



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

98-47

На правах рукописи

Уваров Владимир Анатольевич

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
АДРОННЫХ РАСПАДОВ Z^0 НА УСТАНОВКЕ DELPHI
НА УСКОРИТЕЛЕ LEP ЦЕРН
И ПОИСК ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В ОБРАЗОВАНИИ ЧАСТИЦ
В ПРОЦЕССАХ e^+e^- -АННИГИЛЯЦИИ
И В АДРОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ**

01.04.23 – физика высоких энергий

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук

Протвино 1998

УДК 539.1.07

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук В.В. Анисович, доктор физико-математических наук А.И. Голутвин, член-корреспондент РАН С.П. Денисов .

Ведущая организация – Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна).

Защита диссертации состоится “_____” _____ 1998 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д034.02.01 при Институте физики высоких энергий по адресу: 142284, Протвино Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИФВЭ.

Автореферат разослан “_____” _____ 1998 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д034.02.01

Ю.Г. Рябов

© Государственный научный центр
Российской Федерации
Институт физики высоких энергий, 1998

Общая характеристика работы

Целью диссертационной работы является представление результатов экспериментальных исследований характеристик инклюзивного образования частиц и резонансов при адронных распадах Z^0 -бозона, полученных автором в эксперименте DELPHI на ускорителе LEP в ЦЕРНе [1]-[12], и результатов поиска закономерностей в образовании адронов и их сопоставления в процессах e^+e^- -аннигиляции и в адронных реакциях, также полученных автором [13]-[20]. В диссертации также фрагментарно (из-за ограничений на объем) представлены некоторые из результатов, полученных автором в K^+p -эксперименте при 32 ГэВ/с на пузырьковой камере “Мирабель” в ИФВЭ [21,22] и в K^+/π^+p -эксперименте при 250 ГэВ/с на Европейском гибридном спектрометре (ЕГС) в ЦЕРНе [23]-[28].

Актуальность и научная новизна затронутых в диссертации проблем определяются прежде всего получением основанных на большой статистике результатов исследований адронных распадов Z^0 -бозона в эксперименте DELPHI на ускорителе LEP в ЦЕРНе [1]-[12].

В работах по исследованию характеристик множественного образования заряженных частиц в e^+e^- -столкновениях [2]-[7] в отличие от результатов, полученных в p^+p -реакциях, обнаружено выполнение *КНО-скейлинга* (скейлинга Кобы – Нильсена – Олесена) в широком диапазоне энергий от 14 – 22 до 91 ГэВ. *Впервые* для e^+e^- -реакций получены и проанализированы распределения по множественности заряженных частиц в ограниченных интервалах быстрот и для событий с фиксированным числом струй. *Обнаружена структура (плечо)* в распределениях по множественности в центральных интервалах быстрот, показано, что эта структура связана с наложением распределений для двухструйных (с относительно небольшими множественностями) и многоструйных (с относительно большими множественностями) событий.

В работе [1] (второй с начала эксперимента DELPHI) по измерению распределений по коллективным переменным (траст, сферисити и т.д.) сделан первый

важный шаг на пути к дальнейшему использованию этих переменных для точной юстировки фрагментационных моделей и для измерения энергетической зависимости константы связи сильных взаимодействий α_s .

Исследование угловых ориентаций струй в трехструйных адронных событиях [8], в результате которого было получено хорошее согласие экспериментальных распределений с предсказаниями квантовой хромодинамики (КХД), позволило исключить теорию со скалярным глюоном.

Применение разработанной автором для экспериментов на камере “Мирабель” [21,22] и на ЕГС [23]-[28] методики определения сечений образования (выходов) резонансов и ее развитие для существенно более сложных условий эксперимента DELPHI (с использованием корректных процедур учета несовершенства установки и остаточных корреляций Бозе – Эйнштейна) позволили измерить полные выходы и дифференциальные сечения нескольких мезонных резонансов и $\Delta^{++}(1232)$ -изобары при адронных распадах Z^0 -бозона [9]-[11]. При этом выходы таких векторных мезонов, как $\rho^0(770)$, $K^{*\pm}(892)$, $K^{*0}(892)$ и $\phi(1020)$, определены с намного лучшей точностью, чем это было сделано в e^+e^- -экспериментах при меньших энергиях. Характеристики образования $\rho^0(770)$ -, $f_0(980)$ - и $f_2(1270)$ -мезонов [9] были получены впервые среди четырех экспериментов на ускорителе LEP.

До получения результатов по инклюзивному образованию $\Delta^{++}(1232)$ -изобары [10] аналогичные исследования были проведены незадолго до этого только в экспериментах ARGUS и OPAL. Установление одинаковой формы инклюзивных x_p -распределений (т.е. дифференциальных сечений $(1/\sigma_h) \cdot d\sigma/dx_p$, где $x_p = 2p/\sqrt{s}$, а σ_h — сечение реакции $e^+e^- \rightarrow hadrons$) для $\rho^0(770)$ - и $f_0(980)$ -мезонов [9] поставило под сомнение предположение Грибова об особой роли $f_0(980)$ -мезона в динамике конфайнмента кварков. Обнаружение достаточно больших сечений образования тензорных мезонов [9,11] сделало необходимым их включение в популярные феноменологические модели, претендующие на описание адронных распадов Z^0 -бозона.

В диссертации представлены результаты измерения матриц спиновой плотности в системе спиральности для $\rho^0(770)$ -, $K^{*0}(892)$ - и $\phi(1020)$ -мезонов при адронных распадах Z^0 -бозона [12], полученные на полной статистике, накопленной DELPHI на LEP 1. Вместе с результатом OPAL для самых энергичных $\phi(1020)$ -мезонов это первое измерение матриц спиновой плотности векторных мезонов в e^+e^- -столкновениях. В области фрагментации первичных кварков в процессах $Z^0 \rightarrow q\bar{q}$ обнаружена заметная выстроенность спинов этих векторных мезонов с предпочтительной спиральностью $\lambda = 0$.

Впервые проведено сравнение выстроенностей спинов векторных мезонов, образующихся при адронных распадах Z^0 -бозона и в адронных реакциях $K^+p \rightarrow K^{*0}(892) + X$ и $\pi^+p \rightarrow \rho^0(770) + X$ при 250 ГэВ/c, также исследованных автором диссертации в эксперименте на ЕГС [28]. Оно показало наличие качественно одинаковой, поперечной, выстроенности спинов $K^{*0}(892)$ - и $\rho^0(770)$ -мезонов, образующихся в области фрагментации первичных кварков в процессах e^+e^- -аннигиляции и в области фрагментации валентных кварков налетающих мезонов в адронных реакциях.

К числу актуальных результатов диссертации следует отнести и установление нескольких достаточно общих закономерностей в образовании адронов в e^+e^- -аннигиляции и в адронных реакциях.

Экспериментальное обнаружение сравнительно больших сечений образования *барионов*, а также приблизительного подобия форм инклюзивных распределений *мезонов* и *барионов* в реакциях при больших энергиях часто приписывается исследованиям, выполненным в e^+e^- -экспериментах на ускорителе РЕР. В действительности, этот вывод был *впервые* сделан в K^+p -эксперименте на камере “Мирабель” при сравнении характеристик инклюзивного образования странных $\bar{\Lambda}^-$ и $\bar{\Sigma}^\pm(1385)$ -антибарионов и странных K_S^0 - и $K^*(892)$ -мезонов [22]. Близкие по форме инклюзивные спектры этих частиц (несмотря на некоторые их отличия, обусловленные ограничениями на фазовый объем и разными вкладами диффракционных процессов) свидетельствовали о практически одинаковом механизме их образования при фрагментации странного валентного \bar{s} -кварка налетающего K^+ -мезона. Вообще, вся совокупность данных по инклюзивному образованию адронов, полученных в экспериментах на камере “Мирабель” и на ЕГС (см. работы [21]-[28] и приведенные там ссылки), показала, что инклюзивные распределения адронов, образующихся при фрагментации одного и того же валентного кварка (дикварка), очень близки по форме. Неудивительно, что такие же свойства наблюдаются и при фрагментации кварков, образующихся в процессах $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$.

В диссертации показана *идентичность* зависимостей от энергии в с.д.и. (\sqrt{s}) средней множественности заряженных частиц в e^+e^- - и $p^\pm p$ -реакциях [15]. На первый взгляд, эти зависимости весьма разные. Однако это связано с тем, что в $p^\pm p$ -взаимодействиях заметная доля энергии уходит на так называемые *лидирующие частицы* — фрагменты первичных протонов (антипротонов), а не на образование новых частиц, как это происходит в процессах e^+e^- -аннигиляции. Соответствующий учет доли энергии, расходуемой в $p^\pm p$ -взаимодействиях на лидирующие частицы, привел к установлению *универсальности* энергетических зависимостей средней множественности заряженных частиц в e^+e^- - и $p^\pm p$ -реакциях. Следует отметить, что такая же универсальность была предсказана теоретиками ИФВЭ Петровым, Киселевым и Ющенко и для глубоконеупругих лептон-нуклонных процессов.

К интересному результату диссертации относится обнаружение *универсальной зависимости* от массы выходов частиц в процессах e^+e^- -аннигиляции [19]. Из квантовой механики следует, что для частицы со спином J число возможных состояний с разными проекциями спина равно $2J + 1$. Поэтому можно предположить, что выходы векторных и псевдоскалярных мезонов (членов декуплета и октета барионов) должны соотноситься как их спиновые факторы $2J + 1$, т.е. как 3:1 (4:2). Между тем несмотря на это, казалось бы, очевидное утверждение, экспериментальная ситуация на протяжении вот уже нескольких десятилетий оставалась неясной. Экспериментальные значения отношения сечений инклюзивного образования векторных и псевдоскалярных мезонов оказывались примерно одинаковыми, хотя и высказывались предположения, что это может быть связано с отличием в

их массах [18]. Поэтому в некоторых современных моделях образования частиц, в том числе и основанных на КХД, предполагалось, что вероятности образования $q\bar{q}$ -пар ($q = u, d, s$) со спинами 1 и 0 практически не отличаются.

Еще более сильной предполагалась подавленность $\frac{3}{2}^+$ -декуплета барионов по сравнению с $\frac{1}{2}^+$ -октетом. Так, в наиболее популярной и распространенной модели Jetset подавленность дикварка со спином 1 по отношению к дикварку со спином 0 составляет $\frac{1}{3}(qq_1/qq_0) = 0,05$. В диссертации экспериментально доказано [19], что, напротив, спиновый фактор $2J + 1$ хорошо работает при соответствующем учете отличий в массах частиц. Выходы частиц, принадлежащих мезонным 0^- - и 1^- -нонетам и барионным $\frac{1}{2}^+$ -октету и $\frac{3}{2}^+$ -декуплету, просуммированные по всем проекциям изотопического спина (*для формализации записи* модифицированного для странных мезонов и мезонных изосинглетов) и взвешенные с фактором $1/(2J + 1)$, в процессах e^+e^- -аннигиляции описываются (за исключением пионов) как функция массы (M) одной универсальной зависимостью — простой экспоненциальной функцией $a \cdot \exp(-bM^2)$ с не зависящим от энергии \sqrt{s} параметром наклона b . Более того, такая же закономерность была впоследствии обнаружена и в $p^\pm p$ -реакциях, и в столкновениях тяжелых ионов.

Одним из результатов диссертации является обнаружение приблизительного подобия энергетических зависимостей средней множественности заряженных частиц ($\langle n_{ch} \rangle$) и выходов различных частиц ($\langle part \rangle$) в процессах e^+e^- -аннигиляции, т.е. приблизительного скейлинга *относительных* выходов частиц ($\langle part \rangle / \langle n_{ch} \rangle$) в диапазоне энергий PEP-PETRA – LEP 1 [20]. Это позволило сделать оценки выходов частиц при энергиях LEP 2.

Наконец, актуальной проблемой в физике адронных распадов Z^0 -бозона является и обсуждаемый в диссертации вопрос о применимости гипотезы локальной партон-адронной дуальности (ЛПАД) и *степени проявления* эффекта когерентного излучения мягких глюонов в экспериментальных импульсных распределениях частиц [17].

