Phys-52 Дата: 22 октября 1996 года

Меморандум КМД-2

Автор : П. А. Лукин

Организация : Институт Ядерной Физики им. Г. И. Будкера, лаб. 2

Тема : Изучение процесса $\phi \to K_L K_S$

Аннотация

Меморандум посвящен описанию процедуры выделения событий процесса $\phi \to K_L K_S$ и расчету эффективностей реконструкции и триггера.

1 Введение

Процесс $\phi \to K_L K_S$ регистрируется детектором КМД-2 по распаду конечного K_S-мезона на пару заряженных пионов. Этот распад должен выглядить в детекторе следующим образом: в дрейфовой камере имеются два неколлинеарных трека, летящие не из места встречи пучков (на энергии, равной массе ϕ-мезона, произведение $v\tau_{K_S} = 6$ мм). В Z-камере эти треки вызывают срабатывания секторов одного или обоих слоев. А в CsI-калориметре напротив сработавших секторов Z-камеры возникают кластеры (их условно называют заряженными). В направлении недостающего импульса в CsI есть кластер, порожденный K_L-мезоном. Вероятность K_L мезону провзаимодействовать в CsI и образовать кластер составляет около 45÷50%.

Сечение процесса $\phi \to K_L K_S$ вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned}\sigma_{\phi\to K_L K_S} &= \left(\frac{N^{with\ K_L\ cluster}}{\varepsilon^{with\ K_L\ cluster}} + \frac{N^{without\ K_L\ cluster}}{\varepsilon^{without\ K_L\ cluster}}\right) \times \\ &\times \frac{1}{L \cdot \varepsilon_{rec} \cdot \varepsilon_{tf} \cdot \varepsilon_{MC} \cdot \mathbf{BR}(K_S \to \pi^+\pi^-) \cdot (1+\delta)} \qquad (1)\end{aligned}$$

В этой формуле $N^{with\ K_L\ cluster}$ - число событий $\phi \to K_L K_S$, в которых K_L дал кластер в CsI-калориметре, $N^{without\ K_L\ cluster}$ -число событий без K_L кластера, $\epsilon^{with\ K_L\ cluster}$ -эффективность CsI в составе триггера в случае, когда K_L образовал в нем кластер, $\epsilon^{without\ K_L\ cluster}$ - эффективность CsI в составе триггера без K_L - кластера, ϵ_{rec} - эффективность реконструкции события в дрейфовой камере, ϵ_{tf} - эффективность трекфайндера в составе триггера, ϵ_{MC} - эффективность регистрации событий процесса $\phi \to K_L K_S$ детектором, определяемая из моделирования Монте-Карло. L - интегральная светимость. δ - радиационная поправка. $\mathbf{BR}(K_S \to \pi^+\pi^-)$ - бранчинг распада K_S-мезона на пару заряженных пионов.

Предмет обсуждения данного меморандума — процедура отбора событий и алгоритмы определения эффективности реконструкции, а также эффективности трекфайндера и CsI-калориметра в составе триггера.

2 Отбор событий.

Выделение событий $\phi \to K_L K_S$ ведется по информации из дрейфовой камеры детектора. Используются следующие критерии отбора:

1. В событии есть два трека идущие из одной вершины.
2. Число точек на треке больше 6.
3. Расстояние от места встречи пучков до вершины в $R-\varphi$-плоскости меньше 3 см.
4. Инвариантная масса, в предположении, что треки — это пионы, лежит в пределах от 450 до 550 МэВ.
5. Недостающий импульс в вершине (P_{mis}) удовлетворяет соотношению
$$P_{K_L} - 40 \leq P_{mis} \leq P_{K_L} + 40(\text{МэВ}/c),$$
где P_{K_L} определяется согласно:
$$P_{K_L} = \sqrt{E_{beam}^2 - m_{K_L}^2}$$
E_{beam} - энергия пучка, m_{K_L} - масса K_L - мезона ($m_{K_L} = 497.672$ МэВ)
6. χ^2 вершины [1], характеризующий качество восстановления вершины в $R - \varphi$-плоскости, должен быть меньше 3.
7. Средний импульс двух пионов в событии ($\bar{P}$) удовлетворяет соотношению:
$$180 \leq \bar{P} \leq 250(\text{МэВ}/c)$$
8. Каждый из импульсов пионов больше 140 МэВ/с и меньше 290 МэВ/с.
9. Полярный угол θ каждого из пионов удовлетворяет условию:
$$0.8 \leq \theta \leq 2.34(\text{рад.})$$

На рис. 1 показаны некоторые из критериев отбора, используемых для выделения событий. Видно, что после последовательного наложения ограничений на величину инвариантной массы (левая верхняя гистограмма), недостающего импульса (распределение справа вверху) и расстояние от вершины до места встречи пучков в $R - \varphi$-плоскости (левая нижняя гистограмма), распределение по среднему импульсу пионов в событии полностью оказывается внутри интервала $180 \leq \bar{P} \leq 250$ МэВ/с.

