

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗ46.48

A-646

26/ix-77

1 - 10714

3889/2-77

Н.Ангелов, А.И.Аношин, Н.О.Ахабабян, Ц.Баатар,
С.Бацкович, В.Г.Гришин, С.В.Джмухадзе, Л.А.Диденко,
И.А.Ивановская, Т.Канарек, Е.Н.Кладницкая,
В.Б.Любимов, Н.Н.Мельникова, Ю.Надь, Р.М.Назаргулов,
В.Ф.Никитина, В.М.Попова, А.Н.Соломин, Х.Семерджиев,
М.И.Соловьев, М.К.Сулейманов, Д.Тувдендорж,
Э.Т.Цивцивадзе, Л.М.Щеглова

ИЗУЧЕНИЕ

ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ПИОНОВ

В ПИОН-УГЛЕРОДНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

ПРИ 40 ГЭВ/с

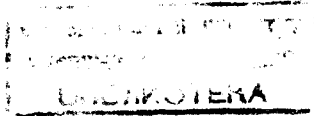
1977

Н.Ангелов, А.И.Аношин,¹ Н.О.Ахабабян, Ц.Баатар,
С.Бацкович,² В.Г.Гришин, С.В.Джмухадзе,³ Л.А.Диденко,¹
И.А.Ивановская, Т.Канарек, Е.Н.Кладницкая,
В.Б.Любимов, Н.Н.Мельникова, Ю.Надь, Р.М.Назаргулов,
В.Ф.Никитина, В.М.Попова,¹ А.Н.Соломин,¹ Х.Семерджиев,
М.И.Соловьев, М.К.Сулейманов,⁴ Д.Тувдендорж,
Э.Т.Цивцивадзе,³ Л.М.Щеглова¹

ИЗУЧЕНИЕ

ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ПИОНОВ В ПИОН-УГЛЕРОДНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 40 ГЭВ/с

Направлено в ЯФ



¹ Физический факультет и Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ.

² Институт физики, г. Белград.

³ Тбилисский государственный университет.

⁴ Институт физики, г. Баку.

Ангелов Н. и др.

1 - 10714

Изучение интерференции тождественных пионов
в пион-углеродных взаимодействиях при 40 ГэВ/с

В работе представлены результаты изучения интерференции тождественных π -мезонов, рожденных в пион-углеродных взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с. Определены размеры области генерации и длительность процесса образования вторичных пионов:

$$R = (4,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-13} \text{ см} \quad \text{и} \quad \tau = (1,7 \pm 0,7) \cdot 10^{-23} \text{ с.}$$

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

© 1977 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

1. В последние годы на ускорителях интенсивно исследуются адрон-адронные и адрон-ядерные процессы. Интерес к этим процессам связан с поиском общих закономерностей, что необходимо для создания теории сильных взаимодействий. В частности, представляется перспективным изучение интерференции тождественных частиц в области малых разностей импульсов этих частиц, для которой имеются определенные теоретические предсказания [1,2]. Изучение интерференции тождественных частиц в принципе позволяет определить пространственно-временные характеристики области их генерации [2,3,4]. Так, в переменных, предложенных Копыловым и Подгорецким в работе [2],

$$q_0 = |E_1 - E_2|, \quad q_{\perp} = |\vec{q} - n(\vec{q}n)|, \quad /1/$$

где

$$\vec{q} = \vec{p}_1 - \vec{p}_2, \quad n = \frac{\vec{p}_1 + \vec{p}_2}{|\vec{p}_1 + \vec{p}_2|}$$

и E_i, \vec{p}_i - энергии и импульсы вторичных пионов в системе центра масс π -N-взаимодействий, было получено следующее соотношение:

$$\frac{N_{\text{тожд}}(q_0, q_{\perp}^2)}{N_{\text{фон}}(q_0, q_{\perp}^2)} = 1 + \frac{[2 J_1(q_{\perp} R) / q_{\perp} R]^2}{1 + q_0^2 r^2} \quad /2/$$

Здесь $N_{\text{тожд}}$ - плотность пар тождественных пионов, $N_{\text{фон}}$ - плотность пар частиц, не испытывающих интерференции, J_1 - функция Бесселя первого порядка. Формула /2/ получена в предположении, что вторичные пионы испускаются независимо с поверхности сферы радиуса R в течение времени τ .