Автор защищает полученные в эксперименте DELPHI при адронных распадах Z^0 -бозона результаты измерения и исследования:

- распределений по множественности заряженных частиц и их моментов;
- угловых ориентаций струй в трехструйных событиях;
- распределений по инклюзивным переменным заряженных частиц и по коллективным переменным события в целом;
- полных и дифференциальных сечений инклюзивного образования векторных $\rho^0(770)^-$, $K^{*\pm}(892)^-$, $K^{*0}(892)^-$ и $\phi(1020)$ -мезонов, тензорных $f_2(1270)^-$, $K_2^{*\pm}(1430)^-$ и $K_2^{*0}(1430)^-$ -мезонов, скалярного $f_0(980)$ -мезона и $\Delta^{++}(1232)^-$ -изобары;
- матриц спиновой плотности $\rho^0(770)^-$, $K^{*0}(892)^-$ и $\phi(1020)$ -мезонов в системе спиральности;

а также результаты сравнительного феноменологического анализа:

- энергетических зависимостей средней множественности заряженных частиц в e^+e^- и $p^\pm p$ -реакциях;
- выходов частиц и резонансов в зависимости от их массы в e^+e^- -аннигиляции при энергиях LEP и PEP-PETRA.

Практическая ценность диссертационной работы определяется тем, что полученные экспериментальные данные и обнаруженные закономерности позволили глубже понять динамику образования частиц и резонансов в процессах e^+e^- -аннигиляции и в адронных реакциях, стимулировали дальнейшие исследования в этих направлениях в рассмотренных и в других экспериментах, способствовали развитию и проверке многих теоретических моделей. Результаты этой работы использовались при планировании e^+e^- -экспериментов при более высоких энергиях на ускорителе LEP 2 в ЦЕРНе, а также для юстировки параметров феноменологических моделей, используемых для расчета эффективностей и акцептанса экспериментальных установок.

Апробация работы и публикации. Диссертация выполнена в Институте физики высоких энергий. В ее основу положены работы [1]-[28], выполненные при участии автора в 1980 – 1997 гг. и опубликованные в журналах “Ядерная физика”, “Physics Letters B”, “Zeitschrift für Physik C”, в виде препринтов ИФВЭ и ЦЕРНа, а также в материалах международных конференций [4,6]. Основные результаты этих работ докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий, сессиях Отделения ядерной физики АН СССР, научных семинарах ИФВЭ, ЦЕРНа, университетов Вупперталя и Турина.

Структура диссертации. Работа изложена на 228 страницах, состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит 87 рисунков, 26 таблиц, список цитируемой литературы, включающий 302 пункта, и список авторов сотрудничества DELPHI.

Содержание работы

В первой главе описывается экспериментальная установка DELPHI на ускорителе LEP в ЦЕРНе с несколько бóльшим ударением только на те аспекты, которые использовались в приведенном в диссертации анализе данных. Кратко описаны устройство, принцип работы и точностные характеристики трековых детекторов, электромагнитных и адронного калориметров, детекторов идентификации заряженных адронов, электронов, фотонов и мюонов. Описаны также триггер, алгоритмы идентификации частиц, системы сбора данных и реконструкции событий, методика моделирования установки.

Вторая глава посвящена результатам экспериментальных исследований характеристик множественного образования заряженных частиц при адронных распадах Z^0 -бозона, опубликованным в работах [2]-[7], и сравнению распределений заряженных частиц по быстроте, а также средних множественностей этих частиц в процессах e^+e^- -аннигиляции и $p^\pm p$ -столкновениях [14,15].

В разделе 2.1 этой главы изложена процедура коррекции полученных “сырых” данных. Приведены распределения по множественности заряженных частиц ($P(n_{ch})$) для всего фазового пространства и для одной полусферы в с.ц.и. Обсуждаются энергетические зависимости средней множественности заряженных частиц ($\langle n_{ch} \rangle$), отношения $\langle n_{ch} \rangle / D$ (где D — дисперсия $P(n_{ch})$) и нормированных моментов $C_l = \langle n_{ch}^l \rangle / \langle n_{ch} \rangle^l$ в процессах e^+e^- -аннигиляции; проводится их сравнение с различными моделями. Показано [2]-[4], что, начиная с $\sqrt{s} = (14 - 22)$ ГэВ и вплоть до энергий LEP, отношение $\langle n_{ch} \rangle / D$, нормированные моменты C_l и КНО-функция $\psi(z) = \langle n_{ch} \rangle \cdot P(n_{ch})$, где $z = n_{ch} / \langle n_{ch} \rangle$, не зависят от энергии, что означает выполнение КНО-скейлинга.

Полученные в эксперименте распределения по множественности заряженных частиц сравниваются (рис. 1) с отрицательным биномиальным распределением (ОБР) и модифицированным отрицательным биномиальным распределением Чижикова – Шляпникова (МОБР), а также с моделью Jetset с партоновым ливнем (PS). МОБР и Jetset PS неплохо описывают экспериментальные данные, а ОБР — несколько хуже. В этом же разделе приведены данные по корреляциям между множественностями частиц в передней и задней полусферах. Как и в адронных реакциях, эти корреляции наиболее сильно проявляются в области центральных значений быстрот и между частицами противоположного заряда.

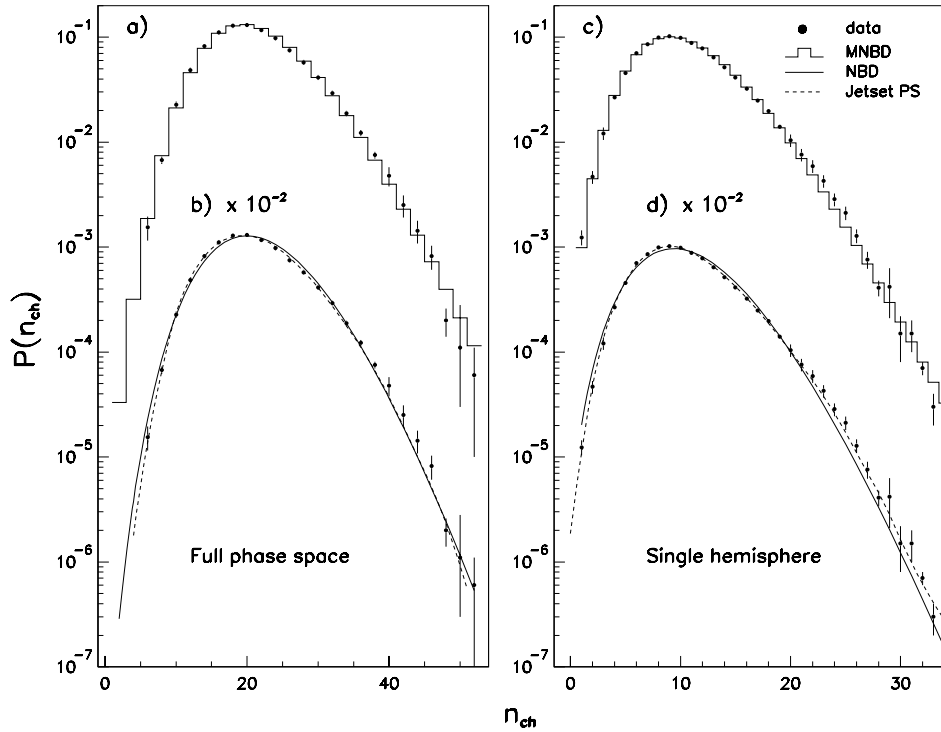


Рис. 1. Распределения по множественности заряженных частиц (\bullet) (а, б) для всего фазового пространства и (в, г) для одной полусферы в сравнении с предсказаниями модели Jetset PS (б, г — пунктирные кривые) и результатами подгонки ОБР (б, г — сплошные кривые) и МОБР (а, в — гистограммы).

В разделе 2.2 представлены распределения по множественности заряженных частиц в разных интервалах быстрот и в событиях с фиксированным числом струй в сравнении с предсказаниями модели Jetset как с партонным ливнем, так и с матричным элементом (ME). Обнаружена структура (плечо) [5,6] в распределениях по множественности заряженных частиц в центральных интервалах быстрот, предсказываемая моделью Jetset (PS и ME), но не ОБР (рис. 2).

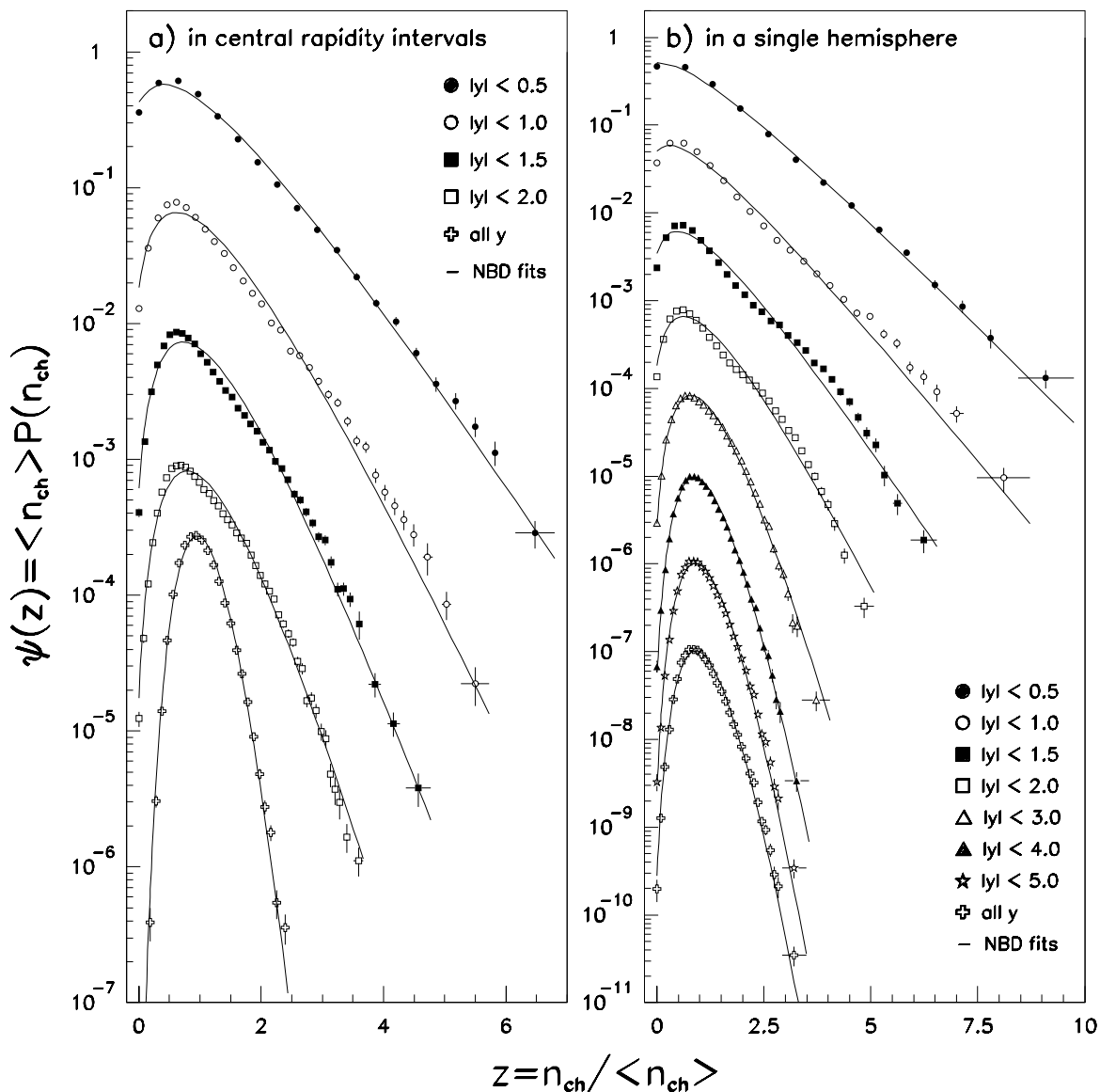


Рис. 2. Распределения по множественности заряженных частиц в виде КНО-функций в разных интервалах быстрот для (а) полных событий и (б) для одной полусферы. Кривые — результат подгонки ОБР. Каждое последующее распределение уменьшено по сравнению с предыдущим в 10 раз.

