

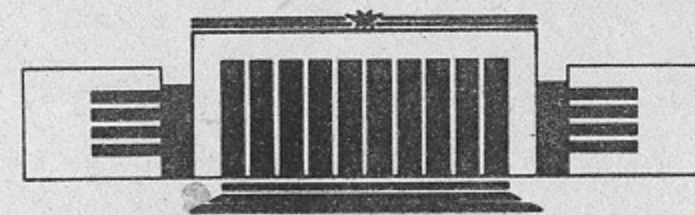


42  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ  
им. Г.И. Будкера СО РАН

В.М. Аульченко, Б.О. Байбусинов, С.Е. Бару,  
А.Е. Бондарь, Г.М. Колачев, Т.А. Пурлац,  
Л.В. Романов, Г.А. Савинов, Г.С. Филимонов

ДРЕЙФОВЫЙ ГОДСКОП  
ДЛЯ СИСТЕМЫ РАССЕЯННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ  
ДЕТЕКТОРА КЕДР

ИЯФ 93-76



НОВОСИБИРСК

Важной составной частью детектора КЕДР [1] на накопителе ВЭПП-4 является система регистрации рассеянных электронов (СРРЭ) [2], предназначенная для изучения двухфотонных процессов. Для того, чтобы обеспечить высокую эффективность СРРЭ, необходимо регистрировать электроны, вылетающие из места встречи под нулевым углом. Это достигается с помощью поворотного магнита, который выводит из пучка электроны, потерявшие часть энергии. Этот магнит, вместе с дублетом квадрупольных линз, используемых для создания малой  $\beta$ -функции в месте встречи, является жесткофокусирующим спектрометром для измерения энергии РЭ. Такая конфигурация позволяет получить разрешение по энергии рассеянного электрона  $\sigma_E/E \leq 0.3\%$ .

Принципиальная схема СРРЭ показана на Рис.1. Она содержит по 4 подсистемы СР1-СР4 с обеих сторон от места встречи. Благодаря фокусировке, Y-координата попадания РЭ в систему не зависит от угла вылета из места встречи.

Система для измерения координаты РЭ должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Измерение координаты с точностью  $\sigma_2 \leq 500$  мкм (Рис.2).
2. Возможность работы в условиях высокой загрузки от фотонов синхротронного излучения (СИ) и электронов однократного тормозного излучения (ОТИ):
  - а) надежный анализ событий сложной конфигурации;
  - б) высокая радиационная стойкость.
3. Минимальные потери "акцептанса" на стыках. Для этого чувствительная область детектора должна начинаться как можно ближе к вакуумной камере ускорителя.
4. СРРЭ должна быть достаточно быстрой.

Исходя из этих требований решено было детектор для измерения координаты РЭ изготовить в виде годоскопа из дрейфовых трубочек (ДТ).

Каждая СР оборудуется таким годоскопом выполненным в виде единого блока из 6 регистрирующих плоскостей (РП) (Рис.3). Плоскость состоит из 2-х слоев ДТ диаметром 6 мм и толщиной стенки 90 мкм. Шаг между трубочками в ряду 8 мм, 2-й ряд смещен относительно 1-го на 4 мм. Анодные проволоочки смещены относительно центра трубочки на 0.3 мм, причем знак смещения разный в соседних РП. Это позволяет устранить неопределенность "лево-право" при восстановлении трека. В блоках для СР<sub>1</sub>, СР<sub>2</sub>, СР<sub>3</sub> каждый слой содержит 12 ДТ, а в блоке для СР<sub>4</sub>—24 ДТ. Таким образом, в СРРЭ всего 1440 ДТ.

Годоскопу ДТ предстоит работать в условиях исключительно высокой загрузки от СИ и ОТИ. Так поток электронов ОТИ в плоскости орбиты в слое толщиной 5 мм достигает 200 КГц. Чтобы увеличить время жизни ДТ планируется работать при как можно более низком коэффициенте газового усиления. Предусмотрена возможность перемещения блока вдоль анодных проволоочек, что позволит уменьшить плотность дозы облучения примерно в 10 раз.

Большое влияние на радстойкость оказывает выбор газовой смеси. Для изучения этого вопроса было изготовлено несколько модулей, состоящих из одной ДТ, с использованием материалов, из которых изготовлены блоки СРРЭ. Эти модули облучались с помощью изотопа Sr-90 и рентгеновской трубки.

При облучении ДТ, продуваемой газовой смесью на основе Ar и CO<sub>2</sub> наблюдалось падение амплитуды в 3 раза при дозе 1 Кл/см, что делает проблематичным использование этой смеси. В настоящее время удовлетворительной представляется смесь CF<sub>4</sub> + 10% iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> [3]. В этом случае доза 6 Кл/см практически не сказывается на газовом усилении (Рис.4). Остается открытым вопрос о влиянии интенсивности облучения на время жизни системы.

