

С 346.46

ЯФ, 1967, т. 5, в. 2

16/сш

С. 341-347

Д-217  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Р - 2736



Н. Дашкевич, Б. Словинский, З.С. Стругальский

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
 $\pi^-$ -МЕЗОНОВ С ЯДРАМИ КСЕНОНА  
ПРИ 5 И 9 ГЭВ/С  
ПОСРЕДСТВОМ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК  
ОБРАЗОВАННЫХ В НЕМ  $\pi^0$ -МЕЗОНОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1966

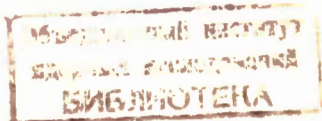
P - 2736

4364/1 нр.

Н. Дашкевич, Б. Словинский, З.С. Стругальский

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
 $\pi^-$ -МЕЗОНОВ С ЯДРАМИ КСЕНОНА  
ПРИ 5 И 9 ГЭВ/С  
ПОСРЕДСТВОМ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК  
ОБРАЗОВАННЫХ В НЕМ  $\pi^0$ -МЕЗОНОВ

Направлено в ЯФ



Процесс взаимодействия быстрых  $\pi^-$ -мезонов с ядрами ксенона исследуется при помощи характеристик  $\pi^0$ -мезонов, рожденных в этих взаимодействиях.

Удобным детектором для этого рода исследований является ксеноновая пузырьковая камера. Химическая однородность ядра-мишени<sup>x/</sup> устраняет неудобства, возникающие при изучении реакций частица-ядро с помощью применяемых до сих пор следовых детекторов, содержащих в качестве мишени смеси разных химических элементов. Гамма-кванты, энергия которых больше нескольких Мэв, регистрируются в ксеноновой камере с высокой эффективностью (средняя эффективность в камере ОИЯИ<sup>1/</sup> составляет около 85%). Энергию  $\gamma$ -квантов в диапазоне от 10 Мэв до 10 Гэв можно определять с точностью около 20%<sup>2/</sup>.

Угловые и энергетические характеристики  $\gamma$ -квантов, возникших от распада  $\pi^0$ -мезонов, которые рождаются во взаимодействиях частиц в области энергии несколько Гэв, приблизительно совпадают с аналогичными характеристиками этих  $\pi^0$ -мезонов<sup>3/</sup>. Основными источниками  $\gamma$ -квантов в этой области энергий являются  $\pi^0$ -мезоны<sup>4/</sup>. Распределения  $\pi^0$ -мезонов по множественности рождения — так называемые кратностные характеристики  $\pi^0$ -мезонов — получаются из соответствующих характеристик  $\gamma$ -квантов из основной моды распада.

Как уже сообщалось<sup>5,6/</sup>, в  $\pi^-Xe$  взаимодействиях при 8 Гэв/с с малым числом (меньше  $\theta$ ) вторичных заряженных частиц  $N_z$  преобладают одиночные (квазиэлементарные) взаимодействия  $\pi^-$ -нуклон в ядре-мишени. Другие взаимодействия  $\pi^-$ -мезонов с ядрами ксенона при этой энергии, приводящие к числу вторичных заряженных частиц больше  $\theta$ , в основном не исчерпываются квазиэлементарным актом взаимодействия налетающего  $\pi^-$ -мезона с одним из нуклонов ядра<sup>5/</sup>.

В настоящей работе исследуются энергетические и угловые спектры  $\gamma$ -квантов, образованных при взаимодействиях  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 5 и 9 Гэв/с с ядрами ксенона в обеих группах взаимодействий. Проводится сравнение полученных спектров со спектрами  $\gamma$ -квантов, возникших при взаимодействиях  $\pi^-$ -мезонов с нуклонами при 6,8 и 7,5 Гэв/с<sup>7,8/</sup>.

<sup>x/</sup> Примесь этилена в камере ОИЯИ<sup>1/</sup> составляет 0,5% по весу.

### Описание эксперимента

Стереодиаграммы ксеноновой камеры, облученной в пучке  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 5 и 9 Гэв/с, были просмотрены двукратно с целью отбора всех визуально обнаруживаемых  $\pi^-$ - $\text{Xe}$  взаимодействий, находящихся в небольшой центральной области камеры (7% всей области 24-литровой камеры) и сопровождающих их  $\gamma$ -квантов, зарегистрированных во всем объеме камеры<sup>x/</sup>.