Показано, что эта структура обусловлена разными формами распределений по множественности в двухструйных (со сравнительно небольшими множественностями) и в многоструйных (с существенно большими множественностями) событиях (рис. 3).

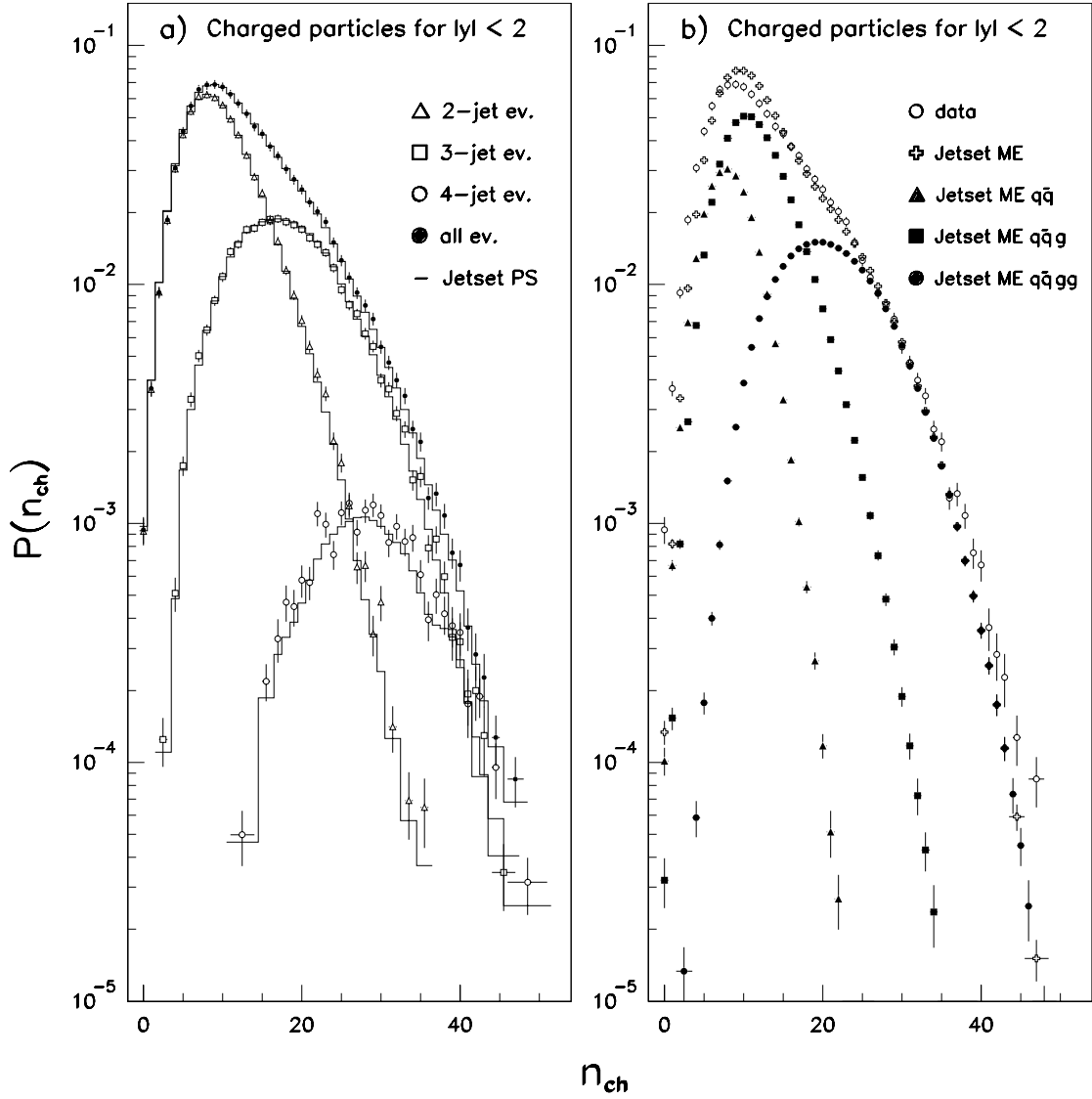


Рис. 3. Распределения по множественности заряженных частиц в интервале быстрот $|y| \leq 2$: (а) для всех событий и для событий с 2, 3 и 4 струями, выделенных с помощью JADE-алгоритма при $Y_{min} = 0,04$, вместе с предсказаниями Jetset PS; (б) для всех событий вместе с предсказаниями Jetset ME для всех событий и для событий с $q\bar{q}$, $q\bar{q}g$ и $q\bar{q}gg$ в начальном состоянии.

Представлен подробный анализ [7] распределений по множественности в разных интервалах быстрот и в событиях с фиксированным числом струй в рамках *клановой модели Ван-Хова – Жиованнини*. ОБР хорошо описывает распределения по

множественности в событиях с фиксированным числом струй. Однако полученные значения параметров клановой модели и прежде всего близкое к единице среднее число частиц в клане ($\bar{n}_c \leq 1,6$) затрудняют физическую интерпретацию клановой картины.

Раздел 2.3 посвящен сравнительному анализу ширины распределения заряженных частиц по быстроте, средней множественности этих частиц и их зависимостей от энергии в процессах e^+e^- -аннигиляции и в $p^\pm p$ -столкновениях. Описывается разработанная автором методика восстановления распределения частиц по быстроте в $p^\pm p$ -реакциях из соответствующего распределения по псевдобыстроте [13,14]. Показывается, что при одинаковой энергии \sqrt{s} ширина распределения по быстроте, определенная как $\lambda = (f(d\sigma/dy) dy) / (d\sigma/dy)_{max}$, заметно меньше в $p^\pm p$ -столкновениях, чем в процессах e^+e^- -аннигиляции, но *наклоны* энергетических зависимостей ширины λ в $p^\pm p$ - и e^+e^- -реакциях примерно одинаковы. Так, аппроксимация этих зависимостей функцией $\lambda = \varepsilon \cdot \ln(\sqrt{s}/m)$ дала следующие значения параметра наклона: $\varepsilon = 0,558 \pm 0,014$ для $p^\pm p$ - и $\varepsilon = 0,497 \pm 0,023$ для e^+e^- -данных.

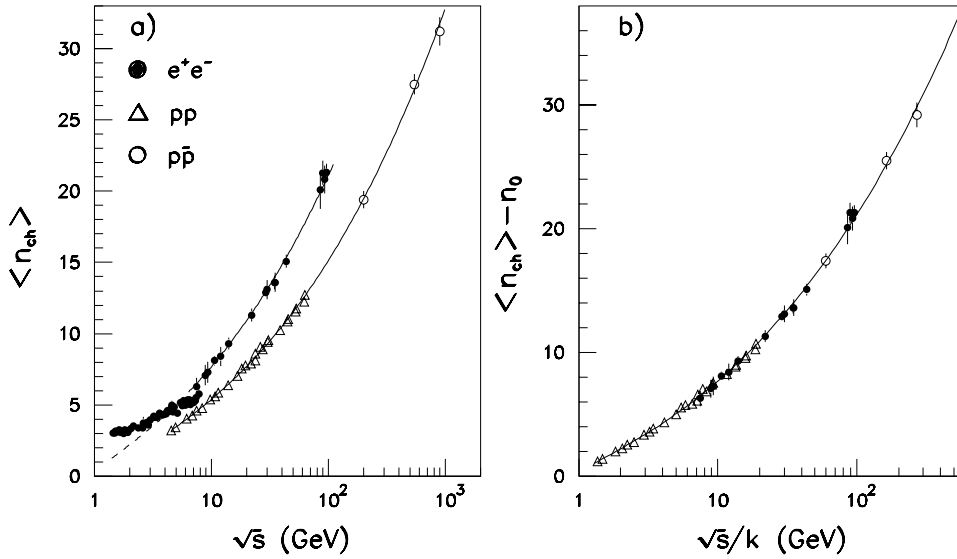


Рис. 4. Зависимости от энергии средней множественности заряженных частиц в e^+e^- - и $p^\pm p$ -столкновениях: (а) до преобразования; (б) после преобразования для $p^\pm p$ -столкновений. Кривые — результат подгонки (см. текст).

Сравнение энергетических зависимостей средней множественности заряженных частиц в процессах e^+e^- -аннигиляции и в $p^\pm p$ -столкновениях показало [15], что их различие обусловлено только тем, что в $p^\pm p$ -столкновениях заметная доля энергии уносится *лидирующими частицами* — фрагментами первичных протонов (антипротонов). Поэтому если в e^+e^- -аннигиляции зависимость средней множественности от энергии описывается некоторой функцией $\langle n_{ch} \rangle = f(\sqrt{s})$, то в $p^\pm p$ -столкновениях она трансформируется в зависимость $\langle n_{ch} \rangle = n_0 + f(\sqrt{s}/k)$, где параметр k пере-

определяет энергию, действительно расходуемую на образование вторичных частиц, а параметр n_0 можно рассматривать как усредненную множественность лидирующих частиц. Одновременная аппроксимация всех доступных к тому времени e^+e^- и $p^\pm p$ -данных с функцией $f(\sqrt{s}) = a + b \exp(c\sqrt{\ln s})$ (рис. 4) показала полную идентичность энергетических зависимостей таким образом определенных средних множественностей частиц в e^+e^- и $p^\pm p$ -столкновениях при слабой зависимости результатов от конкретного вида выбранной функции $f(\sqrt{s})$ и при разумных, с точки зрения физической интерпретации, значениях параметров $k = 3, 3 \pm 0, 4$ и $n_0 = 2, 0 \pm 0, 6$.

Третья глава посвящена анализу e^+e^- -данных в области Z^0 -пика с точки зрения *коллективных* переменных, описывающих событие в целом, таких как траст, сферисити, апланарность и т.п. (раздел 3.1), анализу угловых распределений струй в трехструйных событиях (раздел 3.2), и основывается на работах [1,8].

В разделе 3.1 представлены распределения по коллективным и инклюзивным переменным, проводится их сравнение с различными основанными на КХД моделями. *Средние значения* коллективных переменных при адронных распадах Z^0 -бозона сравниваются с аналогичными величинами, полученными в e^+e^- -экспериментах при меньших энергиях. Современные результаты DELPHI в этой области, также полученные при участии автора диссертации, намного богаче, чем представленные в этом разделе. Тем не менее мы ограничились только этими результатами, полученными непосредственно автором (что, впрочем, относится и ко всем работам, использованным в диссертации). Они интересны и как история: работа [1] — вторая из всех опубликованных сотрудничеством DELPHI статей.

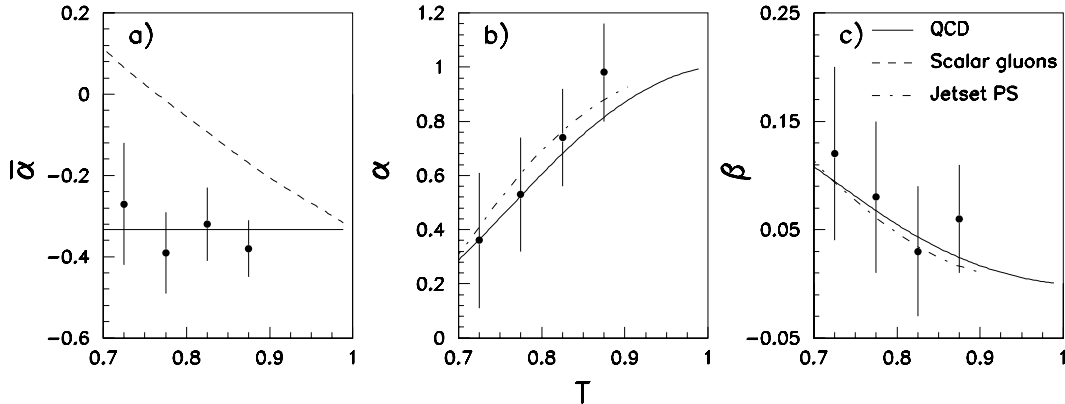


Рис. 5. Зависимости от траста (T) параметров анизотропии ($\bar{\alpha}$, α и β) распределений по углам $\bar{\theta}$, θ и χ . Сплошные, пунктирные и штрихпунктирные кривые соответствуют предсказаниям КХД, теории со скалярным глюоном и модели Jetset PS.