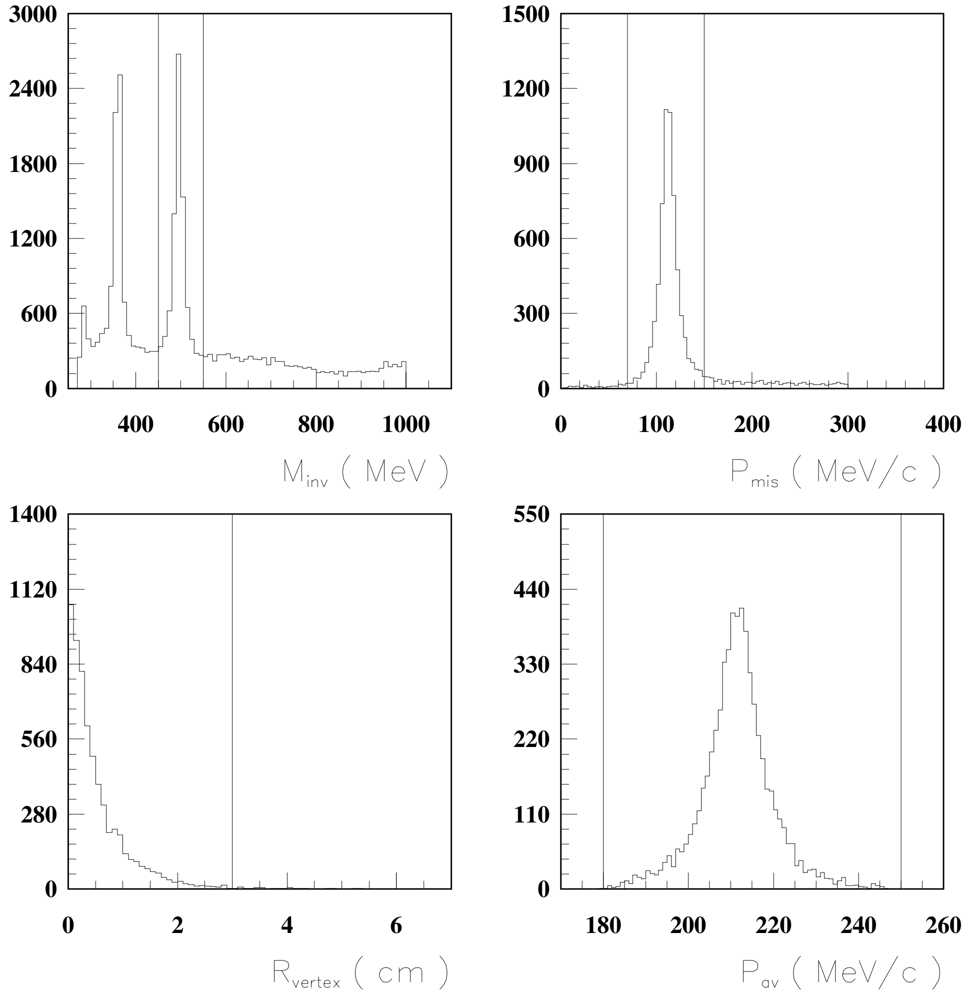

Рис. 1: Некоторые критерии отбора, используемые при выделении событий $\phi \to K_L K_S$.

Окончательный отбор событий выполняется при аппроксимации распределения событий по Z-координате вершины суммой двух гауссов. Функции распределения нормированы таким образом, что число событий эффекта и фона являются параметрами аппроксимации. На рис. 2 приведен пример такой аппроксимации. Параметр P_1 — число событий эффекта, параметр P_4 — число событий фона.

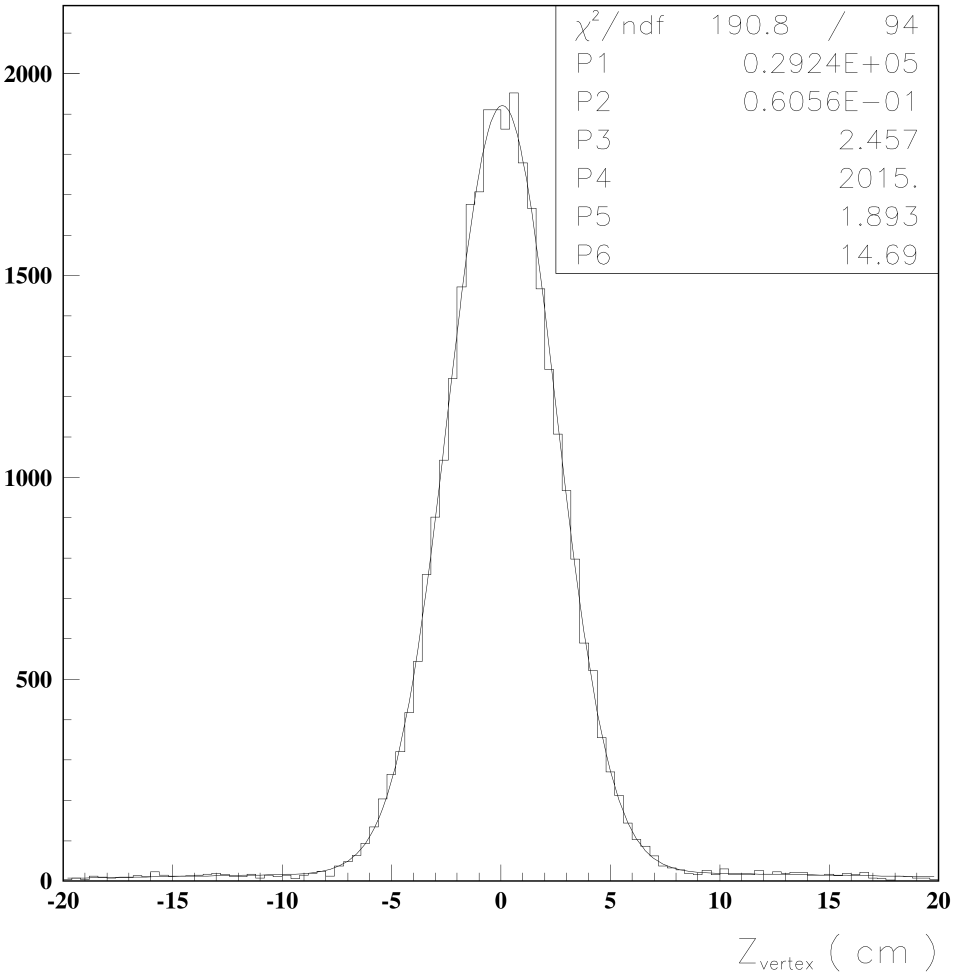

Рис. 2: Распределение событий по Z-координате вершины.

Следует заметить, что предположение о "гауссовской" форме подложки ни на чем не основано. В то же время описание подложки прямой линией с наклоном, согласно утверждения о форме распределения по Z - координате вершины космики, сделаном в [?], дает лучший χ^2 подгонки и большее число событий эффекта. Результат аппроксимации подложки распределением Гаусса и прямой линией с наклоном представлен на рис. ??.