В каждом взаимодействии было определено число следов заряженных частиц и число  $\gamma$ -квантов, относящихся к звезде. Минимальная длина проекции следа в плоскости снимка в масштабе камеры равна около 2 мм. Это соответствует минимальной энергии обнаруживаемых протонов - 15 Мэв и  $\pi^-$ -мезонов - 8 Мэв.

В результате просмотра 3000 кадров при 5 Гэв/с и 3000 кадров при 9 Гэв/с были отобраны 250 звезд с 491  $\gamma$ -квантами и 200 звезд с 676  $\gamma$ -квантами соответственно.

Эффективность обнаружения взаимодействий в двукратном просмотре составляла 98%, средняя эффективность регистрации  $\gamma$ -квантов с энергией больше 15 Мэв - 85%; эффективность нахождения  $\gamma$ -квантов-98%.

В выбранных случаях измерялись углы  $\theta_{\pi\gamma}$  между направлением полета  $\gamma$ -квантов и первичных пучковых  $\pi^-$ -мезонов и энергии  $\gamma$ -квантов. Средняя относительная ошибка двукратного измерения углов, выполненного на микроскопах УИМ-21 и "Цейсс", не превышала 5%. Ошибка в определении энергии  $\gamma$ -квантов составляла в среднем около 20%.

На основе полученного материала были построены энергетические и угловые распределения  $\gamma$ -квантов, образованных при взаимодействиях  $\pi^-$ - $\text{Xe}$  с импульсом 5 и 9 Гэв/с, а также были определены потоки энергии, уносимой  $\gamma$ -квантами под определенными углами по отношению к направлению полета первичной частицы.

### Экспериментальные данные

Энергетические спектры  $\gamma$ -квантов во всех  $\pi^-$ - $\text{Xe}$  взаимодействиях при импульсе  $P_{\pi^-}$  5 и 9 Гэв/с приведены на рис. 1. В обоих распределениях, которые совпадают по формам вплоть до энергии  $E_{\gamma}$  около 1,0 Гэв, наблюдается максимум в районе  $E_{\gamma} \approx \frac{m_{\pi^0} c^2}{2}$ , соответствующий распаду  $\pi^0$ -мезона на два  $\gamma$ -кванта. На рис. 2 показаны угловые распределения  $\gamma$ -квантов при 5 и 9 Гэв/с в лаборатор-

<sup>x/</sup> Регистрирующий  $\gamma$ -кванты объем камеры ограничен по высоте слоем толщиной 0,5 см, по длине и ширине - 2 см от стенок.

ной системе координат (л.с.к.), а на рис. 3 - угловые распределения потоков энергий  $\gamma$ -квантов<sup>x/</sup> (в л.с.к.).

Все отобранные при просмотре взаимодействия были разделены на три группы по числу вторичных заряженных частиц  $N_3$ : первая группа - с  $N_3 \leq 4$ , вторая - с  $N_3 \geq 10$ , третья - с  $4 < N_3 < 10$ . Первая группа - при 9 Гэв/с - содержит в основном случаи одиночных взаимодействий  $\pi^-$ -нуклон на периферии ядра ксенона<sup>/8/</sup>. Вторая группа включает в себя такие случаи, в которых процесс взаимодействия не исчерпывается квазиэлементарным взаимодействием налетающих частиц с одним из нуклонов ядра-мишени<sup>/5/</sup>. Третья группа состоит из случаев двух вышеуказанных типов.

В таблице дано распределение отобранных случаев  $\pi^-Xe$  взаимодействий при 5 и 9 Гэв/с по соответствующим группам. Доли событий в каждой из групп при 5 и 9 Гэв/с совпадают в пределах ошибок. В этой таблице даны значения средних энергий  $\gamma$ -квантов  $\bar{E}_\gamma$  в трех классах взаимодействий (соответствующие значения для  $\pi^0$ -мезонов получаются из соотношения  $\bar{E}_{\pi^0} \approx 1,8 \bar{E}_\gamma$ ). Там же приведены средние выходы  $\pi^0$ -мезонов на одно взаимодействие (данные при 9 Гэв/с взяты из предыдущей работы<sup>/9/</sup>). В группе взаимодействий с  $N_3 \leq 4$  наблюдается разница в  $\bar{E}_\gamma$  при 5 и 9 Гэв/с, в то время как средние значения энергий  $\bar{E}_\gamma$  не различаются во взаимодействиях с  $N_3 \geq 10$ .

