

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Ордена Ленина Сибирское отделение
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
им. Г.И. Будкера СО РАН

Г.Н. Абрамов, П.М. Астигеевич, В.М. Аульченко,
М.Н. Ачасов, А.Ю. Барняков, К.И. Белобородов,
А.В. Бердюгин, В.Е. Блинов, А.Г. Богданчиков,
А.А. Ботов, А.Д. Букин, Д.А. Букин, М.А. Букин,
А.В. Васильев, В.М. Весенев, Е.П. Волкова,
В.Б. Голубев, Т.В. Димова, В.П. Дружинин,
Д.П. Коврижин, А.А. Король, С.В. Кошуба,
Е.А. Кравченко, А.Ю. Кульпин, К.А. Мартин,
А.Е. Образовский, А.П. Онучин, Е.В. Пахтусова,
В.М. Попов, С.И. Середняков, Э.К. Силагадзе,
А.А. Сироткин, К.Ю. Сковпень, А.Н. Скринский,
И.К. Сурин, А.И. Текутьев, Ю.А. Тихонов,
Ю.В. Усов, П.В. Филатов, А.Г. Харламов,
Ю.М. Шатунов, Д.А. Штоль

ДЕТЕКТОР СНД:
МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ВЭПП-2000
И НЕКОТОРЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
НА ВЭПП-2М

ИЯФ 2007-20

НОВОСИБИРСК
2007

Детектор СНД: модернизация систем для экспериментов на ВЭПП-2000 и некоторые предварительные результаты экспериментов на ВЭПП-2М

Г.Н. Абрамов, П.М. Астигеевич, В.М. Аульченко, М.Н. Ачасов, А.Ю. Барняков, К.И. Белобородов, А.В. Бердюгин, В.Е. Блинов, А.Г. Богданчиков, А.А. Ботов, А.Д. Букин, Д.А. Букин, М.А. Букин, А.В. Васильев, В.М. Весенев, Е.П. Волкова, В.Б. Голубев, Т.В. Димова, В.П. Дружинин, Д.П. Коврижин, А.А. Король, С.В. Кошуба, Е.А. Кравченко, А.Ю. Кульпин, К.А. Мартин, А.Е. Образовский, А.П. Онучин, Е.В. Пахтусова, В.М. Попов, С.И. Середняков, З.К. Силагадзе, А.А. Сироткин, К.Ю. Сковпень, А.Н. Скринский, И.К. Сурин, А.И. Текутьев, Ю.А. Тихонов, Ю.В. Усов, П.В. Филатов, А.Г. Харламов, Ю.М. Шатунов, Д.А. Штоль

Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера 630090, Новосибирск, Россия

Аннотация

Приводятся описание модернизации детектора СНД для экспериментов на ВЭПП-2000 и предварительные результаты обработки экспериментов, выполненных с помощью детектора СНД на ВЭПП-2М.

**SND detector — upgrade for experiments at VEPP-2000 and
some preliminary results from experiments at VEPP-2M**

*G.N. Abramov, P.M. Astigeevich, V.M. Aulchenko, M.N. Achasov,
A.Yu. Barnyakov, K.I. Beloborodov, A.V. Berdyugin, V.E. Blinov,
A.G. Bogdanchikov, A.A. Botov, A.D. Bukin, D.A. Bukin,
M.A. Bukin, A.V. Vasiljev, V.M. Vesenev, E.P. Volkova,
V.B. Golubev, T.V. Dimova, V.P. Druzhinin, D.P. Kovrizhin,
A.A. Korol, S.V. Koshuba, E.A. Kravchenko, A.Yu. Kulpin,
K.A. Martin, A.E. Obrazovsky, A.P. Onuchin, E.V. Pakhtusova,
V.M. Popov, S.I. Serednyakov, Z.K. Silagadze, A.A. Sirotkin,
K.Yu. Skovpen, A.N. Skrinsky, I.K. Surin, A.I. Tekutiev,
Yu.A. Tikhonov, Yu.V. Usov, P.V. Filatov, A.G. Kharlamov,
Yu.M. Shatunov, D.A. Shtol*

Budker Institute of Nuclear Physics 630090, Novosibirsk, Russia

Abstract

Description of the SND upgrade for experiments at the VEPP-2000 facility and data analysis preliminary results from SND experiments at VEPP-2M are presented.

Содержание

1	Введение	5
2	Модернизация детектора СНД	5
2.1	Калориметр	5
2.2	Трековая система	7
2.3	Мюонная система	11
2.3.1	Пропорциональные трубки	11
2.3.2	Сцинтилляционные счетчики	12
2.4	Газовая система	14
2.5	Система азрогелевых черенковских счетчиков	16
2.6	Электроника детектора	17
2.7	Программное обеспечение система сбора данных (online)	18
2.8	Система обработки данных СНД-2000 (offline)	21
3	Анализ данных СНД	22
3.1	Анализ процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$	22
3.2	Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	24
3.3	Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$	26
4	Проблемы детектирования процесса $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$	26
5	Заключение	29

1 Введение

В настоящее время завершается модернизация детектора СНД [1] для проведения экспериментов на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 [2]. По всем модернизируемым системам СНД достигнут существенный прогресс. В настоящем препринте дается краткое описание статуса отдельных систем и всего детектора в целом. Кроме того, приводятся предварительные результаты анализа данных экспериментов с детектором СНД на ВЭПП-2М.

2 Модернизация детектора СНД

Модернизации подвергаются следующие подсистемы СНД: вакуумная камера, трековая система, мюонный детектор, электроника, система сбора данных, система обработки данных. Кроме того, в экспериментах на ВЭПП-2000 детектор СНД будет иметь новую подсистему — систему идентификации частиц на основе аэрогелевых черенковских счетчиков. Электромагнитный калориметр, который является основной частью СНД, остается прежним. Ниже приводится описание состояния дел в этих подсистемах детектора.

2.1 Калориметр

Электромагнитный калориметр является основной частью СНД [1]. В начале 2004 года был проведен ремонт калориметра. В частности, были заменены ВФТ на третьем слое внутренней (расположенной внутри кольца ВЭПП-2000) полусферы [3]. В 2005–2007 гг продолжались работы по подготовке калориметра к будущим экспериментам. Была полностью собрана электроника калориметра. Счетчики калориметра были подключены к стойкам с усилителями-формирователями и АЦП. Были установлены и подключены к стойкам вентилятор и кондиционер для охлаждения электроники, подготовлены все программы калибровки и проверки

калориметра, написано программное обеспечение системы сбора данных СНД, собрана схема запуска калориметра (первичный триггер).

С целью проверки работоспособности и надежности электроники при продолжительной непрерывной работе калориметра был проведен заход по регистрации космического излучения. В ходе захода была проведена калибровка калориметра по космике.

Для аппаратного отбора событий (первичный триггер) использовался сигнал СТ (СТ вырабатывается, если энерговыделение в одной из башен превышает 50 МэВ). Частота срабатывания первичного триггера и записи событий на диск составляла 200–250 Гц. Был осуществлён программный отбор событий (третичный триггер). События писались в два потока на основании “решения” третичного триггера. В первый поток попадали события, предназначенные для калибровки счётчиков калориметра. Условием записи являлось срабатывание не менее 5 и не более 25 счётчиков. Во второй поток отбирались события, в которых в каждой из полусфер сработало не менее трёх счётчиков с энерговыделением более 5 МэВ в каждом.

Перед записью космических событий проводились генераторные калибровки УФ и АЦП, измерялись пьедесталы АЦП. Была определена их стабильность при продолжительной работе: для большей части каналов электроники отклонения значений пьедесталов, измеренных в течение захода от значений, полученных в последний день захода, не превышало одного канала АЦП. Записанные события обрабатывались и определялись калибровочные коэффициенты C (МэВ/Ген) [4].