2. В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования интерференции вторичных пионов, генерируемых во взаимодействиях π^- -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с с ядрами углерода в двухметровой пропановой камере



Предварительные результаты были представлены на конференцию в Тбилиси /4/. Для настоящего анализа были отобраны измеренные события с множественностью заряженных частиц $n_{\pm} \geq 6$ / ≈ 3000 событий/* . Работы по методической части эксперимента были опубликованы ранее /5-7/.

3. Суть рассматриваемого эффекта интерференции состоит в том, что квадрат волновой функции двух тождественных бозонов с близкими импульсами больше, чем квадрат волновой функции пары нетождественных частиц /фон/. Фоновое распределение может быть получено двумя способами: можно взять, во-первых, распределение пар нетождественных π^- -мезонов и, во-вторых, - распределение тождественных частиц, но взятых из различных событий.

При использовании обоих методов имеются трудности методического характера. В случае, когда в качестве фона берется распределение пар нетождественных π^- -мезонов, необходимо учесть то влияние, которое могут оказать резонансы (ρ, ω, f, \dots). Влияние может оказывать и примесь e^+e^- -пар от конверсии γ -квантов вблизи

* В анализ не включены взаимодействия π^- -мезонов с квазисвободными нуклонами ядра углерода.

звезды. Наконец, при использовании в качестве фона распределения тождественных частиц, взятых из различных событий, могут нарушаться связи, накладываемые на импульсы частиц законами сохранения энергии и импульса. Поэтому необходим анализ фоновых распределений для более правильного определения параметров R и τ .

Рассмотрим распределения пионов по эффективным двухчастичным массам. Отметим, что область малых масс соответствует области малых q_0 и q_{\perp}^2 . На рис. 1 приведено отношение нормированных на единицу распределений $\pi^{\pm} \pi^{\pm}$ -мезонов и $\pi^+ \pi^-$ -мезонов /фон 1/ в зависимости от эффективной массы. На рис. 2 показано отношение распределений тождественных пионов и $\pi^+ \pi^+$ -мезонов, взятых из разных событий /фон 2/, в зависимости от эффективной массы. Из обоих рисунков видно, что с уменьшением эффективной массы происходит увеличение выхода тождественных частиц относительно ожидаемого выхода без учета интерференции. При сравнении обоих фоновых распределений /рис. 3/ отметим, что с уменьшением эффективной массы наблюдается систематическое небольшое превышение плотности пар $\pi^+ \pi^-$ -мезонов над плотностью пар $\pi^+ \pi^+$, взятых из разных событий.

4. При определении параметров R и τ использовались как двумерное распределение, так и одномерные распределения по q_0 и q_{\perp}^2 . Удобной аппроксимацией /2/ является формула

$$\frac{N_{\text{тожд}}}{N_{\text{фон}}} = A_1 \left[1 + A_2 \frac{\exp\left(-\frac{q_{\perp}^2 R^2}{4}\right)}{1 + q_0^2 \tau^2} \right]. \quad /4/$$

Поэтому фитирование одномерных распределений по q_{\perp}^2 и q_0 с ограничениями по q_0 и q_{\perp}^2 соответственно проводилось по формулам

$$\frac{N_{\text{тожд}}}{N_{\text{фон}}} = A_3 + A_4 \exp\left(-\frac{q_{\perp}^2}{4} R^2\right), \quad /5/$$

$$\frac{N_{\text{тожд}}}{N_{\text{фон}}} = A_5 + A_6 / (1 + q_0^2 \tau^2). \quad /6/$$

На *рис. 4* показана зависимость отношения $\frac{N(\pi^+ \pi^+)}{N(\pi^+ \pi^-)}$ от q_{\perp}^2 для $q_0 < 0,25$ ГэВ. Видно, что в области малых q_{\perp}^2 наблюдается эффект превышения плотности пар тождественных частиц. Кривая на рисунке представляет результат фитирования по формуле /5/ с $A_3 = 1$, $A_4 = 0,5$ и $R = 4,5 \cdot 10^{-13}$ см. Для больших q_0 различие между распределениями тождественных и нетождественных частиц уменьшается /*рис. 5*/.

Если в качестве фона использовать распределение пар тождественных частиц, взятых из разных событий, то параметр R получается в пределах ошибок тот же самый.

