

Б-289



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-90-255

БАТЮНЯ
Борис Владимирович

УДК 539.12
539.17

ПРОЦЕССЫ МНОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ЧАСТИЦ В $\bar{p}p$ -, $\bar{d}d$ - И dd -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ

Специальность: 01.04.16 - физика ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук

Дубна 1990

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
профессор

доктор физико-математических наук

доктор физико-математических наук

Сарычева

Людмила Ивановна

Копылов-Свиридов

Виктор Алексеевич

Лиходел

Анатолий Константинович

Ведущее научно-исследовательское учреждение - Институт
теоретической и экспериментальной физики, г. Москва.

Защита диссертации состояла "___" _____ 1990 г.
в _____ час. на заседании Специализированного совета
Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединенного
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.

Ученый секретарь

Специализированного совета

М. Ф. Лихачев
М. Ф. Лихачев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Процессы множественного образования частиц во взаимодействиях различного типа (сильных, электромагнитных, слабых) представляют собой в настоящее время отдельную область исследования в физике элементарных частиц. Значительное продвижение в этой области связано в первую очередь с необычным развитием ускорительной техники за последние двадцать лет, которое позволило детально изучать характеристики взаимодействий различных частиц в интервале энергий от десятков до тысяч ГэВ. Кроме того, в результате интенсивного развития релятивистской ядерной физики за последнее десятилетие в Дубне и других физических центрах были исследованы особенности процессов множественного образования частиц, характеризующие взаимодействия релятивистских ядер.

Среди адрон-адронных соударений различного типа взаимодействия антинуклонов с нуклонами отличаются прежде всего процессом аннигиляции начальных барион-антибарионных состояний в чисто мезонные конечные состояния. Специфика такого процесса ("исчезновение" барионного заряда) проявляется в целом ряде характеристик образующихся мезонов. Нужно отметить, что многие вопросы, касающиеся реакции аннигиляции, остаются дискуссионными. Это связано с тем обстоятельством, что вклад аннигиляционного процесса быстро уменьшается с энергией, и, кроме того, экспериментальное выделение этого процесса уже при энергии ~ 10 ГэВ (в л.о.к.) становится достаточно сложной задачей.

В неаннигиляционном $\bar{p}p$ -процессе в отличие от аннигиляционного в конечном состоянии барионы присутствуют, и в этом смысле такая реакция подобна NN -взаимодействиям. Однако в рамках, например, кварковой картины взаимодействия адронов механизм аннигиляции валентных кварков и антикварков в NN -взаимодействиях должен проявляться как в аннигиляции, так и в неаннигиляционном процессе, изучение характерных свойств которого могло бы во многом прояснить динамику взаимодействий антинуклонов с нуклонами. До настоящего момента некоторые особенности неаннигиляционного процесса наблюдались главным образом при исследовании характеристик Λ -гиперонов.

Наиболее отчетливо специфика $\bar{p}p$ -взаимодействий проявляется при сравнении их характеристик с характеристиками pp -взаимодействий при одинаковой энергии. Такой сравнительный анализ проводился в целом

ряде экспериментов. Однако наиболее полная картина характерных свойств $\bar{p}p$ -соударений наблюдалась при энергии, не превышающей 12 ГэВ, поскольку при более высоких энергиях анализ делался либо на недостаточной статистике, либо в ограниченных областях фазового пространства.

Исследования взаимодействий легчайших ядер-дейтронов друг с другом, проводимые ранее, практически не затрагивают процессы множественного рождения частиц. Очевидно, что ядерные свойства дейтрона в dd -взаимодействиях, влияющие на множественность частиц и их спектры, должны проявляться слабо, так как ядро дейтерия представляет собой достаточно "рыхлую" систему всего лишь двух нуклонов. Однако степень проявления таких свойств является важной информацией, поскольку относительно простая нуклонная структура легчайших ядер позволяет нагляднее представить картину взаимодействия внутриядерных нуклонов в рамках существующих теоретических моделей.

Замена одного взаимодействующего дейтрона антидейтроном позволяет исследовать практически ранее не изучавшиеся соударения антиядра с ядром. Этот тип взаимодействий отличается прежде всего реакциями внутриядерной $N\bar{N}$ -аннигиляции, в том числе возможным процессом полной антиядро-ядерной аннигиляции в конечные мезонные состояния, который затрагивает все нуклоны и антинуклоны ядер и отличается высокой степенью неупругости.

Соударения релятивистских антидейтронов и дейтронов с дейтронами позволяют также изучать квазисвободные взаимодействия внутриядерных нуклонов (антинуклонов), поскольку энергия связи нуклонов (антинуклонов) в легчайших ядрах мала (~ 2 МэВ) по сравнению с энергией реакции. В частности, появляется возможность исследовать $\bar{p}n$ - и pn -взаимодействия, характеристики которых обладают некоторой спецификой, обусловленной нейтральными зарядами взаимодействующих нуклонов (антинуклонов). Отметим, что такие типы взаимодействий до сих пор не изучались и получить их другими экспериментальными методами достаточно сложно.

Цель работы - экспериментальное исследование характеристик процессов множественного рождения частиц в $\bar{p}p$ -взаимодействиях при 22,4 ГэВ/с, в $d\bar{d}$ - и $d\bar{d}$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с и в $\bar{p}n$ - и pn -взаимодействиях при 6,1 ГэВ/с.

В том числе ставились следующие задачи:

1) решение методических вопросов, связанных с выделением событий изучаемых классов при просмотре фотоснимков с установки "Людмила", математическим подсчетом событий и идентификацией частиц разных сортов;

2) изучение динамики процесса $\bar{p}p$ -аннигиляции в конечные Π^{\pm} - и K_S^0 -мезонные состояния;

3) исследование динамических свойств неаннигиляционного $\bar{p}p$ -процесса с образованием Π^{\pm} - и K_S^0 -мезонов, протонов и Λ -гиперонов;

4) интерпретация экспериментальных результатов в рамках кварк-партонных моделей с учетом механизмов аннигиляции валентных кварков и антикварков;

5) изучение характера и степени влияния ядерных механизмов при взаимодействии антидейтронов и дейтронов с дейтронами на инклюзивные характеристики образующихся частиц;

6) исследование характеристик квазисвободных $\bar{p}n$ - и pn -взаимодействий, представляющих собой однократные процессы в $d\bar{d}$ - и dd -соударениях соответственно.

Научная новизна работы. Представленные экспериментальные результаты позволили получить новую информацию о процессах множественного рождения частиц при взаимодействии антинуклонов (нуклонов) с нуклонами и легчайших релятивистских антиядер (ядер) с ядрами.