В разделе 3.2 представлены результаты измерения *угловых ориентаций струй* в трехструйных событиях при адронных распадах Z^0 -бозона [8]. Анализируются угловые распределения по полярному углу θ между направлением первичного электрона и осью траста, по азимутальному углу χ между плоскостью струй и плоскостью, образованной осью траста и направлением первичного электрона, и по

полярному углу $\bar{\theta}$ между направлением первичного электрона и нормалью к плоскости струй. Из анализа полученных распределений делается вывод о согласии данных с предсказаниями КХД (рис. 5). *Впервые* проведенная экспериментальная проверка *теории со скалярным глюоном в области Z^0 -пики* показала, что эта теория исключается полученными экспериментальными данными (рис. 5).

Четвертая глава, представляющая результаты, опубликованные в работах [9]-[12],[19,20], посвящена исследованиям инклюзивного образования резонансов при адронных распадах Z^0 -бозона, а также поиску экспериментальных закономерностей в выходах частиц и резонансов в процессах e^+e^- -аннигиляции как при энергии LEP, так и при меньших энергиях.

Рассматриваемые в этой главе исследования инклюзивного образования резонансов представляют достаточно непростую задачу по целому ряду причин. Первая из них связана с *несовершенством установки* и необходимостью корректного учета ограниченного акцептанса, неэффективностей детекторов и зависящего от импульса экспериментального разрешения. Вторая обусловлена большой множественностью вторичных частиц и, следовательно, *огромным комбинаторным фоном*, чрезвычайно усложняющим процедуру выделения достаточно небольших сигналов, несмотря на большую статистику и сравнительно большие сечения. Третья причина связана с необходимостью учета *отражений резонансов*, распадающихся по отличным от исследуемых модам и дающих вклады в изучаемые спектры масс из-за отнюдь не идеальной идентификации частиц.

Неожиданно к этим проблемам добавилась и необходимость учета достаточно сильного влияния *остаточных корреляций Бозе – Эйнштейна*, приводящего к заметным изменениям формы Брейта – Вигнера резонансных сигналов и смещению центральных значений их масс. Этот ранее не наблюдавшийся при меньших энергиях эффект тоже обязан большой множественности частиц в струях, при которой имеется заметная вероятность интерференции пионов от распадов резонансов, скажем $\rho^0(770)$, с другими пионами того же заряда в данном событии. Решению всех этих проблем посвящен раздел 4.1. Основы разработанной методики, в особенности учет отражений резонансов, были заложены автором, как уже отмечалось выше, при проведении экспериментов на пузырьковой камере “Мирабель” [21,22] и на ЕГС [23]-[28], а затем были существенно развиты для применения в эксперименте DELPHI [9]-[12].

Особого внимания заслуживает рассматриваемый в этом разделе метод выделения сигналов резонансов непосредственно из “сырых” спектров эффективных масс, в котором несовершенство установки и использованные при отборе данных ограничения учитываются путем корректировки не самих данных, а аппроксимирующих их функций. Этот метод, исследованный Жигуновым и др. и *впервые* примененный нами для задач определения сечений образования резонансов, использует так называемую *размазывающую матрицу* и позволяет избежать смещенных оценок параметров, которые возможны при применении более распространенного метода так называемых *корректирующих множителей*.

В разделе 4.2 представлены результаты (табл. 1) исследования инклюзивных характеристик образования $\rho^0(770)^-$, $f_0(980)^-$ и $f_2(1270)^-$ -мезонов при адронных распадах Z^0 -бозона, *впервые* проведенного на LEP [9]. Показано, что инклюзивные дифференциальные сечения $(1/\sigma_h) \cdot d\sigma/dx_p$ (x_p -распределения) $\rho^0(770)^-$ и $f_0(980)^-$ -мезонов (рис. 6а) в пределах ошибок близки по форме, что ставит под сомнение *предположение Грибова* об особой роли скалярного $f_0(980)^-$ -мезона в *динамике конфайнмента кварков*. С другой стороны, показано, что x_p -распределение тензорного $f_2(1270)^-$ -мезона несколько жестче, чем векторного $\rho^0(770)^-$ -мезона (рис. 6а). Что же касается отношения их выходов, измеренного в интервале $x_p \geq 0,05$, то оно составляет $\langle f_2 \rangle / \langle \rho^0 \rangle = 0,24 \pm 0,07$ и совместимо в пределах ошибок со средним значением отношения выходов тензорных мезонов к векторным, $0,25 \pm 0,03$, полученным в адронных реакциях (см. работу [26] и приведенные там ссылки).

Таблица 1. Инклюзивные выходы резонансов при адронных распадах Z^0 -бозона в указанных x_p -интервалах и экстраполированные с помощью модели Jetset PS до полного x_p -интервала

Резонанс	x_p -интервал	Выход в x_p -интервале	Полный выход
$f_0(980)$	0,05 – 1,0	$0,098 \pm 0,016$	$0,140 \pm 0,034$
$\rho^0(770)$	0,025 – 1,0	$0,98 \pm 0,12$	$1,21 \pm 0,15$
$K^{*\pm}(892)$	0,05 – 0,6	$0,462 \pm 0,029$	$0,712 \pm 0,067$
$K^{*0}(892)$	0,04 – 0,7	$0,570 \pm 0,054$	$0,77 \pm 0,08$
$\phi(1020)$	0,05 – 1,0	$0,080 \pm 0,005$	$0,104 \pm 0,008$
$f_2(1270)$	0,05 – 1,0	$0,170 \pm 0,043$	$0,243 \pm 0,062$
$K_2^{*\pm}(1430)$	0,05 – 0,6	$0,05 \pm 0,05$	$0,07 \pm 0,07$
$K_2^{*0}(1430)$	0,04 – 0,7	$0,065 \pm 0,032$	$0,079 \pm 0,040$
$\Delta^{++}(1232)$	0,03 – 0,8	$0,069 \pm 0,011$	$0,079 \pm 0,015$

В разделе 4.3 представлены результаты исследований инклюзивных характеристик образования $K^{*\pm}(892)^-$ и $K_2^{*\pm}(1430)^-$ -мезонов (подраздел 4.3.1), $K^{*0}(892)^-$ и $\phi(1020)^-$ -мезонов (подраздел 4.3.2), $K_2^{*0}(1430)^-$ -мезона (подраздел 4.3.3) при адронных распадах Z^0 -бозона [9,11]. Сигналы от распадов $K^{*\pm}(892)^-$ и $K_2^{*\pm}(1430)^-$ -мезонов выделялись в спектрах эффективных масс $K_S^0\pi^\pm$ -системы, от $K^{*0}(892)^-$ и $K_2^{*0}(1430)^-$ -мезонов — в спектрах $K^\pm\pi^\mp$ -системы, а от $\phi(1020)^-$ -мезона — в спектрах K^+K^- -системы. Для определения сечений образования $K^{*0}(892)^-$, $K_2^{*0}(1430)^-$ и $\phi(1020)^-$ -мезонов использовалась информация об идентификации частиц с черенковских детекторов (RICH). Определены *полные выходы* всех этих резонансов (табл. 1), а для векторных мезонов и их *дифференциальные сечения* $(1/\sigma_h) \cdot d\sigma/dx_p$ (рис. 6б). Как и следовало ожидать, полные выходы и дифференциальные сечения $K^{*\pm}(892)^-$ и $K^{*0}(892)^-$ -мезонов оказались одинаковыми в пределах ошибок. Проведено сравнение полученных результатов с предсказаниями моделей Jetset PS и Herwig. Дифференциальные сечения *векторных мезонов* неплохо согласуются с этими моделями, за исключением модели Herwig при $x_p > 0,4$, которая предсказывает заметно более жесткие x_p -распределения, чем это следует из экспериментальных данных (рис. 6б).

Измеренное нами отношение выходов странного тензорного и странного векторного мезонов, $\langle K_2^{*0} \rangle / \langle K^{*0} \rangle = 0,10 \pm 0,05$, оказалось заметно меньше других измеренных на LEP аналогичных отношений, хотя и согласуется с ними в пределах больших ошибок. Обсуждается сравнение этих отношений с соответствующими величинами в адронных реакциях. Показано также, что разные значения этих отношений на LEP могут быть объяснены отличиями в массах частиц.

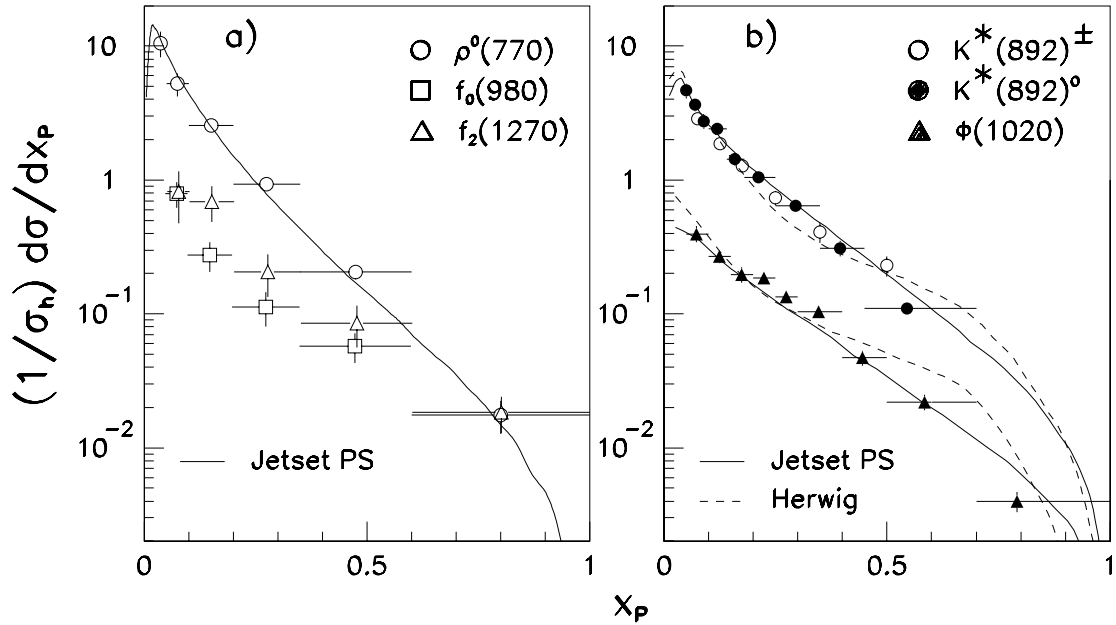


Рис. 6. x_p -распределения (а) $\rho^0(770)$ -, $f_0(980)$ -, $f_2(1270)$ -мезонов и (б) $K^{*\pm}(892)$ -, $K^{*0}(892)$ -, $\phi(1020)$ -мезонов. Сплошные линии — предсказания (для $\rho^0(770)$ -, $K^{*0}(892)$ - и $\phi(1020)$ -мезонов) модели Jetset PS с отъюстированными к данным DELPHI параметрами, пунктирные — предсказания (для $K^{*0}(892)$ - и $\phi(1020)$ -мезонов) модели Herwig с исходными значениями параметров.

В разделе 4.4 представлены результаты измерения матриц спиновой плотности $\rho^0(770)$ -, $K^{*0}(892)$ - и $\phi(1020)$ -мезонов в системе спиральности при адронных распадах Z^0 -бозона [12]. Как уже отмечалось выше, вместе с результатом OPAL для самых энергичных $\phi(1020)$ -мезонов — это первое измерение матриц спиновой плотности векторных мезонов в e^+e^- -столкновениях. Показано (табл. 2), что для достаточно мягких $K^{*0}(892)$ - и $\phi(1020)$ -мезонов, образующихся в интервале $x_p \leq 0,3$, значения ρ_{00} (элемента матрицы спиновой плотности) близки в пределах ошибок к величине $\frac{1}{3}$, что означает отсутствие выстроенности спинов. Так как в этой области x_p значительная часть $K^{*0}(892)$ - и $\phi(1020)$ -мезонов образуется в результате многочисленных распадов других более тяжелых резонансов и частиц, то полученный результат о равновероятности состояний с разными спиральностями является вполне естественным. Обсуждается связь этого результата со значением отношения выходов псевдоскалярных мезонов к векторным.