На *рис. 6* приведена зависимость отношения $N(\pi^+ \pi^+) / N(\pi^+ \pi^-)_{\text{фон}}$ от q_0 при $q_{\perp}^2 < 0,04$ /ГэВ/с². Из рисунка видно, что в области малых q_0 есть превышение плотности пар тождественных пионов над фоном. Кривая на рисунке - результат фитирования по формуле /6/ с параметром $\tau = 1,1 \cdot 10^{23}$ с / $A_5 = 1$, $A_6 = 0,5$ /. С увеличением q_{\perp}^2 эффект превышения плотности тождественных частиц уменьшается /*рис. 7*/.

Аппроксимация двумерных распределений формулой /4/ дает параметры R и τ в пределах ошибок те же, что и при фитировании одномерных распределений, при этом

$A_1 = 1$, $A_2 = 1$. Отметим, что значения параметров R и τ устойчивы относительно обоих фоновых распределений при фиксировании параметра $A_2 = 1$ /формула 4/.

Таким образом, фитирование одномерных и двумерных распределений с учетом обоих фоновых распределений дает следующие значения пространственно-временных характеристик процесса генерации пионов в пион-углеродных взаимодействиях:

$$R = /4,5 \pm 1,0/ \cdot 10^{-13} \text{ см},$$

$$\tau = /1,7 \pm 0,7/ \cdot 10^{-23} \text{ с}. \quad /7/$$

Эти значения больше, чем величины параметров, полученных для пионов, генерируемых в π^-p -взаимодействиях при 40 ГэВ/с:

$$R = /1,7 \pm 0,3/ \cdot 10^{-13} \text{ см};$$

$$\tau = /2,6 \pm 1,7/ \cdot 10^{-24} \text{ с}. \quad /8/$$

Дополнительно были рассмотрены взаимодействия на углероде, в которых число вторичных протонов ноль или единица*. На *рис. 8* и *9* представлены отношения распределений тождественных частиц к обоим фоновым распределениям в зависимости от q_{\perp}^2 для этих взаимодействий. В результате фитирования по формуле /5/ было получено $R = /3,4 \pm 1,0/ \cdot 10^{-13}$ см при $A_3 = 1$, $A_4 = 0,5$.

Далее мы разбили пары частиц на две группы. В первую группу вошли только те пары π -мезонов, у которых продольная быстрота в системе центра масс π^-N -взаимодействий больше нуля, $y^* > 0$. Для таких частиц получают следующие пространственно-временные характеристики /*рис. 10-12*/:

$$R = /1,7 \pm 0,4/ \cdot 10^{-13} \text{ см};$$

$$\tau = /2,2 \pm 0,6/ \cdot 10^{-24} \text{ с}.$$

что сравнимо с данными, полученными в π^-p -взаимодействиях.

Во второй группе остались пионы с $y^* < 0$. Для них анализ распределений по q_0 и q_{\perp}^2 , проводимый относительно лабораторной системы отсчета, дает $R = /5,0 \pm 1,5/ \cdot 10^{-13}$ см.

Таким образом, анализ интерференции тождественных пионов, генерируемых в пион-углеродных взаимодействиях, указывает на то, что размер области гене-

* Этот класс π^-N -взаимодействий, по-видимому, ближе к π^-N -взаимодействиям, чем события, в которых имеется несколько протонов.

рации и длительности процесса больше, чем в π^-p -взаимодействиях при той же энергии. Получено указание на то, что это увеличение происходит в основном для частиц, рожденных в области фрагментации ядра.

Мы признательны [Г.И.Копылову] и М.И.Подгорецкому за полезные обсуждения. Мы также благодарны участникам Сотрудничества за помощь в работе.