Таблица

Величина	$\pi^-$	$N_3$		
		4	5 - 9	10
Число событий	5 Гэв/с	(27,2+3,2)%	(39,6+4,0)%	(33,6+3,4)%
	9 Гэв/с	(27,2+3,7)%	(44,6+4,6)%	(28,5+3,7)%
Средняя энергия $\bar{E}_\gamma$	5 Гэв/с	(403+40) Мэв	(271+20) Мэв	(205+15) Мэв
	9 Гэв/с	(585+50) Мэв	(408+30) Мэв	(213+20) Мэв
Среднее число $\pi^0$ -мезонов	5 Гэв/с	(1,2+0,2)	(1,2+0,2)	(1,2+0,2)
	9 Гэв/с	(1,5+0,2)	(1,6+0,2)	(1,5+0,2)

Как при 9 Гэв/с, так и при 5 Гэв/с среднее число  $\pi^0$ -мезонов  $\bar{n}_{\pi^0}$  в границах ошибок не зависит от  $N_3$ .

На рис. 4 сравниваются энергетические спектры  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-Xe$  взаимодействиях с  $N_3 \leq 4$  при 5 и 9 Гэв/с, с энергетическим спектром  $\gamma$ -квантов во взаимодействиях  $\pi^-N$  ( $\pi^-$ -нуклон) - при 6,8 Гэв/с<sup>/7/</sup>.

<sup>x/</sup> Потоки энергии  $\gamma$ -квантов, соответствующие определенным углам  $\theta_{\gamma}$ , просуммированы по азимутальным углам.

На рис. 5 проведено сопоставление энергетических спектров  $\gamma$ -квантов в звездах с  $N_3 \geq 10$  с энергетическим спектром  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-N$  взаимодействиях при 6,8 Гэв/с<sup>17/</sup>.

Если учесть то обстоятельство, что в звездах с числом вторичных заряженных частиц  $N_3 \leq 4$  неквазиэлементарные взаимодействия  $\pi^-He$  при 9 Гэв/с составляют лишь небольшой процент<sup>18/</sup> и предположить, что та же картина сохраняется при 5 Гэв/с, то естественно сопоставить угловые спектры и угловые распределения потоков энергии  $\gamma$ -квантов из этих звезд с  $N_3 \leq 4$  при 5 и 9 Гэв/с в системе центра масс (с.д.м.)

Результат сравнения показан на рисунках 6 и 7. Здесь же (рис. 6) приведено соответствующее распределение  $\gamma$ -квантов из  $\pi^-$ -нуклон взаимодействий при 7,5 Гэв/с<sup>18/</sup>. На рисунках 8а, 8б и 9а, 9б даны угловые распределения  $\gamma$ -квантов в случаях с  $N_3 \leq 4$  и  $N_3 \geq 10$  для  $\pi^-He$  взаимодействий по отдельности при 5 и 9 Гэв/с.

#### Обсуждение экспериментальных результатов

Энергетические распределения  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-He$  взаимодействиях с  $N_3 \leq 4$  при 5 и 9 Гэв/с совпадают по форме с энергетическим спектром  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-N$  взаимодействиях при 6,8 Гэв/с (рис. 4), в то время как энергетические распределения  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-He$  взаимодействиях с  $N_3 \geq 10$  при 5 и 9 Гэв/с отличаются от соответствующих распределений  $\gamma$ -квантов в звездах с  $N_3 \leq 4$  и, следовательно, от энергетических спектров  $\gamma$ -квантов из  $\pi^-N$  взаимодействий при 6,8 Гэв/с.

Угловые распределения  $\gamma$ -квантов во взаимодействиях  $\pi^-He$  с  $N_3 \leq 4$  в с.д.м.  $\pi^-N$  при 5 и 9 Гэв/с имеют один и тот же вид и не отличаются от соответствующего распределения  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-N$  взаимодействиях при 7,5 Гэв/с. Формы угловых распределений  $\gamma$ -квантов в л.с.к. в классах  $\pi^-He$  взаимодействий с  $N_3 \leq 4$  и  $N_3 \geq 10$  при 9 Гэв/с различны (рис. 8а). Аналогичная картина наблюдается при 5 Гэв/с (рис. 8б).