Для изучения изменений амплитуд сигналов со счётчиков рассматривались отношения калибровочных коэффициентов, определенных в течение захода, к значениям, полученным в последний день — 18 декабря: C_i/C_{noc} , где i — номер измерения. На рис. 1 приведены результаты измерений для кристаллов третьего слоя. На внутренней полусфере средние отношения C_i/C_{noc} , как правило, меньше 1%, разброс менее 1,5%. На внешней полусфере средний сигнал со счётчиков падает, что наблюдалось и в экспериментах 1995–2000 гг. Напомним, что на внешней полусфере множественной замены ВФТ не производилось.

Проведенный заход показал, что калориметр в целом находится в удовлетворительном состоянии и готов к экспериментам на ВЭПП-2000. Тем не менее, при первой возможности необходимо провести замену ВФТ на внешней полусфере третьего слоя калориметра СНД.

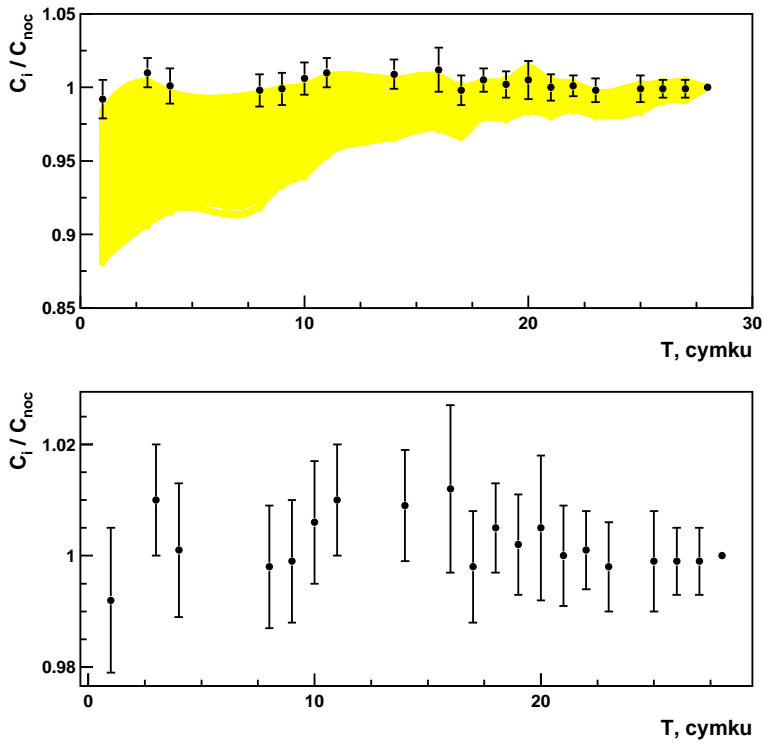


Рис. 1. Средние значения и среднеквадратичные разбросы отношения калибровочных коэффициентов C_i/C_{noc} в третьем слое в зависимости от времени. Верхний рисунок показывает сравнение отношений C_i/C_{noc} во внешней (штрихованная область) и внутренней (точки с ошибками) полусферах. На нижнем рисунке показаны средние значения и разброс отношений для внутренней полусферы.

2.2 Трековая система

Трековая система СНД предназначена для измерения координат треков заряженных частиц и их ионизационных потерь. Трековая система состоит из дрейфовой и пропорциональной камер, заключенных в едином газовом объеме. В девятислойной дрейфовой камере координата в плоскости, перпендикулярной оси пучков, определяется по времени дрейфа, а в направлении вдоль оси пучков — методом деления заряда. Для уточ-

нения координат трека вдоль оси пучков используется информация с полосок, расположенных на внутренней и внешней обечайках трековой системы. Подробное описание конструкции и проектных параметров системы приведено в работах [3, 5, 6, 7].

В 2005 году были завершены испытания полномасштабного прототипа трековой системы. Был достигнут проектный коэффициент газового усиления $\sim 5 \cdot 10^5$ и оптимизированы потенциалы высоковольтного делителя, что обеспечило однородность коэффициента газового усиления для разных слоев около 5%. Энергетическое разрешение было измерено в экспериментах с γ -квантами от изотопа ^{55}Fe и составило 7–9%. Измеренное в экспериментах с космическими частицами пространственное разрешение составило около 300 мкм по времени дрейфа и около 2 мм по делению заряда, что близко к проектным параметрам трековой системы. Кроме того, было подтверждено хорошее качество поверхности использованной в прототипе проволоки диаметром 120 мкм из позолоченного сплава титана и меди, что предопределило ее использование в трековой системе СНД [8].

Изготовление полного варианта трековой системы СНД было начато весной 2005 года. В период с мая по октябрь была полностью установлена проволочная структура, состоящая из 1296 проволок. В течение следующего года был полностью выполнен монтаж элементов высоковольтной и регистрирующей электроники на фланцах трековой системы, сигнальных и высоковольтных кабелей, а также проведен комплекс проверок качества сборки трековой системы, включавший в себя:

- измерение силы натяжения проволок;
- электрические проверки — контакты, обрывы, короткие замыкания проволок, полосок, проводов, кабелей;
- высоковольтные проверки — измерения токов утечки;
- измерение герметичности корпуса.

После устранения всех обнаруженных неисправностей, мелкого ремонта и окончательной сборки в декабре 2006 года трековая система была установлена в электронной пультовой СНД и подключена к штатной регистрирующей электронике.

В январе-июне 2007 года было проведено включение трековой системы и серия экспериментов с частицами космического излучения по измерению основных параметров системы. При первых включениях были зафиксирована высокая частота срабатываний отдельных проволок, обусловленная мелкими частицами пыли, оставшимися в объеме трековой системы после сборки. Было проведено несколько серий тренировок

проволочной структуры напряжением обратной полярности величиной до 70% от номинального напряжения с последующей промывкой газового объема системы спиртом. Такие мероприятия позволили заметно подавить шумовые срабатывания сигнальных проволок и получить расчетный коэффициент газового усиления во всех дрейфовых ячейках трековой системы.

При проведении экспериментов с частицами космического излучения запуск электроники осуществлялся по сигналу совпадения срабатываний двух ФЭУ, регистрирующих свет от сцинтиллятора, расположенного в цилиндрической полости трековой системы. Все 216 сигнальных проволок дрейфовой камеры были подключены к регистрирующей электронике детектора — усилителям и информационным платам Т2АМ. Для каждой сработавшей в событии проволоки записывалось время срабатывания дискриминатора с точностью $\sigma_t \lesssim 1$ нсек и последовательность измеренных с шагом 25 нсек амплитуд сигналов с обеих сторон проволоки (цифровые осциллограммы). Скорость записи событий составляла около 0,2 Гц, всего было записано более 30 тысяч треков частиц космического излучения. Пример события космического излучения показан на рис. 2.

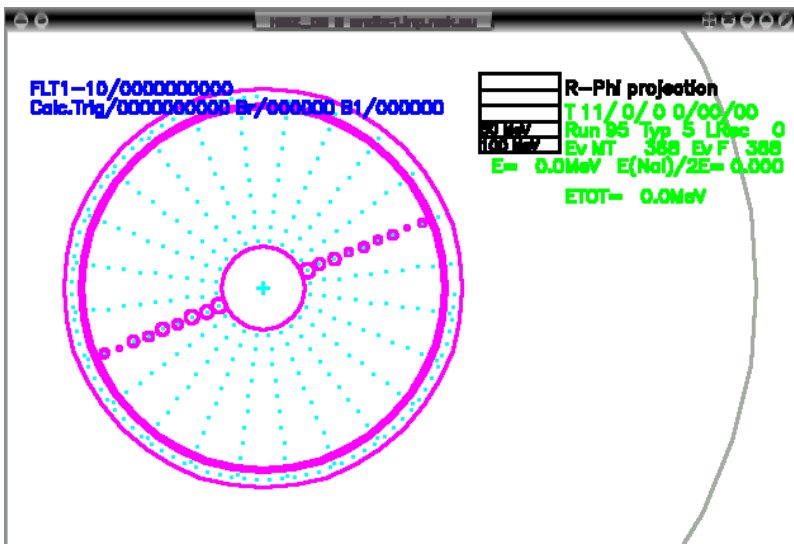


Рис. 2. Пример события от космического излучения в трековой системе СНД, Апрель 2007 г.