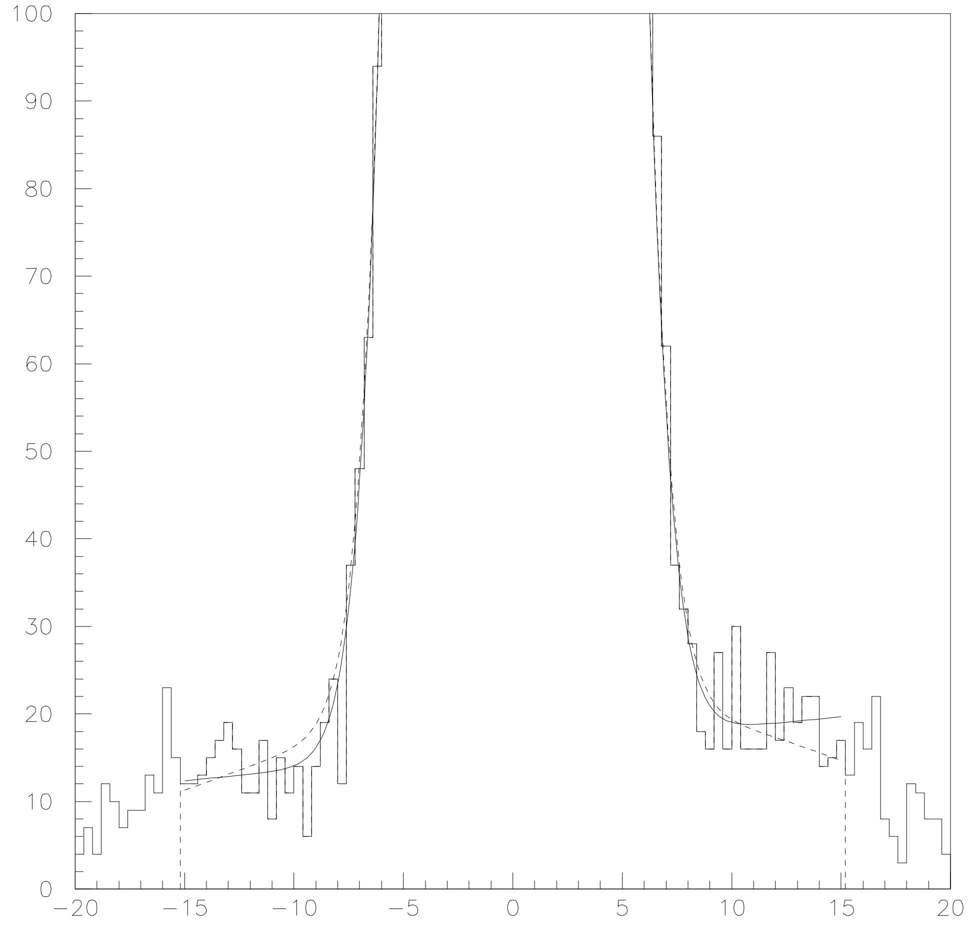

Рис. 3: К определению формы подложки в распределении отобранных событий по Z-координате вершины.

На рисунке 4изображено распределение отобранных событий по пространственному углу между двумя треками в дрейфовой камере. Для событий $K_S \to \pi^+\pi^-$ это распределение пиковано на 2.6 радиана. События вне пика означали бы наличие в отобранных событиях примеси фона, обычно от процесса $\phi \to \pi^+\pi^-\pi^0$. Демонстрацией качества отобранных событий может служить также и рисунок 5, на котором изображено распределение отобранных событий по величине полярного угла недостающего импульса. Точки с ошибками относятся к моделированию процесса $\phi \to K_L K_S$. Видно, что согласие моделирования с экспериментом вполне удовлетворительно.

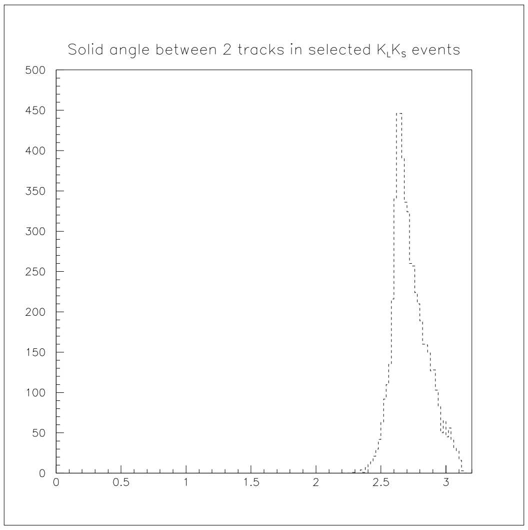

Рис. 4: Распределение выделенных событий по величине пространственного угла между треками.

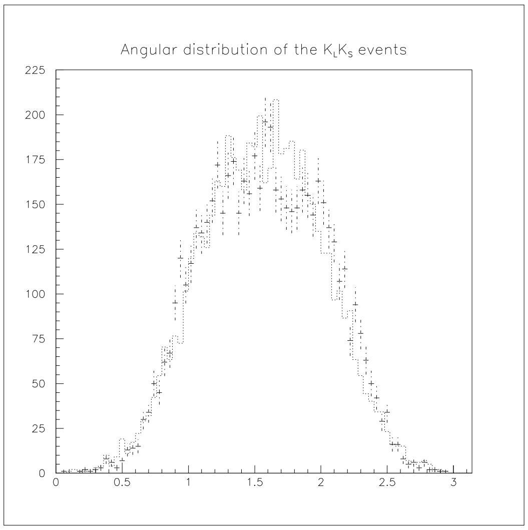

Рис. 5: Распределение выделенных событий по полярному углу. Точки с ошибками изображают аналогичное распределение моделированных событий.