Сопоставление угловых распределений потоков энергии, уносимой  $\gamma$ -квантами во взаимодействиях  $\pi^-He$  с  $N_3 \leq 4$  при 5 и 9 Гэв/с в с.д.м.  $\pi^-N$  (рис. 7) выявляет разницу в этих распределениях лишь в области малых (меньше  $\sim 30^\circ$ ) углов. Поток энергии  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-He$  взаимодействиях при 9 Гэв/с более сколламирован по направлению пучка первичных  $\pi^-$ -мезонов, чем соответствующий поток при 5 Гэв/с. Имеются различия в формах угловых распределений потоков энергий, уносимой  $\gamma$ -квантами, в л.с.к. в классах взаимодействий с  $N_3 \leq 4$  и  $N_3 \geq 10$  как при 9 Гэв/с, так и при 5 Гэв/с (рис. 9а и 9б).

Наблюдаемая картина является дополнительным указанием на преобладающую роль

квазиэлементарных взаимодействий среди  $\pi^-$ -He взаимодействий  
с  $N_2 \leq 4$  при 8 Гэв/с, а также и при 5 Гэв/с.

Авторы благодарны Л. Вильтос, Н. Смирновой и А. Чекмеевой за помощь в проведении измерений.

#### Л и т е р а т у р а

1. T.Kanarek, E.Maltsev, T.Nagy, J.Nagy, A.Prokes, G.M.Stashkov, E.P.Ustenko, ЦВ. Chuvilo, U.N.Shkobin. Proc.Intern.Conf. on High Energz Accelerators and Instrumentation, CERN, 1959.
2. O.Czyzewski, J.Danysz, Z.S.Strugalski. Acta Phys.Polonica, 24, 509 (1963).
3. Г.Л. Баятян, И.М. Граменицкий, А.А. Номофялов, М.И. Подгорецкий, Э.С. Скжипчак. ЖЭТФ, 38, 690 (1960).
4. O.Czyzewski, J.Danysz, J.Loskiewicz, J.Zaorska, B.Slowinski, Z.S.Strugalski., Nucleonica, 9, 155 (1964).
5. Z.S.Strugalski, T.Siemiarczuk. Phys.Lett., 13, 347 (1964).
6. З.С. Стругальский. Препринт ОИЯИ, Р-2087, Дубна, 1965.
7. В.Б. Любимов, Му-Цзунь, М.И. Подгорецкий, С.И. Портнова, В.И. Стрельцов. ЖЭТФ, 44, 760 (1963).
8. В.Б. Любимов, Му-Цзунь, В.Н. Стрельцов. Препринт ОИЯИ, Р-1624, Дубна, 1964.
9. Z.S.Strugalski, T.Siemiarczuk. Phys.Lett., 11, 170 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 мая 1966 г.



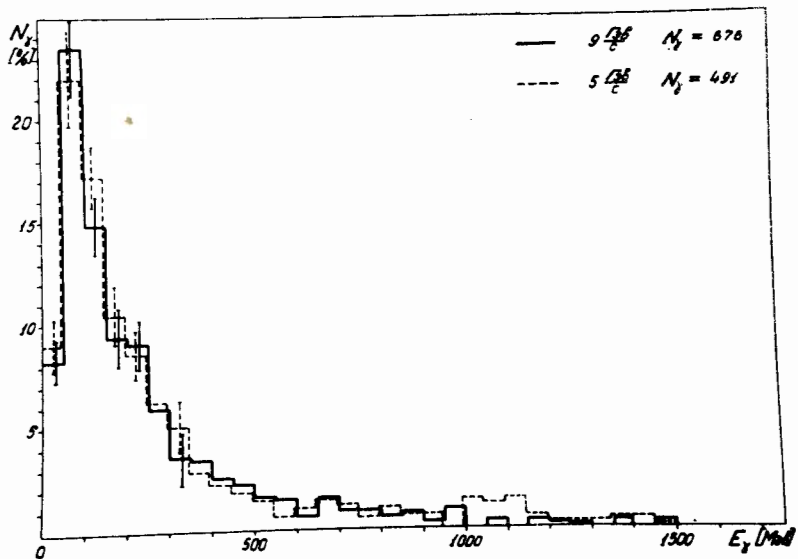


Рис. 1. Энергетические распределения  $\gamma$ -квантов во взаимодействиях  $\pi^- - Xe$  при 5 и 9 Гэв/с.