В том числе определены инклюзивные полные, топологические и дифференциальные сечения рождения K_S^0 -мезонов и Λ -гиперонов в $\bar{p}p$ -взаимодействиях при 22,4 ГэВ/с. Отдельно изучен аннигиляционный процесс с образованием K_S^0 - и Π^{\pm} -мезонов. Установлено, что характерные черты реакций с образованием K_S^0 - и Λ -частиц, обнаруженные при энергии $E \leq 10$ ГэВ, наблюдаются и при рассматриваемой энергии.

Впервые исследованы спектры протонов и сопровождающих их Π^{\pm} -мезонов в неаннигиляционном $\bar{p}p$ -процессе. Обнаружен ряд особенностей этих спектров при сравнении их с аналогичными распределениями, полученными для pp -взаимодействий при близкой энергии.

Предложена интерпретация экспериментальных результатов в рамках существующих кварковых моделей. В том числе впервые выполнен количественный расчет распределений Π^- - и K^0/\bar{K}^0 -мезонов по переменной Фейнмана x для $\bar{p}p$ -взаимодействий с учетом механизма аннигиляции медленных валентных кварков и антикварков - конститuentов.

Впервые исследованы процессы множественного рождения частиц при взаимодействии антидейтронов и дейтронов с дейтронами (при импульсе 12,2 ГэВ/с). Определена степень проявления характерных ядерных эффектов при взаимодействии легчайших ядер. Получена оценка вкладов аннигиляционных процессов в $d\bar{d}$ -взаимодействиях.

Впервые изучены неупругие взаимодействия квазисвободных антинейтронов и нейтронов с нейтронами (при импульсе 6,1 ГэВ/с). Показано, что нейтральные заряды взаимодействующих нуклонов влияют определенным образом на характеристики распределения по множественности заряженных частиц.

На основании изоспиновой симметрии $\bar{p}n$ - и $\bar{p}p$ -реакций впервые были получены экспериментальные сечения ряда эксклюзивных каналов с двойной $\bar{p}p$ -перезарядкой и $\bar{p}p$ -аннигиляцией.

Научно-практическая значимость. Методические разработки по выделению и идентификации нейтральных странных частиц и по геометрической реконструкции событий, зафиксированных во внутренней трекочувствительной дейтериевой мишени установки "Людмила", использовались в дальнейших экспериментах, проводимых на этой установке.

Вся совокупность полученных новых экспериментальных данных по $\bar{p}p$ -, $d\bar{d}$ - и dd -взаимодействиям и результаты сравнения их с теоретическими предсказаниями могут быть использованы при анализе и планировании других экспериментальных исследований, а также для развития теоретических моделей в области сильных взаимодействий.

Результаты $d\bar{d}$ -эксперимента определяют развитие нового направления исследования взаимодействий антинуклеона с ядром. Эти результаты стимулировали проведение эксперимента по изучению взаимодействий антинейтронов с ядрами свинца и поликарбоната.

Апробация работ и публикации. Результаты, вошедшие в диссертационную работу, неоднократно докладывались автором на совещаниях международного сотрудничества по исследованиям на установке "Людмила", на семинарах Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, на совещаниях Камерного комитета ОИЯИ, на международном симпозиуме в Бехине (ЧССР, 1989 г.).

Полученные результаты представлялись также на международные конференции в Брайтоне (1983 г.), в Лейпциге (1984 г.), в Будапеште (1987 г.).

Основные результаты изложены в 15-ти публикациях, список которых приводится в конце автореферата.

Объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Работа содержит 226 страниц машинописного текста, в том числе 60 рисунков, 35 таблиц и библиографический список литературы из 237 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность проблемы и раскрывается содержание диссертации, сформулирована цель работы, изложена новизна и научно-практическая значимость полученных результатов, описан план диссертации.

В первой главе проводится анализ $\bar{p}p$ -взаимодействий при 22,4 ГэВ/с.

Актуальность изучаемых проблем подчеркивается в обзоре экспериментальных данных, полученных в $\bar{p}p$ -экспериментах, и теоретических моделей, представляющих адрон-адронные взаимодействия в кварк-партонной интерпретации (разделы I.1 и I.2).

В разделе I.3 рассматриваются методические вопросы, связанные с постановкой эксперимента. Кратко описаны двухметровая водородная пузырьковая камера "Людмила" и канал № 9 сепарированных частиц ускорителя У-70 ИФБЭ. Далее обсуждается методика обработки фотометрической информации и идентификации событий различного класса. Подробно рассмотрен метод учета потерь и разделения по сортам нейтральных странных частиц, K_S^0 , Λ , $\bar{\Lambda}$ (V^0 -частиц), наблюдаемых при распаде в эффективном объеме камеры в виде характерных V -событий. Этот метод включал кроме традиционного кинематического анализа V -событий специальный анализ импульсных и угловых распределений частиц распада, позволивший однозначно идентифицировать $\sim 99\%$ V^0 -частиц.

В разделе I.4 проводится инклюзивный анализ характеристик P^\pm - и K_S^0 -мезонов, образующихся в процессе $\bar{p}p$ -аннигиляции. Используемая статистика составила ~ 70000 $\bar{p}p$ -взаимодействий, в том числе ~ 1800 событий с K_S^0 -мезонами. Аннигиляционные характеристики определялись методом сравнения $\bar{p}p$ - и pp -данных, полученных при близких энергиях. При этом кроме опубликованных в литературе pp -данных использовались характеристики pp -соударений при 24 ГэВ/с, полученные при анализе информации о pp -событиях (~ 250000 событий, зафиксированных на 2-метровой водородной камере в ЦЕРНе), любезно предоставленной сотрудничеством Бонн-Гамбург-Мюнхен (в виде записи на магнитную ленту суммарных результатов). Сравнительный анализ показал, что при рассматриваемой энергии доля аннигиляционного процесса составляет $(I_7+I_8)\%$ от полного сечения $\bar{p}p$ -взаимодействий. При этом в каналах аннигиляции образуется $(33+35)\%$ P^- и K^0/\bar{K}^0 -мезонов. Средняя множественность K^0/\bar{K}^0 -мезонов ($\langle n(K^0/\bar{K}^0) \rangle$) и средняя множественность сопровождающих их заряженных частиц ($\langle n \rangle_{K_S^0}$) для аннигиляционного (A) и неаннигиляционного (NA) процессов приведены в таблице I (предполагалось, что $\langle n(K^0/\bar{K}^0) \rangle = 2 \langle n(K_S^0) \rangle$).

Таблица I

$\langle n(K^0/\bar{K}^0) \rangle^A$	$\langle n(K^0/\bar{K}^0) \rangle^{NA}$	$\langle n \rangle_{K_S^0}^A$	$\langle n \rangle_{K_S^0}^{NA}$
$0,184 \pm 0,020$	$0,097 \pm 0,006$	$6,14 \pm 0,60$	$3,92 \pm 0,08$

Видно, что средняя множественность заряженных частиц и K_S^0 -мезонов соответственно в $\sim 1,5$ и ~ 2 раза больше в процессе аннигиляции.