Выделенные события $\phi \to K_L K_S$ разбиваются затем на события, в которых K_L дал кластер в CsI-калориметре, и на события, в которых K_L кластера нет. Энерговыделение от K_L-мезона в CsI-калориметре достаточно велико (энергия кластера превышает 100 МэВ, а для того, чтобы CsI- калориметер дал триггер нужно, чтобы энерговыделение хотя бы в одной его линейке превысило порог 20$\div$30 МэВ), поэтому эффективность калориметра в составе триггера для событий с K_L-кластером выше, чем для событий, в которых K_L-мезон не дал кластера в калориметре. Этим и обслувлено разделение событий $\phi \to K_L K_S$ на два вышеупомянутых класса.

Процедура разделения выглядит следующим образом. Для отобранных собтий, в которых ϕ-мезон распался на пару $K_L K_S$ строится распределение по параметру

$$\Delta\varphi_{K_L} = \varphi_{P_{mis}} - \varphi_{CL}^{clos},$$

где $\varphi_{P_{mis}}$ - азимутальный угол недостающего импульса (предполагается, что в направлении недостающего импульса улетел именно K_L), φ_{CL}^{clos}– азимутальный угол кластера, ближайшего к направлению недостающего импульса в $R-\varphi$-плоскости. Поиск ближайшего кластера ведется по всем кластерам события, исключая только кластеры, принадлежащие заряженным пионам из распада $K_S \to \pi^+\pi^-$. Если ближайший кластер не найден, то величина $\Delta\varphi_{K_L}$ полагается равной нулю.

События с $\Delta\varphi_{K_L} = 0$ относят к классу событий, не содержащих K_L-кластер. Оставшиеся события разделяют в зависимости от величины параметра $\Delta\varphi_{K_L}$ на две группы. События для которых $|\Delta\varphi_{K_L}| < 1.57$ представляют собой смесь событий эффекта и фона. События с $1.57 < |\Delta\varphi_{K_L}| < 3.14$, предполагается, содержат только фон. Число таких событий, в предположении о равномерности распределения фоновых событий, равно числу событий фона в первой группе. Таким образом, вычитая из числа событий в первой группе число событий во второй группе, мы получим число событий, содержащих K_L-кластер. На рис. 6 представлены основные этапы процедуры определения событий, содержащих K_L-кластер. Верхняя гистограмма демонстрирует распределение по параметру $\Delta\varphi_{K_L}$ всех выделенных событий $\phi \to K_L K_S$. На нижней левой гистограмме представлено распределение событий (эффект + фон). Число событий в правой нижней гистограмме используется для оценки величины фона.

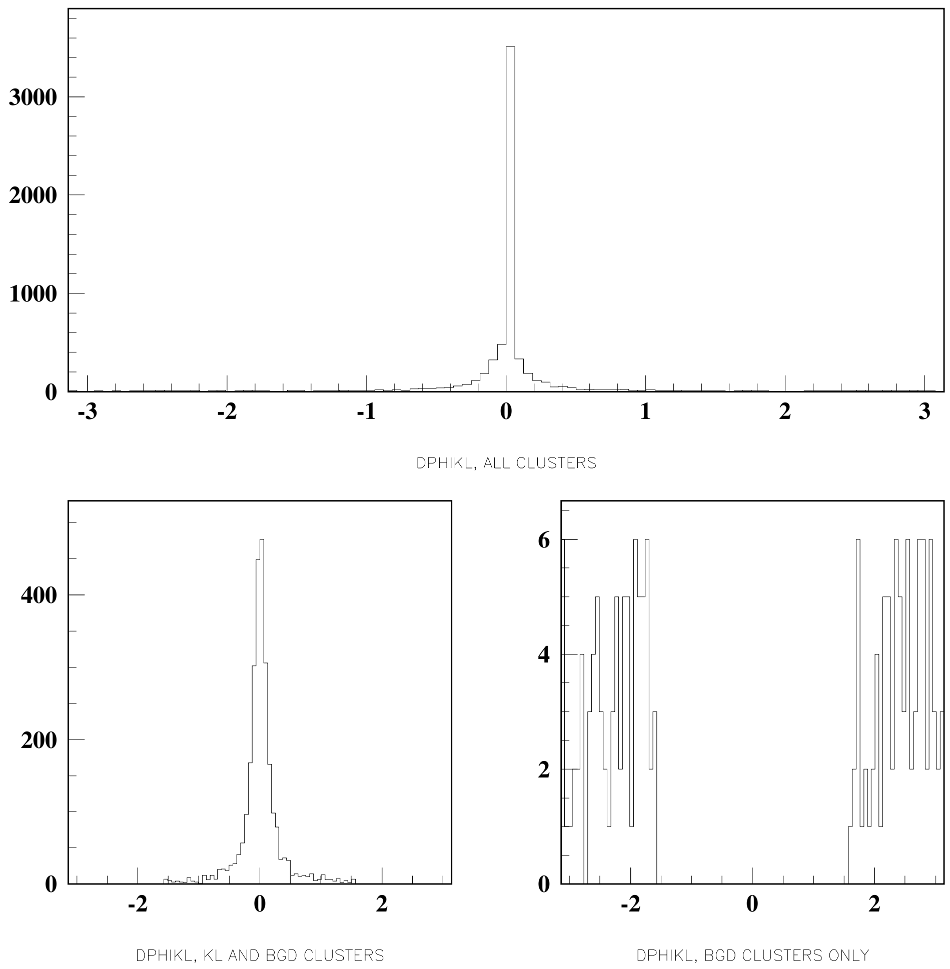

Рис. 6: К объяснению процедуры определения числа событий, содержащих K_L-кластер в калориметре.

Число событий без K_L-кластера определяется как разность полного числа выделенных событий $\phi \to K_L K_S$ и числа событий, в которых K_L-мезон дал кластер в CsI-калориметре.

3 Эффективности.

3.1 Определение эффективности реконструкции

Под эффективностью реконструкции понимается эффективность восстановления события $K_S \to \pi^+\pi^-$ (ϵ_{rec}^{1ev}) в дрейфовой камере детектора. Также есть возможность определить эффективность рекострукции трека пиона (ϵ_{rec}^{1track}) .