Для измерения координатного разрешения по времени дрейфа использовалась программа реконструкции событий, основанная на фильтре Кальмана. Скорость дрейфа полагалась постоянной, а ее исходное значение и зависимость координатного разрешения от расстояния дрейфа определялись из моделирования. Окончательные значения параметров линейной аппроксимации зависимости $x = x(t_{dr})$ (по два параметра для каждого слоя) и координатное разрешение для всех девяти слоев определялись при минимизации соответствующей функции правдоподобия, построенной по всем реконструированным трекам с четырьмя и более сработавшими проволоками. Параметры треков при минимизации были фиксированы. Описанный алгоритм положен в основу пилотной версии программы калибровки зависимости координаты от времени дрейфа.

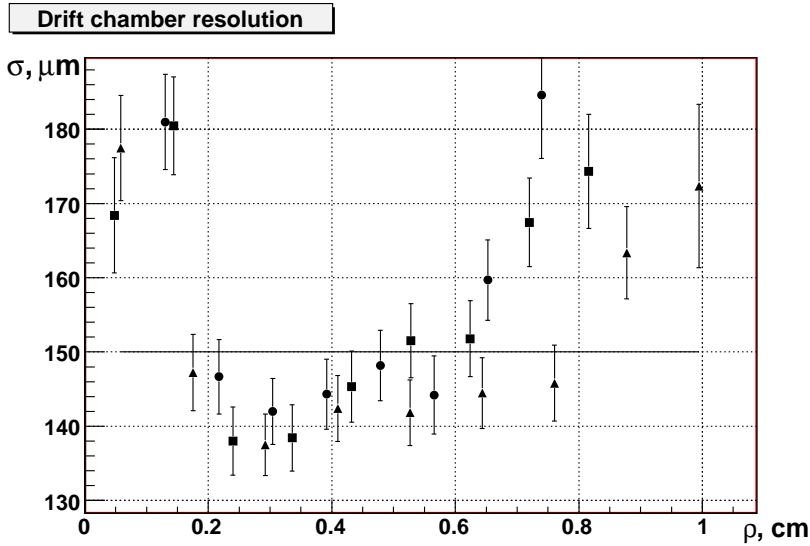


Рис. 3. Координатное разрешение по времени дрейфа в 7, 8 и 9 слоях дрейфовой ячейки трековой системы СНД.

Зависимость координатного разрешения от расстояния до сигнальной проволоки представлена на рис. 3. В большей части дрейфовой ячейки разрешение соответствует проектной величине, $\sigma_x \lesssim 150$ мкм. При малой длине дрейфа заметно ухудшение разрешения, связанное со статистической природой распределения первичных кластеров ионизации вдоль трека; при больших длинах дрейфа становится заметен вклад зависимо-

сти скорости дрейфа от расстояния и направления дрейфа. Эта зависимость будет в дальнейшем учтена в процедуре калибровки зависимости координаты от времени дрейфа.

2.3 Мюонная система

Назначение мюонной системы заключается в:

- подавлении срабатываний от космических частиц в нейтральных запусках;
- идентификации мюонов от пучковых событий.

Мюонная система СНД (рис. 4) состоит из пропорциональных трубок и сцинтилляционных счетчиков.

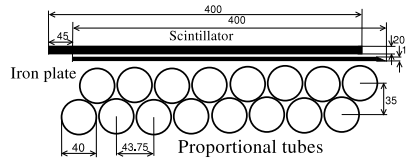
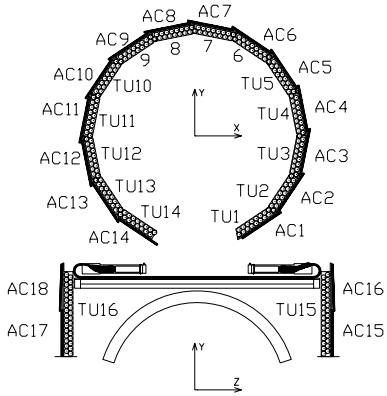


Рис. 5. Конструкция модуля.

Рис. 4. Схема мюонной системы.

2.3.1 Пропорциональные трубки

Пропорциональные счетчики мюонной системы детектора СНД сгруппированы в модули (рис. 5). Система включает 14 баррельных модулей по 16 трубок и 2 торцевых модуля по 32 трубки. Трубки модуля расположены в два слоя. С наружной по отношению к трубкам стороны детектора расположен сцинтилляционный счетчик, отделенный от трубок листом железа толщиной 1 см.

Трубки заполнены рабочей смесью $\text{Ag} + \text{CO}_2$ с содержанием CO_2 4.5%. Использована проволока диаметром 50 мкм из золоченого вольфрама. Рабочее напряжение трубок составляет 2100 В.

К каждой трубке подключен канал электроники, включающий эмиттерный повторитель, усилитель и дискриминатор с управляемым порогом. Таким образом, на выходе электроники модуля формируются логические сигналы срабатывания трубок, которые передаются на блоки ДА-НЕТ, выполненные в стандарте КЛЮКВА, и сигнал ИЛИ всех трубок модуля, предназначенный для первичного триггера.

Максимальное время дрейфа электронов в трубках не должно превышать времени формирования первичного триггера — 600 нс. Непосредственно после сборки для большинства модулей это условие не выполнялось, по-видимому, из-за загрязняющих примесей на стенках трубок. Для очистки модули потребовалось подвергнуть процедуре очистки от загрязнений путем длительной (в течение нескольких месяцев) продувки азотом.

После изготовления все модули подвергались проверке на герметичность. Однако через некоторое время (около 1 года) после изготовления в некоторых модулях были обнаружены течи. В связи с этим было принято решение провести дополнительную герметизацию, которая в настоящее время и проводится последовательно для всех модулей.

Также в настоящее время проходит тестирование блок ДА-НЕТ для считывания информации о срабатывании трубок, выполненный в стандарте КЛЮКВА.

2.3.2 Сцинтилляционные счетчики

В наружную систему входят 14 баррельных и 4 торцевых сцинтилляционных счетчика. Каждый счетчик состоит из двух склеенных посередине листов сцинтилляционной пластмассы на основе полиметилметакрилата со временем высвечивания 3.5 нс. Размеры счетчика — $200 \times 40 \times 1 \text{ см}^3$. Снаружи он обернут алюминизированным лавсаном и заключен в контейнер из листовой стали. Светособирание осуществляется посредством ленточных световодов из оргстекла, приклеенных к противоположным торцам сцинтиллятора. Для согласования площади световодов с площадью ФЭУ используется параболический отражатель из оргстекла, входной диаметр которого 60 мм, выходной — 40 мм. Боковая поверхность отражателя покрыта напыленным алюминием для улучшения светосбора. Счетчик просматривается двумя ФЭУ-143. Счетчики были изготовлены около 15 лет назад для экспериментов на СНД 1995–2000 годов [1].

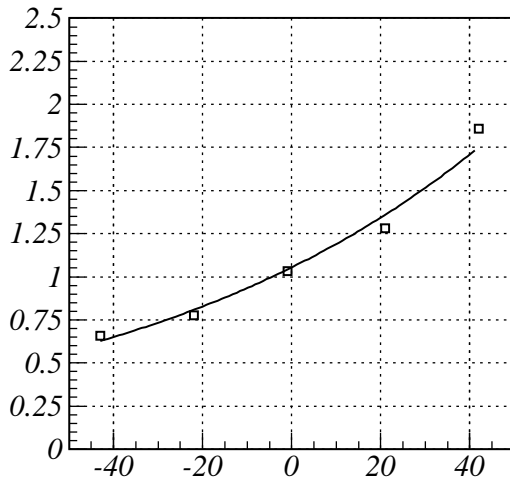


Рис. 6. Зависимость отношения амплитуд двух ФЭУ от координаты пролета космического мюона для одного из счетчиков, длина затухания данного счетчика $L = 165$ см.