Несколько слов о конструкции и процессе изготовления блоков. В цехе были изготовлены фланцы с отверстиями для пинов, пины и фланцы с отверстиями под трубочки. В цеху же трубочки были вклеены в соответствующие фланцы. Остальная сборка проводилась в лаборатории. Анодные проволоочки диаметром 28 мкм вставлялись в пины при натяжении 50 г и зажимались специальными щипцами. Сила натяжения проволоочек после окончания сборки контролировалась по резонансной частоте колебаний проволоочки. Разброс натяжения не превышал 10%.

После изготовления и герметизации объема было предпринято изучение работоспособности блока. Вначале изучались его счетные характери-

стики при облучении изотопом Sr-90. После непродолжительной (от 15 минут до 2-х часов) тренировки обратным напряжением удалось добиться надежной работы блока. Ширина плато эффективности при этом не менее 300 вольт.

Следующим этапом стал запуск блока с электроникой, которая будет использоваться в эксперименте (Рис.5). Сигнал с каждой проволоочки подается на предусилитель и усилитель-формирователь, расположенные непосредственно на блоке. Передний фронт выходного сигнала предусилителя 5–7 нс, задний—около 25 нс. Эта часть электроники выполнена в виде независимых модулей по 12 каналов, снабженных разъемом, который надевается прямо на пины, фиксирующие проволочку. Логические сигналы с этих модулей подаются на промежуточный блок РИ-48, служащий для согласования камерной и цифровой электроники. Преобразование информации из аналоговой в цифровую осуществляется блоками, выполненными в специальном стандарте "Клюква" [4]. При этом шаг оцифровки 2 нс. Порог чувствительности электроники регулируется в широких пределах и был установлен на уровне  $3.4 \times 10^{-15}$  кулона.

С данной электроникой было набрано около 20 заходов на космических частицах при различных напряжениях и с использованием двух газовых смесей: основной рабочей смесью CF<sub>4</sub> + 10% iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> и хорошо изученной смесью Ar+20%CO<sub>2</sub>. Коэффициент газового усиления составлял около  $5 \cdot 10^4$ . Информация этих заходов записывалась на диск, а затем переносилась на VAX, где и обрабатывалась. В процессе набора захода осуществлялся лишь визуальный контроль за конфигурацией событий.

На Рис.6 приведена зависимость эффективности и вероятности перекрестных наводок от напряжения в исследуемом двойном слое. Обе величины измерялись для событий, в которых удалось восстановить трек. Факт прохождения частицы через двойной слой определялся по наличию хотя бы одной сработавшей ДТ перед данным слоем и после него. Вероятность перекрестных наводок определялась по числу срабатываний в исследуемом одинарном слое, лежащих вне трека.

На Рис.7 приведено распределение срабатываний по временам дрейфа для двух газовых смесей. При равномерной "засветке" космическими частицами ДТ, это распределения пропорционально скорости дрейфа при данном времени дрейфа, а интеграл его дает зависимость радиуса дрейфа от времени дрейфа (Рис.8).

Было изучено пространственное разрешение ДТ. При этом один из одинарных слоев выбирался в качестве исследуемого, а остальные использовались для восстановления трека. На Рис.9 приведены распределения по отклонению координаты измеренной с помощью исследуемого слоя

от реконструированного трека. С учетом вклада мониторирующих слоев и временного разброса запускающих сигналов эти гистограммы дают разрешение одной ДТ  $\sigma_0 = 300$  мкм для  $\text{CF}_4 + 10\% \text{C}_4\text{H}_{10}$ , и  $\sigma_0 = 260$  мкм для  $\text{Ar-CO}_2$ . На Рис.10 приведена зависимость разрешения ДТ от напряжения на исследуемом слое.

Чтобы определить пространственное разрешение блока как целого было проведено моделирование с использованием программы GEANT. При расстоянии от выходного окна ускорителя до первого ряда трубочек 10 мм и собственном разрешении ДТ 300 мкм среднее разрешение по координате влета в систему составляет  $\sigma = 200 - 250$  мкм (Рис.11), что с запасом удовлетворяет требованиям к СРРЭ.

Таким образом, изучение свойств координатного блока СРРЭ с электроникой в ее окончательном виде и с выбранной рабочей смесью показало его хорошую работоспособность и пригодность для экспериментов по двухфотонной физике на ВЭПП-4. В настоящее время все блоки системы изготовлены, проверена их герметичность и устойчивость работы в области плато эффективности.

Первый блок установлен на ускоритель во время весенней остановки комплекса ВЭПП-4.

