

П-272

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-90-470

ПЕРЕСЕДОВ
Валерий Федорович

УДК 532.172.12

ИССЛЕДОВАНИЕ
КУМУЛЯТИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПИОНОВ
В ПРОТОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ ОТ 15 ДО 65 ГэВ

Специальность: 01.04.16 - физика ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1990

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Золн
Леонид Сергеевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

Ажирей
Леонид Степанович

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Киселёв
Юрий Тимофеевич

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт ядерных исследований АН СССР, г.Троицк.

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 1990 года в
" _____ " часов на заседании специализированного совета Д-047.01.02
при Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных
исследований по адресу:

г.Дубна, Московской области, Лаборатория высоких энергий ОИЯИ,
конференц-зал ЛВЭ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.
Автореферат разослан " _____ " _____ 1990 г.

Учёный секретарь
специализированного совета

М.Ф.Лихачев

М.Ф.Лихачев

Общая характеристика работы.

Актуальность проблемы. Экспериментальное изучение кварковой структуры ядер является актуальным в связи с нерешённой проблемой конфайнмента в квантовой хромодинамике. В соответствии с гипотезой А.М.Балдина /10/ информацию о многокварковых системах можно получать в адрон-ядерных процессах рождения частиц за пределами кинематики нуклон-нуклонных взаимодействий. Такие процессы получили название кумулятивных. Наибольший интерес представляет изучение процессов образования кумулятивных частиц π , K , \bar{p} и т.д., содержащих морские кварки (\bar{u} , \bar{d} , s , \bar{s}), поскольку их рождение связано наиболее однозначно с проявлением кварк-глюонных степеней свободы в ядрах.

До начала нашего эксперимента основные закономерности процессов образования кумулятивных пионов были изучены в области первичных энергий $E_0 \leq 10$ ГэВ и при $E_0=400$ ГэВ. При энергиях $10 < E_0 < 400$ ГэВ экспериментальные данные отсутствовали. А-зависимость кумулятивного пионообразования не была изучена достаточно подробно в широком интервале переменной X .

Поэтому целью работы являлось:

1. Изучение энергетической зависимости инвариантных дифференциальных сечений образования кумулятивных π^\pm - мезонов в инклюзивной реакции $p+A \rightarrow \pi^\pm (159^\circ) + \dots$ в интервале первичной энергии 15-65 ГэВ.
2. Изучение А- зависимости сечений образования кумулятивных пионов в широком интервале кинематических характеристик вторичных пионов - $X=0.6-2$ при энергиях $E_0=15-65$ ГэВ на наборе ядерных мишеней из Be, C, Al, Ti, Mo и W.

Научная новизна работы. Впервые среди установок для изучения кумулятивных процессов создан магнитный спектрометр с трековыми детекторами, работающий от внутренней мишени ускорителя У-70 ИФВЭ.

Высокая светимость мишени, хорошее импульсное разрешение спектрометра - 1-2 %, надёжное трековосстановление, возможность осуществлять экспозиции в течение полного времени работы ускорителя позволили измерить Е₀- и А- зависимости сечений рождения кумулятивных пионов в неизученном ранее интервале первичной энергии $E_0=15-65$ ГэВ с высокой точностью. Важно, что энергетическая и А- зависимости при разных первичных энергиях впервые получены в одном эксперименте.

Научная значимость и практическая ценность работы. Экспериментальные результаты по рождению кумулятивных пионов в неизученном ра-

ранее интервале энергий $E_0=15-65$ ГэВ, представленные в диссертации, существенно дополняют имевшиеся данные при более низких энергиях ($E_0 < 10$ ГэВ) и полезны для разработки теоретических моделей кумулятивного пинообразования. Опыт постановки эксперимента на внутренней мишени ускорителя У-70 ИФВЭ может быть использован при планировании подобного рода исследований на ускорителях следующего поколения (УНК ИФВЭ, SSC).

Апробация работы и публикации. Представленные в диссертации экспериментальные результаты докладывались на семинарах Лаборатории высоких энергий, Лаборатории теоретической физики, на IX, X Международном семинаре по проблемам физики высоких энергий (Дубна 1988, 1990). Содержание диссертации составляют экспериментальные результаты, опубликованные в работах /1-9/.