Для определения этих величин используются спецально отобранные тестовые события. Критерии отбора следующие:

1. В CsI-калориметре есть 3 кластера.
2. Против одного или двух из кластеров сработали секторы обоих слоев Z-камеры (т. е. были "заряженными"). Предполагается, что первый и второй кластер принадлежат пионам, а третий — K_L-мезону.
3. В дрейфовой камере детектора есть хотя бы 1 трек[1].
4. Для этого трека (или двух) требуется, чтобы его импульс удовлетворял ограничениям, накладываемым на импульс пиона, а именно, $140 \leq P_{tr} \leq 300$ (МэВ/с).
5. Минимальное расстояние от трека до пучка в $R - \varphi$-плоскости лежало в пределах $0.1 \leq d_{min} \leq 2$ (см).
6. Полярные углы "пионных" кластеров удовлетворяли условию:
$$0.95 \leq \theta \leq 2.2(\text{рад.})$$
7. Угол расколлинеарности между каждым из пионных кластеров и кластером от K_L-мезона лежал в пределах $0.2 < \Delta\varphi < 2.8$
8. Энергия K_L-кластера больше 100 МэВ.

Следует заметить, что отбор тестовых событий ведется в меньшем диапазоне полярных углов, чем при выделении событий $\phi \to K_L K_S$. Это было сделано для того, чтобы треки в событиях тестового набора заведомо проходили через дрейфовую камеру. Но это, как было указано автору при обсуждении данной работы, может привести к систематической ошибке в величине сечения, если зависимость эффективности реконструкции трека от полярного угла отлична от константы (в области углов между границей отбора тестовых событий и границей отбора событий $\phi \to K_L K_S$ по дрейфовой камере треки будут восстановливаться с другой вероятностью, чем треки внутри выбранного диапазона углов). Было проведено исследование зависимости эффективности реконструкции от полярного угла кластера в диапазоне углов отбора тестовых событий. Результат приведен на рис. 7. Видно, что в данном диапазоне углов зависимость эффективности реконструкции трека от

[1] В идеальном случае хорошо было бы обойтись без привлечения информации из дрейфовой камеры. Но попытки отбора тестовых событий только по информации Z-камеры и CsI-калориметра приводили к тому, что тестовый набор содержал как минимум 50 % примеси событий $\phi \to 3\pi$, что делало невозможным использование его для определения эффективности реконструкции.

угла хорошо описывается константой. Однако , соглашаясь со справедливостью приведенных выше аргументов о возможности возникновения систематической ошибки , решено границы изменения полярных углов при отборе тестовых событий и при выделений событий $\phi \to K_L K_S$ по информации дрейфовой камеры привести в соответствие , выбрав такие же границы как и отборе тестовых событий.

К полученному набору тестовых событий применялась кинематическая реконструкция, в результате которой нужно было определить величины импульсов пионов, их азимутальные углы. Также определялась Z-координата вершины распада $K_S \to \pi^+\pi^-$. Между этими параметрами существует 6 уравнений-связок:

$$
\begin{aligned}
& E_{beam} = \sqrt{p_1^2 + m_\pi^2} + \sqrt{p_2^2 + m_\pi^2} \\
& p_1 \cdot \sin\theta_1 \cos\varphi_1 + p_2 \cdot \sin\theta_2 \cos\varphi_2 = p_{K_L} \cdot \sin\theta_{K_L} \cos\varphi_{K_L} \\
& p_1 \cdot \sin\theta_1 \sin\varphi_1 + p_2 \sin\theta_2 \sin\varphi_2 = p_{K_L} \cdot \sin\theta_{K_L} \sin\varphi_{K_L} \\
& p_1 \cdot \cos\theta_1 + p_2 \cos\theta_2 = p_{K_L} \cos\theta_{K_L} \\
, \qquad & \varphi_1 = \varphi_1^{Cluster} \pm \arcsin\left(\frac{0.3 \cdot H \cdot L}{2 \cdot p_1 \cdot \sin\theta_1}\right) \\
& \varphi_2 = \varphi_2^{Cluster} \mp \arcsin\left(\frac{0.3 \cdot H \cdot L}{2 \cdot p_2 \cdot \sin\theta_2}\right),
\end{aligned}
\tag{2}
$$

где p_1, θ_1, φ_1 — это импульс, полярный и азимутальный углы "первого" пиона, p_2, θ_2, φ_2 — те же параметры для "второго" пиона, а $p_{K_L}, \theta_{K_L}, \varphi_{K_L}$ — характеристики K_L-мезона, $\varphi_1^{Cluster}, \varphi_2^{Cluster}$ — азимутальные углы "пионных" кластеров.

Величины полярных углов частиц связаны с величинами полярных углов соответствующих кластеров и Z-координатой вершины распада K_S-мезона (Z_{vrtx}) соотношением:

$$
\theta_\imath = \theta_\imath^{Cluster} + \frac{Z_{vrtx}}{R_{CsI}} \cdot \sin\theta_\imath^{Cluster},
$$

где $\theta_\imath^{Cluster}$ — полярный угол $\imath$-ого кластера ($\imath = 1 \div 3$) , R_{Csi} - внутренний радиус CsI-калориметра. В процессе реконструкции минимизировалась функция:

$$
\chi^2 = \sum_{i=1}^{6} \frac{(P_i^{rec} - P_i^{mes})^2}{\sigma_i^2},
$$

где P_i^{mes} — измеренное значение параметра P_i, а P_i^{rec} — значение этого параметра восстановленное в результате реконструкции. Параметры P_i^{mes} определяются правыми частями уравнений (2), величины P_i^{rec} — левые части этих уравнений. Величины σ_i определялись по экспериментальным разрешениям.