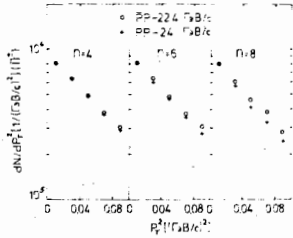


Рис. I. P_T^2 -распределения Π^\pm -мезонов для событий разных множественностей n .

В исследуемых $\bar{p}p$ -взаимодействиях наблюдается повышенный поперечный импульс Π^\pm - и K_S^0 -мезонов по сравнению с pp -взаимодействиями, что является также характерной особенностью процесса аннигиляции. Нужно отметить, что при рассматриваемой энергии этот эффект достаточно слаб и, например, проявляется только для больших множественностей заряженных частиц, что демонстрируется на рис. I, где показаны P_T^2 -распределения идентифицированных Π^\pm -мезонов, образующихся в $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействиях. Распределения нормировались на значение dN/dP_T^2 при $P_T^2 = 0,01$ (ГэВ/с) 2 .

Следующей характерной чертой аннигиляционного процесса, наблюдавшейся при энергии $E \leq 10$ ГэВ, является повышенная жесткость распределений мезонов по переменной Фейнмана $x = p_L^*/p_{Lmax}^*$ (p_L^* - продольный импульс мезона в с.ц.м., $p_{Lmax}^* = (s/4 - m^2)^{1/2}$) в области фрагментации, $|x| \gtrsim 0,3+0,4$. Проявление этой особенности при рассматриваемой энергии демонстрирует

Таблица 2

Частицы	Реакции	α
Π^-	$\bar{p}p^{NA}$	$4,1 \pm 0,1$
	$\bar{p}p^A$	$1,6 \pm 0,2$
K_S^0	$\bar{p}p^{NA}$	$3,4 \pm 0,6$
	$\bar{p}p^A$	$2,0 \pm 0,4$

таблица 2, где приведены значения параметра α , полученные при аппроксимации инвариантного инклюзивного распределения $F(x) = 1/\sqrt{s} p_{Lmax}^* \int E^*(d^2\sigma/dx dp_T^2) dp_T^2$ функцией $F(x) \sim (1-x)^\alpha$ для Π^- - и K_S^0 -мезонов, образующихся в неаннигиляционных процессах (в данном случае в pp -взаимодействиях)

и в аннигиляционных процессах, для которых берется разность $F(x)$ для $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействий. Меньшие по величине значения α для процессов аннигиляции указывают на более жесткий характер $F(x)$ -распределений.

Для теоретической интерпретации результатов, приведенных в таблице 2, была рассмотрена (в разделе I.4.2) кварк-партоновая рекомбинационная модель \mathbb{R} , в которой процессу $\bar{N}N$ -аннигиляции соответствует механизм аннигиляции медленных (в с.ц.м.) валентных кварков и антикварков, отсутствующих, например, в NN -взаимодействиях. На рис. 2а, в показаны экспериментальные и теоретические $F(x)$ -распределения K_S^0 -

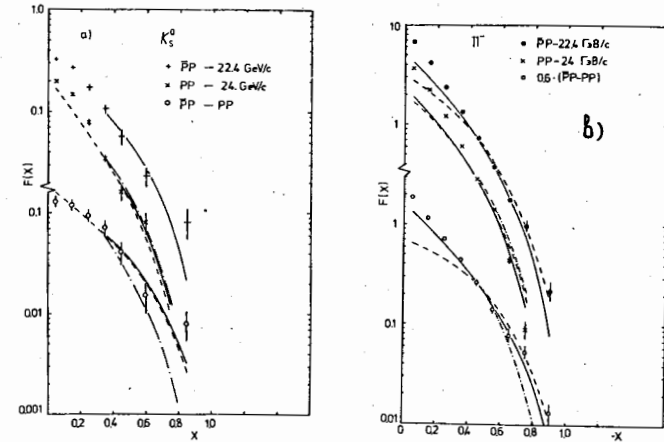


Рис. 2а, в. Экспериментальные и теоретические $F(x)$ -распределения K_S^0 - и Π^- -мезонов для $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействий и разности этих распределений (кривые нормированы на экспериментальные данные при $|x| = 0,35$).

и Π^- -мезонов для рассматриваемых процессов. Сплошные кривые на рис. 2а являются результатом аппроксимации экспериментальных распределений функцией $F(x) \sim (1-x)^\alpha$. Штрих-пунктирные кривые соответствуют приближению, в котором рассматриваются токовые кварки с функциями распределения Кути-Вейскопфа, используемыми авторами модели. Видно, что в таком приближении модель не воспроизводит повышенную жесткость аннигиляционных $F(x)$ -распределений и предсказывает очень близкие формы распределений для $\bar{p}p$ -аннигиляции и pp -взаимодействий. В диссертации рассмотрена также схема расчета $F(x)$ -распределений в рамках валонной модели \mathbb{R} структуры адронов, учитывающей как токовые, так и конститuentные кварки, а также глюонную компоненту, составляющие адрон.

\mathbb{R} В. Buschbeck et al. Z. Phys., **07**, 73 (1980).

\mathbb{R} R. C. Hwa. Phys. Rev., **D22**, 1593 (1980); Xie Qu-bing. Phys. Rev., **D26**, 2261 (1982).

Функции распределения кварков имеют при этом более сложный вид и приводят к теоретическим распределениям, показанным на рис.2а, в пунктирными кривыми. Видно, что такая модель удовлетворительно описывает особенности аннигиляционных $F(x)$ -распределений. Возможность такого описания обеспечивается главным образом учетом всей энергии, сосредоточенной в адроне, в том числе и уносимой глюонной компонентой. В разделе 1.4.2 подробно обсуждается вопрос, связанный с выбором величин параметров модели, влияющих на форму рассматриваемых спектров. Например, сплошные кривые на рис.2в получены для разных функций распределения в нуклонах конститuentных u - и d -кварков.

В разделе 1.5 сравниваются x - и P_T^2 -распределения протонов и сопоставляются их Π^\pm -мезонов, образующихся в неаннигиляционных $\bar{p}p$ -процессах, с аналогичными распределениями, полученными для pp -взаимодействий (при 24 ГэВ/с). В анализ включались только идентифицированные по плотности ионизации частицы с импульсами $P \lesssim 1,2$ ГэВ/с (в л.с.к.). Обнаружено, что при таком отборе событий и частиц x -спектры протонов и x - и P_T^2 -спектры Π^\pm -мезонов в $\bar{p}p$ -взаимодействиях обладают повышенной жесткостью, а спектры Π^\pm -мезонов в обоих типах взаимодействий совпадают. Для x -распределения протонов и P_T^2 -распределений Π^\pm -мезонов эти особенности демонстрируются на рис.3а, в и 4а, в.

