

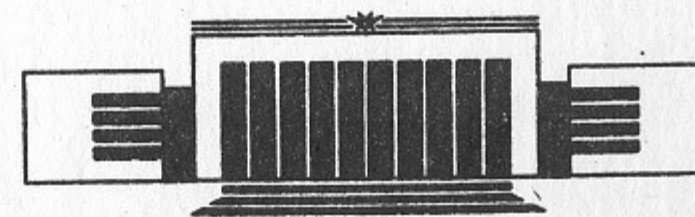


21
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

В.М.Аульченко, В.А.Аксенов, П.М.Бесчастнов, А.Д.Букин,
В.Б.Голубев, С.И.Долинский, В.П.Дружинин, М.С.Дубровин,
В.Н.Иванченко, М.Д.Минаков, Е.В.Пахтусова, А.Н.Перышкин,
И.Ю.Редько, А.И.Романчук, С.И.Середняков, В.А.Сидоров,
З.К.Силагадзе, Ю.В.Усов, Ю.М.Шатунов

**СНД — СФЕРИЧЕСКИЙ НЕЙТРАЛЬНЫЙ
ДЕТЕКТОР ДЛЯ ВЭПП-2М**

ПРЕПРИНТ 87-36



НОВОСИБИРСК

СНД — сферический нейтральный
детектор для ВЭПП-2М

В.М.Аульченко, В.А.Аксенов, П.М.Бесчастнов, А.Д.Букин,
В.Б.Голубев, С.И.Долинский, В.П.Дружинин, М.С.Дубровин,
В.Н.Иванченко, М.Д.Минаков, Е.В.Пахтусова, А.Н.Перышкин,
И.Ю.Редько, А.И.Романчук, С.И.Середняков, В.А.Сидоров,
З.К.Силагадзе, Ю.В.Усов, Ю.М.Шатунов

Институт ядерной физики
630090, Новосибирск 90, СССР

АННОТАЦИЯ

Приводятся схема, ожидаемые характеристики и программа экспериментов для трехслойного сферического нейтрального детектора (СНД) на основе 1680 счетчиков с кристаллами NaI(Tl) общим весом 3.5 т, предназначенного для экспериментов на e^+e^- накопителе ВЭПП-2М.

На e^+e^- коллайдерах уже около 20 лет проводятся исследования легких векторных мезонов ρ , ω , Φ . За это время для этих частиц с высокой точностью измерены основные каналы распада [1]. Однако редкие моды распада легких векторных мезонов и большая часть нерезонансных процессов в области энергии ~ 1 ГэВ изучены еще недостаточно. Особенно важны для проверки теоретических предсказаний в этой области энергии величины вероятностей радиационных распадов мезонов. Они в меньшей степени, чем адронные распады, зависят от процессов адронизации легких кварков, следовательно, несут прямую информацию о строении и свойствах легких мезонов.

В настоящее время единственной электрон-позитронной машиной, работающей в этой области энергии, является накопитель ВЭПП-2М [2] с предельной энергией $2E=1.4$ ГэВ и средней светимостью около 10^{30} см $^{-2}$ с $^{-1}$. В 1987 году на этом накопителе закончен 5-летний цикл экспериментов с Нейтральным детектором (НД) [3] и начата реконструкция комплекса, которая должна значительно увеличить светимость [4]. Для экспериментов на модифицированном комплексе ВЭПП-2М в настоящее время заканчивается подготовка детектора КМД-2 [5] и начато сооружение сферического нейтрального детектора (СНД).

Проектируемый детектор СНД имеет много общего с предыдущим детектором НД для ВЭПП-2М [3] и с детектором Crystal Ball [6]. Новый детектор объединяет в себе достоинства каждого из них: он имеет сферическую форму, что обеспечивает равномерную чувствительность по телесному углу, кроме того, он является