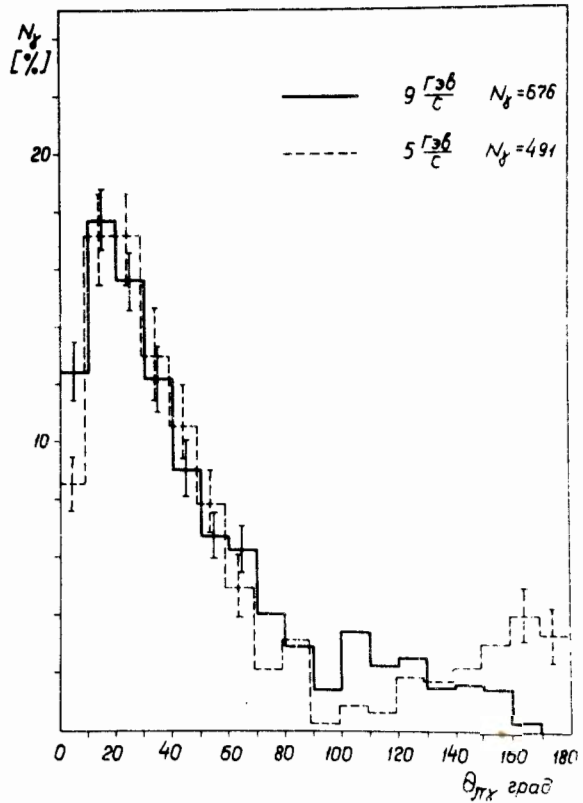


Рис. 2. Угловые распределения  $\pi$ -квантов во взаимодействиях  $\pi^-$ -He при 5 и 9 Гэв/с.

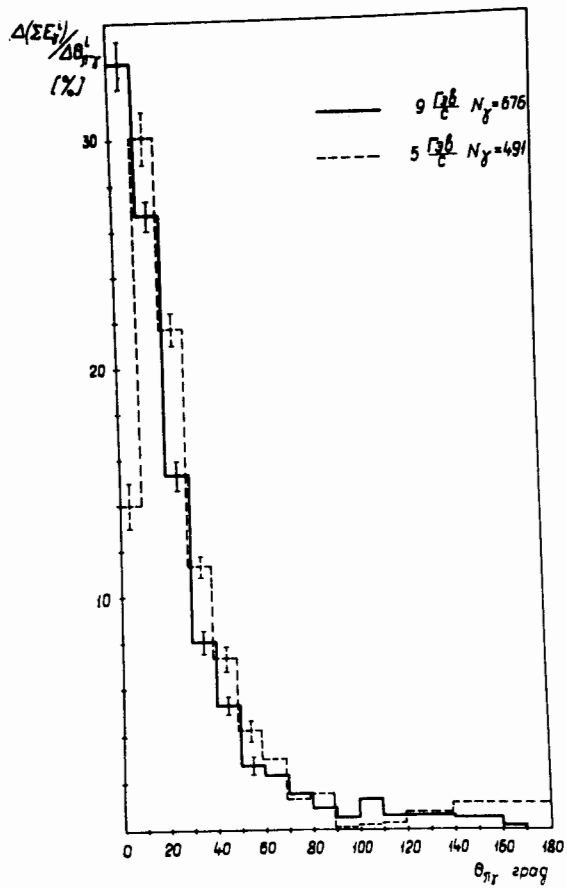


Рис. 3. Угловые распределения потоков энергии, уносимой  $\gamma$ -квантами во взаимодействиях  $J\Gamma^{-}\chi e$  при 5 и 9 Гэв/с.

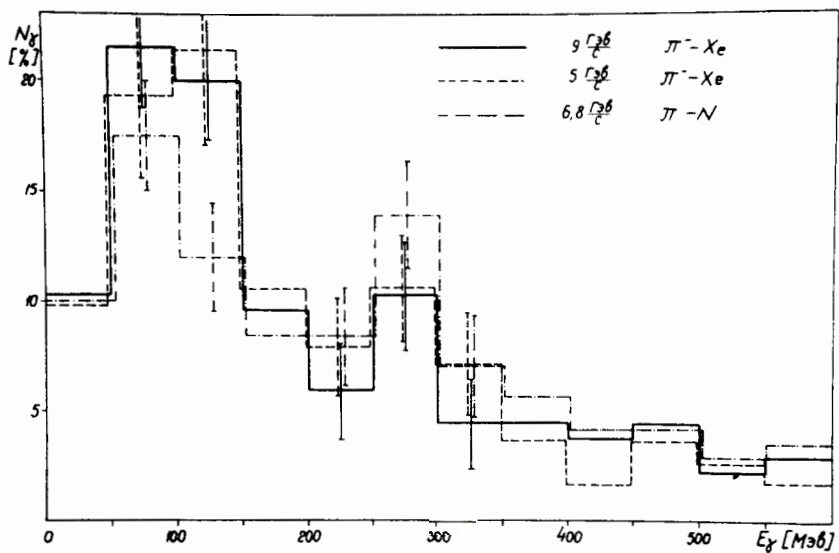


Рис. 4. Энергетические распределения  $\gamma$ -квантов в  $\pi^- - \text{Xe}$  взаимодействиях с  $N_3 \leq 4$  при 5 и 9 Гэв/с и в  $\pi^-$ -нуклон взаимодействиях при 6,8 Гэв/с/7/.