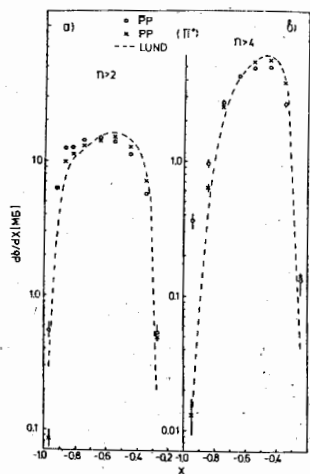


Рис.3а, в. x -распределения протонов для $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействий разных множественностей n .

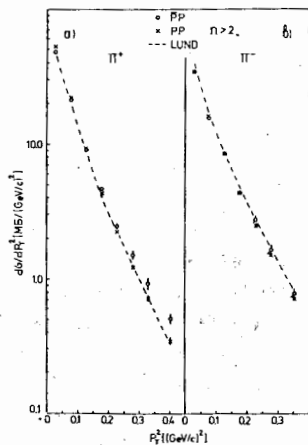


Рис.4а, в. P_T^2 -распределения Π^+ - и Π^- -мезонов для $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействий множественностей $n > 2$.

Разности распределений соответственно при $x \leq -0,7$ и $P_T^2 \geq 0,15$ (ГэВ/с)² (для Π^+) составляют (38±5)% (для $n > 4$) и (14±4)%. Для

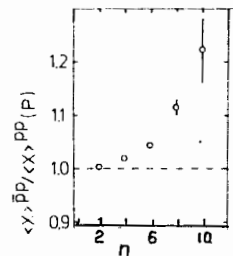


Рис.5. Зависимость от множественности отношений x протонов для $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействий.

протонов наблюдаемый эффект усиливается с ростом множественности заряженных частиц, что видно из рис.5, на котором приведена зависимость от множественности отношений средних значений x протонов, образующихся в $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействиях. Кривые на рис.3 и 4 - расчет в рамках кварковой фрагментационной $LUND$ -модели^ж, рассмотренной в разделе 1.5.2. Видно, что эта модель не объясняет наблюдаемых особенностей для неаннигиляционных $\bar{p}p$ -взаимодействий. В разделе 1.5.2 предложена также интерпретация наблюдаемых эффектов для x -распределений протонов с помощью диаграммы дуальной партонной модели.

В главе 2 исследуются процессы множественного рождения частиц в $d\bar{d}$ - и dd -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с. В разделе 2.1 приводится краткий обзор экспериментальных и теоретических исследований взаимодействий релятивистских ядер, где подчеркивается актуальность проблем, связанных с изучением характеристик соударений легчайших ядер (анти-ядер) - дейтронов и антидейтронов.

В разделе 2.2 рассмотрена методика постановки эксперимента. Кратко описаны реконструированная установка "Людмила" с внутренней трекочувствительной дейтериевой мишенью и модифицированная схема ВЧ-сепаратора антидейтронов и дейтронов. Далее обсуждается целый ряд изменений в методике просмотра, измерения и математического обсчета событий, связанных с особенностями конструкции установки, и физических свойств изучаемых реакций. Из-за наличия дейтериевой мишени в эффективном объеме камеры значительная часть треков состояла из двух или более сегментов, принадлежность которых к одному треку определялась во время просмотра. Измерение и реконструкция каждого сегмента проводились независимо. Дальнейшее "сшивание" всех сегментов одного трека и определение общей траектории частицы с заданной массой осуществлялось с помощью специального математического процессора $FTPX$, включенного в программу геометрической реконструкции треков. При просмотре событий фиксировались взаимодействия с быстрыми антипрото-

^ж В.Andersson et al. Phys.Rep., 97, 33 (1983); T.Sjostrand. Comp. Phys.Comm., 39, 347 (1986).

нами (протонами) – спектаторами с помощью специально подготовленного шаблона. Кроме того, фиксировались также медленные протоны-спектаторы, большая часть из которых имела визуально неразличимый пробег в объеме камеры, что приводило к нечетнолучевым событиям. Кинематические параметры таких теряемых протонов-спектаторов восстанавливались теоретически (по известным волновым функциям дейтрона) в специальной подпрограмме, включенной в программу кинематического анализа событий.

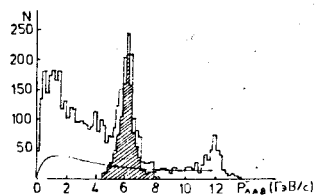


Рис.6. Импульсное распределение самой быстрой отрицательной частицы в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с.

На рис.6 приведено распределение по импульсу в л.с.к. самой быстрой отрицательной частицы в $\bar{d}d$ -взаимодействиях. В области $P_{\text{лаб.}} = 6,1$ ГэВ/с виден резкий пик, характерный для быстрых антипротонов-спектаторов (заштрихованная часть включает частицы, отобранные по дополнительным критериям на импульсы и углы спектаторов). Кривая изображает фоновое $\bar{p}p$ -распределение, с помощью которого была получена оценка адронного фона в $\bar{d}d$ -взаимодействиях на уровне 32% (для dd -взаимодействий адронный фон не превышал 3%).

В разделе 2.3.1 изучаются характеристики распределений по множественности заряженных частиц для $\bar{d}d$ - и dd -взаимодействий на статистике ~ 8000 $\bar{d}d$ -событий и ~ 22000 dd -событий. Определены топологические сечения (σ_n) этих реакций с учетом введения различных поправок, в том числе полученных с помощью расчетов по модели Глаубера. В таблице 3 приведены средние множественности заряженных

Таблица 3

Реакции	$\langle n \rangle$
$\bar{d}d$	$4,42 \pm 0,07$
dd_1	$4,15 \pm 0,04$
dd	$3,60 \pm 0,03$
dd_2	$3,40 \pm 0,04$
$\bar{d}d^A$	$6,85 \pm 0,05$
$\bar{d}d_1^A$	$6,81 \pm 0,05$

частиц, $\langle n \rangle$, для неупругих $\bar{d}d$ - и dd -взаимодействий, а также значения средних множественностей, полученных усреднением значений $\langle n \rangle$ для $\bar{p}p$ (pp)-, p_n (p_n)- и $\bar{n}n$ (nn)-соударений при 6,1 ГэВ/с, т.е. для однократных dd_1 - и dd_2 -процессов (с учетом заряженных спектаторов). Видно, что средняя множественность при взаимодействии легчайших ядер (антиядер) несколько выше (на уровне 3+4 стандартных отклонений), чем при соударениях сво-

бодных нуклонов (антинуклонов). Этот эффект, называемый "ядерным размножением", характеризует многократные процессы рассеяния внутриядерных нуклонов (коллективные эффекты). Отношения значений $\langle n \rangle$