В настоящее время эти же счетчики планируется использовать для экспериментов с детектором СНД на ВЭПП-2000 [5]. В связи с этим потребовалось проверить состояние всех счетчиков и измерить их основные параметры. Для этого было необходимо:

- проверить ФЭУ-143: измерить их квантовый выход и усиление. Для этого был сделан специальный стенд, на котором были измерены параметры всех 36 ФЭУ, которые ранее использовались в экспериментах. Один прибор оказался нерабочим и еще у 8 — ухудшились параметры, в основном, произошло уменьшение коэффициента световыхода фотокатода. Кроме того, были обмерены около 30 ФЭУ, бывших в запасе. В итоге были выбраны 36 приборов с наилучшими параметрами;
- провести проверку работоспособности счетчиков, а также измерить длину затухания для всех счетчиков и определить суммарное количество фотоэлектронов, вылетевших из фотокатодов двух ФЭУ. Последнее число характеризует количество фотонов, образовавшихся в сцинтиляторе при пролете заряженной частицы. Эти измерения также проводятся на специальном стенде. Для измерений для всех счетчиков используется один комплект тестовых ФЭУ. На данный

момент обмерены 6 счетчиков. В результате получено, что длина затухания снизилась со 180 см [9] до 140–170 см в зависимости от блока. Отношение амплитуд двух ФЭУ в зависимости от координаты пролета космического мюона для одного из счетчиков показана на рис. 6. Количество фотоэлектронов также снизилось со среднего $N_{\text{ph.e.}} = 30$ до $N_{\text{ph.e.}} = 24 \div 31$ (таб. 1). После завершения обмера счетчик комплектуется такими ФЭУ, чтобы выравнять $N_{\text{ph.e.}}$ для разных модулей.

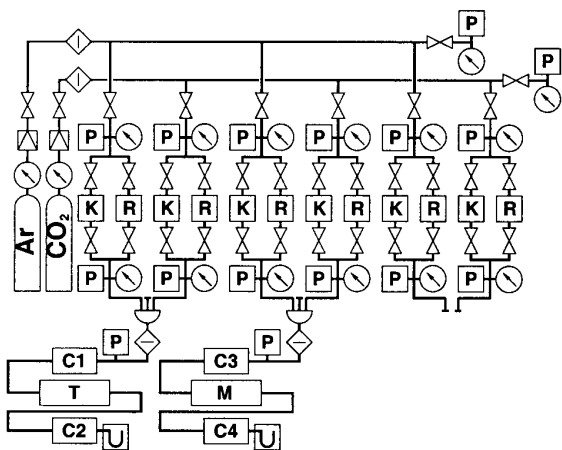
Таблица 1. Данные измерений для 6 блоков.

№ счетчика	$L_{\text{зат}}$ (см)	$N_{\text{ph.e.}}$
4	150	29
2	165	25
9	162	28
13	142	24
1	140	31
7	165	28

В ближайшие несколько месяцев обмер счетчиков будет закончен, и они будут готовы к постановке на детектор.

2.4 Газовая система

Газовая система СНД предназначена для приготовления рабочих газовых смесей для трековой и мюонных систем детектора (двухкомпонентные смеси $\text{Ar} + 10\% \text{CO}_2$ и $\text{Ar} + 5\% \text{CO}_2$, соответственно), снабжения этих систем рабочим газом в режиме непрерывного продува, контроля качества рабочего газа (рис. 7). Основными элементами системы являются контроллеры газового потока фирмы Bronkhorst, модель F-201-C, обеспечивающие заданную величину потока в диапазоне 0–300 мл/мин для аргона и 0–30 мл/мин для углекислого газа с точностью $\sim 1\%$. Управление контроллерами осуществляется с помощью блока CFM (разработан в лаб. 6-1 ИЯФ СО РАН) в двух режимах: по протоколу RS232 через КАМАК-блок V24 и вручную. В случае выхода из строя контроллеров предусмотрена возможность перехода на ручное регулирование газовых потоков с помощью ротаметров фирмы Krohne. Давление в газовых магистралях измеряется датчиками Motorola MPX4250 и MPX5700, а также стрелочными манометрами прямого действия, аналоговый сигнал с датчиков Motorola поступает в систему медленного контроля СНД.



Условные обозначения:

	Манометр прямого действия		Ротамер
	Редуктор		Газовый смеситель
	Газовый фильтр		Контрольная дрейфовая камера
	Вентиль		Трековая система СНД
	Электронный датчик давления		Мюонная система СНД
	Контроллер газового потока		Масляный затвор

Рис. 7. Принципиальная схема газовой системы СНД.

Конструкцией системы также предусмотрена возможность приготовления трехкомпонентной рабочей газовой смеси (например, добавление к двухкомпонентной рабочей смеси паров воды в случае катодного старения трековой системы).

Для контроля качества рабочего газа на входе и выходе газовых магистралей в трековую и мюонную системы расположены контрольные камеры. Каждая камера представляет собой дрейфовую ячейку с анодной провололочкой, расположенной посередине между плоскопараллельными катодами. Дрейфовое поле в ячейке создается полосками на катодах. Длина ячейки 50 мм, расстояние между катодами 10 мм, ширина полеформирующих полосок и их шаг — 1 мм. Катоды изготовлены из фольгированного стеклотекстолита (СТЭФ) толщиной 1.5 мм, анодная провололочка изготовлена из позолоченного сплава вольфрама и рения,

диаметр проволоочки 15 мкм. В одной из катодных плоскостей на расстояниях 15 и 35 мм от анодной проволоочки расположены два бериллиевых окна для гамма-излучения шириной 1 мм и толщиной бериллия 300 мкм. Камеры облучаются фотонами с энергией 5.9 КэВ от гамма-изотопа ^{55}Fe и снабжены электромеханическим устройством, перемещающим изотоп от одного окна к другому. Контроль качества рабочего газа осуществляется путем измерения амплитуд сигнала камеры при обоих положениях изотопа. По этим данным определяется длина поглощения ионизации в газе и ведется контроль изменения амплитуды со временем. В настоящее время собран один экземпляр контрольной камеры, использующийся для контроля качества рабочего газа при настройке и тестовых запусках трековой системы СНД.

Работы по монтажу газовой системы в электронной пультовой СНД начались в мае 2006 г. Часть газовых магистралей была смонтирована в мае-июне 2006 г, электроника системы установлена в октябре-декабре 2006 г. В феврале-марте 2007 г. закончен монтаж газовых магистралей. Оставшиеся работы по сборке газовой системы включают подключение датчиков давления к системе медленного контроля СНД, установку контроллеров Bronkhorst, установку системы видеонаблюдения за стрелочными приборами, блоками CFM и состоянием масляных затворов.

2.5 Система аэрогелевых черенковских счетчиков

Система идентификации заряженных частиц детектора СНД состоит из 9 пороговых аэрогелевых черенковских счетчиков. Рабочий объем счетчика заполнен аэрогелем с показателем преломления $n = 1.13$. Черенковское излучение, вызванное пролетом сквозь аэрогель заряженной частицы, переизлучается в шифтере и регистрируется фотоприемником, в качестве которого используется ФЭУ с МКП [10, 11].