Автор защищает:

1. Экспериментальные данные по сечениям образования кумулятивных π^\pm -мезонов в инклюзивной реакции $p + A \rightarrow \pi^\pm(159^\circ) + \dots$ на ядрах Be, C, Al, Ti, Mo, W в интервале первичной энергии $E_0=15-65$ ГэВ.
2. Методику измерений сечений образования кумулятивных π^\pm -мезонов на внутренней мишени ускорителя У-70 ИФВЭ.
3. Методику обработки экспериментальных данных на основе комплекса математических программ моделирования и анализа событий.
4. Экспериментальные результаты по энергетической и А-зависимостям образования кумулятивных пионов.

Содержание диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, перечня основных результатов, заключения, рисунков, таблиц и списка литературы.

Глава первая является обзорной. В ней обсуждаются гипотеза кумулятивного ядерного эффекта /10/, основные закономерности процессов кумулятивного пинообразования в адрон-ядерных взаимодействиях, установленные в результате их экспериментального изучения.

В обзоре рассмотрены различные подходы к интерпретации кумулятивных процессов, обсуждаются разные модельные предположения о природе многокварковых конфигураций в ядрах. В этой же главе дан краткий обзор моделей кумулятивного пинообразования, рассматриваются наиболее важные предсказания и результаты сравнения с экспериментальными данными.

Во второй главе описан спектрометр кумулятивных адронов (установка СКА), предназначенный для изучения рождения кумулятивных пионов, каонов, протонов и более тяжелых барионных фрагментов в протон-ядер-

ных взаимодействиях в интервале энергии первичных протонов 15-65 ГэВ.

Спектрометр был смонтирован в кольцевом зале ускорителя У-70 ИФВЭ под углом 159° к направлению пучка, работал в режиме непрерывного сброса ускоряемого пучка протонов на внутреннюю мишень /1/. Пространственный угол захвата установки составлял 10^{-3} ср.

Спектрометр включал в себя следующие элементы (рис.1):

1. внутреннюю мишень (нити диаметром 20-100 мкм);
2. триггерные сцинтилляционные счётчики SI-S4;
3. пороговые черенковские счётчики CI-C2;
4. координатные детекторы - дрейфовые камеры ДК1-ДК5;
5. мониторные счётчики MI-M6;
6. дипольный анализирующий магнит.

В режиме многократных проходов $\sim 5 \cdot 10^5$ раз пучка протонов через тонкую мишень обеспечивалось требуемое число взаимодействий $10^8 - 10^9$ с $^{-1}$. Использование тонких мишеней позволяет существенно улучшить отношение числа полезных триггеров к фоновым, поскольку возмущение и потери пучка на стенках вакуумной камеры оказываются малыми - 1-2%. При работе от внутренней мишени на подъёме магнитного поля ускорителя набор статистики осуществлялся при энергиях 15-65 ГэВ в каждом цикле ускорения, что позволило прецизионно измерить энергетическую зависимость инвариантных сечений. Для получения равномерной растяжки сброса использовался активный режим наведения пучка протонов на мишень. Управление радиальным положением пучка осуществлялось через схему обратной связи.

Импульсный анализ регистрируемых частиц осуществлялся с помощью дрейфовых камер по углу отклонения частиц в анализирующем магните:

$$P(\Gamma \text{эВ}/c) = 0.030 \cdot Z \cdot B(\text{кГс}) \cdot l_{\text{эфф}} / \sin \theta,$$

где Z - заряд регистрируемой частицы в единицах заряда электрона, $l_{\text{эфф}}$ - эффективная длина магнитной дорожки, θ - угол отклонения частицы в анализирующем магните. Магнитное поле измерялось по всему объёму рабочей апертуры анализирующего магнита с шагом 20 мм с точностью $\leq 0.5\%$. Эффективная длина магнитной дорожки составляла 1640 мм. Расчетные отклонения частиц в магните проверялись в измерениях с токонесущей нитью. Импульсное разрешение для пионов при фиксированном значении магнитного поля практически не зависело от их импульса в рабочем диапазоне 250-1000 МэВ/с, определялось в основном кулоновским рассеянием и составляло 1-2%.