для $\bar{d}d$ - и $\bar{d}d_2$ -взаимодействий и для dd - и dd_2 -взаимодействий соответственно равны $R^{\bar{d}d} = 1,065 \pm 0,020$ и $R^{dd} = 1,059 \pm 0,015$. Для сравнения отметим, что для dd -соударений (при энергии ISR) подобное отношение вырастает до $1,74 \pm 0,06$ [‡], т.е. практически достигает значений, наблюдаемых для взаимодействий тяжелых ядер ($R^{AA} \approx 1,8$). В таблице 3 представлены также значения $\langle n \rangle$, найденные из разности топологических сечений $\bar{d}d$ - и dd -взаимодействий (при $n \geq 6$), т.е. обусловленные процессами аннигиляции одной или более $\bar{N}N$ -пар. Сравнение этого значения с величиной средней множественности процесса $\bar{d}d_1^A$, полученной усреднением $\langle n \rangle$ для реакций $\bar{N}N$ -аннигиляции, показывает, что при $\bar{d}d$ -взаимодействиях аннигилирует главным образом одна $\bar{N}N$ -пара. Верхняя оценка доли полной аннигиляции $\bar{d}d \rightarrow$ мезоны составляет $\sim 1,5\%$ от неупругого сечения, что соответствует теоретическим оценкам. Полученные для $\bar{d}d$ - и dd -взаимодействий KNO -зависимости ($\langle n \rangle \sigma_n / \sigma_n = f(n / \langle n \rangle)$) оказались близкими к соответствующим KNO -зависимостям, наблюдаемым для свободных $\bar{p}p$ - и pp -соударений.

В разделе 2.3.2 исследуются инклюзивные распределения по продольным и поперечным переменным Π^\pm -мезонов, образующихся в $\bar{d}d$ -взаимодействиях. Анализ проводится на статистике ~ 4800 измеренных и реконструированных $\bar{d}d$ -событий. Вклад фоновых распределений Π^\pm -мезонов (рождающихся в фоновых $\bar{n}d$ -соударениях) учитывался с помощью моделирования $\bar{n}d$ -событий в рамках модели каскада лидирующих частиц^{‡‡}. В таблице 4 приведено значение параметра α , полученное при аппроксимации $F(x)$ -распределения Π^\pm -мезонов, образующихся в $\bar{d}d$ -взаимодействиях, функцией $F(x) \sim (1-x)^\alpha$. При этом значение x определялось в с.ц.м. $\bar{N}N$ -соударения при 6,1 ГэВ/с. В этой же таблице пред-

Таблица 4

Тип взаимодействия	$\bar{d}d$	$\bar{p}p$	$\bar{n}n$	$\bar{n}p$	$\bar{p}n$
Параметр α	$2,29 \pm 0,24$	$3,13 \pm 0,09$	$2,70 \pm 0,50$	$4,36 \pm 0,41$	$2,48 \pm 0,18$

ставлены величины параметра α , найденные для различных $\bar{N}N$ -взаимодействий при 6,1 ГэВ/с. Видно, что значение α в $\bar{d}d$ -взаимодействиях меньше, чем в $\bar{p}p$ - и $\bar{n}p$ -соударениях, и такое же (на уровне статистических ошибок) как и в $\bar{n}n$ - и $\bar{p}n$ -взаимодействиях. Очевидно,

[‡] J.E.A. Lyz et al. Phys.Rev., D16, 3127 (1977).

^{‡‡} А.М.Задорожний и др. ОИЯИ, P2-86-361, Дубна, 1986.

что суммарное распределение для всех $\bar{N}N$ -взаимодействий менее жесткое, чем для $\bar{d}d$ -соударений, т.е. наблюдается проявление некоторого ядерного эффекта.

В разделе 2.4 определяется доля многократных процессов в dd -взаимодействиях методом выделения (при просмотре) событий с быстрыми протонами-спектраторами. Существенная проблема такого анализа связана с наличием фоновых быстрых частиц, образующихся в целом ряде процессов. Эта проблема решалась с помощью моделирования dd -событий в рамках модели каскада лидирующих частиц. На рис.7 показаны экспериментальное (гистограмма) и теоретические импульсные распределения быстрых частиц в антилабораторной системе координат (а.л.с.). Экспериментальные данные получены после измерения ~ 1000 dd -событий и относятся к отобранным при просмотре протонам-спектраторам. Точечной кривой представлено распределение, рассчитанное на основании дейтронной волновой функции Хильтена. Распределения, полученные в модели каскада лидирующих частиц, учитывают вклады следующих процессов: упругое перерассеяние протонов-спектраторов (пунктирная кривая), квазиупругое рассеяние протонов (сплошная кривая), неупругое образование частиц (штрих-пунктирная кривая). Видно, что учет всех фоновых процессов объясняет превышение экспериментального распределения при $P_{a.l.s.} \gtrsim 0,2$ ГэВ/с над теоретическим распределением (интересующих нас протонов-спектраторов), обусловленным волновой функцией Хильтена. Определенная с учетом этого фона доля многократных процессов, равная $(10,1 \pm 2,8)\%$, согласуется с предсказанием модели Глаубера.

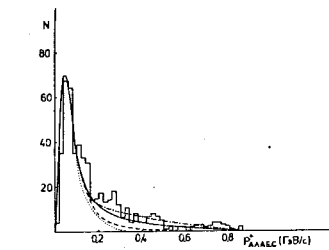


Рис.7. Экспериментальное (гистограмма) и теоретические распределения быстрых положительных частиц для dd -взаимодействий при 12 ГэВ/с (в а.л.с.).

кривая). Видно, что учет всех фоновых процессов объясняет превышение экспериментального распределения при $P_{a.l.s.} \gtrsim 0,2$ ГэВ/с над теоретическим распределением (интересующих нас протонов-спектраторов), обусловленным волновой функцией Хильтена. Определенная с учетом этого фона доля многократных процессов, равная $(10,1 \pm 2,8)\%$, согласуется с предсказанием модели Глаубера.

В главе 3 изучаются характеристики квазисвободных неупругих $\bar{n}n$ - и nn -взаимодействий при 6,1 ГэВ/с, которые выделяются по наличию в $\bar{d}d$ - и dd -событиях одновременно быстрого антипротона (протона) и медленного протона-спектраторов. В анализе использовалось ~ 2000 nn -событий, отобранных при просмотре, и ~ 300 $\bar{n}n$ -событий, полученных после измерения, геометрической реконструкции и кинематического анализа $\bar{d}d$ -взаимодействий. Адронный фон для $\bar{n}n$ -событий не превышал 6%.