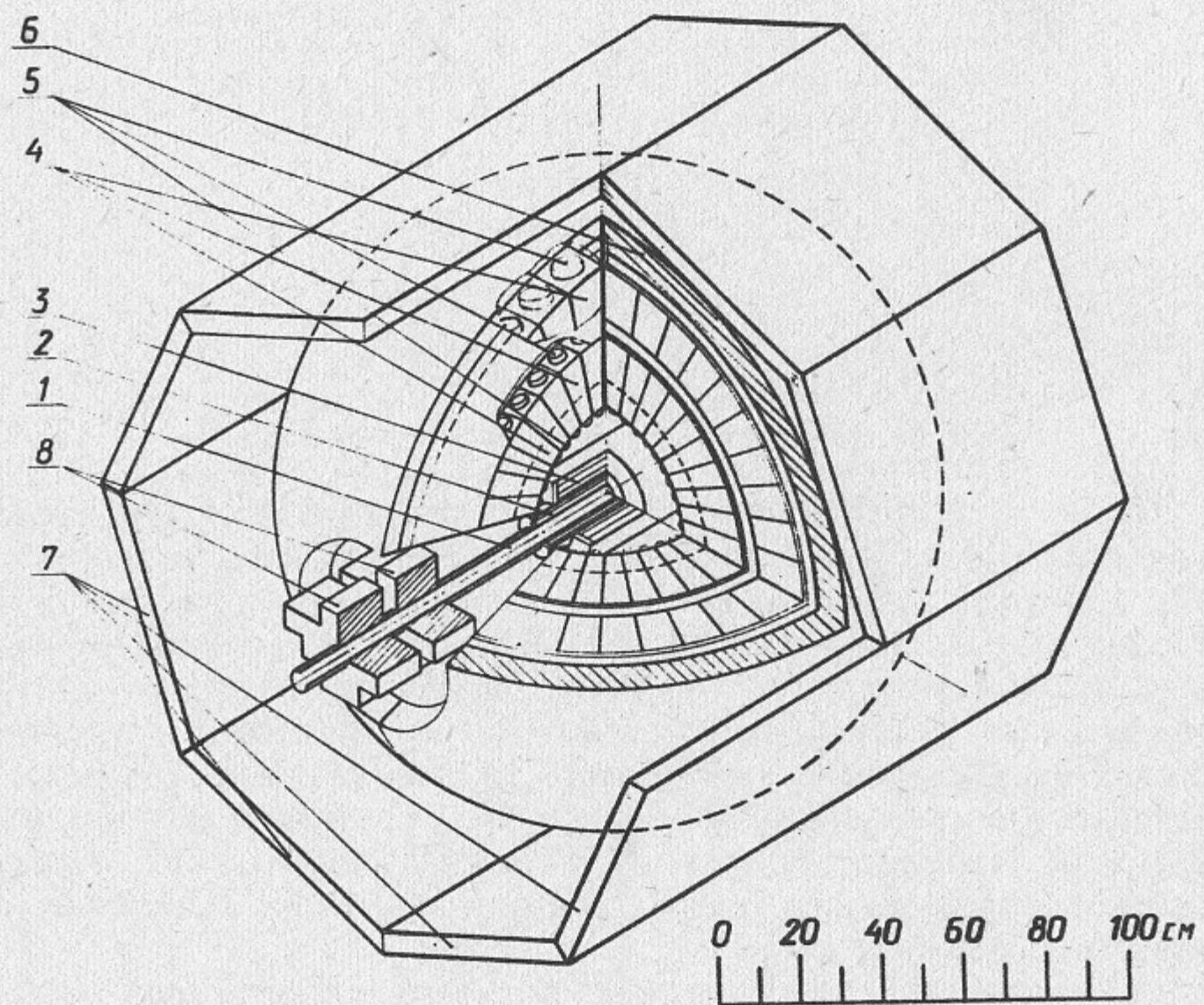


Рис. 1,а. Детектор СНД:

1 — вакуумная камера накопителя; 2 — дрейфовые камеры; 4 — кристаллы NaI(Tl); 5 — фотоприемники; 6 — фильтр; 7 — счетчики антисовпадений; 8 — квадрупольные линзы накопителя.