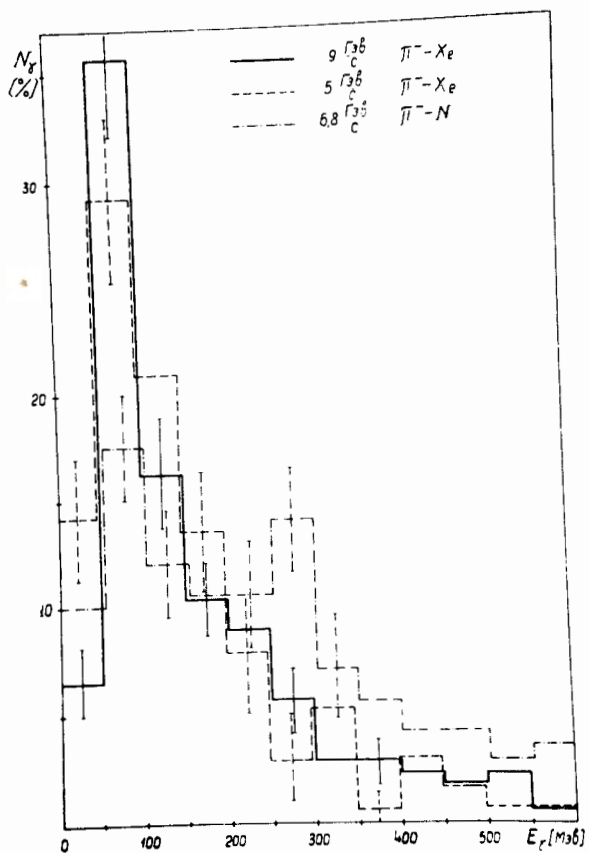


Рис. 5. Энергетические распределения  $\gamma$ -квантов в звездах с  $N_\gamma \geq 10$  при 5 и 9 ГэВ/с и в  $\pi^-$ -нуклон взаимодействиях при 6,8 ГэВ/с.

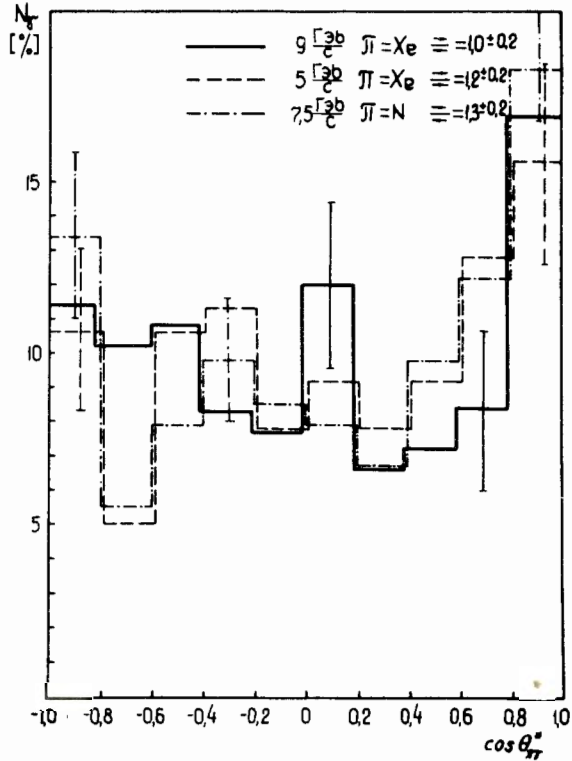


Рис. 6. Угловое распределение  $\gamma$ -квантов во взаимодействиях  $\pi^- - \text{Xe}$  с  $N_3 \leq 4$  при 5 и 8 Гэв/с в системе центра масс  $\pi^- - \text{N}$ ; распределение  $\gamma$ -квантов в  $\pi^- - \text{N}$  взаимодействиях при 7,5 Гэв/с [8].