С помощью триггерных счётчиков SI-S4 задавалась рабочая апертура спектрометра и формировался триггер для его запуска. Сигналы триггерных счётчиков использовались также для амплитудного анализа и анализа по времени пролёта. Использование временных фазу XR-2020-Q,

сцинтилляторов с временем высвечивания быстрой компоненты световой вспышки меньшим 0.8 нс, стабилизация режима работы триггерных счётчиков в условиях высоких загрузок и банчирующей структуры сброса позволили реализовать отбор по времени пролёта с точностью ≤ 0.5 нс.

Треки регистрируемых частиц выделялись с помощью дрейфовых камер апертурой $126 \times 126 \text{ мм}^2$ (ДК1(4X), ДК2(4Y), ДК3(4Y)) и $252 \times 252 \text{ мм}^2$ (ДК4(2Y, 2X), ДК5(2X, 2Y)). Конструкция и технология изготовления дрейфовых камер близка к описанной в работе /II/. Скорость дрейфа заряда при градиенте электрического потенциала 1.5 кВ/см в дрейфовом промежутке составляла 52 мм/мкс, коэффициент газового усиления при величине анодного напряжения +1.6 кВ был равен примерно 10^5 , пространственное разрешение в условиях высоких фоновых загрузок и банчирующей структуры сброса составляло ≈ 150 мкм.

Для реализации пионного триггера использовались пороговые черенковские счётчики С1, С2 с водяным радиатором $200 \times 400 \times 60 \text{ мм}^3$ (X, Y, Z). Высокая эффективность регистрации черенковского излучения (близкая к 100 %) обеспечивалась за счёт использования спектросмещающей добавки - двуназиевой амино-С-соли /3/. Использование сигналов от черенковских счётчиков для подавления запусков установки от тяжёлых частиц позволило увеличить скорость набора статистики для пионов примерно на два порядка.

Место расположения спектрометра в кольцевом зале ускорителя является зоной интенсивных электромагнитных помех и рассеянных магнитных полей. Специально принятые меры позволили практически полностью исключить влияние электромагнитных наводок и магнитного поля ускорителя на работу детекторов.

В третьей главе описана электроника эксперимента, обсуждаются сбор и обработка экспериментальной информации, тестирование программ обработки данных. С помощью электроники на спектрометре СКА осуществлялась регистрация сигналов от детекторов, реализовался требуемый алгоритм приёма данных, осуществлялось кодирование и передача информации на ЭМ для записи на магнитные ленты /2/. Упрощенная блок-схема электроники установки СКА показана на рис.2. По функциональному назначению в ней можно выделить следующие группы электронных блоков:

1. блок триггерной электроники;
2. электронику для кодирования сигналов детекторов;
3. схему контроля и управления установкой;
4. электронику для сбора и передачи данных на ЭМ.

Схема формирования триггера для запуска спектрометра была собрана на быстродействующих блоках логической электроники наносекундного диапазона, выполненных в стандарте КАМАК /12/. Набор статистики для

пионов осуществлялся с включением в триггер черенковских счётчиков С1, С2 для снижения числа запусков установки от протонов и более тяжёлых барионных фрагментов (пионный триггер $= S1 \cdot S2 \cdot S3 \cdot S4 \cdot (C1 \wedge C2)$). В каждом принимаемом событии кодировалась и считывалась следующая информация:

1. времена пролёта регистрируемой частицей расстояний от S1-, S2-, S3- счётчиков до S4-счётчика, интервалы времени между появлением триггера и сигналов от дрейфовых камер;
2. амплитуды сигналов S1-S4-счётчиков, С1-С2-счётчиков;
3. отчёты мониторов, число отсчетов В-серии, пропорциональное импульсу первичного протонного пучка, код индукционного датчика, а также некоторая дополнительная информация.

Кодирование временной и амплитудной информации осуществлялось времяцифровыми и зарядово-цифровыми преобразователями /12/.

Схема контроля использовалась для калибровки каналов регистрации, которая осуществлялась перед началом каждого рабочего набора данных, и для контроля работы детекторов и регистрирующей электроники.

Для приёма данных использовался вариант системы MES /13/, программные средства которого обеспечивали:

1. инициализацию приёма данных по прерываниям;
2. приём данных в программном режиме со скоростью 80 кбайт/с;
3. частичную обработку информации в интервалах времени между событиями. (накопление и обработку гистограмм).