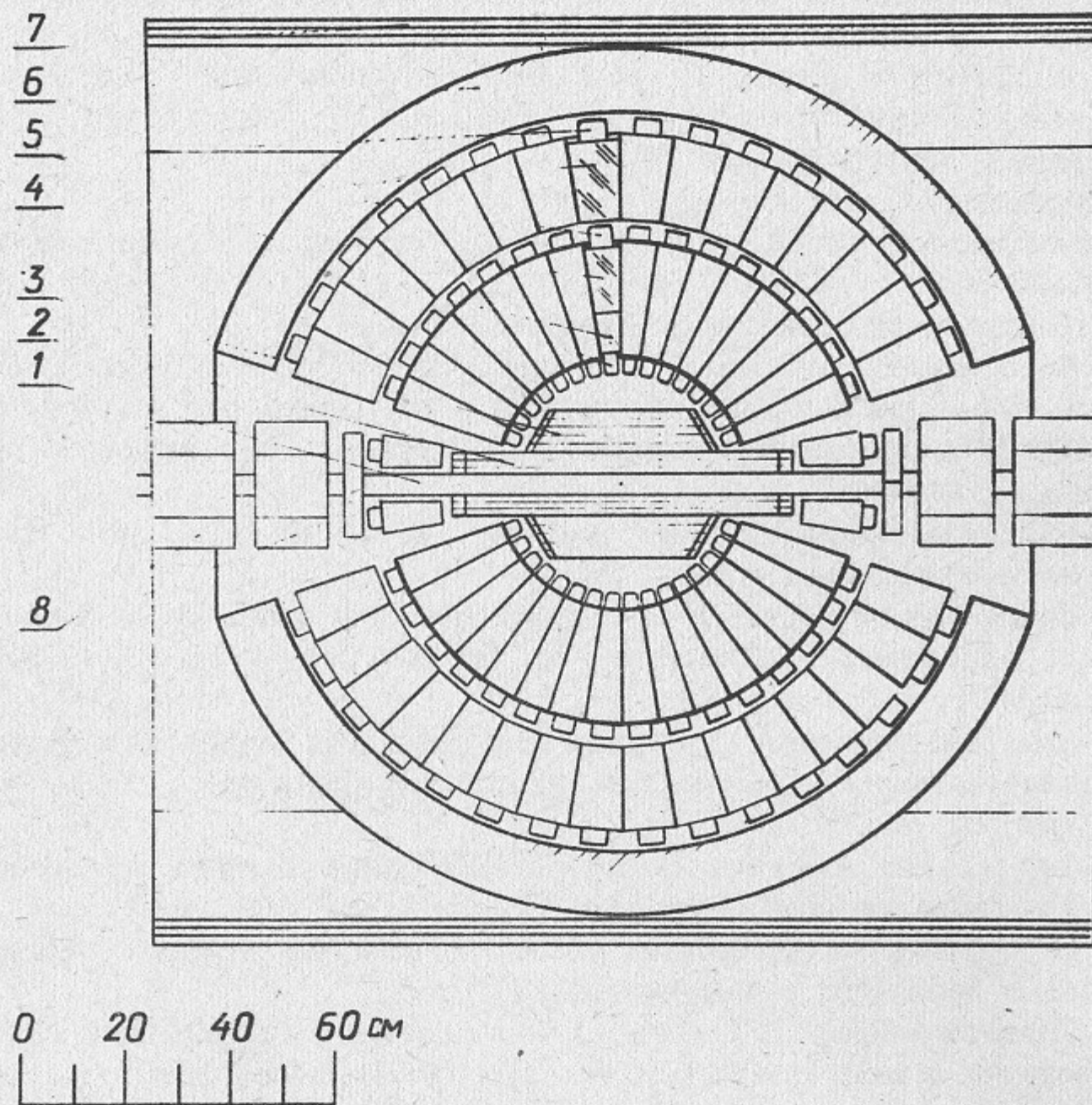


Рис. 1,б. Детектор СНД, вид сбоку.

многослойным. Новый детектор превосходит НД по энергетическому и пространственному разрешению и величине чувствительного телесного угла. Мы рассчитываем на следующие преимущества нашего детектора перед Crystal Ball, обусловленные многослойностью его структуры:

- лучшее e/π разделение [7];
- лучшее γ/K_L разделение;
- возможность более точно определять направление вылета фотонов;
- лучшая защищенность от фоновых частиц.