В разделе 3.1 обсуждаются некоторые следствия изоспиновой симметрии $\bar{n}n$ - и $\bar{p}p$ - (nn и pp) взаимодействий, позволяющей извлекать не измеренные до сих пор характеристики, в том числе сечения некоторых эксклюзивных каналов и сечения рождения заряженных K-мезонов.

В разделе 3.2.1 исследуются характеристики распределения по множественности заряженных частиц в $\bar{n}n$ - и nn -взаимодействиях и процессах $\bar{n}n$ -аннигиляции. Получены топологические сечения всех изучаемых типов реакций. Значения средних множественностей равны $\langle n \rangle_{\bar{n}n} = (2,96 \pm 0,10)$ и $\langle n \rangle_{nn} = (2,15 \pm 0,05)$. Эти значения меньше, чем соответственно в $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействиях (при равных энергиях), при этом наблюдаемая разница согласуется с оценками, полученными в разделе 3.1. Для $\bar{n}n$ - и nn -соударений получены одинаковые значения $\langle n \rangle / \sqrt{D}$ (D - корень квадратный из дисперсии распределения по n), равные соответственно $1,74 \pm 0,07$ и $1,69 \pm 0,06$. Этот результат отличается от наблюдаемой разницы $\langle n \rangle / \sqrt{D}$ -отношений для $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействий в рассматриваемой области энергий (рис.8) и не подтверждает предположения* о том, что раннее скейлинговое поведение величины $\langle n \rangle / \sqrt{D}$ для $\bar{p}p$ -соударений обусловлено процессом аннигиляции (вклад которого одинаков в $\bar{p}p$ - и $\bar{n}n$ -взаимодействиях).

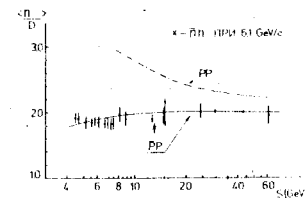


Рис.8. Энергетическая зависимость отношения $\langle n \rangle / \sqrt{D}$.

В разделе 3.2.2 проводится эксклюзивный анализ $\bar{n}n$ -взаимодействий при 6,1 ГэВ/с. Определены сечения отдельных каналов $\bar{n}n$ -взаимодействий и суммарные для всех каналов сечения рождения K^\pm -мезонов, протонов и антипротонов. На примерах импульсных и угловых распределений различных частиц показана правомерность процедуры идентификации каналов реакций и сортов частиц.

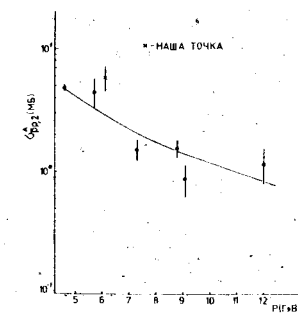


Рис.9. Зависимость от импульса (в л.с.к.) сечения 2-лучевых процессов $\bar{p}p$ -аннигиляции.

В разделе 3.2.3 путем совместного анализа изоспин-симметричных каналов $\bar{n}n$ - и $\bar{p}p$ -взаимодействий определены (ранее неизвестные) сечение двойной перезарядки $G(\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n, m \pi^0, m \geq 0) = (2,5 \pm 0,4)$ мб и сечение $\bar{p}p$ -аннигиляции $G_0^A = (0,46 \pm 0,50)$ мб для 0-лучевых $\bar{p}p$ -взаимодействий.

* F.T.Dao et al. Phys.Lett., 45B, 513 (1973).

Определены также сечения двойной перезарядки и аннигиляции для 2-лучевых $\bar{p}p$ -взаимодействий. Значения этих сечений не противоречат сечениям, полученным ранее при некоторых предположениях о спектре недостающих масс, что для процесса $\bar{p}p$ -аннигиляции демонстрируется на рис.9.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

1. Выполнен цикл работ по исследованию характерных свойств взаимодействия антинуклонов с нуклонами, проявляющихся в процессе множественного образования адронов в $\bar{p}p$ -соударениях при 22,4 ГэВ/с.

Значительная экспериментальная статистика (~ 70000 $\bar{p}p$ -взаимодействий) и 4П-геометрия экспериментальной установки позволили провести исследования как в полном фазовом пространстве, так и в отдельных его областях. Отдельно изучались характеристики Π^{\pm} -мезонов, протонов и нейтральных странных частиц (K_S^0 и Λ) для процессов аннигиляции и неаннигиляции.

Для выделения нейтральных странных частиц была создана специальная методика, позволявшая классифицировать однозначно $\sim 99\%$ K_S^0 -мезонов и $\Lambda/\bar{\Lambda}$ -гиперонов, общее число которых составило ~ 3500 .

2. Исследование процесса аннигиляции антибариона и бариона в конечные мезонные состояния показало, что характерные свойства этого процесса в одинаковой степени проявляются как для Π^{\pm} -мезонов, так и для более тяжелых K^0/\bar{K}^0 -мезонов с отличной от нуля странностью. К таким характерным свойствам относятся повышенная в два раза средняя множественность Π^{\pm} - и K^0/\bar{K}^0 -мезонов, более высокий (чем в неаннигиляционном процессе) их поперечный импульс, более жесткие распределения мезонов по переменной Фейнмана x в области фрагментации $|x| \geq 0,3+0,4$.

3. В результате численного расчета x -распределений Π^- - и K^0/\bar{K}^0 -мезонов, выполненного в рамках рекомбинационной кварковой модели, показано, что повышенная жесткость этих распределений в процессе аннигиляции количественно правильно воспроизводится при введении механизма аннигиляции медленных валентных кварков и антикварков взаимодействующих частиц. При этом, правильное описание достигается при рассмотрении конститuentных кварков, поскольку аннигиляция токовых валентных кварков и антикварков (с известными функциями распределения) приводит к слишком слабому эффекту.

4. При изучении неаннигиляционного процесса с образованием протонов и Λ -гиперонов в конечном состоянии установлено, что этот процесс обладает рядом особенностей по сравнению с протон-протонными взаимодействиями при близкой энергии.

К таким особенностям относятся: большее инклюзивное сечение рождения $\Lambda/\bar{\Lambda}$ частиц в $\bar{p}p$ -взаимодействиях (превышение составляет $27 \pm 3\%$), более жесткие x -распределения (в с.д.м.) протонов и Λ -гиперонов в области фрагментации протона-мишени (при $x \leq -0,6$), повышенная жесткость x - и P_T^2 -распределений Π^+ -мезонов, сопровождающих протоны с ограниченным импульсом, $P \leq 1,2$ ГэВ/с (в л.с.к.). Установлено также, что разница сечений рождения протонов в $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействиях в области $x \leq -0,7$ растет с ростом множественности заряженных частиц (n) и для $n \geq 6$ составляет $(38 \pm 5)\%$ (от сечения в pp -взаимодействиях в этой области).