Целью обработки данных являлось получение инвариантных дифференциальных сечений образования кумулятивных пионов. Обработка велась поэтапно. Сначала осуществлялась геометрическая реконструкция событий. В каждом событии восстанавливался трек зарегистрированной частицы, определялся угол её отклонения в анализирующем магните и импульс.

В процессе обработки осуществлялась браковка событий по различным критериям. Основным критерий браковки сводится к требованию совпадения скорости частицы, определённой по времени пролёта на двух разных базах:

$$L1/t1 = L2/t2$$

Кроме того, браковались многотрековые события и события, для которых координаты треков оказывались за пределами рабочей апертуры спектрометра и мишени.

Идентификация частиц в мягкой части спектров осуществлялась на основе двухпараметрического анализа по времени пролёта и импульсу частицы /2/. В жесткой части спектров для надёжной идентификации использовались распределения амплитуд сигналов от черенковских счётчиков.

Инвариантные сечения рассчитывались в соответствии с следующим алгоритмом: события сортировались по семи интервалам энергии первичного пучка. В массиве $N(E_0, P_j, M_k)$ накапливались числа событий, удовлетворявших всем критериям отбора, отсчеты мониторов в E_0 -интервалах также суммировались. Отнормированные на нуклон ядра-мишени инвариантные дифференциальные сечения вычислялись для всех E_0 -интервалов и средней энергии $\bar{E}_0=44$ ГэВ согласно формуле:

$$\frac{E}{A} \frac{d\sigma(E_0)}{d^3p} = \frac{E}{A \rho^2 d\Omega} \cdot \frac{N - N_1 - N_{\phi}}{M - M_1 - M_{\phi}} \cdot \frac{M_c(E_0) \cdot K_c \cdot \epsilon}{A_c}$$

где E_0 и p - соответственно энергия первичного протона и импульс пиона, A и $d\Omega$ - массовое число ядра мишени и телесный угол захвата спектрометра, N - число зарегистрированных пионов с энергией E_0 и импульсом p , M - показания монитора, соответствующие числу отсчетов N ; M_1 , M_{ϕ} - числа событий и отсчетов монитора, бракуемых программой обработки по всем критериям браковки. N_{ϕ} , M_{ϕ} - числа фоновых событий и отсчетов монитора, соответствующие N и M . $M_c(E_0)$ - константа монитора, равная числу отсчетов монитора для одного первичного протона с энергией E_0 . K_c - поправка, связанная с усреднением сечений по конечному интервалу импульсов $dp=50$ МэВ/с, ϵ - коэффициент, учитывающий эффективность триггера, A_c - геометрическая эффективность спектрометра (аксептанс). Все перечисленные величины, кроме A_c -аксептанса установки и $M_c(E_0)$ -константы монитора, вычисляются в процессе обработки данных, которые были получены в измерениях по калибровке мониторов.

Суммарная статистическая ошибка для сечений вычислялась по формуле

$$\delta_{ст.} = (\delta_M^2 + \delta_N^2 + \delta_{Ac}^2)^{0.5}$$

где δ_M - статистическая ошибка мониторинга, а δ_N и δ_{Ac} - ошибки, определяемые статистикой регистрируемых событий и событий, разыгранных при моделировании аксептанса - A_c . Верхний уровень ошибки абсолютной нормировки данных, включающей погрешности, связанные с калибровкой мониторов и магнитным анализом, мы оцениваем в 15%.

Аксептанс спектрометра рассчитывался путем моделирования прохождения пионов через установку с учетом кулоновского рассеяния, ионизационных потерь и мод распада пионов /4/.

Проверка корректности алгоритма программ обработки данных и исследование вкладов фоновых процессов были выполнены путем моделирования эксперимента с помощью программы SKAGEN/5/.

В главе четвертой обсуждаются экспериментальные данные. Инвариантные сечения рождения $\sigma_{\pi^{\pm}}$ - мезонов под углом 159° получены на ядрах Be, C, Al, Ti, Mo, W для интервала импульсов пионов 250-1000 МэВ/с с шагом по импульсу 50 МэВ/с. Таблицы сечений опубликованы в работах

/5, 7/ для семи энергетических интервалов и средней энергии пучка $\bar{E}_0=44$ ГэВ.