Физическая программа учитывает улучшенные возможности нового детектора, а также повышение в несколько раз светимости ВЭПП-2М. Программа экспериментов состоит из следующих основных пунктов:

- 1 — измерение радиационных распадов ρ , ω , $\Phi \rightarrow \pi^0 \gamma$, $\eta \gamma$ с точностью несколько процентов;
- 2 — поиск редких распадов векторных мезонов, в том числе, редких радиационных распадов: $\rho \rightarrow 3\pi$, 4π ; $\omega \rightarrow \pi \pi \pi$; $\Phi \rightarrow \eta' \gamma$, $f_0(975) \gamma$, $a_0(980) \gamma$;
- 3 — измерение сечений нерезонансных процессов в широком интервале энергии с точностью несколько процентов: $e^+e^- \rightarrow \omega \pi$, $\eta \pi$, 3π , $\pi \pi$;
- 4 — тщательное изучение квантовоэлектродинамических процессов 4-го порядка: $e^+e^- \rightarrow 4\gamma$, $e^+e^- \gamma \gamma$, $e^+e^- e^+e^-$.

В будущих экспериментах станет возможным изучение нерезонансных процессов с сечением до 10^{-35} см².

Главная часть СНД (рис. 1) — трехслойный сферический калориметр на основе кристаллов NaI(Tl) общим весом 3.5 т. Счетчики первых двух слоев — $3X_0$ и $5X_0$ NaI(Tl), находятся в общем контейнере из тонкого 0.15 мм алюминия (рис. 2). Для улучшения сбора света и светоизоляции каждый из кристаллов обернут в алюминизированный лавсан. Контейнеры укреплены на несущей алюминиевой сфере толщиной 5 мм. Зазор между кристаллами счетчиков одного слоя составляет 0.5 мм. За сферой первых двух объединенных слоев находится третий слой счетчиков ($6X_0$ NaI(Tl)), полная толщина калориметра для частиц, вылетающих из центра, составляет 35 см ($14X_0$ NaI(Tl)).

Принцип разбиения сферического калориметра на отдельные счетчики показан на рис. 3. В полярном направлении калориметр разбит плоскостями на 40 равных частей с углом между плоскостями равным $\Delta\varphi = 9^\circ$. Каждая из этих частей разбита в попереч-