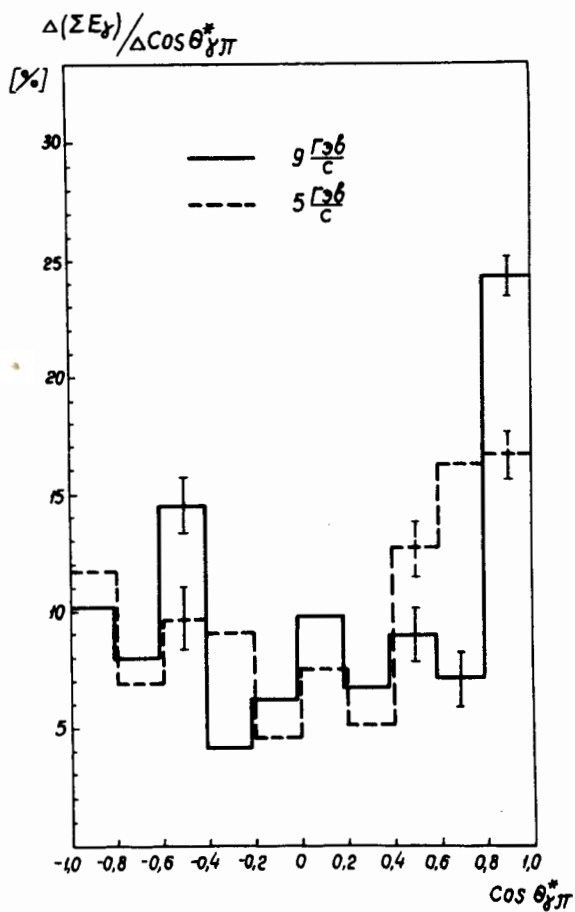


Рис. 7. Угловое распределение потоков энергии  $\gamma$ -квантов во взаимодействиях  $\pi^- - \text{Xe}$  с  $N_3 \leq 4$  при 5 и 9 Гэв/с в системе центра масс  $\pi^- - N$ .