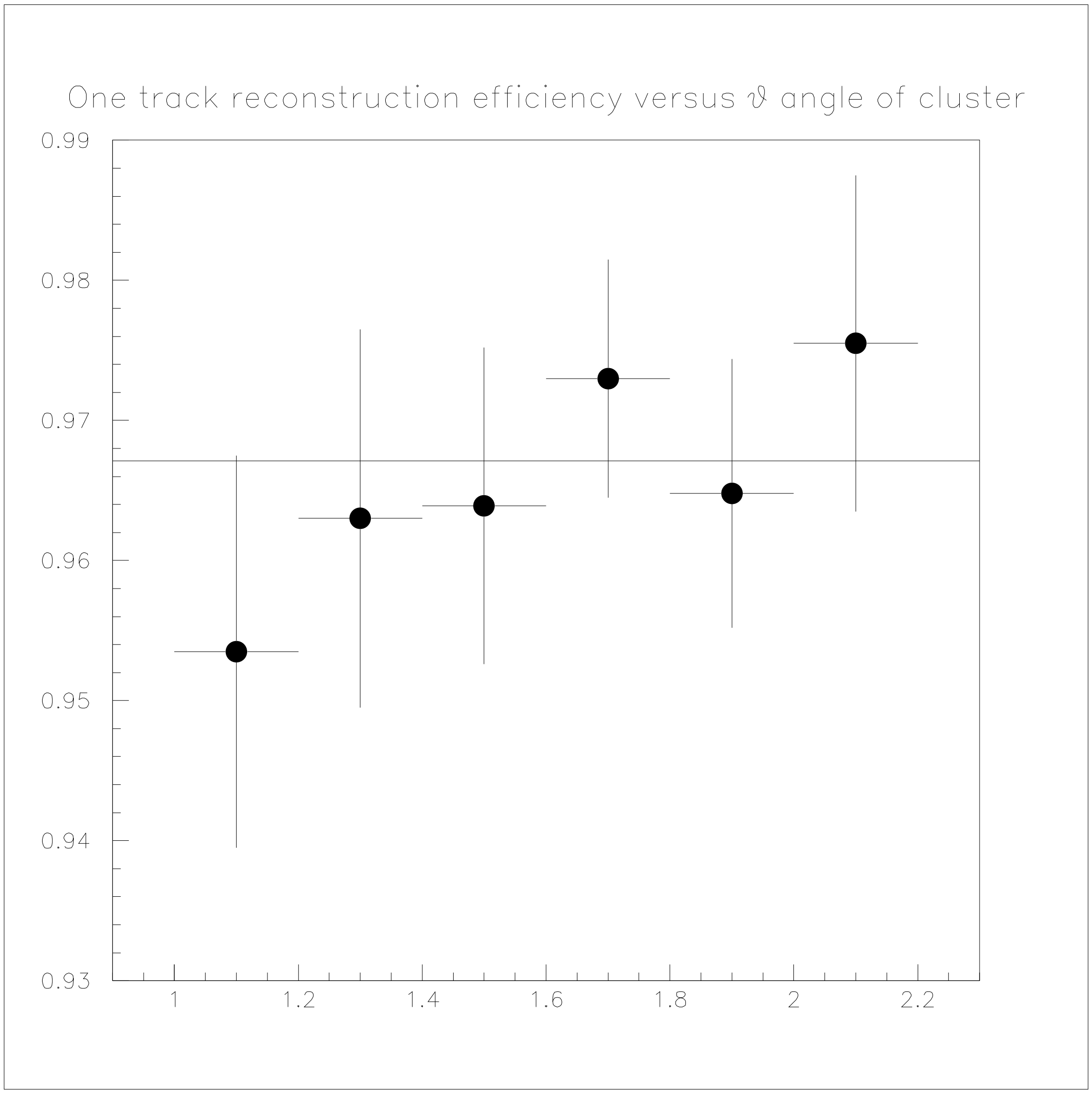

Рис. 7: Зависимость эффективности реконструкции трека от полярного угла кластера в тестовых событиях.

Минимизация выполнялась при помощи пакета программ MINUIT [2] Кинематическая реконструкция выполнялась на каждом событии дважды, в соответствие с двумя возможными комбинациями зарядов частиц ("первая" частица имеет заряд +1, вторая — -1 и наоборот) и выбирались те значения реконструируемых параметров, которые обеспечивают меньшую величину χ^2. Для вычисления эффективности отбирались только те события, χ^2 реконструкции которых был меньше 10. Выбор величины "граничного" χ^2 иллюстрируется на рис. 8, где представлена зависимость эффективности реконструкции события от χ^2. Видно, в частности, что при значениях этого параметра, больших 10, эффективность реконструкции падает с ростом χ^2 из-за увеличения примеси фона в тестовом наборе событий. А при χ^2 ¡ 10 эффективность уже не меняется, зато начинает расти статистическая ошибка в величине эффективности, обусловленая уменьшением количества событий в тестовом наборе.