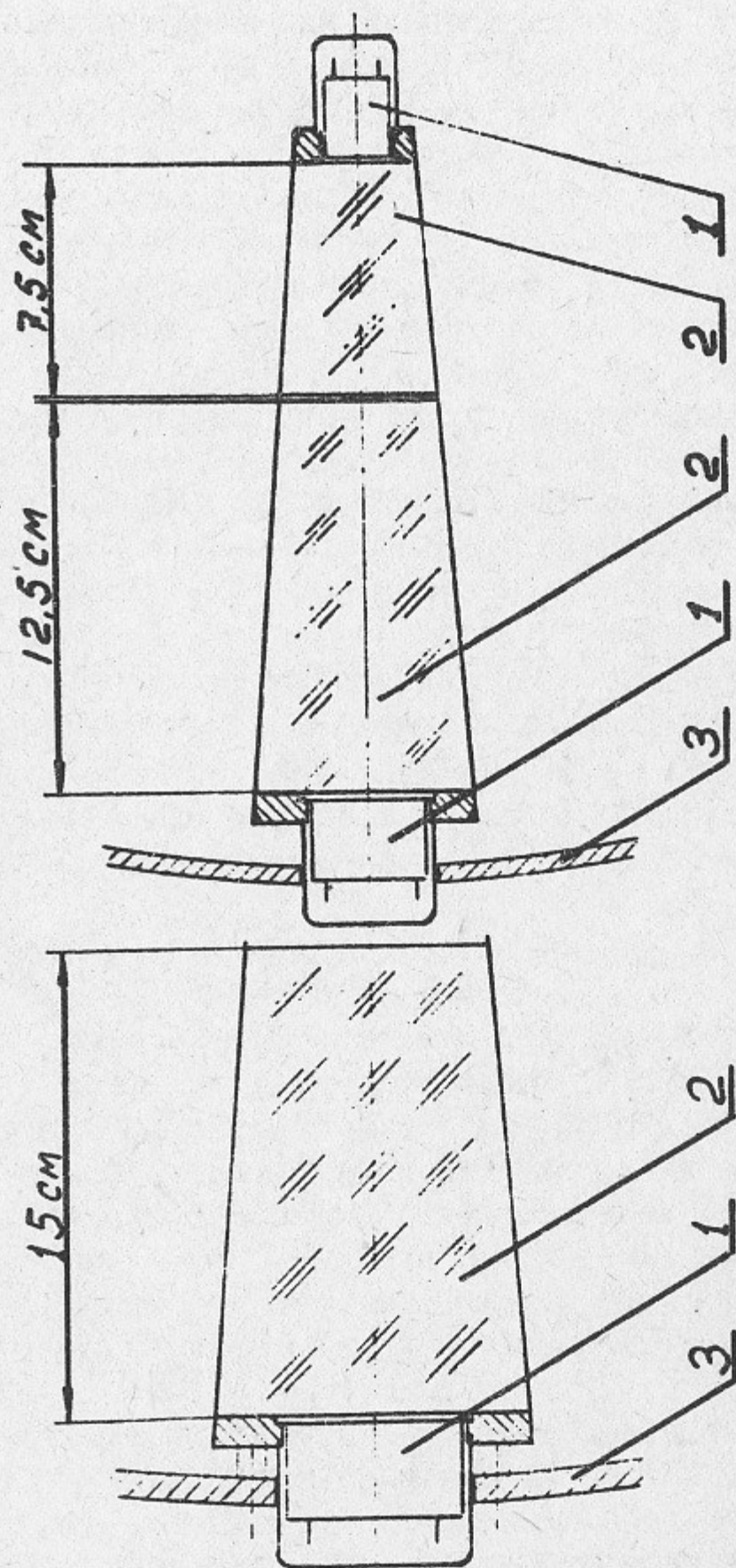


Рис. 2. Расположение счетчиков в детекторе: 1 — фотоприемники; 2 — кристаллы NaI(Tl); 3 — несущая сфера.

ном направлении на равные части с углом $\Delta\theta=9^\circ$. При таком принципе разбиения в чувствительной части детектора в одном слое находится 560 кристаллов, большинство из которых (520) имеют форму четырехугольных пирамид. В каждом из трех слоев калориметра имеется 8 счетчиков различного размера. Нечувствительная часть телесного угла вблизи оси пучка заполнена элементами промежутка накопителя и вспомогательными системами детектора, кроме того, здесь будут расположены дополнительные счетчики калориметра. Полный телесный угол основного калориметра составляет $0,9 \times 4\pi$.

В качестве фотоприемников будут использоваться компактные вакуумные фотодиоды [8] или фототриоды, имеющие квантовый выход в спектре излучения NaI(Tl) около 15%. Коэффициент усиления фототриодов составляет 10. Для одного счетчика с фототриодом при среднем коэффициенте светосбора 10% среднеквадратичный шум составит порядка 0.1 МэВ.

Важной проблемой является калибровка калориметра. Имеются следующие возможности ее решения: калибровка по космическим мюонам, реакция $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$, реакции $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ и $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$. Для контроля стабильности будет использован лазерный источник с разведением света на фотоприемники по волоконным световодам.

Энергетическое разрешение СНД, рассчитанное методом Монте-Карло для фотонов с энергией более 100 МэВ, составляет $\leq 10\%$ (FWHM). В основном, разрешение определяется количеством нечувствительного материала внутри калориметра (несущая сфера, фотоприемники, усилители и др.). Заметный вклад в разрешение вносят также выход энергии ливня наружу, наличие щелей между кристаллами и неоднородность светосбора вдоль кристалла. Кроме этого, разрешение ограничивается рядом аппаратурных факторов, таких, как шум фотоприемников, неточность энергетической калибровки, нестабильность и нелинейность канала электроники.