Таблица 2. Элементы матриц спиновой плотности ρ_{00} , $\text{Re}\rho_{1-1}$ и $\text{Im}\rho_{1-1}$ для $\rho^0(770)^-$, $K^{*0}(892)^-$ и $\phi(1020)^-$ -мезонов в системе спиральности в различных x_p -интервалах при адронных распадах Z^0 -бозона

Мезон	x_p -интервал	ρ_{00}	$\text{Re}\rho_{1-1}$	$\text{Im}\rho_{1-1}$
$K^{*0}(892)$	$0, 1 \leq x_p \leq 0, 3$	$0,27 \pm 0,06$	$0,00 \pm 0,02$	$-0,01 \pm 0,02$
$\phi(1020)$	$0, 05 \leq x_p \leq 0, 3$	$0,30 \pm 0,04$	$0,00 \pm 0,02$	$0,00 \pm 0,02$
$\rho^0(770)$	$x_p \geq 0, 3$	$0,42 \pm 0,04$	$0,00 \pm 0,02$	$0,00 \pm 0,02$
$K^{*0}(892)$		$0,41 \pm 0,07$	$0,01 \pm 0,03$	$-0,01 \pm 0,03$
$\phi(1020)$		$0,27 \pm 0,04$	$0,00 \pm 0,02$	$0,00 \pm 0,02$
$\rho^0(770)$	$x_p \geq 0, 4$	$0,43 \pm 0,05$	$0,01 \pm 0,02$	$-0,01 \pm 0,02$
$K^{*0}(892)$		$0,46 \pm 0,08$	$0,00 \pm 0,03$	$-0,03 \pm 0,03$
$\phi(1020)$		$0,30 \pm 0,04$	$0,01 \pm 0,02$	$-0,01 \pm 0,02$
$\rho^0(770)$	$x_p \geq 0, 5$	$0,48 \pm 0,06$	$0,02 \pm 0,03$	$0,00 \pm 0,03$
$K^{*0}(892)$		$0,47 \pm 0,10$	$-0,02 \pm 0,04$	$-0,06 \pm 0,04$
$\phi(1020)$		$0,36 \pm 0,06$	$0,02 \pm 0,03$	$0,00 \pm 0,03$
$\phi(1020)$	$x_p \geq 0, 7$	$0,55 \pm 0,10$	$0,02 \pm 0,04$	$0,00 \pm 0,04$

С другой стороны, при значениях $x_p \geq 0, 3$, $x_p \geq 0, 4$ и $x_p \geq 0, 5$, т.е. когда векторные мезоны в основном образуются в результате фрагментации первичных кварков в процессах $Z^0 \rightarrow q\bar{q}$, обнаружена (табл. 2) заметная выстроенность спинов $\rho^0(770)^-$ и $K^{*0}(892)^-$ -мезонов с $\rho_{00} > \frac{1}{3}$, т.е. с преобладанием состояний со спиральностью $\lambda = 0$. Для $\phi(1020)^-$ -мезона такой же результат был получен только при значениях $x_p \geq 0, 7$. Показано, что недиагональные элементы матриц спиновой плотности $\rho^0(770)^-$, $K^{*0}(892)^-$ и $\phi(1020)^-$ -мезонов совместимы с нулем во всех интервалах x_p . Проводится обсуждение этих результатов с точки зрения теоретических моделей, а также сравнение выстроенностей спинов векторных мезонов при адронных распадах Z^0 -бозона и в адронных реакциях $K^+p \rightarrow K^{*0}(892) + X$ и $\pi^+p \rightarrow \rho^0(770) + X$ при 250 ГэВ/с [28]. Так, в этих адронных реакциях в области фрагментации ($x_F > 0, 7$, где x_F — переменная Фейнмана) матричный элемент ρ_{00} в *поперечной системе* имеет значения $0, 13 \pm 0, 04$ и $0, 10 \pm 0, 04$ соответственно [28]. Это означает наличие качественно одинаковой — поперечной — выстроенности спинов $K^{*0}(892)^-$ и $\rho^0(770)^-$ -мезонов, образующихся в области фрагментации первичных кварков в процессах e^+e^- -аннигиляции и в области фрагментации валентных кварков налетающих мезонов в адронных реакциях.

В разделе 4.5 представлены результаты исследования инклюзивного образования $\Delta^{++}(1232)$ -изобары при адронных распадах Z^0 -бозона [10] (табл. 1). Из-за сложности выделения этого достаточно широкого резонанса над большим комбинаторным фоном подробно описывается примененная методика, в которой для идентификации протонов использовались черенковские детекторы (RICH) и измерения ионизационных потерь (dE/dx в TPC). Показана совместимость результатов, полученных при разных параметризациях фона. Форма измеренного дифференциального сечения $(1/\sigma_h) \cdot d\sigma/dx_p$ $\Delta^{++}(1232)$ -изобары (рис. 7) неплохо воспроизводится моделями Jetset PS и UCLA, а модель Herwig сильно переоценивает относительное сечение

образования $\Delta^{++}(1232)$ -изобары на первичном u -кварке, т.е. при больших значениях x_p .

Однако все эти модели завышают полный выход $\Delta^{++}(1232)$ -изобары примерно в три раза. Также втрое больше полученного нами значения оказался выход $\Delta^{++}(1232)$ -изобары, измеренный в эксперименте OPAL. Вместе с тем измеренный в эксперименте DELPHI выход $\Delta^{++}(1232)$ -изобары прекрасно согласуется со значением, предсказанным из универсальной зависимости от массы выходов частиц [19], принадлежащих мезонным 0^- - и 1^- -нонетам и барионным $\frac{1}{2}^+$ -октету и $\frac{3}{2}^+$ -декуплету.

Обнаружению этой универсальной зависимости посвящен раздел 4.6, базирующийся на работах [19,20]. В нем показано, что измеренные в экспериментах на LEP выходы частиц ($\langle particle \rangle$), принадлежащих мезонным 0^- - и 1^- -нонетам и барионным $\frac{1}{2}^+$ -октету и $\frac{3}{2}^+$ -декуплету, просуммированные по всем проекциям изотопического спина (модифицированного для формализации записи: $I_m = \frac{3}{2}$ для странных мезонов, $I_m = \frac{1}{2}$ для мезонных изосинглетов, I_m — обычный изотопический спин для всех остальных частиц) и взвешенные со спиновым множителем $1/(2J+1)$, описываются (за исключением пионов) как функция массы (M) универсальной зависимостью (рис. 8а):

$$\frac{2I_m + 1}{2J + 1} \langle particle \rangle = a \cdot \exp(-bM^2).$$

Это демонстрирует, что спиновый множитель $2J+1$ действительно работает и что предположения о подавленности (из-за спинов) выходов векторных мезонов по отношению к псевдоскалярным и декуплета барионов по отношению к октету, используемые в некоторых моделях, мало чем обоснованы.

Обнаружение этой закономерности позволило сделать предсказания о выходах $\Delta^{++}(1232)$ -изобары и Ω^- -гиперона в e^+e^- -столкновениях при энергиях LEP, которые впоследствии были подтверждены измерением выхода $\Delta^{++}(1232)$ -изобары в эксперименте DELPHI [10] (но не в эксперименте OPAL) и более точными измерениями выхода Ω^- -гиперона в экспериментах DELPHI и OPAL (которые, однако, несколько отличаются от результатов в эксперименте ALEPH).

Такая же закономерность в выходах частиц от массы обнаружена и при энергиях PEP-PETRA (рис. 8б), и, что особенно замечательно, с тем же (в пределах ошибок) значением параметра наклона b , что и для данных на LEP:

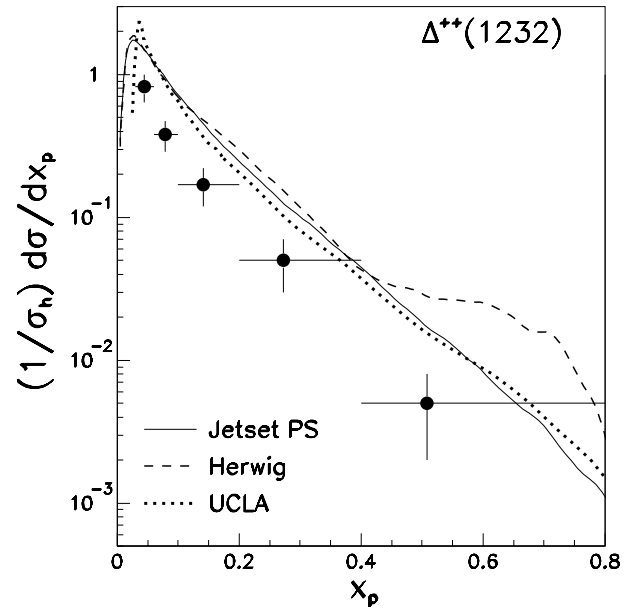


Рис. 7. x_p -распределение $\Delta^{++}(1232)$ -изобары. Кривые — предсказания моделей Jetset PS, Herwig и UCLA, взятых с их исходными значениями параметров.

$b_{LEP} = (3,872 \pm 0,027) (\text{ГэВ}/c^2)^{-2}$, $b_{PEP-PETRA} = (3,971 \pm 0,053) (\text{ГэВ}/c^2)^{-2}$. Что же касается нормировочного параметра a , то, как показано в работе [20], энергетическая зависимость этого параметра оказывается (с точностью до нормировки) приблизительно той же самой, что и для средней множественности заряженных частиц ($\langle n_{ch} \rangle$). Поэтому относительные выходы частиц $\frac{2I_m+1}{2J+1} \frac{\langle particle \rangle}{\langle n_{ch} \rangle}$ приблизительно не зависят от энергии. Это, в свою очередь, позволило путем экстраполяции зависимости $\langle n_{ch} \rangle$ от \sqrt{s} в область более высоких энергий оценить выходы частиц при энергиях LEP 2.

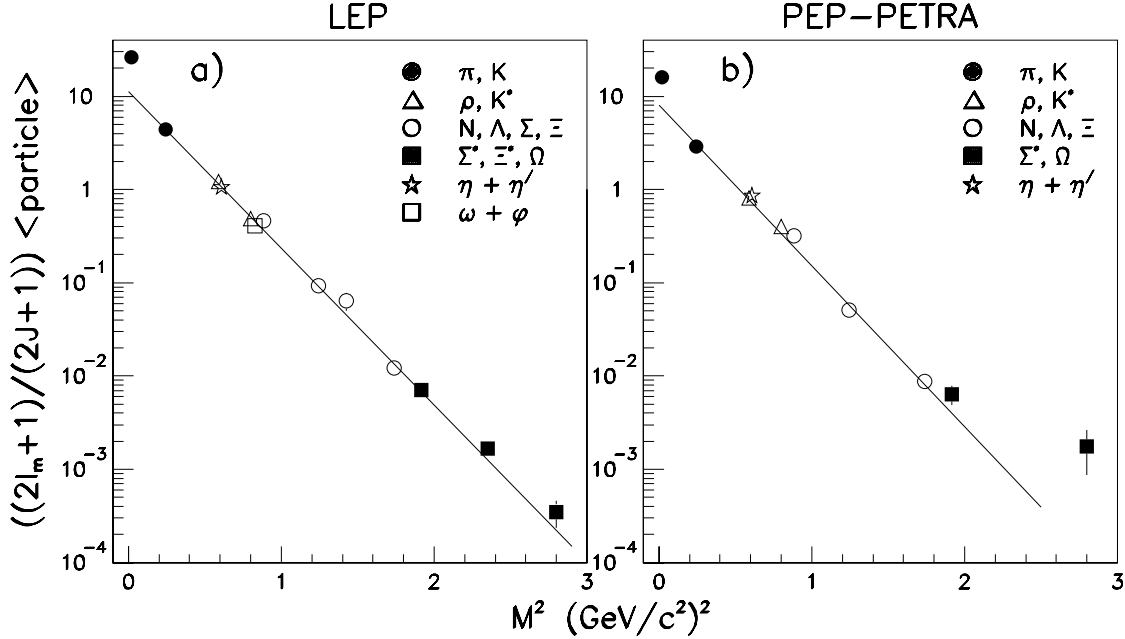


Рис. 8. Выходы барионов и мезонов при энергиях (а) LEP и (б) PEP–PETRA, просуммированные по всем проекциям *модифицированного* изоспина и отнесенные на одну проекцию спина, в зависимости от квадрата их массы. Прямые линии — результат подгонки функции $a \cdot \exp(-bM^2)$.