Анализ поведения сечений показывает, что их зависимость от первичной энергии выражена слабо в изучавшемся интервале $E_0=15-65$ ГэВ. Инвариантные сечения рождения пионов увеличиваются на 20-30 % при почти четырехкратном увеличении первичной энергии. (рис.3). Наблюдаемый рост сечений свидетельствует о том, что энергетический скейлинг в указанном интервале энергий выполняется лишь приблизительно. Форма импульсных спектров практически не меняется с ростом E_0 . Зависимость сечений для фиксированных импульсов пионов от первичной энергии выражена сильнее для жестких импульсов кумулятивных пионов, что подтверждается результатами фитирования энергетической зависимости /6/.

Имеет место существенное различие наклонов мягкой и жесткой части спектров пионов для всех изучавшихся ядер, причем в жесткой части спектров наклоны на 30-70 % больше, чем в мягкой.

Величины сечений для $E_0=15-65$ ГэВ в изучавшемся интервале импульсов в представлениях по кинематическим переменным X , $S_{min}^{0.5}$, ω близки к измеренным при энергиях $E_0 \leq 10$ ГэВ /14/. Однако, в этих же представлениях измеренные в нашем эксперименте сечения оказываются меньшими сечений $\sigma_{\pi^{\pm}}$ мезонов, измеренных при $E_0=400$ ГэВ /15/ (рис.4). Это различие не позволяет сделать однозначного заключения о реализации асимптотического режима поведения сечений в экспериментально изученной области первичных энергий /9/.

Изучение A -зависимости рождения кумулятивных пионов являлось основной задачей нашего эксперимента. Актуальность изучения A -зависимости обусловлена возможностью получать на её основе информацию, которая важна для расшифровки механизма образования кумулятивных пионов. Сведения о вероятности возникновения многокварковых систем в зависимости от массового числа, изотопического состава ядер, плотности распределения нуклонов и других характеристик ядер также представляют большой интерес.

При обсуждении A -зависимости отмечается важность учёта вторичных взаимодействий кумулятивных пионов в ядрах при её интерпретации. Актуальным является получение надежных количественных оценок того, насколько существенны искажения кварковых распределений за счёт процессов перерасеяния кварков и пионов в ядрах.

A -зависимость сечений образования кумулятивных пионов получена в широком диапазоне переменной $X=0.6-2$ для 7 интервалов первичной энергии и средней энергии $\bar{E}_0=44$ ГэВ. Заметной зависимости A -поведения от энергии в интервале $E_0=15-65$ ГэВ не обнаружено.

Наблюдаемое A -поведение проявляет явно выраженную зависимость

от X (рис.5). В кумулятивной области с ростом X от 1.1 до 2 отношения нормированных на нуклон ядра сечений $R = \sigma(A)/\sigma(W)$ уменьшаются для ядер Be, C в 5, 2.5 раза и для более тяжелых ядер от Al до Mo уменьшаются на 30-15 %.

Для ядер, начиная с Al, A -зависимость параметризуется степенной функцией $A^m(X)$ с показателем $m(X) > 1$ при $X > 1$, что указывает на её усиленный характер по сравнению с объёмной /6/. Величина $m(X)$ оказывается растущей с увеличением X (рис.6). A -зависимость для пионов, подобная полученной нами, наблюдалась в эксперименте, поставленном в ИТЭФ /16/. Усиленные по сравнению с объёмной A -зависимости предсказываются некоторыми "горячими" моделями /17/.

В главе четвертой также обсуждаются отношения выходов пионов разного знака $R = \sigma(\pi^-)/\sigma(\pi^+)$ (рис.7), которые представляют интерес, поскольку позволяют сравнить импульсные распределения для d - и u -кварков /18/. Величины отношений для легких ядер Be, C не противоречат предположению, что отношения отслеживают кварковый состав ядер. Для ядер Al, Ti, Mo наблюдается небольшое отличие отношений от их ожидаемых значений. Наибольшее отличие $\sim 25\%$ при $X \sim 2$ имеет место для ядра W. Возможно, что это различие обусловлено наличием изотопически несимметричных I_2 - g мешков в тяжелых ядрах с $N > Z$, в которых импульсные распределения d -кварков ожидаются более мягкими по сравнению с распределениями u -кварков /18/.