Угловое разрешение для фотонов определяется размером кристаллов и составляет $1,5^\circ$ (σ). В калориметре разделяются два ливня, если угол между ними превышает 9° . Если угол между частицами больше 18° , то энергия каждой из них может быть определена с той же точностью, что и для изолированного ливня. Высокая степень разбиения калориметра позволяет эффективно реконструировать многочастичные события. Так, для событий с множествен-

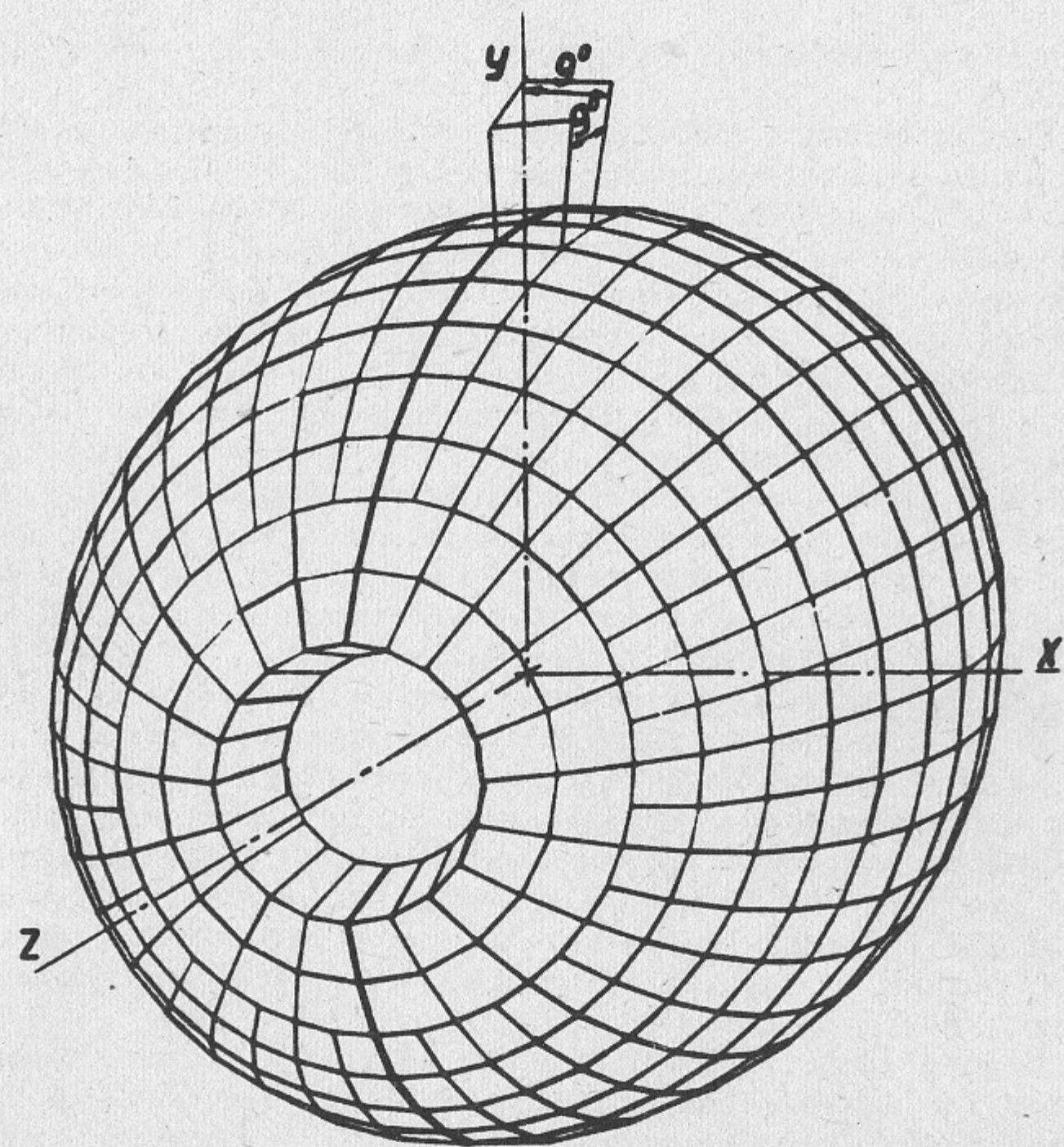


Рис. 3. Принцип разбиения сферы для счетчиков детектора.

ностью $n=6$ вероятность раздельной регистрации всех частиц составит 60%.