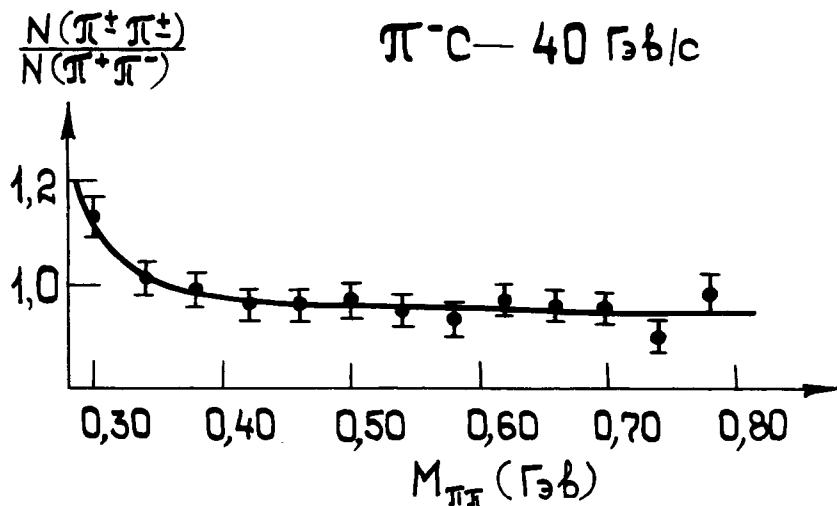


Рис. 1. Отношения нормированных на единицу распределений $\pi^+\pi^+$ -мезонов и $\pi^+\pi^-$ -мезонов в зависимости от эффективной массы. Кривая проведена от руки.

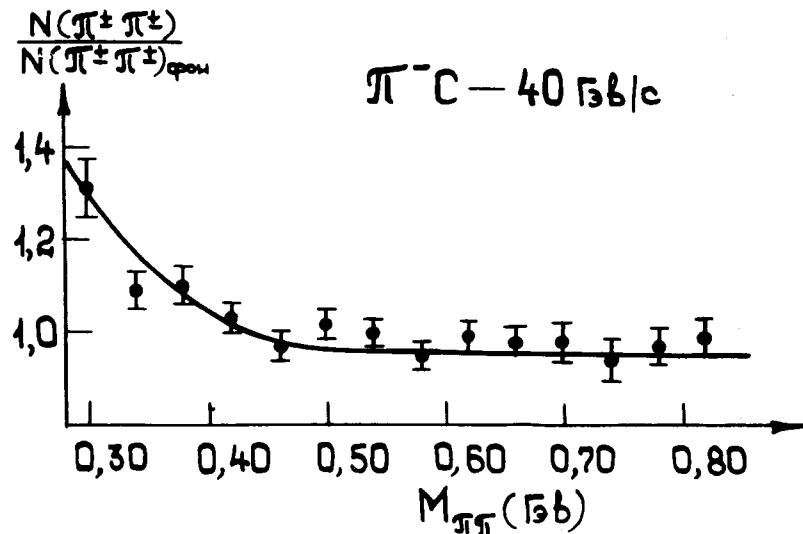


Рис. 2. Отношения распределения $\pi^+\pi^+$ -мезонов и частиц, взятых из разных событий, в зависимости от эффективной массы. Кривая проведена от руки.

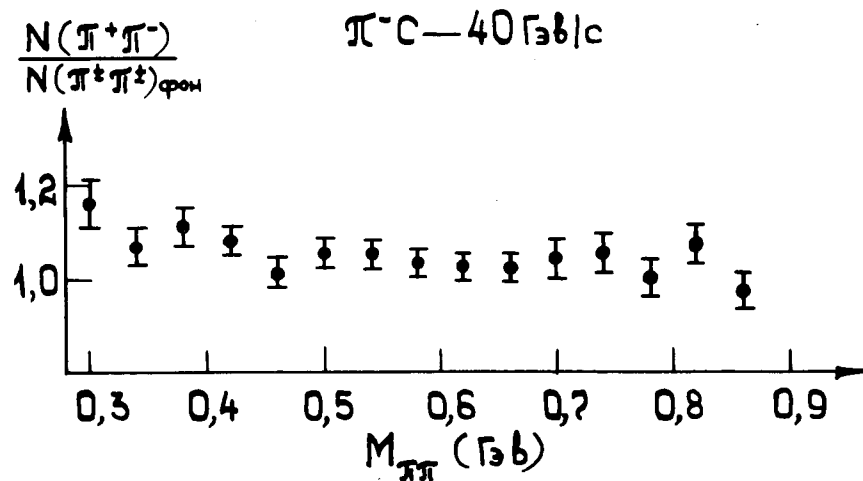


Рис. 3. Отношение распределений $N(\pi^+\pi^-)$ и $N(\pi^+\pi^+)_{\text{фон}}$ пар тождественных частиц, взятых из разных событий.