В 2006 году были завершены измерения долговременной стабильности, выполненные на первом полноразмерном тестовом счетчике, заполненном аэрогелем с показателем преломления $n = 1.13$. Тесты проводились с начала 2005 по март 2006. В качестве источника частиц использовался поток космических мюонов с импульсом $p > 1$ ГэВ/с, что позволило отобрать мюоны с величиной черенковского излучения более 95% от максимальной. Измерения величины сигнала были выполнены в 5 точках счетчика, при перпендикулярном прохождении космических частиц сквозь счетчик. Для получения зависимости средней величины сигнала от времени, измерения проводились в три этапа. Разброс значений среднего сигнала при первом этапе составил от 9 ф.э. для наиболее

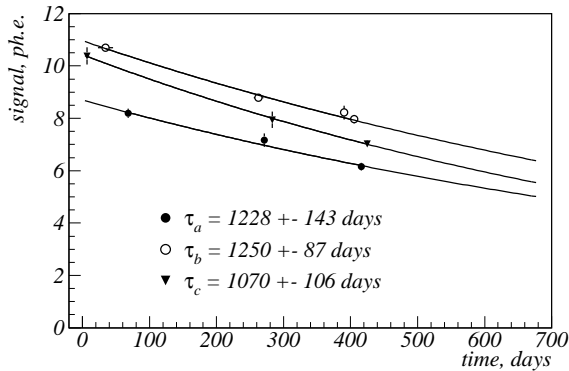


Рис. 8. Зависимость среднего сигнала аэрогелевого счетчика от времени, полученная для трех точек счетчика.

удаленной от ФЭУ точки счетчика, до 10.7 ф.э. в точке с максимальным светосбором. На рис. 8 приведены результаты измерения долговременной стабильности для трех точек счетчика. Измерения показали, что средняя величина сигнала черенковского счетчика уменьшается со временем. Приведенные на рисунке результаты измерений были аппроксимированы экспоненциальной зависимостью от времени. Полученное характерное время уменьшения сигнала примерно равно $\tau = 1200$ суток. Уменьшение сигнала вызвано уменьшением длины поглощения света в аэрогеле, которая связана с присутствием в аэрогеле подверженных окислению примесей металлов. Для уменьшения влияния атмосферной влаги, в 2006 году изготовлен корпус системы аэрогелевых черенковских счетчиков, выполненный в виде трех отдельных сегментов, каждый из которых имеет сварную конструкцию со съемной крышкой. В первом квартале 2007 года был изготовлен первый сегмент счетчика. Измерения на космических частицах с этим сегментом дали результат статистически согласующийся с результатом, полученном на тестовом счетчике. До конца 2007 года планируется изготовить полный комплект счетчиков аэрогелевой системы СНД.

2.6 Электроника детектора

Электроника детектора СНД детально описана в [3, 7] за исключением электроники пропорциональных трубок. Электроника пропорциональных трубок включает 14 баррельных модулей по 16 трубок и 2 торцевых модуля по 32 трубки. Каждой трубке соответствует канал электрони-

ки, включающий эмиттерный повторитель, усилитель и дискриминатор с управляемым порогом, конструктивно размещенными на одной плате, устанавливаемой непосредственно на самом модуле трубок. На выходах предварительной электроники модуля по установленному порогу дискриминатора формируются логические сигналы срабатывания трубок, которые передаются на информационные платы ДА-НЕТ, выполненные в стандарте КЛЮКВА. Разработанные ДА-НЕТ платы трубок включают 32 канала битовой информации упакованные в 2 16-разрядных слова данных. Данные в платах фиксируются по сигналу от ЦСУ "блокировка". В настоящее время статус разработки и производства блоков электроники следующий. Платы ПВВ (процессор ввода-вывода), Т2АМ (время и две амплитуды с проволочек дрейфовой камеры на Flash ADC, 4 канала) и А24М (АЦП с пиковым детектором для калориметра на 24 канала) — все платы изготовлены, установлены в крейтах КЛЮКВА и проверены; платы ПА24 (24 Flash ADC для полосок дрейфовой камеры) — изготовлены, пишется микропрограмма для ПЛИС ALTERA, на которой реализована логика работы платы; платы ИПТ ТС (интерфейс первичного триггера трековой системы), а так же блоки логики ПТ ТС (логика треков и логика слоев) — изготовлены, установлены в крейтах КЛЮКВА и проверены; ДА-НЕТ платы трубок — изготовлен один опытный образец, ведется тестирование, всего необходимо 9 таких плат; Частично реализована система медленного контроля, включающая в себя контроль низковольтного и высоковольтного питания, контроль температур, контроль давлений в газовой системе.

2.7 Программное обеспечение система сбора данных (online)

Последние изменения в программном обеспечении связаны с тестированием и началом эксплуатации системы. В 2006 и начале 2007 г. система использовалась для записи космических событий в калориметре (рис. 9а) и трековой системе (рис. 9b).

События использовались для тестирования и калибровки детектора.

В систему сбора данных были включены схемы измерения загрузок (пересчетки). Добавлена возможность кратковременной блокировки электроники и прекращения набора событий по инициативе оператора. Для корректного расчета загрузок во время запуска, паузы и остановки захода добавлена синхронизация между процессом чтения событий (Readout) и процессом чтения пересчетов.

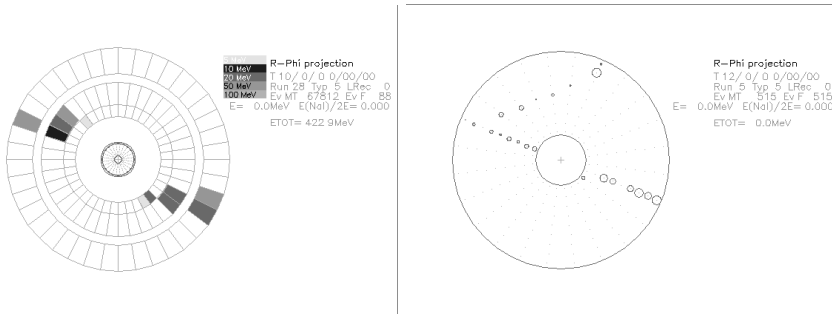


Рис. 9. Космические события (а) в калориметре, (b) в дрейфовой камере.

Проведены тесты производительности системы с помощью генератора случайных запусков, в ходе которых измерена зависимость отношения числа незарегистрированных событий к общему числу событий от частоты срабатываний первичного триггера (рис. 10). Таким образом было экспериментально получено мертвое время электроники (в тестовом режиме мертвое время составляло около 90 мкс).

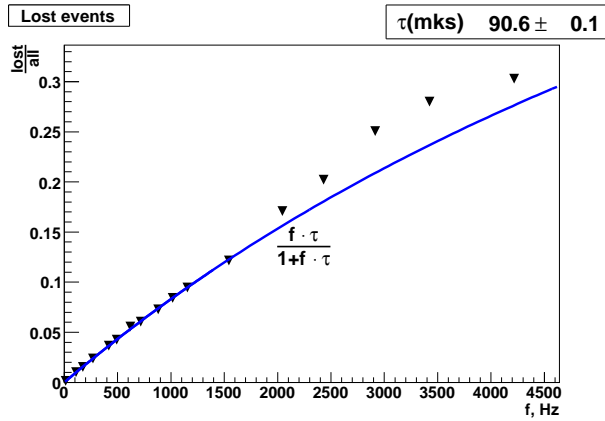


Рис. 10. Зависимость доли просчетов от частоты триггера. На экспериментальные точки наложена кривая расчетной зависимости при указанном мертвом времени электроники (τ).

Текущие значения измеренных частот и процент потерь отображаются в операторском интерфейсе (рис. 11). Для этого используется Web-интерфейс на основе PHP-сценариев, HTML и Javascript.