Пятая глава посвящена изучению *систематики* в свойствах струй, выделенных известными алгоритмами нахождения струй, и вопросу о том, проявляется ли *когерентность мягких глюонов* в импульсных спектрах адронов в e^+e^- -реакциях, как это ожидается в соответствии с гипотезой локальной партон-адронной дуальности (ЛПАД), и базируется на работах [16,17].

В разделе 5.1 на основе анализа искусственно сгенерированных трехструйных событий реакции $e^+e^- \rightarrow hadrons$ показывается [16], что применяемые алгоритмы нахождения струй приписывают заметное число медленных частиц с большими углами (и, соответственно, с большими поперечными импульсами) по отношению к направлению истинной струи, определяемому направлением первичного партона, другим струям и тем самым заметно искажают истинную композицию струй.

Обсуждается влияние соответствующей систематики на распределения по множественности частиц в кварковых и глюонных струях и на потоки частиц и энергии между струями.

В разделе 5.2 показывается [17], что некоторые *качественные* свойства импульсных спектров адронов, часто интерпретируемые как доказательство проявления эффекта когерентности при излучении мягких глюонов и, следовательно, подтверждающие гипотезу ЛПАД, обусловлены *не только* эффектом когерентности. Во всяком случае, “горбатая” структура ξ -распределений ($\xi = -\ln x_p$) приблизительно гауссовской формы (в диссертации показано, что такая же структура наблюдается и в $p^\pm p$ -реакциях) определенно следует из ограниченности поперечных импульсов и приблизительного “плато” в распределениях по скорости в центральной области, а смещение положения максимума ξ -распределения (ξ_{max}) к меньшим значениям для частиц с большей массой — из “эффекта лидирования” при фрагментации странных кварков в процессах $Z^0 \rightarrow s\bar{s}$. Неоднозначные выводы *согласно модели Jetset* следуют также и из характера зависимости ξ_{max} от энергии \sqrt{s} в силу отличающихся зависимостей от энергии ξ -распределений для первичных ($q \rightarrow qg$) и вторичных ($g \rightarrow gg$) глюонов и влияния на них аромата первичных кварков.

В Заключение перечислены основные результаты диссертационной работы и сформулированы выводы.

Список литературы

- [1] DELPHI Collab. Aarnio P. et al. *Study of Hadronic Decays of the Z^0 boson.* // Physics Letters B, 1990, v. 240, p. 271–282.
- [2] DELPHI Collab. Abreu P. et al. *Charged Multiplicity and Rapidity Distributions in Z^0 Hadronic Decays.* Preprint CERN-PPE/90-117, Geneva, 1990.
- [3] DELPHI Collab. Abreu P. et al. *Charged Particle Multiplicity Distributions in Z^0 Hadronic Decays.* // Zeitschrift für Physik C, 1991, v. 50, p. 185–194.
- [4] Uvarov V.A. *Charged Multiplicity and Rapidity Distributions in Z^0 Hadronic Decays.* — In.: Proceed. of the XX Intern. Symp. on Multiparticle Dynamics (Dortmund, 1990), p. 454–458, Eds. Baier R., Wegener D., World Scientific, Singapore, 1991.
- [5] DELPHI Collab. Abreu P. et al. *Charged Particle Multiplicity Distributions in Restricted Rapidity Intervals in Z^0 Hadronic Decays.* // Zeitschrift für Physik C, 1991, v. 52, p. 271–281.
- [6] Uvarov V.A. *Charged Particle Multiplicity Distributions in Restricted Rapidity Intervals in Z^0 Hadronic Decays.* — In.: “91 High Energy Hadronic Interactions”.

- [7] DELPHI Collab. Abreu P. et al. *Charged Particle Multiplicity Distributions for Fixed Number of Jets in Z^0 Hadronic Decays.* // Zeitschrift für Physik C, 1992, v. 56, p. 63–75.
- [8] DELPHI Collab. Abreu P. et al. *Study of Orientation of Three-jet Events in Z^0 Hadronic Decays Using the DELPHI Detector.* // Physics Letters B, 1992, v. 274, p. 498–506.
- [9] DELPHI Collab. Abreu P. et al. *Production Characteristics of K^0 and Light Meson Resonances in Hadronic Decays of the Z^0 .* // Zeitschrift für Physik C, 1995, v. 65, p. 587–602.
- [10] DELPHI Collab. Abreu P. et al. *Measurement of $\Delta^{++}(1232)$ Production in Hadronic Z Decays.* // Physics Letters B, 1995, v. 361, p. 207–220.
- [11] DELPHI Collab. Abreu P. et al., *Measurement of Inclusive $K^{*0}(892)$, $\phi(1020)$ and $K_2^{*0}(1430)$ Production in Hadronic Z Decays.* // Zeitschrift für Physik C, 1996, v. 73, p. 61–72.
- [12] DELPHI Collab. Abreu P. et al. *Measurement of the Spin Density Matrix for the ρ^0 , $K^{*0}(892)$ and ϕ Produced in Z^0 Decays.* // Physics Letters B, 1997, v. 406, p. 271–286.
- [13] Chliapnikov P.V., Likhoded A.K., Uvarov V.A. *Inclusive Cross Sections in the Central Region and the Supercritical Pomeron.* // Physics Letters B, 1988, v. 215, p. 417–420;
Лиходед А.К., Уваров В.А., Шляпников П.В. *Рост инклюзивных сечений в центральной области, двухреджеонное представление и надкритический померон.* // Ядерная физика, 1989, т. 49, с. 1689–1694.
- [14] Уваров В.А., Шляпников П.В. *О зависимости ширины и формы распределения по быстрой отрицательно заряженных частиц от энергии.* // Ядерная физика, 1989, т. 50, с. 1689–1694.
- [15] Chliapnikov P.V., Uvarov V.A. *Universality in Energy Dependence of the Average Charged Particle Multiplicity for e^+e^- and $p^\pm p$ Collisions.* // Physics Letters B, 1990, v. 251, p. 192–196.
- [16] Chliapnikov P.V., Uvarov V.A., Bianchi F. *Systematics in Properties of Jets Reconstructed by the Jet-finding Algorithms.* // Physics Letters B, 1993, v. 300, p. 183–189.

- [17] Будинов Э.Р., Уваров В.А., Шляпников П.В. *Подтверждается ли гипотеза локальной партон-адронной дуальности экспериментальными импульсными распределениями адронов в процессах e^+e^- -аннигиляции?* Препринт ИФВЭ 93-88, Протвино, 1993;
Boudinov E.R., Chliapnikov P.V., Uvarov V.A. *Is There Experimental Evidence for Coherence of Soft Gluons from the Momentum Spectra of Hadrons in e^+e^- Data?* // Physics Letters B, 1993, v. 309, p. 210–221.
- [18] Chliapnikov P.V., Uvarov V.A. *Production Ratio of Pseudoscalar to Vector Mesons.* // Physics Letters B, 1990, v. 240, p. 519–521.
- [19] Chliapnikov P.V., Uvarov V.A. *Striking Regularity in Meson and Baryon Production Rates in e^+e^- Annihilations.* // Physics Letters B, 1995, v. 345, p. 313–320.
- [20] Chliapnikov P.V., Uvarov V.A. *Approximate Scaling in Particle Production Rates in e^+e^- Annihilations and Predictions for LEP 2.* // Physics Letters B, 1996, v. 381, p. 483–485.
- [21] Сотр. СССР–ЦЕРН, Ажиненко И.В., Белокопытов Ю.А., Воробьев А.П., Князев В.В., Сорокин Г.И., Чикилев О.Г., Чунихин В.Ф., Уваров В.А., Шляпников П.В., Барс М., Ван Иммерсель М., Дюмон Ж., Грар Ф., Кастеман Ж. *Инклюзивное рождение $\Delta^{++}(1232)$ и $\Sigma^\pm(1385)$ в K^+p -взаимодействиях при 32 ГэВ/с.* Препринт ИФВЭ 80-129, Серпухов, 1980.
- [22] CERN–USSR Collab., Chliapnikov P.V., Gerdyukov L.N., Khromova G.N., Kurnosenko A.I., Riadovikov V.N., Sorokin G.I., Tchunikhin V.F., Uvarov V.A., Vorobjev A.P., Barth M., De Wolf E.A., Verbeure F., Grard F., Kesteman K. *Comparison of Strange Antibaryon and Strange Meson Production in K^+p Interactions at 32 GeV/c.* // Zeitschrift für Physik C, 1982, v. 12, p. 99–103.
- [23] EHS–NA22 Collab., Adamus M., Ajinenko I.V., Belokopytov Yu.A., Berezhnoy V.A., Bialkowska H., Böttcher H., Bruyant F., Chliapnikov P.V., Crijns F., De Roeck A., De Wolf E.A., Dziunikowska K., Endler A.M.F., Ermolov P.F., Friebel W., Gavrjusev V.G., Grässler H., Van Hal P., Karamyan J.K., Kisielevska D., Kistenev E.P., Kittel W., Krutchenko E.V., Kurnosenko A.I., Megrabyan S.S., Meijers F., Michalowska A.B., Naumann T., Nikolaenko V.I., Oliveira L.C.S., Perevozchikov V.M., Riipinen E., Ronjin V.M., Rybin A.M., Saarikko H.M.T., Saarikko Y.M.T., Severeijns D., Schmitz P., Schmitz W., Scholten L., Tchikilev O.G., Uvarov V.A., Ferbeure F., Wischnewski R., Wróblewski A., Zielinski W., Zotkin S.A. *Suppression of Valence-Quark Recombination in π^+ Fragmentation into ρ^+ .* // Physics Letters B, 1987, v. 183, p. 425–428;
Сотр. EHS–NA22, Грасслер Г., Шмитц В., Шмитц П., Бетчер Г., Вишневецки Р., Кауфман Г.Г., Фрибель В., Вербер Ф., Де Вольф Е.А., Де Рюк А., Михаловска А.Б., Адамус М., Биалковска Е., Вроблевски А.К., Степаняк Ж., Швастовски Ж., Карамян Ж.К., Меграбян С.С., Брюян Ф., Дзиниковска К., Кисилевска Д., Ковалевски М., Олкиевич К., Гаврюсев В.Г., Ермолов П.Ф., Зоткин С.А., Ван Хал П., Киттель

В., Крайнс Ф., Майерс Ф., Схолтен Л., Оливейра Л.К.С., Эндлер А.М.Ф., Ажиненко И.В., Белокопытов Ю.А., Бережной В.А., Кистенев Э.П., Крюгченко Е.В., Курносенко А.И., Николаенко В.И., Перевозчиков В.М., Роньжин В.М., Рыбин А.М., Уваров В.А., Чикилев О.Г., Шляпников П.В., Риипенен Е., Саарикко Г.М.Т., Саарикко Ю.М.Т. *Подавленность процесса рекомбинации обоих валентных кварков π^+ -мезона при его фрагментации в ρ^+* . // Ядерная физика, 1988, т. 47, с. 136–142.