5. Сравнение с кварковыми моделями показало, что привлечение только механизма фрагментации кварков (антикварков) и дикварков (антидикварков), например, во фрагментационной $\angle u\bar{u}\bar{d}$ -модели недостаточно для объяснения наблюдаемых особенностей в неаннигиляционном $\bar{p}p$ -процессе. Использование дополнительно механизма, отображаемого планарными диаграммами в дуальной партонной модели, позволяет качественно объяснить различия x -распределений протонов в $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействиях.

6. Проведены первые исследования неупругих взаимодействий антиядер-антидейтронов с ядрами-дейтронами (при 12,2 ГэВ/с).

Впервые также изучены характеристики множественного образования частиц при взаимодействии легчайших ядер (дейтронов с дейтронами при 12,2 ГэВ/с).

Для получения необходимой экспериментальной информации разработана методика просмотра и измерения событий, зафиксированных в водородной пузырьковой камере "Людмила" с внутренней трекочувствительной дейтериевой мишенью (ВТМ). Модифицирована система математических программ геометрической реконструкции и кинематического анализа событий с учетом конструктивных изменений установки "Людмила" с ВТМ. Решены методические вопросы учета фоновых взаимодействий.

7. Установлено, что при взаимодействии легчайших ядер (антиядер) проявляется эффект ядерного "размножения", приводящий к увеличению средней множественности заряженных частиц в dd - и $\bar{d}\bar{d}$ -взаимодействиях соответственно в $1,059 \pm 0,015$ и в $1,065 \pm 0,02$ раз по сравнению со средними множественностями в NN - и $\bar{N}\bar{N}$ -соударениях.

Обнаружено также, что распределение Π^+ -мезонов по переменной Фейнмана x в $\bar{d}d$ -взаимодействиях более жесткое, чем в $\bar{N}N$ -взаимодействиях при равной энергии на нуклон.

Показано, что величина ядерного "размножения" и доля многократных процессов ($10,1 \pm 2,8\%$), определенная в dd -взаимодействиях выделением реакции стриппинга, соответствуют вкладам однократных и многократных процессов, предсказываемым в модели Глаубера.

8. Анализ разностей топологических сечений $\bar{d}d$ - и dd - взаимодействий указывает на подавляющий вклад процессов $\bar{d}d$ -аннигиляции, в которых аннигилирует одна $\bar{N}N$ -пара. Верхняя оценка доли процессов полной $\bar{d}d$ -аннигиляции ($\bar{d}d \rightarrow$ мезоны) составляет $\sim 1,5\%$ от неупругого сечения.

9. Исследованы квазисвободные неупругие взаимодействия анти-нейтронов и нейтронов с нейтронами при 6,1 ГэВ/с.

Показано, что замена взаимодействующих заряженных нуклонов и антинуклонов на нейтральные приводит к снижению соответственно на (20+25)% и на (10+15)% средней множественности заряженных частиц ($\langle n \rangle$) и к более широкому KNO -распределению.

Установлено, что отношения $\langle n \rangle / \langle \bar{n} \rangle$ для $\bar{p}n$ - и pn - взаимодействий совпадают в пределах ошибок. Такое совпадение не подтверждает существующее предположение, объясняющее различие этой величины для $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействий влиянием процесса аннигиляции.

10. На основании изоспиновой симметрии $\bar{p}n$ - и pp -взаимодействий получены значения сечений $\bar{p}p$ -каналов двойной перезарядки

$$\sigma(\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n m \bar{\pi}^0, m \geq 0) = (2,5 \pm 0,4) \text{ мб},$$

$$\sigma(\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n \bar{\pi}^+ \pi^- m \bar{\pi}^0, m \geq 0) = (2,2 \pm 0,6) \text{ мб}$$

и аннигиляции

$$\sigma(\bar{p}p \rightarrow \pi^0\text{-мезоны}) = (0,46 \pm 0,50) \text{ мб},$$

$$\sigma(\bar{p}p \rightarrow \pi^+ \pi^- m \bar{\pi}^0, m \geq 0) = (5,9 \pm 1,4) \text{ мб}.$$

Отметим, что указанные сечения в других экспериментах либо не определялись (для нейтральных каналов), либо были получены при некоторых предположениях о спектрах недостающих масс.

Результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в работах:

1. Б.В.Батюня, И.В.Богуславский, А.Г.Заикина. Методика обработки событий с образованием странных частиц и γ -квантов в $\bar{p}p$ -взаимодействиях при 22,4 ГэВ/с. - Сообщение ОИЯИ, I-III 94, Дубна, 1978.
2. В.В.Ватушья, I.V.Boguslavsky, I.M.Gramenitsky, R.Lednicky, V.Vrba, E.G.Boos, D.I.Ermilova, V.V.Samoilov, T.Temiraliev, P.Villanen, E.Walck, R.K.Dementiev, L.A.Korzhevina, E.M.Leikin, V.T.Rud, L.A.Tikhonova, S.V.Levonian, I.Herynek, M.Lokajicek, J.Ridky, V.Simak, M.Suk, A.Valkarova, G.O.Kuratashvili, T.P.Topuriya, V.D.Tsintsadze. Inclusive K_S^0, Λ and $\bar{\Lambda}$ -Production in $\bar{p}p$ -Interactions at 22,4 GeV/c. - Z.Phys., G25, 213 (1984).
3. А.С.Артюнян, С.Г.Бадалян, Б.В.Батюня, Д.Брунцко, В.Врба, А.Дирнер, И.М.Граменицкий, В.Г.Иванов. Программа геометрической реконструкции для установки "Людмила" с внутренней трекочувствительной мишенью. - Сообщение ОИЯИ, IO-84-450, Дубна, 1984.