Для регистрации треков заряженных частиц в центре детектора установлена система дрейфовых камер (рис. 4). Ближайшая к пучку четырехслойная камера имеет внутренний диаметр 50 мм, наружный 110 мм и длину 600 мм. Камера разбита на 16 одинаковых ячеек. Продольная координата измеряется методом деления зарядов, а для внутреннего и внешнего слоев осуществляется дополнительный съем информации полосковым способом, что обеспечивает улучшение точности измерения продольной координаты до 0.5 мм (σ). Внешняя камера имеет длину 400 мм и пять слоев чувствительных проволочек. Она служит главным образом для улучшения распознавания сложных событий. Угловая точность всей координатной системы составляет $0,2^\circ$ по углу φ и $0,3^\circ$ по углу θ . Точность восстановления точки вылета составляет 0.5 мм, телесный угол координатной системы 98% от 4л.

Снаружи калориметра находится железный фильтр толщиной 12 см для поглощения остатков электромагнитных ливней. Для защиты детектора от космики фильтр окружен системой пластмассовых сцинтилляционных счетчиков, включенных в антисовпадения в запуске от нейтральных частиц. Каждый счетчик представляет собой два слоя пластмассы, разделенных алюминиевой пластиной толщиной 1 см, включенных на совпадения. Вероятность запуска этой системы от событий процесса $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ при максимальной энергии ВЭПП-2М $2E=1.4$ ГэВ составляет меньше 1%.

Триггер детектора будет выделять события следующих типов: события с фотонами без заряженных частиц (нейтральный запуск), события с заряженными частицами и космические мюоны для калибровки калориметра. В запуске от заряженных частиц наружные счетчики не участвуют. Подавление космики здесь осуществляется благодаря хорошей временной привязке к фазе пучка. Временной сигнал создается тонким (5 мм) пластмассовым счетчиком, расположенным между двумя дрейфовыми камерами (рис. 4). Кроме сигнала с этого счетчика, в запуске от заряженных частиц участвуют дрейфовые камеры.

На уровне триггера должны выделяться треки в дрейфовых камерах и фотоны в калориметре. Перед записью на магнитную ленту будет проводиться проверка качества событий с помощью быстрого процессора. В результате такой обработки будет уменьшено количество фоновых событий, а события упругого рассеяния, двухквантовой аннигиляции и события основных резонансных процес-