- [24] EHS–NA22 Collab., Adamus M., Agababyan N.M., Ajinenko I.V., Belokopytov Yu.A., Böttcher H., Chliapnikov P.V., Crijns F., De Roeck A., De Wolf E.A., Dreher C., Dziunikowska K., Endler A.M.F., Garutchava Z.C., Gavrjusev V.G., Grässler H., Van Hal P., Karamyan J.K., Kittel W., Kisielewska D., Kurnosenko A.I., Meijers F., Michalowska A.B., Nikolaenko V.I., Olkiewicz K., Oliveira L.C.S., Pöllänen R., Ronjin V.M., Rybin A.M., Saarikko H.M.T., Schmitz W., Scholten L., Tchikilev O.G., Tikhonova L.A., Tomaradze A.G., Uvarov V.A., Verbeure F., Wischnewski R., Wróblewski A., Zotkin S.A. *A Comparison of Inclusive ρ^0 , ρ^+ and ω Production in K^+p Interactions at 250 GeV/c*. // Physics Letters B, 1987, v. 198, p. 292–296.
- [25] EHS–NA22 Collab., Adamus M., Agababyan N.M., Ajinenko I.V., Atayan M.R., Belokopytov Yu.A., Böttcher H., Chliapnikov P.V., Crijns F., De Roeck A., De Wolf E.A., Dziunikowska K., Endler A.M.F., Gavrjusev V.G., Grässler H., Van Hal P., Haupt T., Kittel W., Kisielewska D., Kurnosenko A.I., Meijers F., Michalowska A.B., Nikolaenko V.I., Oliveira L.C.S., Olkiewicz K., Pöllänen R., Roloff H.E., Ronjin V.M., Rybin A.M., Saarikko H.M.T., Saarikko Y.M.T., Schmitz W., Scholten L., Tchikilev O.G., Tikhonova L.A., Tomaradze A.G., Utochkin B.A., Uvarov V.A., Verbeure F., Wischnewski R., Wróblewski A., Zotkin S.A. *Strangeness Suppression and Inclusive ϕ and K^{*0} Production in K^+p Interactions at 250 GeV/c*. // Physics Letters B, 1987, v. 198, p. 427–432.
- [26] EHS–NA22 Collab., Agababyan N.M., Ajinenko I.V., Belokopytov Yu.A., Böttcher H., Chliapnikov P.V., Crijns F., De Roeck A., De Wolf E.A., Dziunikowska K., Garutchava Z.C., Gavrjusev V.G., Grässler H., Gulkanyan G.R., Van Hal P., Haupt T., Kittel W., Kisielewska D., Meijers F., Michalowska A.B., Nikolaenko V.I., Oliveira L.C.S., Olkiewicz K., Ronjin V.M., Rybin A.M., Saarikko H.M.T., Saarikko Y.M.T., Schmitz W., Scholten L., Tchikilev O.G., Tikhonova L.A., Tomaradze A.G., Uvarov V.A., Verbeure F., Wischnewski R., Wróblewski A., Zotkin S.A. *Inclusive Meson Resonance Production in K^+p Interactions at 250 GeV/c*. // Zeitschrift für Physik C, 1989, v. 41, p. 539–555.
- [27] EHS–NA22 Collab., Ajinenko I.V., Atayan M.R., Belokopytov Yu.A., Böttcher H., Botterweck F., Chliapnikov P.V., Crijns F., De Roeck A., De Wolf E.A., Dziunikowska K., Endler A.M.F., Eskreys A., Garutchava Z.C., Golubkov Yu.A., Grigoryan N.G., Van Hal P., Haupt T., Kittel W., Levchenko B.B., Meijers F., Michalowska A.B., Nikolaenko V.I., Olkiewicz K., Pöllänen R., Petrovikh L.P., Ronjin V.M., Rosmalen R., Rybin A.M., Saarikko H.M.T., Scholten L., Sotnikova N.N., Stepaniak J., Tchikilev O.G., Tomaradze A.G., Uvarov V.A., Verbeure F., Wischnewski R. *Strange and Non-strange*

Baryon Production in π^+p and K^+p Interactions at 250 GeV/c. // Zeitschrift für Physik C, 1989, v. 44, p. 573–587.

- [28] EHS–NA22 Collab., Agababyan N.M., Ajinenko I.V., Belokopytov Yu.A., Belous K.S., Böttcher H., Botterweck F., Chapkin M.M., Chliapnikov P.V., Crijns F., De Roeck A., De Wolf E.A., Dziunikowska K., Endler A.M.F., Eskreys A., Garutchava Z.C., Van Hal P., Haupt T., Katargin A.I., Kittel W., Megrabyan S.S., Meijers F., Michalowska A.B., Nikolaenko V.I., Olkiewicz K., Ronjin V.M., Rosmalen R., Saarikko H.M.T., Scholten L., Shabalina E.K., Stepaniak J., Tchikilev O.G., Uvarov V.A., Verbeure F., Wischnewski R., Zotkin S.A., Yarba Y.V. *Inclusive Production of Vector Mesons in π^+p Interactions at 250 GeV/c.* // Zeitschrift für Physik C, 1990, v. 46, p. 387–395.

Рукопись поступила 23 июня 1998 г.

Список авторов сотрудничества DELPHI

P. Aarnio, P. Abreu, W. Adam, F. Adami, P. Adrianos, T. Adye, E. Agasi, I. Ajinenko, T. Akesson, R. Aleksan, G.D. Alekseev, R. Alemany, J.V. Allaby, P. Allen, P.P. Allport, S. Almeded, F.M.L. Almeida, F. Alted, S.J. Alvsvaag, U. Amaldi, S. Amato, E.G. Anassontzis, P. Andersson, A. Andreazza, M.L. Andrieux, P. Antilogus, V. Anykeyev, W.-D. Apel, R.J. Apsimon, Y. Arnoud, B. Åsman, F. Astesan, P. Astier, C. Astor Ferreres, J.-E. Augustin, A. Augustinus, P. Baillon, P. Bambade, F. Barao, R. Barate, M. Barbi, G. Barbiellini, D.Y. Bardin, G.J. Barker, S. Barlag, J. Barlow, A. Baroncelli, M. Barranco-Luque, G. Barreira, O. Barring, J.A. Barrio, W. Bartl, M.J. Bates, M. Battaglia, M. Baubillier, J. Baudot, K.-H. Becks, C.J. Beeston, M. Begalli, P. Beilliere, W. Bell, Yu. Belokopytov, K. Belous, P. Beltran, D. Benedic, J.M. Benlloch, A.C. Benvenuti, C. Berat, M. Berggren, D. Bertini, D. Bertrand, M. Besancon, S. Biagi, F. Bianchi, J.H. Bibby, M. Bigi, M.S. Bilenky, P. Billoir, N. Bingenfors, M.-A. Bizouard, J. Bjarne, D. Bloch, J. Blocki, M. Blume, S. Blyth, V. Bocci, P.N. Bogolubov, D. Bollini, T. Bolognese, M. Bonapart, M. Bonesini, W. Bonivento, P.S.L. Booth, M. Boratav, P. Borgeaud, A.W. Borgland, G. Borisov, H. Borner, C. Bosio, B. Bostjancic, S. Bosworth, O. Botner, E. Boudinov, B. Bouquet, C. Bourdarios, T.J.V. Bowcock, M. Bozzo, S. Braibant, P. Branchini, C. Brand, K.D. Brand, T. Brenke, R.A. Brenner, H. Briand, C. Bricman, L. Brillault, R.C.A. Brown, P. Bruckman, N. Brummer, J.-M. Brunet, L. Bugge, T. Buran, T. Burgsmueller, H. Burmeister, P. Buschmann, C. Buttar, A. Buys, J.A.M.A. Buytaert, G. Cabras, S. Cabrera, M. Caccia, S. Cairanti, M. Calvi, A.J. Camacho Rozas, J.-E. Campagne, A. Champion, R. Champion, T. Camporesi, V. Canale, M. Canepa, K. Cankocak, F. Cao, F. Carena, P. Carrilho, L. Carroll, R. Cases, C. Caso, E. Castelli, M.V. Castillo Gimenez, A. Cattai, F.R. Cavallo, L. Cerrito, V. Chabaud, G. Chadwick, A. Chan, M. Chapkin, Ph. Charpentier, L. Chaussard, J. Chauveau, P. Checchia, G.A. Chelkov, M. Chen, L. Chevalier, C. Chiccoli, R. Chierici, P. Chliapnikov, P. Chochula, V. Chorowicz, J.T.M. Chrin, J. Chudoba, V. Cindro, R. Cirio, M.P. Clara, P. Collins, J.L. Contreras, R. Contri, E. Cortina, G. Cosme, F. Cossutti, F. Couchot, J.-H. Cowell, H.B. Crawley, D. Crennell, M. Cresti, G. Crosetti, N. Crosland, M. Crozon, J. Cuevas Maestro, L.S. Curwen, S. Czellar, W. Da Silva, S. Dagoret, E. Dahl-Jensen, J. Dahm, B. Dalmagne, M. Dam, G. Damgaard, G. Darbo, E. Daubie, A. Daum, P.D. Dauncey, M. Davenport, P. David, J. Davies, A. De Angelis, M. De Beer, H. De Boeck, W. De Boer, S. De Brabandere, C. De Clercq, M.D.M. De Fez Laso, N. De Groot, C. De La Vaissiere, B. De Lotto, A. De Min, L. De Paula, C. De Saint-Jean, C. Defoix, A. Deghorain, D. Delikaris, G. Della Ricca, B.A. Della Riccia, S. Delorme, P. Delpierre, N. Demaria, A. Demin, J. Derkaoui, L. Di Ciaccio, A. Di Diodato, A.N. Diddens, H. Dijkstra, N. Dimitriou, F. Djama, A. Djannati, J. Dolbeau, O. Doll, M. Donszelmann, K. Doroba, R. Downs, M. Dracos, J. Drees, K.-A. Drees, M. Dris, S. Du, Y. Dufour, W. Dulinski, F. Dupont, J.-D. Durand, R. Dzhelyadin, D. Edsall, D.N. Edwards, L.-O. Eek, P.A.-M. Eerola, R. Ehret, G. Eigen, T. Ekelof, G. Ekspong, M. Ellila, A. Elliot Peisert, M. Elsing, J.-P. Engel, N. Ershaidat, B. Erzen, M. Espirito Santo, V. Falaleev, E. Falk, G. Fanourakis, D. Fassouliotis, T.A. Fearnley, M. Feindt, A. Fenyuk, M. Fernandez Alonso, P. Ferrari, A. Ferrer, S. Ferroni, S. Fichet, T.A. Filippas, A. Firestone, H.G. Fischer, P.-A. Fischer, M. Flinn, H. Foeth, E. Fokitis, P. Folegati, F. Fontanelli, K.A.J. Forbes, F. Formenti, H. Forsbach, J.-L. Fousset, D. Fraissard, B. Franek, K.E. Fransson, P. Frenkiel, D.C. Fries, A.G. Frodesen, R. Fruhwirth, F. Fulda-Quenzer, K. Furnival, H. Furstenau, J. Fuster, J.M. Gago, M. Gaillard, G. Galeazzi, A. Galloni, D. Gamba, M. Gandelman, C. Garcia, J. Garcia, C. Gaspar, U. Gasparini, Ph. Gavillet, S. Gawne, E.N. Gazis, D. Gele, J.F. Genat, J.-P. Gerber, L. Gerdyukov, P. Giacomelli, M. Gibbs, D. Gillespie,