4. Б.В.Батюня, И.М.Граменицкий, К.С.Медведь. Оценка разностей средних множественностей заряженных частиц в $\bar{p}p$ - и pn -взаимодействиях при первичном импульсе ~ 7 ГэВ/с. - Сообщение ОИЯИ, I-84-776, Дубна, 1984.
5. Б.В.Батюня, Д.Брунцко, В.Врба, Р.Ледницки, И.М.Граменицкий, В.И.Молостова. Определение оптических констант установки "Людмила" с внутренней трекочувствительной мишенью. - Сообщение ОИЯИ, I-84-779, Дубна, 1984.
6. Б.В.Батюня, Д.Брунцко, В.Врба, И.М.Граменицкий, С.В.Левонян, В.Н.Семенов. Методика измерения и обработки $\bar{d}d$ - и dd -взаимодействий на материалах установки "Людмила" с внутренней трекочувствительной мишенью. - Сообщение ОИЯИ, PI-85-476, Дубна, 1985.
7. Б.В.Батюня, Д.Брунцко, И.М.Граменицкий, А.Дирнер, С.В.Левонян. Программа кинематического анализа событий для установки "Людмила" с внутренней трекочувствительной мишенью. - Сообщение ОИЯИ, PI-85-711, Дубна, 1985.
8. В.В.Ватушья, I.V.Boguslavsky, D.Bruncko, I.M.Gramenitsky, R.Lednicky, K.S.Medved, V.Vrba, E.Balea, C.Coca, T.Ponta, P.Murin, L.Sandor, L.K.Gladilin, R.K.Dementiev, E.M.Leikin, N.P.Novokshyanov, V.T.Rud, L.A.Tikhonova, S.V.Levonian, I.Herynek, P.Staroba, M.Lokajicek, V.Simak, J.Vavra, R.Leitner, M.Suk, A.Valkarova, H.Kanazirsky, Z.Zlatanov, D.E.Bakhtadze, G.O.Kuratashvili, T.P.Topuria, N.M.Agababian, N.B.Dashian, A.R.Kanetsian, A.Z.Kirkosian. Characteristics of charged particle multiplicity for $\bar{p}n$ and pn interactions and $\bar{p}n$ annihilations at 6,1 GeV/c. - Czech.J. of Phys., B36, 1273 (1986).
9. Б.В.Батюня, И.В.Богуславский, Д.Брунцко, И.М.Граменицкий, Р.Ледницки, К.С.Медведь, В.В.Ужлинский, С.Ю.Шмаков, Е.Балеа, К.Кока, Н.М.Агабабян, Н.Б.Дашьян, А.Р.Кацян, З.А.Киракосян, П.Муринь, Л.К.Гладилин, О.В.Гришина, Р.Н.Дементьев, Е.М.Лейкин, Н.П.Новокшанов, Н.А.Пожидаева, В.П.Руковичкин, Л.А.Тихонова, П.С.Баранов, С.В.Левонян, И.Вавра, И.Геринек, М.Локаичек, В.Шимака, А.Валкаророва, Р.Лейтнер, П.Староба, М.Сук, З.Златанов, Х.Каназирски. Определение топологических сечений в dd -взаимодействиях при 12 ГэВ/с. - Сообщение ОИЯИ, PI-87-340, Дубна, 1987.
10. Б.В.Батюня, И.В.Богуславский, Д.Брунцко, В.Врба, И.М.Граменицкий, Р.Ледницки, К.С.Медведь, И.Б.Пустыльник, К.Кока, Т.Понта, Н.М.Агабабян, Н.Б.Дашьян, А.Р.Кацян, З.А.Киракосян, Л.К.Гладилин, О.В.Гришина, Р.К.Дементьев, Е.М.Лейкин, Н.П.Новокшанов, Н.А.Пожидаева, В.П.Руковичкин, В.И.Рудь, Л.А.Тихонова, В.Ф.Андреев, П.С.Баранов, С.В.Левонян, П.Муринь, З.Златанов, Х.Каназирски,

- Г.О. Кураташвили, Т.П. Топурия, И.Геринек, М.Локайчек, И.Ридки, П.Староба, В.Шимак, Р.Лейтнер, М.Сук. Изучение инклюзивных характеристик dd -взаимодействий при 12 ГэВ. - Сообщение ОИЯИ, Р1-87-849, Дубна, 1987.
11. Б.В.Батюня, И.В.Богуславский, Д.Брунцко, В.Врба, И.М.Граменицкий, Р.Леднишки, К.С.Медведь, В.В.Ужинский, С.Ю.Шмаков, Е.Балеа, К.Кока, Т.Понта, Н.М.Агабабян, Н.Б.Дашьян, А.Р.Канецян, З.А.Киракосян, П.Муринь, П.С.Баранов, С.В.Левонян, Л.К.Гладилин, О.В.Гришина, Р.К.Дементьев, Е.М.Лейкин, Н.П.Новокшанов, Н.А.Пожидаева, В.П.Руковичкин, В.И.Рудь, Л.А.Тихонова, И.Вавра, И.Геринек, М.Локайчек, П.Староба, В.Шимак, М.Сук, Р.Лейтнер, З.Златанов, Х.Каназирски. Определение топологических сечений неупругих dd -взаимодействий при импульсе 12 ГэВ/с. - Ядерная физика, 47, 1278 (1988).
12. Б.В.Батюня, И.В.Богуславский, Д.Брунцко, В.Врба, И.М.Граменицкий, Р.Леднишки, К.С.Медведь, К.Кока, Т.Понта, Н.М.Агабабян, Н.Б.Дашьян, А.Р.Канецян, З.А.Киракосян, П.Муринь, П.С.Баранов, С.В.Левонян, Л.К.Гладилин, О.В.Гришина, Р.К.Дементьев, Е.М.Лейкин, Н.П.Новокшанов, Н.А.Пожидаева, В.П.Руковичкин, В.И.Рудь, Л.А.Тихонова, И.Геринек, М.Локайчек, П.Староба, В.Шимак, М.Сук, Р.Лейтнер, З.Златанов, Х.Каназирски. Изучение nn -взаимодействий при 6,1 ГэВ/с. - Ядерная физика, 48, 746 (1988).
13. Б.В.Батюня, И.В.Богуславский, Д.Брунцко, В.Врба, И.М.Граменицкий, Р.Леднишки, К.С.Медведь, В.В.Ужинский, С.Ю.Шмаков, К.Кока, Т.Понта, Н.М.Агабабян, Н.Б.Дашьян, А.Р.Канецян, З.А.Киракосян, Л.К.Гладилин, О.В.Гришина, Р.К.Дементьев, Е.М.Лейкин, Н.П.Новокшанов, Н.А.Пожидаева, Л.А.Тихонова, А.Г.Пузырный, В.Ф.Андреев, П.С.Баранов, С.В.Левонян, П.Муринь, З.Златанов, Х.Каназирски, Г.О.Кураташвили, Т.П.Топурия, И.Геринек, М.Локайчек, П.Староба, В.Шимак, Р.Лейтнер, М.Сук. Определение доли многократных процессов в dd -взаимодействиях при 12 ГэВ/с. - Ядерная физика, 48, 1746 (1988).
14. Б.В.Батюня, В.Г.Гришин, О.В.Гришина, Л.А.Диденко, З.В.Метревели. Анализ инклюзивных характеристик адронных взаимодействий в интервале импульсов от 4 до 360 ГэВ/с с помощью Лунд-модели. - Ядерная физика, 49, 787 (1989).
15. Б.В.Батюня, И.М.Граменицкий, Г.О.Кураташвили, Р.Леднишки, В.И.Рудь, Т.П.Топурия. Особенности неаннигиляционных pp -взаимодействий при импульсе 22,4 ГэВ/с. - Ядерная физика, 51, вып.5-6 (1990); Препринт ОИЯИ, Р1-89-556, Дубна, 1989.

Рукопись поступила в издательский отдел

9 апреля 1990 года.