambda^0 K^0$ - комбинаций: (а) распределение $\Lambda^0 K^0$ -комбинаций из реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \Lambda^0 K^0$; $^0 0$
 (б) распределение $\Lambda^0 K^+$ -комбинаций из реакции $\pi^- p \rightarrow K^+ \pi^- \Lambda^0 \pi^+$;

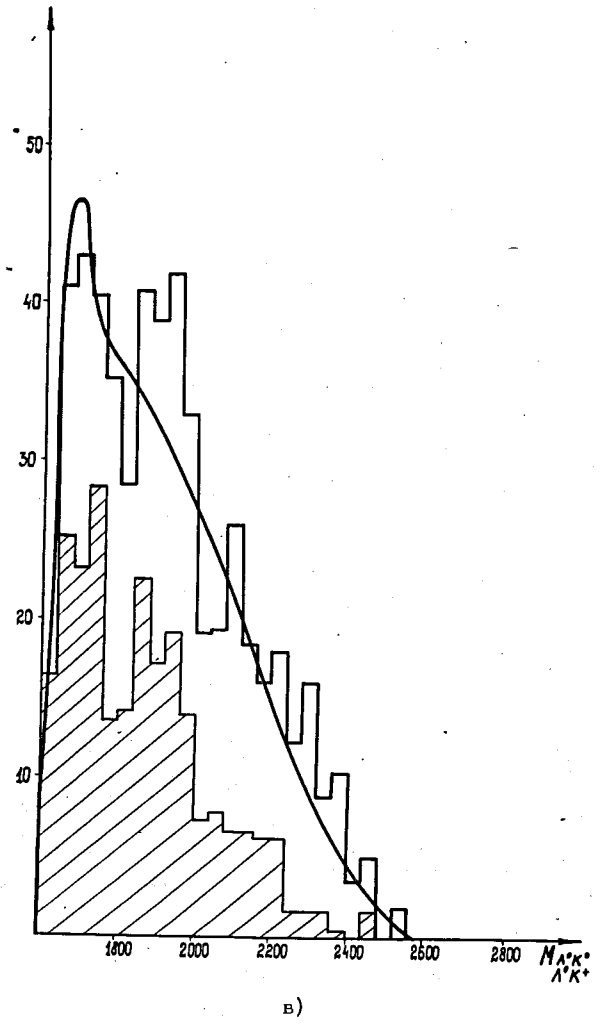


Рис. 6. Распределение эффективных масс $\Lambda^0 K^0$ -комбинаций:
 (в) суммарное распределение $\Lambda^0 K^0$ - и $\Lambda^0 K^+$ - комбинаций; кривая - комбинация 12,8% резонанса $N_{1/2}^*$ (1710) и 87,2% фона. Заштрихованные гистограммы распределения $\Lambda^0 K^0$ - комбинаций без событий, находящихся в области резонансов K_{890}^* и Y_{1385}^* .

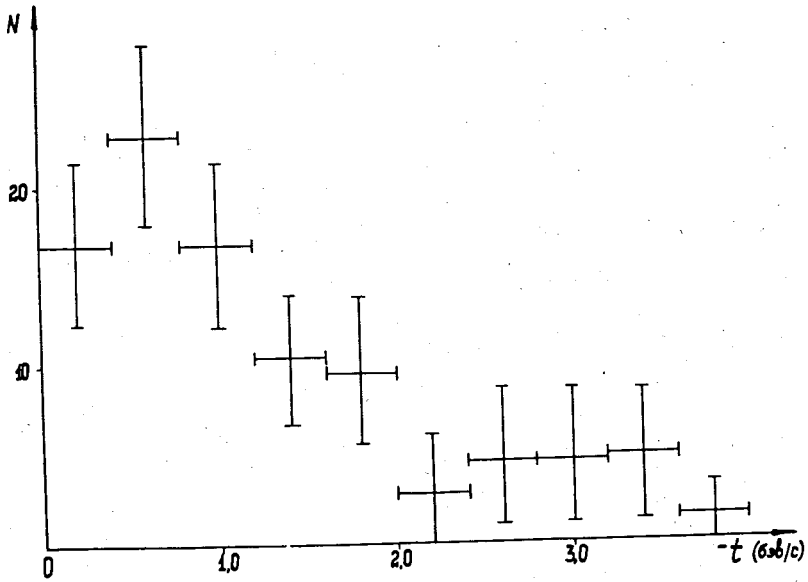


Рис. 7. Распределение дифференциального сечения рождения (ЛК)-резонанса в зависимости от квадрата четырехмерного переданного импульса $\Delta_{p(\text{ЛК})}^2$ (в произвольных единицах).