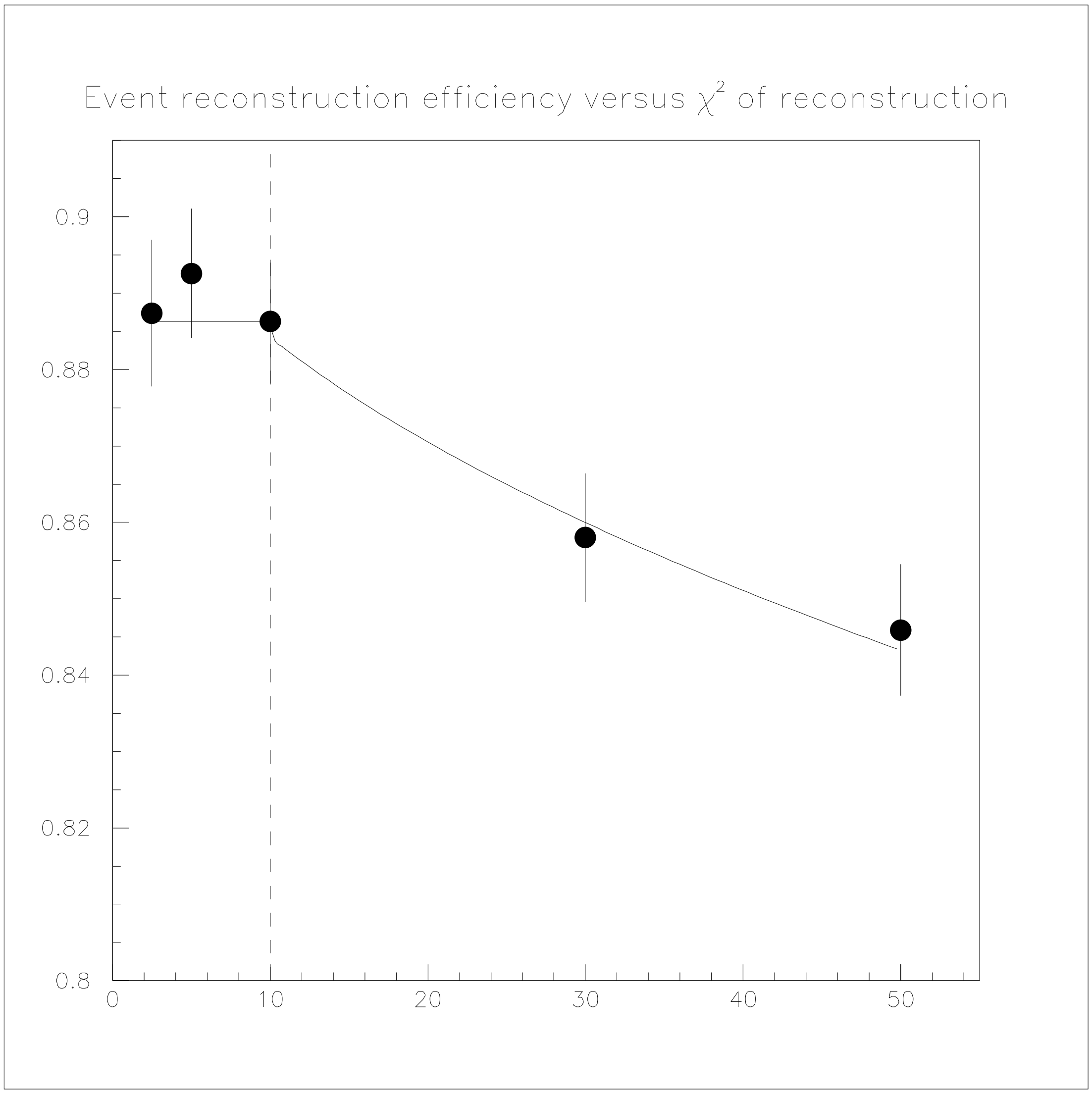

Рис. 8: Зависимость эффективности реконструкции событий от величины χ^2 реконструкции.

Из прошедших реконструцию тестовых событий отбирались те, которые удовлетворяли отборам дрейфовой камеры. После чего эффективность реконструкции события $\phi \to K_L K_S$ вычислялась по формуле:

$$\epsilon_{rec}^{1ev} = \frac{N_{test}^{DC}}{N_{test}}, \tag{3}$$

где N_{test} - количество тестовых событий, использованных для определения эффективности реконструкции, N_{test}^{DC} - количество тестовых событий, прошедших отборы дрейфовой камеры.

В определение эффективности реконструкции трека заложена следующая логика. Пусть отобрано N_x событий процесса $\phi \to K_L K_S$ и эффективность реконструкции трека есть ϵ^{1tr}_{rec}. Тогда число событий с одним восстановленым треком будет:

$$N_1 = N_x \cdot 2 \cdot \epsilon^{1tr}_{rec} \cdot (1 - \epsilon^{1tr}_{rec})$$

Число событий с двумя восстановленными треками будет:

$$N_2 = N_x \cdot (\epsilon^{1tr}_{rec})^2$$

Тестовые события содержат один или два восстановленных трека, т. е.:

$$N_{test} = N_1 + N_2 = N_x \cdot (2 \cdot \epsilon^{1tr}_{rec} \cdot (1 - \epsilon^{1tr}_{rec}) + (\epsilon^{1tr}_{rec})^2)$$

Выделив из тестовых событий те, в которых восстановились оба трека и образовав отношение N_2/N_{test}, для ϵ^{1tr}_{rec} получим:

$$\epsilon^{1tr}_{rec} = \frac{2 \cdot (N_2/N_{test})}{1 + (N_2/N_{test})}$$

или, умножив числитель и знаменатель этого выражения на N_{test}:

$$\epsilon^{1track}_{rec} = \frac{2 \cdot N_2}{N_2 + N_{test}} \tag{4}$$

Важным вопросом в данной процедуре определения эффективности реконструции является вопрос "чистоты" тестовых событий. Иными словами как много событий, не являющиеся событиями процесса $\phi \to K_L K_S$ содержится в тестовом наборе. Для установления доли фоновых событий в тестовом наборе с точностью около 0.1 % необходимо визуально просмотреть около 100 тестовых событий не удовлетворяющих отборам по дрейфовой камере. Для получения этих 100 "неэффективных" событий нужно, чтобы тестовый набор содержал около 1000 событий, которые в свою очередь соответствуют 20000 событий $\phi \to K_L K_S$, отобранным по дрейфовой камере. Эта технически сложная задача должна быть решена в ближайшее время.

3.2 Эффективность трекфайндера.

Для определения эффективности трекфайндера используется тот же набор тестовых событий, что и для определения эффективности реконструкции, но с одним дополнительным условием отбора. Это условие заключается в следующем. Если азимутальный угол трека пиона совпадает в пределах 0.5 рад. с азимутальным углом сработавшей опорной точки, то такой трек помечается и для определения эффективности трекфайндера берутся только те события в которых хотя бы один трек помечен. Пусть их число равно $N^{tf}_{\geq 1}$. Из числа этих событий выбираются те, в которых помечены оба трека. Пусть их число равно N_2^{tf}. Тогда эффективность трекфайндера определяется по формуле:

$$\epsilon_{tf} = 1 - \left(1 - \frac{2 \cdot N_2^{tf}}{N_{\geq 1}^{tf} + N_2^{tf}}\right)^2 \quad (5)$$

Следует заметить, что по сути здесь определяется не эффективность трекфайндера как такового, а эффективность дрейфовой камеры и Z-камеры детектора к запуску.