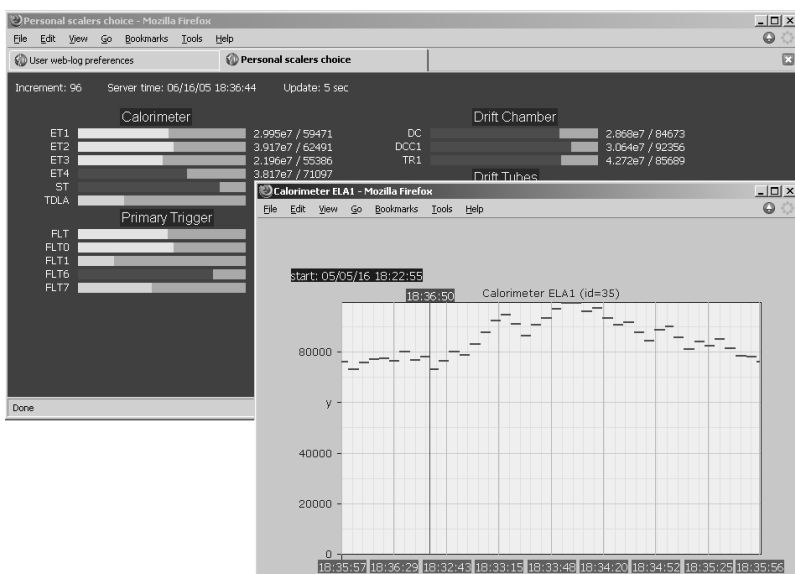


Рис. 11. Отображение пересчетов в интерфейсе оператора.

Изменен интерфейс к калибровочной базе данных, реализован атомарный доступ к связанным калибровочным массивам. Организовано хранение калибровочных массивов, получаемых из генераторных калибровок, в реляционной базе данных под управление СУБД MySQL (ранее для этого использовались файлы).

Создан пакет программ для загрузки конфигурации всех электронных блоков первичного триггера (ПТ). Реализована программа генераторной калибровки амплитудного канала дрейфовой камеры.

Старые программы генераторных калибровок, контроля детектора и визуализации событий, использовавшиеся ранее в экспериментах на ВЭПП-2М, были адаптированы к экспериментам на ВЭПП-2000. Создан прототип новой программы визуализации событий, более тесно интегрированной с ПО нового эксперимента.

В ходе эксплуатации системы системы сбора данных было отлажено существующее ПО и определен список необходимых доработок.

2.8 Система обработки данных СНД-2000 (offline)

Подробное описание системы обработки данных дано в [3, 7]. Для моделирования в среде Geant4 на данный момент реализовано геометрическое описание и отклики калориметра, трековой и мюонной систем детектора. В моделирование триггера включены все данные подсистемы детектора. Модернизирована существующая программа визуализации.

В системе моделирования ДК СНД сейчас учитываются следующие эффекты: флуктуации первичной ионизации, дрейф и диффузия ионизации, газовое усиление. Для моделирования первичной ионизации используется расширенная фото-ионизационная модель, позволяющая описывать флуктуации ионизации с процентной точностью. С использованием данной системы проводилось моделирование процессов e^+e^- , $\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$, $\mu^+\mu^-$, K^+K^- , p^+p^- . Общая статистика моделирования сейчас составляет около 200 тыс. событий.

Реализовано новое, более точное по сравнению с предыдущим, описание калориметра. Готов модуль для учета неоднородностей светосбора. Создано описание мюонной системы. Для моделирования отклика сцинтилляционных счетчиков использована упрощенная временная модель.

В настоящее время основные работы по модификации системы ведутся в следующих направлениях:

- налаживание взаимодействия с базами данных констант и калибровок;
- модернизация системы сборки ПО с учетом накопленных пожеланий/предложений;
- модернизация существующей программы реконструкции частиц в калориметре с использованием опыта, накопленного в предыдущем эксперименте [1];
- отладка программы реконструкции треков в трековой системе;
- отладка геометрического описания и отклика подсистем детектора, физических процессов в камере, уточнение моделирования светосбора в калориметре и счетчиках мюонной системы;
- создание и отладка программ калибровок подсистем детектора;
- оптимизация работы системы и увеличение скорости моделирования.

3 Анализ данных СНД

Большая часть экспериментальных данных собранных детектором СНД в экспериментах на коллайдере ВЭПП-2М уже обработана и опубликована. Ниже приводится состояние дел в анализе тех процессов, для которых обработка данных все еще продолжается.

3.1 Анализ процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$

Процесс $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$ исследуется в случае больших полярных углов вылета всех конечных частиц ($20^\circ \leq \theta_i \leq 160^\circ$) и больших пространственных углов между всеми конечными частицами ($\alpha_{ij} \geq 9^\circ$). Используются данные эксперимента, проводившегося с детектором СНД в 1997–1999 гг. в области энергии в с.ц.м. $2E = 0.98\text{--}1.38$ ГэВ. Используемая экспериментальная статистика соответствует интегральной светимости 9.24 пб^{-1} . По данным моделирования разработаны следующие условия отбора событий процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$ и подавления фоновых событий ($e^+e^- \rightarrow e^+e^-(\gamma)$, $e^+e^- \rightarrow 3\pi$, $e^+e^- \rightarrow 4\pi$):

- в событии зарегистрированы 2 заряженные и 2 нейтральные частицы;
- полярный угол вылета каждой частицы $36^\circ \leq \theta_i \leq 144^\circ$, пространственные углы между направлениями вылета всех конечных частиц $\alpha_{ij} \geq 20^\circ$;
- центральные и неколлинеарные треки заряженных частиц $R_1, R_2 \leq 1 \text{ см}$, $|z_1|, |z_2| \leq 10 \text{ см}$, $|\Delta\varphi| \geq 5^\circ$, $|\Delta\theta| \geq 5^\circ$
- исключена область инвариантной массы пары фотонов $110 \text{ МэВ} \leq M_{\gamma\gamma} \leq 170 \text{ МэВ}$;
- энергия каждой конечной частицы $E_i \geq 50 \text{ МэВ}$;
- отсутствие срабатывания мюонной системы;
- критерий χ^2 кинематической реконструкции $\chi^2 \leq 30$.

По данным моделирования также определена эффективность регистрации процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$ и фоновых процессов (таб. 2). Условия отбора удовлетворяют 987 экспериментальных событий. Произведены расчет числа фоновых событий и вычитание фона. Измерено сечение процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$ в условиях $20^\circ \leq \theta_i \leq 160^\circ$, $\alpha_{ij} \geq 9^\circ$, $E_i \geq 10 \text{ МэВ}$, результат не противоречит данным моделирования (рис. 12), проведен анализ энергетических и угловых распределений.

Дальнейшая работа включает анализ систематических эффектов и фона, использование полной статистики экспериментов СНД и оптимизацию условий отбора событий процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$. При использовании полной экспериментальной статистики, соответствующей интегральной светимости 19.4 пб^{-1} и эффективности регистрации $\approx 1.5\%$ ожидаемое число событий процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$ составляет ≈ 3700 .

Таблица 2. Эффективность регистрации процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$ и фоновых процессов.

Процесс	МНАD9701	МНАD9702	МНАD9901
$e^+e^-\gamma\gamma$	$(1.48 \pm 0.03)\%$	$(1.47 \pm 0.02)\%$	$(1.50 \pm 0.02)\%$
$e^+e^-(\gamma)$	$(3.3 \pm 1.4) \cdot 10^{-6}$	$(2.9 \pm 0.7) \cdot 10^{-6}$	$(3.0 \pm 0.9) \cdot 10^{-6}$
3π	$(1.6 \pm 0.5) \cdot 10^{-4}$	$(1.9 \pm 0.3) \cdot 10^{-4}$	$(2.1 \pm 0.4) \cdot 10^{-4}$
$\omega\pi^0 \rightarrow 4\pi$	$(1.9 \pm 0.5) \cdot 10^{-4}$	$(2.5 \pm 0.4) \cdot 10^{-4}$	$(2.2 \pm 0.4) \cdot 10^{-4}$
$a_1\pi \rightarrow 4\pi$	$(4.2 \pm 0.7) \cdot 10^{-4}$	$(2.9 \pm 0.4) \cdot 10^{-4}$	$(3.8 \pm 0.5) \cdot 10^{-4}$

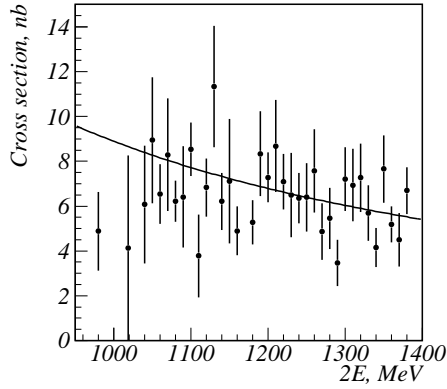


Рис. 12. Сечение процесса $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$. Сплошной линией показан результат теоретического расчета сечения в условиях $20^\circ \leq \theta_i \leq 160^\circ$, $\alpha_{ij} \geq 9^\circ$, $E_i \geq 10 \text{ МэВ}$.