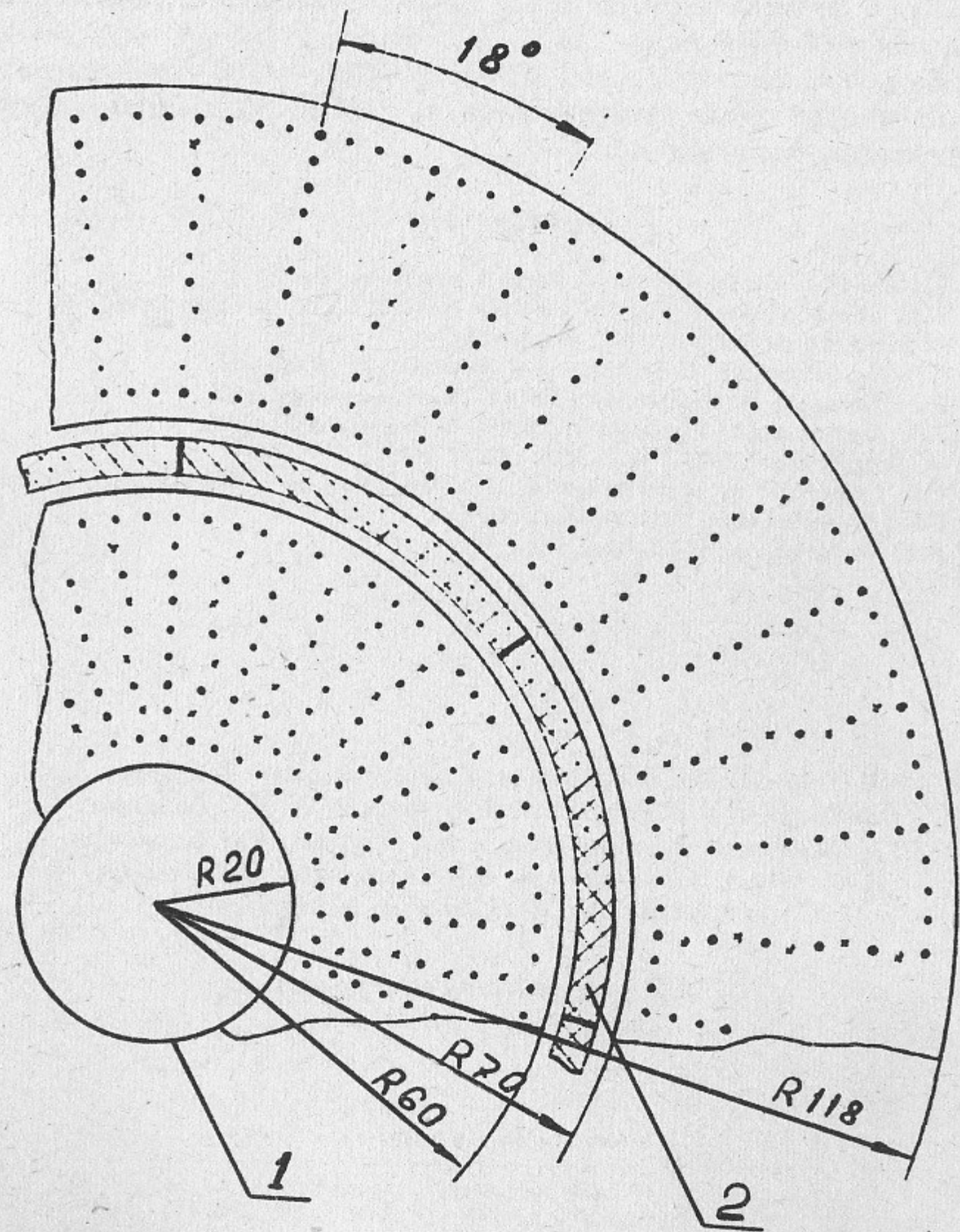


Рис. 4. Схема дрейфовой камеры.

сов будут записываться на ленту только после значительного сокращения в $10 \div 100$ раз.

На новом детекторе СНД в течение 1990—1995 годов предполагается проведение экспериментов на ВЭПП-2М с интегральной светимостью около 200 пбн^{-1} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Particle Data Group, Review of Particle Properties, 1986.
2. G.M. Tumaikin, Proceedings of the 10th Internat. Conf. on High Energy Particle Accelerators, Serpukhov, 1977, v.1, p.443.
3. V.V. Golubev et al., Nucl. Instr. and Methods 227 (1984) 467.
4. В.В. Анашин и др., Препринт ИЯФ 84-114. Новосибирск, 1984.
5. Г.А. Аксенов и др., Препринт ИЯФ 85-118. Новосибирск, 1985.
6. M. Oreglia et al., Phys. Rev., D25 (1982) 2259.
7. V.V. Golubev et al. Proceedings of III Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics, 1984. Novosibirsk, p.77.
8. И.Ю. Редько и др., ПТЭ, 1986, т.2, с.76.

В.М.Аульченко, В.А.Аксенов, П.М.Бесчастнов, А.Д.Букин,
В.Б.Голубев, С.И.Долинский, В.П.Дружинин, М.С.Дубровин,
В.Н.Иванченко, М.Д.Минаков, Е.В.Пахтусова, А.Н.Перышкин,
И.Ю.Редько, А.И.Романчук, С.И.Середняков, В.А.Сидоров,
З.К.Силагадзе, Ю.В.Усов, Ю.М.Шатунов

**СНД — сферический нейтральный
детектор для ВЭПП-2М**

Ответственный за выпуск С.Г.Попов

Работа поступила 6 марта 1987 г.
Подписано в печать 1.04.1987 г. МН 08671
Формат бумаги $60 \times 90 \frac{1}{16}$ Объем 0,9 печ.л., 0,8 уч.-изд.л.
Тираж 220 экз. Бесплатно. Заказ № 36

Набрано в автоматизированной системе на базе фото-
наборного автомата ФА1000 и ЭВМ «Электроника» и
отпечатано на ротапинтере Института ядерной физики
СО АН СССР,
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.