Эффективность же трекфайндера было предложено определять следующим образом: в событиях тестового набора в которых есть сработавшая маска трекфайндера в дрейфовой камере и сработавшая опорная точка в Z-камере и для которых нейтральный триггер выдал положительное решение[2]. Пусть число таких событий равно N_{test}^{tf}. Из них выделяем те события , в которых сработал трекфайндер. Если число таких событий равно N^{tf}, то эффективность собственно трекфайндера будет:

$$\epsilon_{TF} = \frac{N^{tf}}{/} N_{test}^{tf}$$

3.3 Определение эффективности CsI - калориметра в составе триггера.

Задача определения эффективности CsI - калориметра в составе триггера несколько сложнее, чем предыдущие. Усложнение заключается в том, что в данном случае мы имеем дело с тремя частицами, а не с двумя, как ранее. Решение этой проблемы разбивается на несколько этапов.

На первом этапе мы определяем число отобранных по дрейфовой камере событий, в которых кластер положительно заряженного пиона содержит хотя бы одну CsI-линейку. Пусть их число равно N_+^{test}. Из числа таких событий мы выделяем те, в которых кластер отрицательно заряженного пиона содержит хотя бы одну линейку. Обозначим количество таких событий $N-$. Тогда вероятность для отрицательно заряженного пиона дать запуск CsI - калориметра в триггере равна:

$$\epsilon_- = \frac{N_-}{N_+^{test}}$$

На втором этапе аналогичная процедура выполняется для положительно заряженного пиона и определяется вероятность для частицы π^+ дать запуск триггера от CsI-линейки, равная:

$$\epsilon_+ = \frac{N_+}{N_-^{test}},$$

[2] В таких событиях не требуем, чтобы треки были восстановлены

где N_{-}^{test} - число отобранных по дрейфовой камере событий, в которых отрицательно заряженный пион дал хотя бы одну CsI-линейку, N_{+} - число событий, в которых оба пиона дали каждый хотя бы одну CsI-линейку.

На третьем этапе определяем число событий, в которых оба пиона дали каждый хотя бы по одной CsI-линейке (число таких событий ($N_{K_L}^{test}$) равно, очевидно, $N_{K_L}^{test} = N_{+} = N_{-}$). После этого из этих событий мы отбираем те, в которых есть хотя бы одна CsI - линейка в направлении недостающего импульса. Пусть количество таких событий равно N_{K_L}. Тогда вероятность для K_L - мезона дать запуск триггера от CsI - линейки будет вычисляться по формуле:

$$\epsilon_{K_L} = \frac{N_{K_L}}{N_{K_L}^{test}}$$

Знание полученных выше величин позволяет вычислить эффективность CsI - калориметра в составе триггера для двух случаев: когда K_L-мезон имеет кластер в калориметре и когда не имеет. В первом случае эффективность вычисляется согласно:

$$\epsilon_{CsI}^{with\ K_L\ cluster} = 1 - (1 - \epsilon_{+}) \cdot (1 - \epsilon_{-}) \cdot (1 - \epsilon_{K_L}) \tag{6}$$

А во втором случае эффективность CsI - калориметра равна:

$$\epsilon_{CsI}^{without\ K_L\ cluster} = 1 - (1 - \epsilon_{+}) \cdot (1 - \epsilon_{-}) \tag{7}$$

4 Результаты и планы.

К настоящему времени разработаны процедуры определения эффективностей реконструкции и триггера для событий процесса $\phi \to K_L K_S$. Результат применения этих процедур для анализа экспериментальных данных продемонстрирован в таблице 1 на примере обработки статистики 3 энергетических точек набранной в 1993 в области ϕ-мезона. Для сравнения в этой же таблице приведены значения величин эффективностей, получаемых при обработке моделирования.

Основным препятствием для вычисления сечения $\phi \to K_L K_S$ является сейчас незнание величины ϵ_{MC}. Для ее определения необходимо такое моделирование, чтобы эффективности реконструкции, получаемые при его обработке, совпадали бы с соответствующими экспериментальными значениями. Работа в этом направлении сейчас ведется.

Также необходимо определить эффективность трекфайндера по методике, изложенной в главе "Эффективность трекфайндера" данного меморандума и вычислить вклад в систематическую ошибку от определения событий тестового набора.

E_{beam},MeV	$N_{K_L K_S}$	$N^{no\ K_L}$	$N^{yes\ K_L}$	ϵ_{rec}	ϵ_{tf}	$\epsilon_{CsI}^{no\ K_L}$	$\epsilon_{CsI}^{yes\ K_L}$
510.2	23136 ±179	13673 ±204	9463 ±97	0.8895 ±0.0126	0.9998 ±0.0098	0.9824 ±0.0004	0.9983 ±0.0001
510.5	26110 ±184	14933 ±212	11177 ±106	0.8381 ±0.0129	0.9976 ±0.0108	0.9806 ±0.0008	0.9983 ±0.0001
510.8	17689 ±147	10140 ±171	7549 ±87	0.8706 ±0.0146	0.9985 ±0.0119	0.9666 ±0.0008	0.9967 ±0.0001
Моделирование							
509.7	20662 ±145	6085 ±121	14577 ±189	0.8988 ±0.0096	0.9971 ±0.0103	1.0000	0.9973 ±0.0002

Таблица 1: Результаты применения процедур определения эффективностей реконструкции и триггера к обработке экспериментальных данных и моделирования.

Список литературы

[1] *Д. В. Черняк* Дипломная работа НГУ . Новосибирск, 1994 год.

[2] *Б. И. Хазин* Эксперимент по измерению формфактора пиона. Меморандум КМД-2, Phys-51, 29 августа 1996 года.

[3] *F. James* MINUIT. Reference Manual.