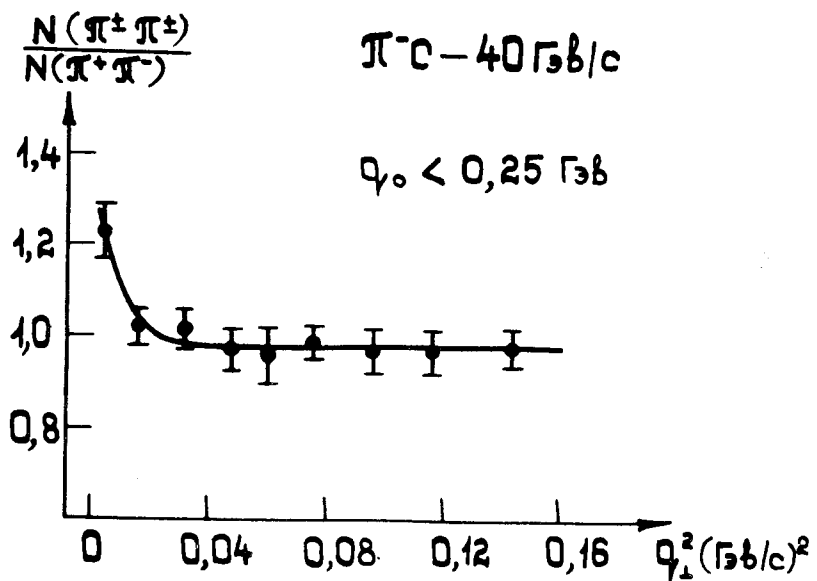


Рис. 4. Отношение $N(\pi^+\pi^+)/N(\pi^+\pi^-)$ в зависимости от q_{\perp}^2 при $q_0 < 0,25 \text{ ГэВ}$. Кривая - результат фитирования по формуле /5/ с $R = 4,5 \cdot 10^{-13} \text{ см}$.

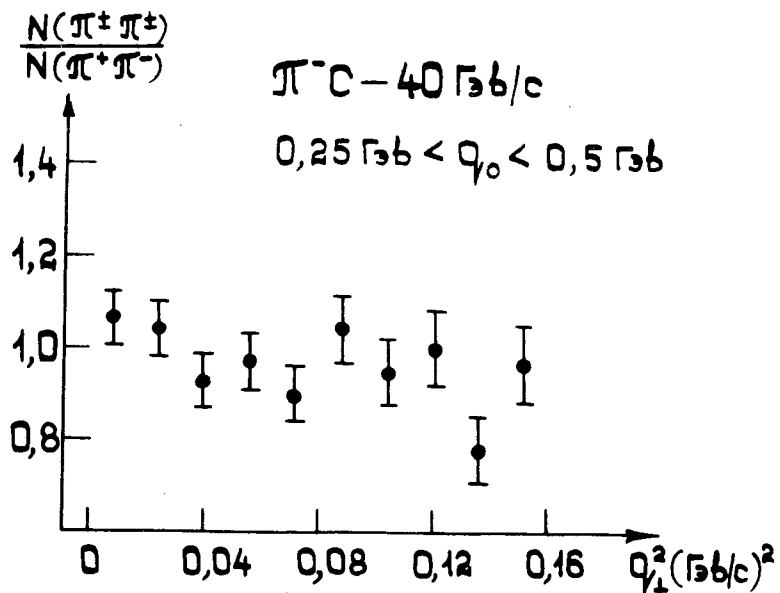


Рис. 5. Отношение $N(\pi^+\pi^+)/N(\pi^+\pi^-)$ в зависимости от q_{\perp}^2 при $0,25 \text{ ГэВ} < q_0 < 0,5 \text{ ГэВ}$.

Рис. 6. Отношение $N(\pi^+\pi^+)/N(\pi^+\pi^-)_{\text{фон}}$ в зависимости от q_0 при $q_{\perp}^2 < 0,04 \text{ /ГэВ}/c^2$: Кривая - результат фитирования по формуле /6/ с $r = 1,7 \cdot 10^{-23} \text{ с}$.