Отношения выходов пионов разного знака оказываются практически не зависящими от первичной энергии и, за исключением ядра W, слабо меняются ($\leq 6\%$) в интервале импульсов пионов $P=250-1000$ МэВ/с, что соответствует $X=0.6-2$.

Выводы и основные результаты работы:

1. В диапазоне первичной энергии $E_0=15-65$ ГэВ наблюдается 20-30 % рост инвариантных сечений рождения кумулятивных пионов, что согласуется с предположением о приближении к энергетическому скейлингу в указанном интервале энергий. При этом рост температуры кумулятивной части спектров (параметр наклона T_0 для представления спектров по кинетической энергии) не превышает 2-3 %.

2. A -зависимость сечений рождения кумулятивных пионов имеет усиленный характер по сравнению с объёмной зависимостью. Отличие от объёмной A -зависимости увеличивается с ростом X в кумулятивной области. Не обнаружено заметной зависимости A -поведения от первичной энергии в интервале первичной энергии $E_0=15-65$ ГэВ.

3. Величины отношений выходов пионов разного знака $R = \sigma(\pi^-)/\sigma(\pi^+)$ для легких ядер Be, C не противоречат предположению, что они отражают кварковый состав ядер. Существенное отличие наблюдаемого отношения

от ожидаемого для тяжелого ядра W, возможно, обусловлено наличием изотопически несимметричных I_2 - g мешков в тяжелых ядрах с $N > Z$ /18/.

Сопоставление отношений $R = \sigma(\pi^-)/\sigma(\pi^+)$ с измеренными при более низких энергиях /19/ показывает, что выход отношений на асимптотический режим происходит при энергиях $E_0 \sim 5$ ГэВ, т.е. совпадает с установлением режима предельной фрагментации в p - A - взаимодействиях.

Иллюстрации к тексту.

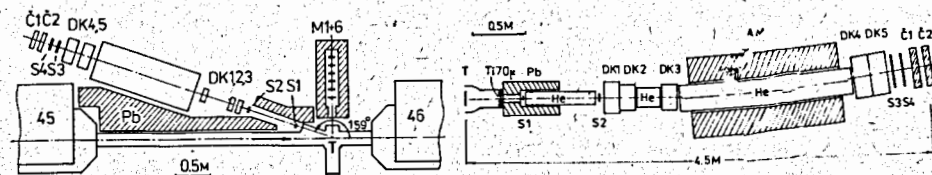


Рис.1а. Схема расположения спектрометра в кольцевом зале ускорителя.

Рис.1б. Спектрометр СКА (профильная проекция).

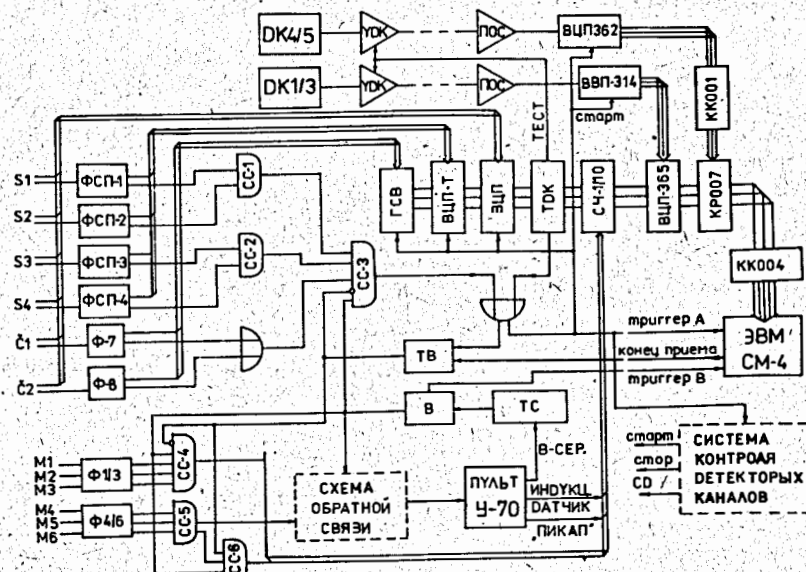


Рис. 2. Функциональная схема электроники спектрометра СКА.