3.2 Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$

Введение. Сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ в диапазоне энергии 0,98–1,38 ГэВ измерялось ранее детектором СНД [12], точность измерения составила 8% при интегральной светимости 9500 нб⁻¹. Сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ в области энергий 0,64–1,4 ГэВ измерялось детектором OLYa [13] с интегральной светимостью 1540 нб⁻¹, где были установлены пределы на вероятности распада.

$$Br(\rho \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0) < 2 \times 10^{-4}, Br(\omega \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0) < 2 \times 10^{-2}.$$

Это сечение также измерялось в работах [14], где был установлен предел на соотношение $\Gamma(\rho \rightarrow e^+e^-) \cdot Br(\rho \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0) < 170$ эВ. Модель векторной доминантности предсказывает $\Gamma(\rho \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0) = 0,9$ КэВ [15].

Отбор событий. Предварительно отбирались события с двумя и более заряженными частицами и четырьмя и более фотонами, чтобы, по возможности, избежать потери событий с наложениями фотонов пучкового фона и ложных фотонов от ядерного взаимодействия пионов в веществе детектора.

Далее проводилась кинематическая реконструкция событий в предположении выполнения законов сохранения энергии импульса и конечного состояния $\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$. Никаких дополнительных предположений о промежуточном состоянии не вводилось. В событиях с тремя и более заряженными частицами или пятью и более фотонами при кинематической реконструкции проводился перебор всех возможных комбинаций и выбиралась комбинация, обеспечивающая максимальное значение параметра χ^2 кинематической реконструкции.

Далее отбирались события, для которых параметр χ^2 кинематической реконструкции менее 50 и массы реконструированных π^0 -мезонов лежат в диапазоне 80–200 МэВ.

Сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$. Эффективность регистрации исследуемого процесса определялась по моделированию (рис. 13). Основным фоновым процессом является процесс $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$. Также рассматривались фоновые процессы $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$, $e^+e^- \rightarrow \gamma$, но выбранные условия отбора подавляют эти процессы настолько, что ими можно пренебречь. Для определения числа заряженных событий проводилось фитирование распределений по инвариантной массе пар фотонов, отобранных при кинематической реконструкции событий. Распределение аппроксимировалось суммой гауссового распределения, описывающего распада

π^0 -мезона и функцией, известной как "аргус описывающей фоновые процессы (рис. 14). Форма распределений фиксировалась из моделирования. Измеренное сечение показано на рис. 15. Наши результаты находятся в согласии с предыдущими результатами. В работе [14] был установлен предел на сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ в точке $E = 915$ МэВ: сечение не превышает 0,9 нб, что не противоречит нашим результатам.

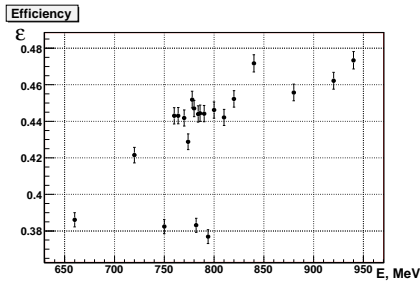


Рис. 13. Эффективность к процессу $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$.

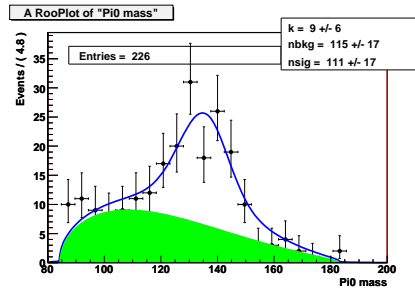


Рис. 14. Инвариантная масса пары фотонов $950 < 2E < 970$ МэВ.

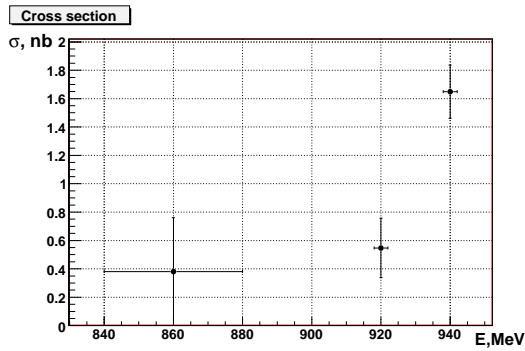


Рис. 15. Видимое сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$, измеренное СНД.

3.3 Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$

Начат анализ процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ с использованием данных набранных в 1997 г. в области энергии выше 1 ГэВ в системе центра масс. Интегральная светимость набранная в этом эксперименте составила 6 пб⁻¹.

Для анализа отбирались события, в которых в области углов $55^\circ < \theta < 125^\circ$ были зарегистрированы две коллинеарные $|\Delta\theta < 10^\circ|$, $|\Delta\phi < 10^\circ|$ заряженные частицы энергосделением в калориметре выше порогового. Для подавления фона от космических частиц и событий процессов $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$, K^+K^- , e^+e^- использовались срабатывания сцинтилляционных счётчиков мюонной системы и энергосделения в слоях калориметра. В настоящее время изучается эффективность регистрации изучаемого и фоновых процессов.

4 Проблемы детектирования процесса

$$e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$$

Энергия электрон-позитронных пучков ВЭПП-2000 делает возможным изучение электромагнитных формфакторов нуклонов вблизи порога. Рождающиеся нуклоны являются нерелятивистскими, времена пролета антинейтронов до первого слоя калориметра могут составлять от 3 нс (при максимальной кинетической энергии антинейтрона $\simeq 60$ МэВ) до 20 нс (при кинетической энергии антинейтрона $\simeq 1$ МэВ), поэтому применение время-пролетной методики для выделения нейтрон-антинейтронных событий выглядит довольно перспективным.

В рамках дипломной работы [16] проводилось измерение временного разрешения счетчика на основе кристалла NaI(Tl) из третьего слоя калориметра с использованием стандартных блоков электроники СНД флэш-АЦП ПА24 и формирователя Ф12, а также была написана программа моделирования временного разрешения детектора СНД. Измерения проводились на космических мюонах с помощью телескопа сцинтилляционных счетчиков. Энергосделение в счетчике $\simeq 70$ МэВ. Временное разрешение счетчика NaI(Tl) составило $\simeq 4$ нс для фронта сигнала $\simeq 1$ мкс. Полученное экспериментальное значение временного разрешения $\simeq 4$ нс не позволяет выделять нейтрон-антинейтронные события в детекторе при кинетической энергии антинейтрона $\gtrsim 10$ МэВ, поэтому была сделана попытка модернизации блока Ф12, в результате которой фронт сигнала сократился до $\simeq 250$ нс. Несмотря на уменьшение длительности фронта, с новой формой сигнала получено временное разрешение также $\simeq 4$ нс.

При написании моделирования схемы измерения временного разрешения была получена зависимость временного разрешения от энерговыделения в счетчике NaI(Tl) для фронта сигнала $\simeq 250$ нс. Эта зависимость показана на рис. 16.

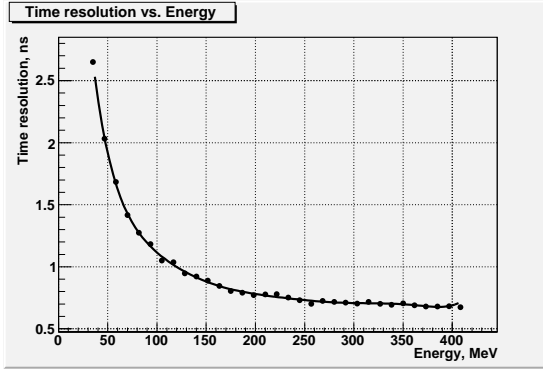


Рис. 16. Зависимость временного разрешения от энерговыделения в счетчике.