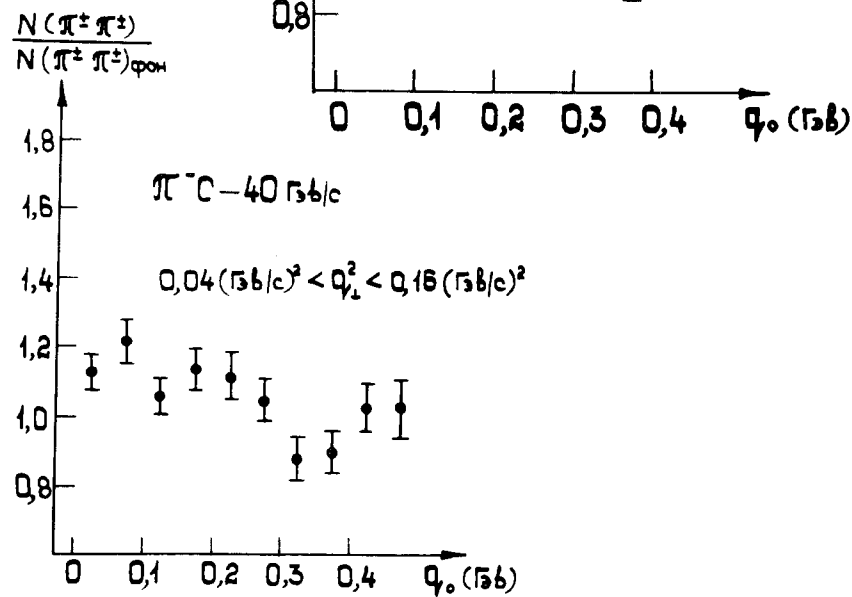
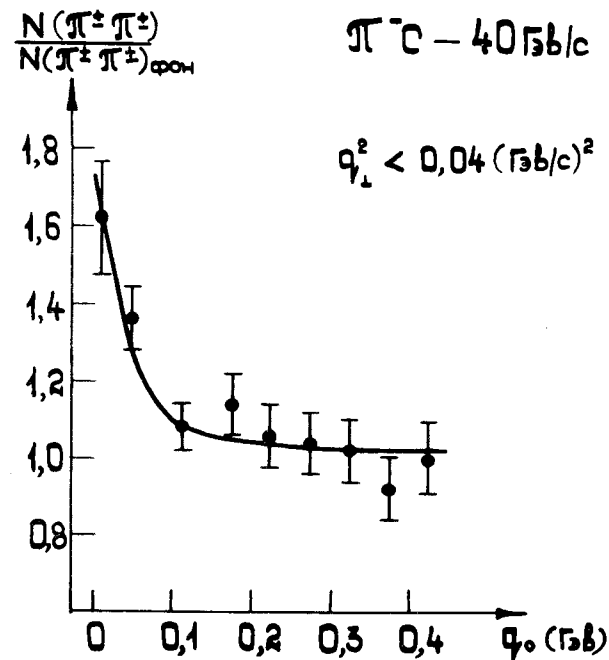


Рис. 7. Отношение $N(\pi^+\pi^+)/N(\pi^+\pi^-)_{\text{фон}}$ в зависимости от q_0 при $0,04 \text{ /ГэВ}/c^2 < q_{\perp}^2 < 0,16 \text{ /ГэВ}/c^2$.

Рис. 8. Отношение $N(\pi^+\pi^+)/N(\pi^+\pi^+)_{\text{фон}}$ в зависимости от q_1^2 при $q_0 < 0,25$ ГэВ для событий, в которых число вторичных протонов не превосходит единицы. Кривая - результат фитирования по формуле /5/ с $R = 3,4 \cdot 10^{-13}$ см.