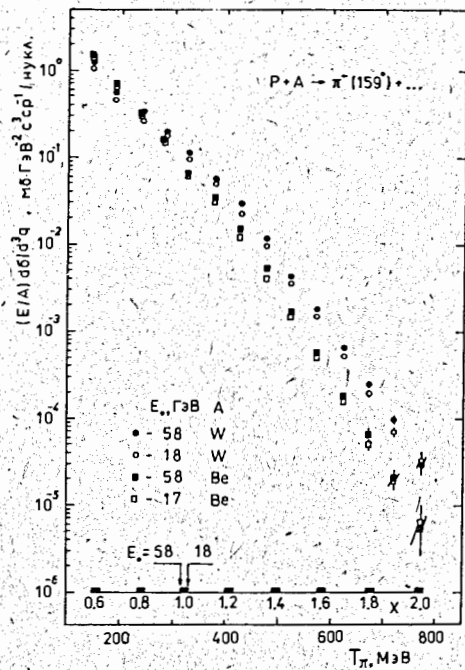


Рис. 3. Инвариантные дифференциальные сечения образования кумулятивных π^\pm -мезонов на ядрах Be и W протонами с энергиями 17 и 58 ГэВ.

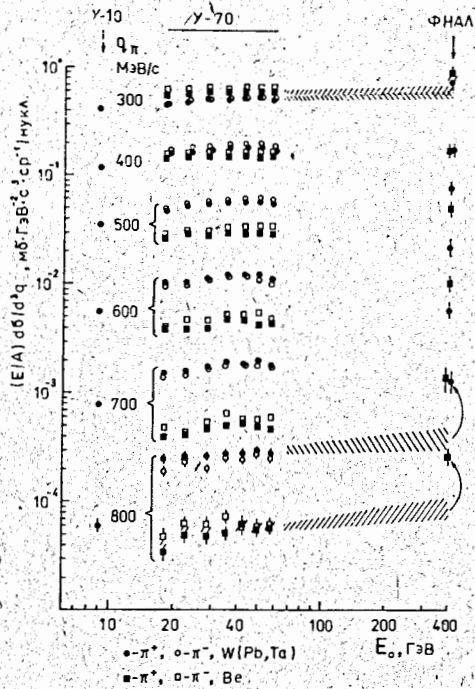


Рис. 4. Зависимость инвариантных сечений образования π^\pm -мезонов для ядер Be и W при различных импульсах от энергии протонов E_0 . На рисунке показаны также сечения π^+ -мезонов для ядра Pb (●) при $E_0=8.95$ ГэВ и сечения π^+ -мезонов для ядер Be (■) и Ta (●) при $E_0=400$ ГэВ. Штриховкой показаны результаты экстраполяции сечений к $E_0=400$ ГэВ при описании их логарифмической зависимостью вида $C \cdot (1 + B \cdot \ln(E_0/\bar{E}_0))$, где $\bar{E}_0=44$ ГэВ.

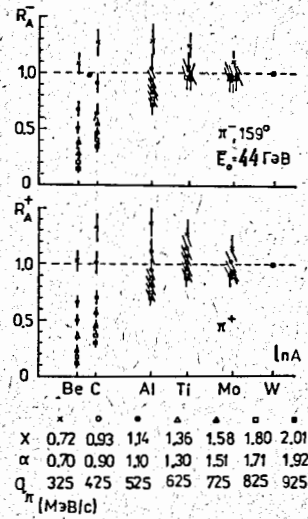


Рис. 5. Отношения нормированных на нуклон ядра сечений $\bar{\sigma}_A \bar{\sigma}_W$ ($A=Be, C, Al, Ti, Mo$) при $\bar{E}_0=44$ ГэВ для кумулятивной части спектров π^+ и π^- -мезонов.

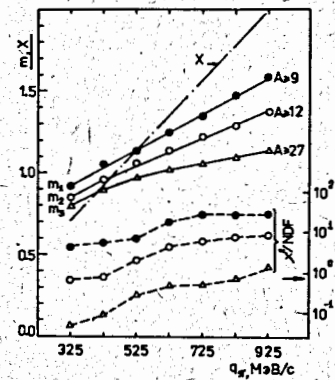


Рис. 6. Поведение параметра $m(X)$ при различном ограничении интервала массовых чисел снизу: $m_1 = 0.56 + 0.53 \cdot X$ ($A_{min}=9$), $m_2 = 0.81 + 0.40 \cdot X$ ($A_{min}=12$), $m_3 = 0.75 + 0.21 \cdot X$ ($A_{min}=27$). Пунктиром показан критерий χ^2 для трех значений A_{min} .