K.-W. Glitza, R. Gokieli, B. Golob, V.M. Golovatyuk, P. Gomes, J.J. Gomez Y Cadenas, P. Goncalves, A. Goobar, G. Gopal, M. Gorbics, B. Goret, L. Gorn, M. Gorski, G. Goujon, Yu. Gouz, V. Gracco, A. Grant, F. Grard, E. Graziani, C. Green, A. Grefrath, J.P. Grillet, P. Gris, M.-H. Gros, M. Gros, G. Grosdidier, E. Gross, B. Grossetete, P. Grosse-Wiesmann, B. Grung, K. Grzelak, L. Guglielmi, S. Gumenyuk, P. Gunnarsson, M. Gunther, J. Guy, U. Haedinger, F. Hahn, M. Hahn, S. Hahn, S. Haider, J. Haissinski, Z. Hajduk, A. Hakansson, A. Hallgren, K. Hamacher, G. Hamel De Monchenault, W. Hao, F.J. Harris, B. Heck, V. Hedberg, T. Henkes, R. Henriques, I. Herbst, J.J. Hernandez, J.A. Hernando, P. Herquet, H. Herr, T.L. Hessian, J.-M. Heuser, I. Hietanen, C.O. Higgins, E. Higon, H.J. Hilke, T.S. Hill, S.D. Hodgson, H. Hofmann, T. Hofmohl, R. Holmes, S.-O. Holmgren, P.J. Holt, D. Holthuisen, P.F. Honore, J.E. Hooper, S. Hoorelbeke, R. Horisberger, M. Houlden, A. Hrisoho, J. Hrubec, K. Huet, K. Huitu, P.O. Hulth, K. Hultqvist, D. Husson, B.D. Hyams, D. Imbault, M. Innocente, P. Ioannou, D. Isenhower, I. Ivanyushenkov, P.-S. Iversen, J.N. Jackson, R. Jacobsson, P. Jalocha, R. Janik, G. Jarlskog, Ch. Jarlskog, P. Jarry, B. Jean-Marie, J. Joensuu, E.K. Johansson, H. Johansson, S. Johansson, D. Johnson, M. Jonker, L. Jonsson, P. Jonsson, C. Joram, P. Juillot, R.B. Kadyrov, M. Kaiser, G. Kalkanis, G. Kalmus, G. Kantardjian, F. Kapusta, P. Kapusta, K. Karafasoulis, M. Karlsson, E. Karvelas, S. Katsanevas, E.C. Katsoufis, R. Keranen, J. Kesteman, Yu. Khokhlov, B.A. Khomenko, N.N. Khovanski, B. King, B. Kisielewski, N.J. Kjaer, O. Klapp, H. Klein, W. Klempt, G. Kliutchnikov, A. Klovning, P. Kluit, D. Knoblauch, A. Koch-Mehrin, J.H. Koehne, B. Koene, P. Kokkinias, I. Kontaxis, M. Kopf, M. Koratzinos, K. Korcyl, A.V. Korytov, B. Korzen, P. Kostarakis, V. Kostioukhine, C. Kourkoumelis, O. Kouznetsov, P.-H. Kramer, M. Krammer, C. Kreuter, T. Kreuzberger, J. Krolikowski, I. Kronkvist, J. Krstic, U. Kruener-Marquis, Z. Krumstein, W. Krupinski, P. Kubinec, W. Kucewicz, G. Kuhn, K. Kulka, K. Kurvinen, M.I. Laakso, C. Lacasta, I. Laktineh, S. Lamblot, C. Lambropoulos, J.W. Lamsa, L. Lanceri, D.W. Lane, P. Langefeld, D. Langerveld, V. Lapchine, V. Lapin, I. Last, J.-P. Laugier, R. Lauhakangas, P. Laurikainen, B. Lavigne, J.C. Le Grand, H. Lebbolo, G. Leder, F. Ledroit, V. Lefebure, C.K. Legan, A. Leisos, R. Leitner, Y. Lemoigne, J. Lemonne, G. Lenzen, V. Lepeltier, T. Lesiak, A. Letessier-Selvon, J.M. Levy, J. Libby, J.A. Lidbury, E. Lieb, D. Liko, E. Lillestol, E. Lillethun, J. Lindgren, R. Lindner, A. Lipniacka, I. Lippi, R. Llosa, B. Loerstad, M. Lokajicek, J.G. Loken, J.M. Lopez, M.A. Lopez Aguera, A. Lopez-Fernandez, P. Lorenz, M. Los, D. Loukas, A. Lounis, J.J. Lozano, R. Lucock, B. Lund-Jensen, P. Lutz, L. Lyons, J. MacNaughton, G. Maehlum, O. Maeland, N. Magnussen, J.R. Mahon, J. Maillard, A. Maio, T.G.M. Malmgren, A. Maltezos, S. Maltezos, V. Malychev, F. Mandl, J. Marco, R. Marco, B. Marechal, M. Margoni, J.-C. Marin, C. Mariotti, A. Markou, T. Maron, S. Marti, S. Marti i Garcia, C. Martinez-Rivero, F. Martinez-Vidal, J. Mas, J. Masik, L. Mathis, F. Matorras, C. Matteuzzi, G. Matthiae, L. Mattsson, M. Matveev, M. Mazzucato, M. Mc Cubbin, R. Mc Kay, R. Mc Nulty, G. Mc Pherson, J. Medbo, E. Menichetti, G. Meola, M. Merk, C. Meroni, W.T. Meyer, S. Meyer, A. Miagkov, J. Michalowski, M. Michelotto, E. Migliore, I. Mikulec, L. Mirabito, W.A. Mitaroff, G.V. Mitselmakher, U. Mjoernmark, T. Moa, R. Moeller, K. Moenig, M.R. Monge, P. Morettini, H. Mueller, K. Muenich, M. Mulders, H. Muller, L.M. Mundim, M. Mur, W.J. Murray, B. Muryn, G. Myatt, T. Myklebust, F. Naraghi, U. Nau-Korzen, F.L. Navarria, S. Navas, K. Nawrocki, P. Negri, S. Nemecek, W. Neumann, N. Neumeister, R. Nicolaidou, B.S. Nielsen, M. Nieuwenhuizen, M. Nigro, B. Nijhar, V. Nikolaenko, M. Nikolenko, P.E.S. Nilsen, P. Niss, A. Nomerotski, M. Nonni, J.M. Noppe, M. Nordberg, A. Normand, S. Nounos, M. Novak, A. Nygren, W. Oberschulte-Beckmann, V. Obraztsov, T. Odegaard, A.G. Olshevski, A. Onofre, R. Orava, G. Orazi, A. Ostankov, K. Osterberg, A. Ouraou, P. Paganini,

M. Paganoni, P. Pages, J. Pagot, R. Pain, K. Pakonski, H. Palka, S. Palma Lopes, Th.D. Papadopoulou, K. Papageorgiou, L. Pape, C. Parkes, F. Parodi, U. Parzefall, P. Pasini, M. Passeneau, A. Passeri, J.B. Pattison, M. Pegoraro, J. Penmanen, L. Peralta, V. Perevozchikov, J. Perez, H. Pernegger, M. Pernicka, A. Perrotta, C. Petridou, A. Petrolini, M. Petrovyck, G. Petrucci, T.E. Pettersen, H.T. Phillips, G. Piana, F. Pierre, M. Pimenta, M. Pindo, O. Pingot, C. Pinori, A. Pinsent, S. Plaszczyński, T. Podobnik, O. Podobrin, C. Poiret, M.E. Pol, B. Poliakov, G. Polok, P. Poropat, V. Pozdnyakov, M. Prest, P. Privitera, N. Pukhaeva, A. Pullia, J. Pyyhtia, P. Queru, S. Quinton, A.A. Rademakers, D. Radojicic, S. Ragazzi, R. Ragazzon, H. Rahmani, J. Rames, W.H. Range, J.C. Raoul, P.N. Ratoff, A.L. Read, M. Reale, P. Rebecchi, N.G. Redaelli, M. Regler, D. Reid, R. Reinhardt, M.V. Reis, P.B. Renton, L.K. Resvanis, F. Richard, M. Richardson, J. Richardson, J. Ridky, G. Rinaudo, I. Ripp, I. Roditi, O. Rohne, A.M. Romaya, A. Romero, I. Roncagliolo, P. Ronchese, R. Rongved, C. Ronnqvist, L. Roos, E.I. Rosenberg, P. Rosinsky, F. Rossel, U. Rossi, S. Rossi, E. Rosso, P. Roudeau, T. Rovelli, W. Ruckstuhl, V. Ruhlmann, V. Ruhlmann-Kleider, A. Ruiz, K. Rybicki, A. Rybin, H. Saarikko, D. Sacco, Y. Sacquin, A. Sadvovskiy, O. Sahr, G. Sajot, C.W. Salgado, J. Salt, A. Samarin, E. Sanchez, J. Sanchez, E. Sanchis, M. Sannino, M. Schaeffer, S. Schael, M. Schimmelpfennig, H. Schneider, U. Schwickerath, M.A.E. Schyns, G. Sciolla, F. Scuri, P. Seager, A. Sebastia, Y. Sedykh, A.M. Segar, A. Seitz, R. Sekulin, L. Serbelloni, M. Sessa, G. Sette, R. Seufert, R.C. Shellard, A. Sheridan, I. Siccama, P. Siegrist, R. Silvestre, S. Simonetti, F. Simonetto, A.N. Sisakian, B. Sitar, T.B. Skaali, J. Skeens, G. Skjevling, G. Smadja, N. Smirnov, O. Smirnova, G.R. Smith, A. Sokolov, O. Solovianov, R. Sosnowski, D. Souza-Santos, K. Spang, T. Spassov, P. Spentzouris, E. Spiriti, P. Sponholz, S. Squarcia, H. Staeck, D. Stampfer, C. Stanescu, S. Stanic, S. Stapnes, I. Stavitski, G. Stavropoulos, K. Stepaniak, K. Stevenson, F. Stichelbaut, A. Stocchi, J. Strauss, J. Straver, R. Strub, C.J. Stubenrauch, B. Stugu, E. Sundell, M. Szczekowski, M. Szeptycka, P. Szymanski, T. Tabarelli, J.P. Tavernet, S. Tavernier, E. Tcherniaev, O. Tchikilev, F. Tegenfeldt, F. Terranova, G.E. Theodosiou, J. Thomas, Z. Thome, A. Tilquin, J. Timmermans, V.G. Timofeev, L.G. Tkatchev, T. Todorov, S. Todorova, D.Z. Toet, O. Toker, A. Tomaradze, B. Tome, A. Tonazzo, A.K. Topphol, S. Topp-Jorgensen, E. Torassa, L. Tortora, M.T. Trainor, G. Transtromer, D. Treille, U. Trevisan, W. Trischuk, G. Tristram, A. Trombini, C. Troncon, T.K. Truong, A. Tsiros, E.N. Tsyganov, M. Turala, R. Turchetta, M.-L. Turluer, T. Tuuva, I.A. Tyapkin, M. Tyndel, S. Tzamarias, F. Udo, S. Ueberschaer, B. Ueberschaer, O. Ullaland, V.A. Uvarov, G. Valenti, E. Vallazza, J.A. Valls Ferrer, G.W. Van Apeldoorn, P. Van Dam, M. Van Der Heijden, W.K. Van Doninck, B. Van Eijk, N. Van Eijndhoven, J. Van Eldik, A. Van Lysebetten, C. Vander Velde, J.P. Vanuxem, J. Varela, N. Vassilopoulos, P. Vaz, G. Vegni, M.E. Veitch, E. Vela, J. Velasco, L. Ventura, W. Venus, F. Verbeure, M. Verlatto, L.S. Vertogradov, L. Vibert, D. Vilanova, P. Vincent, L. Viseu Melo, N. Vishnevsky, L. Vitale, E. Vlasov, A.S. Vodopyanov, M. Vollmer, S. Volponi, G. Voulgaris, M. Voutilainen, V. Vrba, H. Wahlen, C. Walck, F. Waldner, M. Wayne, A. Wehr, M. Weierstall, P. Weilhammer, C. Weiser, J. Werner, A.M. Wetherell, D. Wicke, J. H. Wickens, M. Wielers, J. Wikne, G.R. Wilkinson, W.S.C. Williams, M. Winter, M. Witek, T. Wlodek, D. Wormald, G. Wormser, K. Woschnagg, N. Yamdagni, J.M. Yelton, P. Yepes, J. Yi, K. Yip, O. Yushchenko, F. Zach, C. Zacharatou, A. Zaitsev, A. Zalewska, P. Zalewski, P.I. Zarubin, D. Zavrtnik, E. Zevgolatakos, G. Zhang, V. Zhigunov, N.I. Zimin, M. Zito, R. Zitoun, D. Zontar, R. Zuberi, G.C. Zucchelli, R. Zukanovich Funchal, G. Zumerle, J. Zuniga.

В.А.Уваров

Экспериментальное исследование адронных распадов Z^0 на установке DELPHI на ускорителе LEP ЦЕРН и поиск закономерностей в образовании частиц в процессах e^+e^- -аннигиляции и в адронных взаимодействиях.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы \LaTeX .

Редактор Н.В.Ежела.

Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 24.06.98. Формат $60 \times 84/8$. Офсетная печать.

Печ.л. 3. Уч.-изд.л. 2,3. Тираж 100. Заказ 187. Индекс 3649.

ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