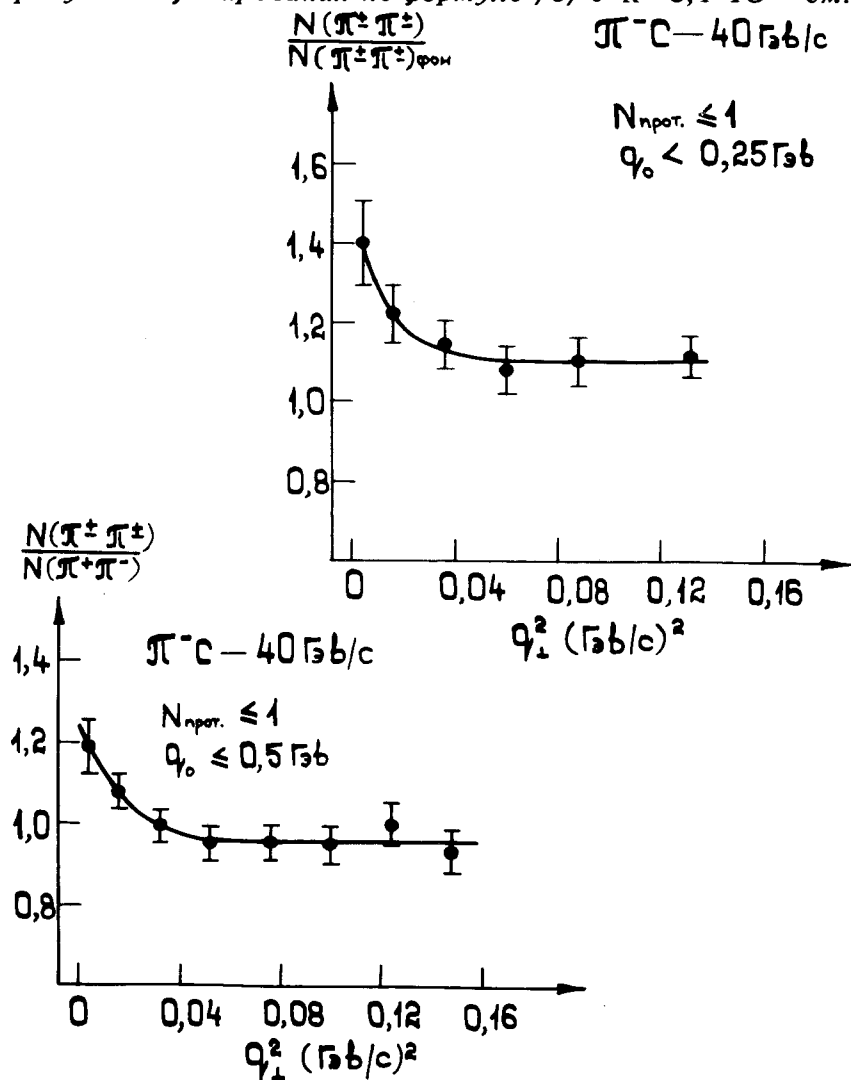


Рис. 9. Отношение $N(\pi^+\pi^+)/N(\pi^+\pi^-)$ в зависимости от q_1^2 при $q_0 < 0,5$ ГэВ для событий, в которых число идентифицированных протонов не превосходит единицы. Кривая - результат фитирования по формуле /5/ с $R = 3,5 \cdot 10^{-13}$ см.

Рис. 10. Отношение $N(\pi^+\pi^+)/N(\pi^+\pi^+)_{\text{фон}}$ в зависимости от q_1^2 при $q_0 < 0,4$ ГэВ и для пионов с продольной скоростью в системе центра масс $\pi^- N$ -взаимодействий больше нуля. Кривая - результат фитирования по формуле /5/ с $R = 1,7 \cdot 10^{-13}$ см.

