

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата физ.-мат. наук, доцента Ю.А.Хохлова

на диссертацию БОТОВА Александра Анатольевича

«Измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$ в области энергии от 1.34 до 2.00 ГэВ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертационная работа посвящена изучению процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$ на установке СНД коллайдера ВЭПП-2000. Основной мотивацией является уточнение полного адронного сечения $\sigma(e^+e^- \rightarrow hadrons)$, которое важно для прецизионных вычислений в рамках Стандартной модели, ее экспериментальных проверок и поиска новой физики вне СМ. Одним из основных подходов к измерению полного сечения в области образования легких мезонов является измерение сечений эксклюзивных каналов, в т.ч. изучаемого в диссертации.

Кроме того, модельные описания измеренной зависимости сечения процесса от энергии дополняют информацию по мезонной спектроскопии.

Наконец, полученные в ходе исследования методические и технические наработки расширяют возможности экспериментов на СНД.

Представленная к защите работа имеет сложившуюся для диссертаций группы СНД структуру. Первая глава посвящена установке и условиям проведения эксперимента в целом, в том числе затрагивающим коллайдер и касающимся дальнейшего анализа. Далее следуют техническая (методическая) часть работы и собственно физический анализ.

Особенностью данной работы является тщательное рассмотрение триггера во 2-й главе. Нужно отметить специфичность «триггерного» поля деятельности. Автору в основном удалось преодолеть связанную с этим сложность изложения предмета. Здесь представлены аппаратная часть, весьма сложная логика и, наконец, программное обеспечение (ПО), в т.ч. моделирование триггерных отборов. Раздел о ПО отражает личный вклад автора в техническую часть эксперимента. В целом чтение главы оказалось не очень просто, но поучительно, особенно с учетом применения триггерной подсистемы во всех исследованиях на СНД.

Глава не лишена небольших недостатков. Это отсутствие расшифровок аббревиатур ЦСУ, РСК (стр.26) и видимое противоречие текста на стр. 30 и знака логического «И» в компоненте «RING&SECLA» на рис. 2.7.

Глава 3 описывает методически интересный способ учета фонов «наложений», идеологически универсальный для всех детекторов. Успешность подхода демонстрируется существенным сближением модельных и наблюдаемых в эксперименте распределений по ряду трековых и калориметрических величин, в т.ч. влияющих на детектирование, реконструкцию и описание изучаемых далее реакций. К сожалению, не достаточно обосновано формирование модельного отклика кристалла калориметра как максимума из сигнального и фонового энерговыделений, а не их (частичного) суммирования. Возможно, требуемая для этого детализация специфики оцифровки выходит за рамки данной работы.

Собственно физическому анализу, вынесенному в тему диссертации, посвящена последняя, 4-я глава диссертации.

Основная методическая трудность анализа связана с относительно малым абсолютным и относительным (около 8% в максимуме) сечением изучаемого процесса при наличии значимых конкурирующих процессов, «фонящих» в него. Содержание данной главы в значительной части связано как раз с вопросами оценок уровня фонов, разделения фоновых и сигнальных компонент.

Значительное внимание уделено основному фону типа «не η » --- от реакции образования системы $\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$. Отметим, что результаты отборов, настроенных на его подавление, в т.ч. потеря около 40% изучаемого сигнала (стр.62), критично зависят от таких деталей, как разрешение по инвариантной массе и других. Для их адекватного учета автор опирается на физически мотивированные модели сигнала и основного фона, которые верифицирует и при необходимости настраивает по распределениям экспериментальных событий.

Из рассмотрения распределений по 2-х-фотонной инвариантной массе для кандидатов в η -- мезон (рис.4.7, 4.8) можно заключить, что параметр подгонки $a_{4\pi}$, отвечающий за вклад «модельной» компоненты, определяется в основном падением на левом краю спектра. Можно было бы предложить несколько расширить исследуемый диапазон в эту область.

Для остающейся вне модели компоненты фона, возрастающей по мере роста энергии, используется эффективная параметризация. Не ставя под сомнение применимость и результаты такого комбинированного учета фона, можно поставить вопрос о возможности большего применения физической (а не эффективной) модели, в т.ч. к фонам «не 4 γ ». Например, насколько значим вклад 5-ти - гаммовых событий от процессов $e^+e^- \rightarrow \rho' \rightarrow \gamma X(\rightarrow \pi^+\pi^0\eta)$ с потерей «мягкого» фотона?

Необходимым этапом измерения сечения, помимо нахождения числа сигнальных событий, является определение эффективности для изучаемого процесса. В итерационной процедуре используется комбинирование моделирования и -- при их наличии -- экспериментальных данных по борновским сечениям. Само разделение на борновское сечение и радиационные поправки к нему выполнено достаточно стандартным для такой тематики способом и детально изложено в рассматриваемой главе. Весьма детально проведена оценка систематических ошибок.

В данном эксперименте структура конечного состояния изучена наиболее полно на настоящий момент, что внесло свой вклад в достижение самой высокой точности измерения полного сечения. Малость статистики в канале $a_0(980)\rho$, по-видимому, не позволило содержательно протестировать описание спектральной линии a_0 «по Flatté».

Энергетическая зависимость полного и парциального сечений удовлетворительно описано моделью с известными векторными резонансами -- возбуждениями ω и ϕ .

В заключение уместно констатировать, что работа прошла апробацию на международных и российских конференциях и семинарах. Результаты, опубликованные в ведущих научных журналах, достоверны и имеют несомненную научную и практическую ценность. Сделанные замечания не меняют эту оценку.

Представленная к защите диссертационная работа богато иллюстрирована графическим материалом, написана хорошим языком, практически без опечаток. Редкие исключения -- запись на стр. 54 основной реакции (без учета ISR) как $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma^*$ и «интеграл» вместо «интервал» в подписи к рис. 4.11.

Содержание диссертации соответствует специальности и полностью отражено в

автореферате. Диссертация полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, п.9 "Положения о присуждении ученых степеней" от 24 сентября 2013 г. N842 . Автор, безусловно, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент
ведущий научный сотрудник
НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ
кандидат физико-математических наук, доцент

Khokhlov Юрий Анатольевич
Хохлов

Адрес: 142281 Московская обл., г. Протвино,
площадь Науки д.1
тел. 8 906 72 666 16
E-mail: Yury.Khokhlov@ihep.ru

Подпись Ю.А.Хохлова заверяю
Ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ

Н.Н.Прокопенко

N.N. Prokopenko