На данный момент написано моделирование временного разрешения детектора СНД, которое определяется только физическими явлениями, происходящими в детекторе, без учета электроники. Один из способов измерения времени регистрации антинейтрона — это вычисление момента первого срабатывания кристалла в калориметре. На рис. 17 показана временная гистограмма первого срабатывания кристалла в калориметре при энерговыделении в нем больше 50 МэВ для энергии пучков ВЭПП-2000 945 МэВ. Из данного спектра видно, что временное разрешение, определяемое только физическими процессами, не превышает 1 нс.

На рис. 18 представлена двумерная картина взаимодействия антинейтронов и нейтронов в детекторе для кинетической энергии начальных частиц $\simeq 5.3$ МэВ.

Ближайший план работ по дальнейшему изучению детектирования процесса $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$ включает в себя: проведение измерений с новым блоком-формирователем с фронтом сигнала $\lesssim 100$ нс, который в настоящий момент находится в разработке, закупка плат ПА24 и последующее подключение их к электронике калориметра, создание моделирования выделения $n\bar{n}$ событий по их сигнатуре без использования времени пролета.

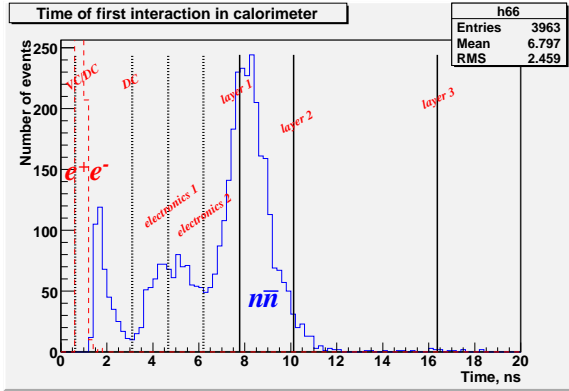


Рис. 17. Временной спектр первого срабатывания кристалла в калориметре СНД. Кинетическая энергия антинейтрона $\simeq 5.3$ МэВ. Энергетический порог на счетчик — 50 МэВ. Непрерывная линия — события $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$, пунктирная линия — события $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$. Вертикальными линиями обозначены расстояния по времени пролета антинейтрона: VC/DC — до стенки вакуумной камеры и внутренней стенки дрейфовой камеры, DC — до внешней стенки дрейфовой камеры, electronics 1 — до электроники дрейфовой камеры, electronics 2 — до электроники первого слоя калориметра, layer 1 — до первого слоя, layer 2 — до второго слоя, layer 3 — до третьего слоя.

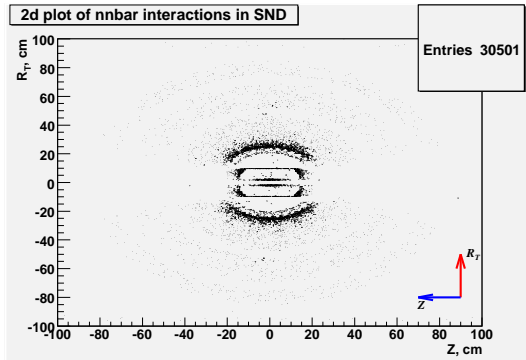


Рис. 18. Двумерная картина взаимодействия нейтронов и антинейтронов в детекторе СНД. Кинетическая энергия начальных частиц $\simeq 5.3$ МэВ. Ось Z — направление соударения e^+e^- пучков, по оси R_T отложено расстояние от оси Z до точки взаимодействия частиц в детекторе.

5 Заключение

За прошедший год продолжались работы по модернизации детектора СЧД для будущих экспериментов на коллайдере ВЭПП-2000, а также работы по обработке экспериментальных данных прошлых экспериментов на ВЭПП-2М. Данная публикация отражает современное состояние этих работ. Приведенные в тексте результаты являются предварительными.

Работа частично поддержана грантом Президента РФ по поддержке ведущих научных школ НШ-905.2006.2, грантами РФФИ 07-02-00104-а, 06-02-16192-а, 06-02-16273-а, 06-02-16294-а.

Список литературы

- [1] M.N. Achasov et al., Nucl. Instrum. Meth. A **449**, 125 (2000).
- [2] Yu.M. Shatunov et al., in Proc. of the 2000 European Particle Acc. Conf., Vienna, 2000, p. 439.
- [3] Г. Н. Абрамов и др., Препринт ИЯФ 2004-46, Новосибирск, 2004.
- [4] M.N. Achasov et al., Nucl. Instr. and Meth. A **401** (1997) 179.
- [5] Г. Н. Абрамов и др., Препринт ИЯФ 2001-29, Новосибирск, 2001.
- [6] V.M. Aulchenko et al., Nucl. Instr. and Meth. A, **494**, 246 (2002).
- [7] Г. Н. Абрамов и др., Препринт ИЯФ 2003-45, Новосибирск, 2003.
- [8] Г. Н. Абрамов и др., Препринт ИЯФ 2005-35, Новосибирск, 2005.
- [9] С. В. Бурдин, Распады $\phi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ и $\phi \rightarrow \pi^+ \pi^-$. Диссертация.
- [10] M.Yu. Barnyakov et al., Nucl. Instr. and Meth. A **494** (2002) 487.
- [11] A.Yu. Barnyakov et al., In the Proc. of SNIC'2006, Menlo Park, California, p. 192.
- [12] М. Н. Ачасов и др., Препринт ИЯФ 2001-34, Новосибирск, 2001.
- [13] L.M. Kurdadze, M.Yu. Lel'chuk, E.V. Pakhtusova, et al., JETP Lett. **43** (1986) p. 643.
- [14] G. Cosme et al., Phys. Lett. **63B**, 349 (1976). C.Bacci et al., Nucl. Phys. **B184**, 31 (1981).
- [15] F.M. Renard, Nuovo Cim. **64A**, 979 (1969).
- [16] К. Ю. Сковпень, Исследование временного разрешения счетчика NaI(Tl) калориметра детектора СНД, квалификационная работа на соискание степени магистра, Новосибирск, 2007.

*Г.Н. Абрамов, П.М. Астигеевич, В.М. Аульченко, М.Н. Ачасов,
А.Ю. Барняков, К.И. Белобородов, А.В. Бердюгин, В.Е. Блинов,
А.Г. Богданчиков, А.А. Ботов, А.Д. Букин, Д.А. Букин,
М.А. Букин, А.В. Васильев, В.М. Весенев, Е.П. Волкова,
В.Б. Голубев, Т.В. Димова, В.П. Дружинин, Д.П. Коврижин,
А.А. Король, С.В. Кошуба, Е.А. Кравченко, А.Ю. Кульпин,
К.А. Мартин, А.Е. Образовский, А.П. Онучин, Е.В. Пахтусова,
В.М. Попов, С.И. Середняков, З.К. Силагадзе, А.А. Сироткин,
К.Ю. Сковпень, А.Н. Скринский, И.К. Сурин, А.И. Текутьев,
Ю.А. Тихонов, Ю.В. Усов, П.В. Филатов, А.Г. Харламов,
Ю.М. Шатунов, Д.А. Штоль*

G.N. Abramov, P.M. Astigeevich, V.M. Aulchenko, et al.

**SND detector — upgrade for experiments at VEPP-2000 and
some preliminary results from experiments at VEPP-2M**

ИЯФ 2007-20

Ответственный за выпуск А.М. Кудрявцев

Работа поступила 12.06.2007 г.

Сдано в набор 26.06.2007 г.

Подписано в печать 27.06.2007 г.

Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 2.2 печ.л., 1.8 уч.-изд.л.

Тираж 155 экз. Бесплатно. Заказ № 20

Обработано на IBM PC и отпечатано на
ротапринте ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН

Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.