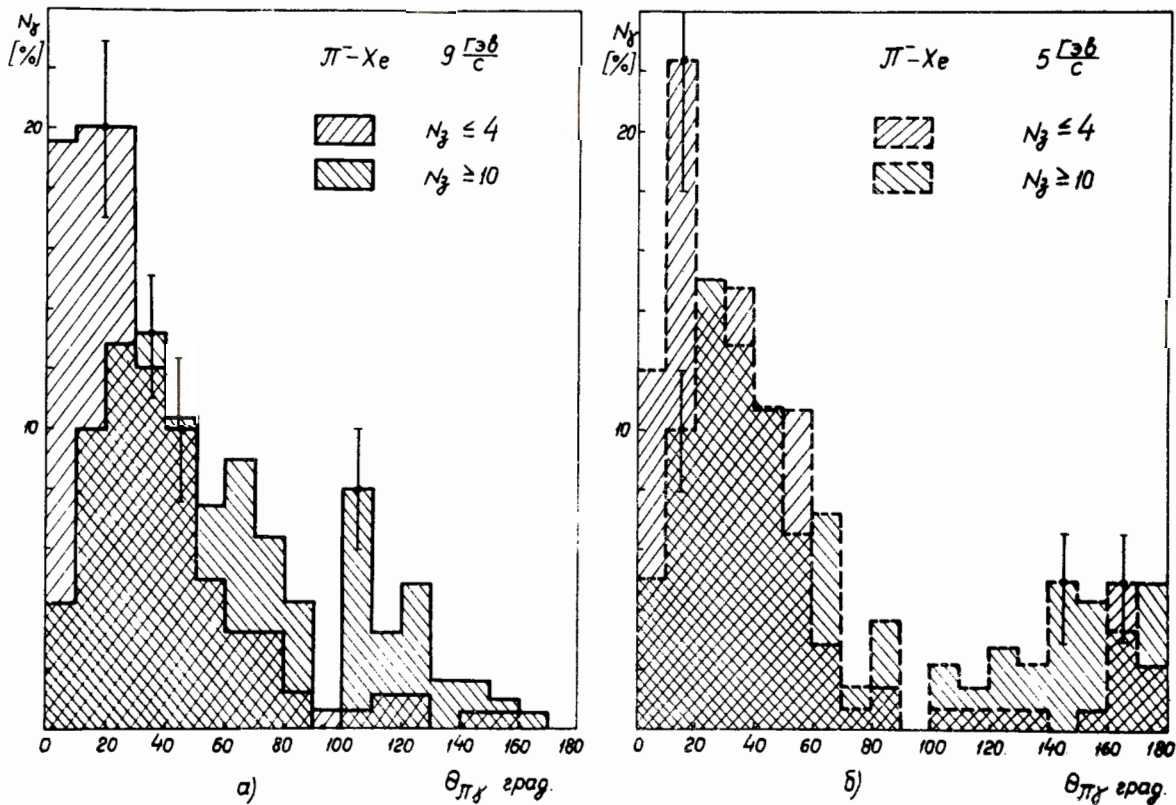


Рис. 8. Угловые распределения  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-$ -He взаимодействиях с  $N_3 \leq 4$  и  $N_3 \geq 10$ ;  
 а) при  $9 \frac{\text{ГэВ}}{c}$ , б) при  $5 \frac{\text{ГэВ}}{c}$ .



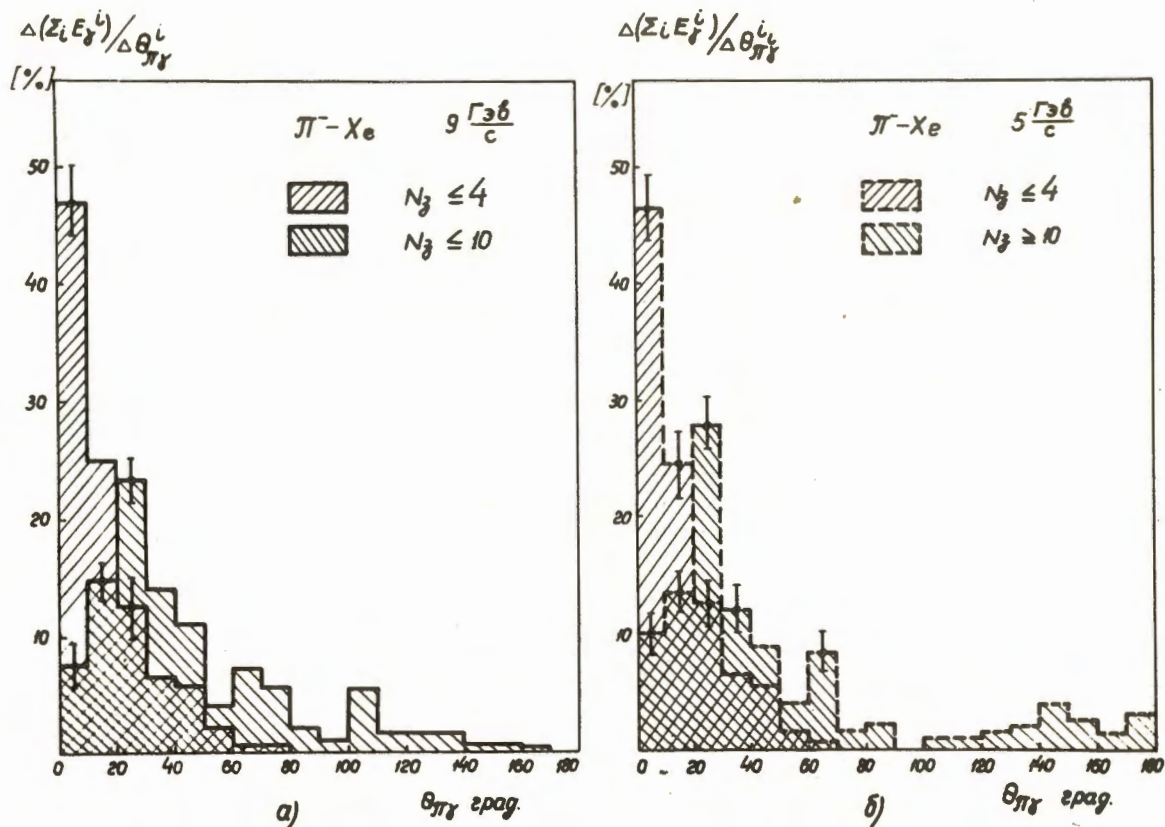


Рис. 8. Угловые распределения потоков энергии  $\gamma$ -квантов в  $\text{Pt-Xe}$  взаимодействиях с  $N_3 \leq 4$  и  $N_3 \geq 10$ ; а) при  $9 \text{ ГэВ/с}$ , б) при  $5 \text{ ГэВ/с}$ .