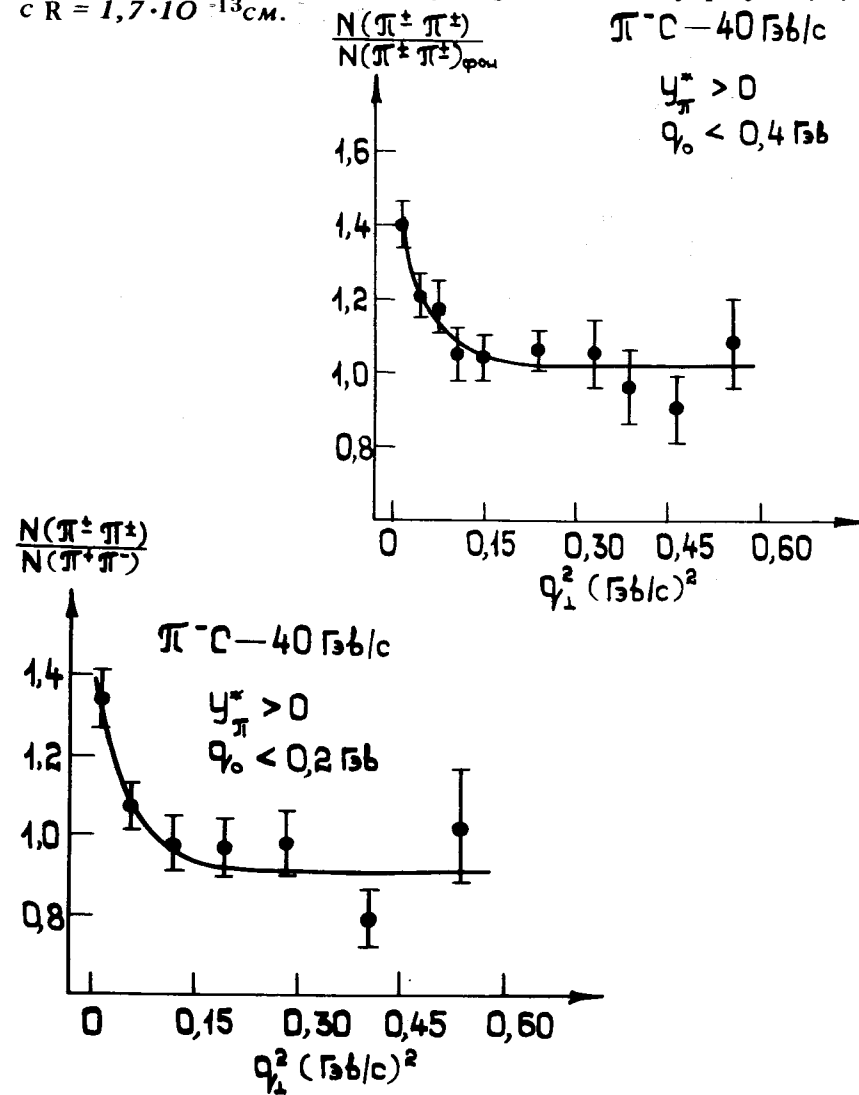


Рис. 11. Отношение $N(\pi^+\pi^+)/N(\pi^+\pi^-)$ в зависимости от q_1^2 при $q_0 < 0,2$ ГэВ для пионов с $y^* > 0$. Кривая - результат фитирования по формуле /5/ с $R = 1,7 \cdot 10^{-13}$ см.

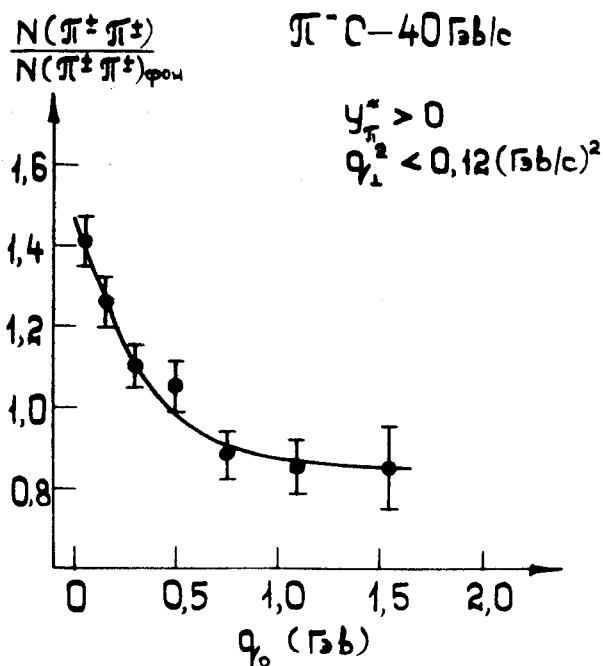


Рис. 12. Отношение $N(\pi^+ \pi^+) / N(\pi^+ \pi^+)_{\text{фон}}$ в зависимости от q_0 при $q_{\perp}^2 < 0,12 / \text{ГэВ/с}^2$ для пионов с $y^* > 0$. Кривая - результат фитирования по формуле $1/6 / s \tau = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{с}$.

Литература

1. Гришин В.Г., Копылов Г.И., Подгорецкий М.И. ЯФ, 1971, 13, 116; ЯФ, 1971, 14, 600.
2. Копылов Г.И., Подгорецкий М.И. ЯФ, 1973, 15, 392; 18, 656.
3. Brown R., Hanbury, Twiss R.Q., Phil. Mag., 1954, 45, 663.
4. Подгорецкий М.И. Труды XVIII Международной конференции по физике высоких энергий, Тбилиси, 1976. ОИЯИ, Д1, 2-10400, том. 1, стр. А2-27, Дубна, 1977; Баюков Ю.Д. и др. Препринт ИТЭФ-70, Москва, 1976.
5. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, 1-6967, Дубна, 1973.
6. Абдурахимов А.У. и др. ЯФ, 1973, 18, 545.
7. Назаргулов Р.М. ОИЯИ, Р1-10218, Дубна, 1976.
8. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, Р1-10502, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 июня 1977 года.