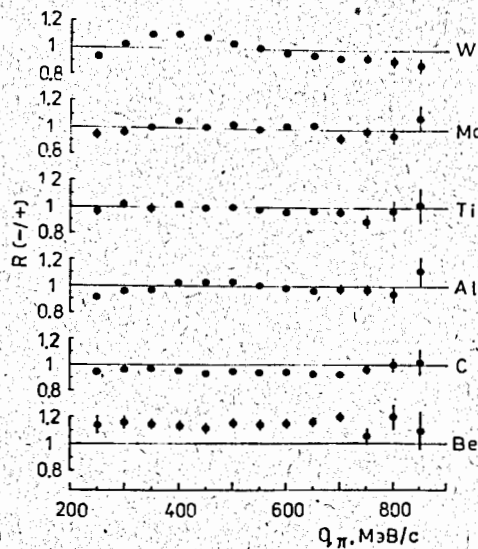


Рис. 7. Отношения выходов π^- и π^+ -мезонов для изучавшихся ядер для первичной энергии $\bar{E}_0=44$ ГэВ.

1. И.М.Беляев, О.П.Гавришук, Л.С.Золин, В.Ф.Переседов и др. Сообщение ОИЯИ I3-88-34I, Дубна, 1988.
 2. И.М.Беляев, О.П.Гавришук, Л.С.Золин, В.Ф.Переседов и др. Сообщение ОИЯИ I3-88-342, Дубна, 1988.
 3. И.М.Беляев, О.П.Гавришук, Л.С.Золин, В.Ф.Переседов. Сообщение ОИЯИ I3-87-104, Дубна, 1987.
 4. И.М.Беляев, О.П.Гавришук, Л.С.Золин, В.Ф.Переседов, С.В.Фролов. Сообщение ОИЯИ P1-87-429, Дубна, 1987.
 5. И.М.Беляев, О.П.Гавришук, П.Н.Зарубин, Л.С.Золин, В.Ф.Переседов. и др. Сообщение ОИЯИ P1-88-34, Дубна, 1988.
 6. И.М.Беляев, О.П.Гавришук, Л.С.Золин, В.Ф.Переседов. Препринт ОИЯИ P1-88-33, Дубна, 1988, Ядерная физика, 1989, т.49, вып.2, с.473.
 7. И.М.Беляев, О.П.Гавришук, Л.С.Золин, ..., В.Ф.Переседов и др. Сообщение ОИЯИ P1-89-II2, Дубна, 1989.
 8. И.М.Беляев, О.П.Гавришук, Л.С.Золин, В.Ф.Переседов. Краткие сообщения ОИЯИ № 7(33)-88, с.33, Дубна, 1988.
 9. И.М.Беляев, О.П.Гавришук, Л.С.Золин, В.Ф.Переседов. Труды IX-Международного семинара по проблемам физики высоких энергий, ОИЯИ Д1, 2-88-652, Дубна, 1988, с.267.
- Цитируемая литература:
10. А.М.Балдин. Краткие сообщения по физике АН СССР, 1971, с.35.
 11. А.С.Водопьянов и др. Всб.:Международное совещание по методике проволочных камер., Д13-9164, Дубна, 1975, с.28.
 12. С.Г.Басиладзе. Быстродействующая ядерная электроника. Москва.:Энергоиздат, 1982.
 13. Н.В.Горбунов и др. Сообщение ОИЯИ P10-89954, Дубна, 1985.
 14. A.M.Baldin et al. Preprint JINR E1-82-472, Dubna, 1982.
 15. N.A.Nikiforov et al. Phys.Rev.C, 1980, v.22, p.700.
 16. С.В.Бояринов и др. Ядерная физика; 1987, т.46, вып.5, с.1472.
 17. А.В.Ефремов. ЭЧАЯ, т.13, вып.3, с.613, Дубна, 1982.
 18. Л.А.Кондратюк, М.М.Шматиков. Ядерная физика, 1985, т.41, с.498.
 19. L.S.Shroeder et al. Phys.Rev.Lett., 1979; V.43, N 24, p.1784.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 октября 1990 года.