Авторы хотели бы выразить благодарность Чегодаеву А.В. за активное участие в изготовлении системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.В. Анашин и др. Труды Международного симпозиума по координатным детекторам, Дубна, 1987.
2. В.М. Аульченко и др. Система регистрации рассеянных электронов детектора КЕДР для изучения двухфотонных процессов. Препринт ИЯФ 91-49, Новосибирск, 1990.
3. R. Henderson et al. IEEE Trans. on Nucl. Sci. v.NS-34, No 35 (1988) 477.  
P. Openshaw. IEEE Trans. on Nucl. Sci. v.36 No 1 (1989) 567.
4. В.М. Аульченко, С.Е. Бару, Г.А. Савинов. Препринт ИЯФ 88-29, Новосибирск, 1982.
5. R. Brun et al. GEANT3, DD/EE/84-1, 1987.

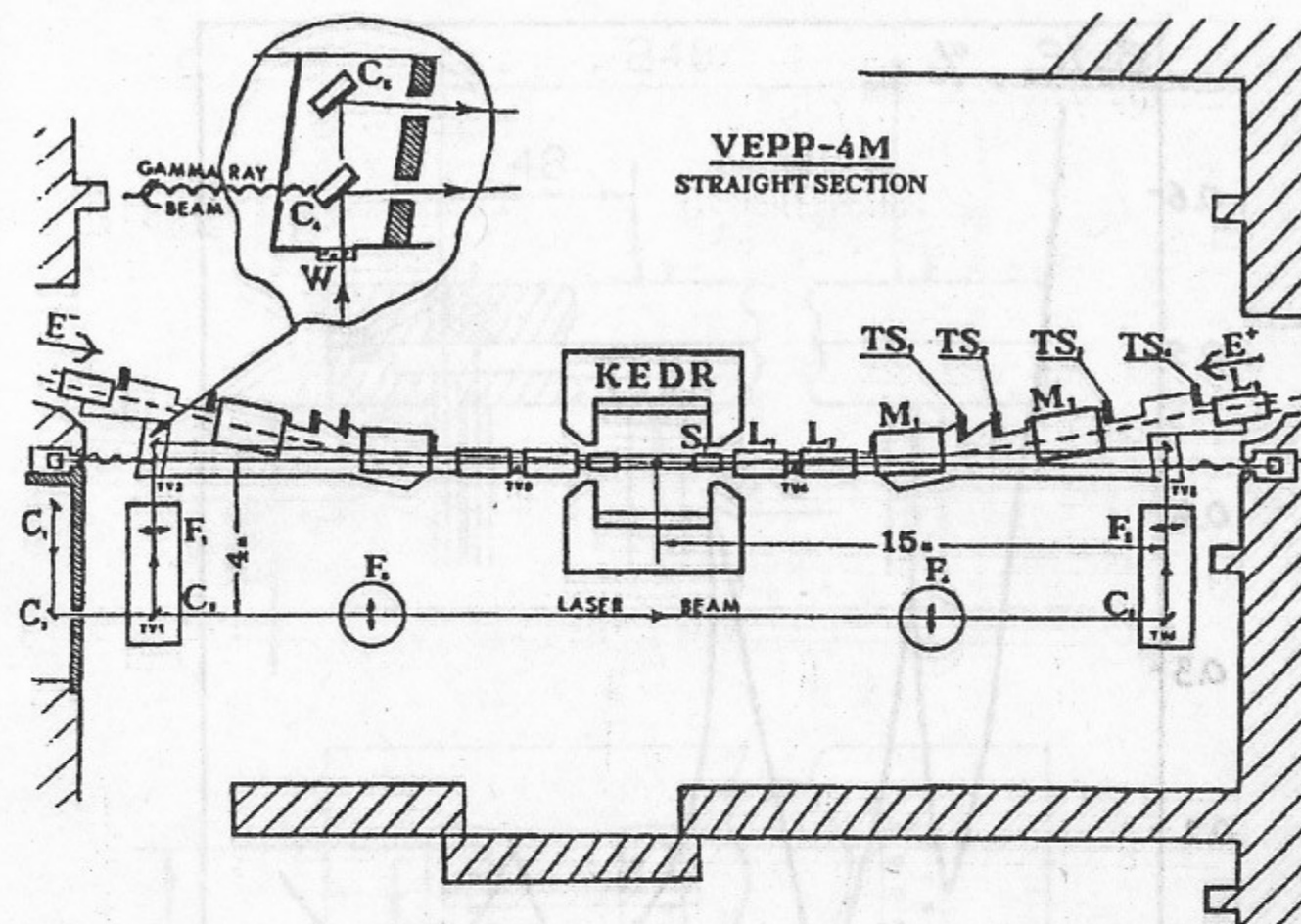


Рис. 1. Экспериментальный промежуток накопителя ВЭПП-4М:

S—соленоид; L—квадрупольные линзы; M—поворотные магниты; TS—системы регистрации рассеянных электронов; C—оптические зеркала; F—оптические линзы.

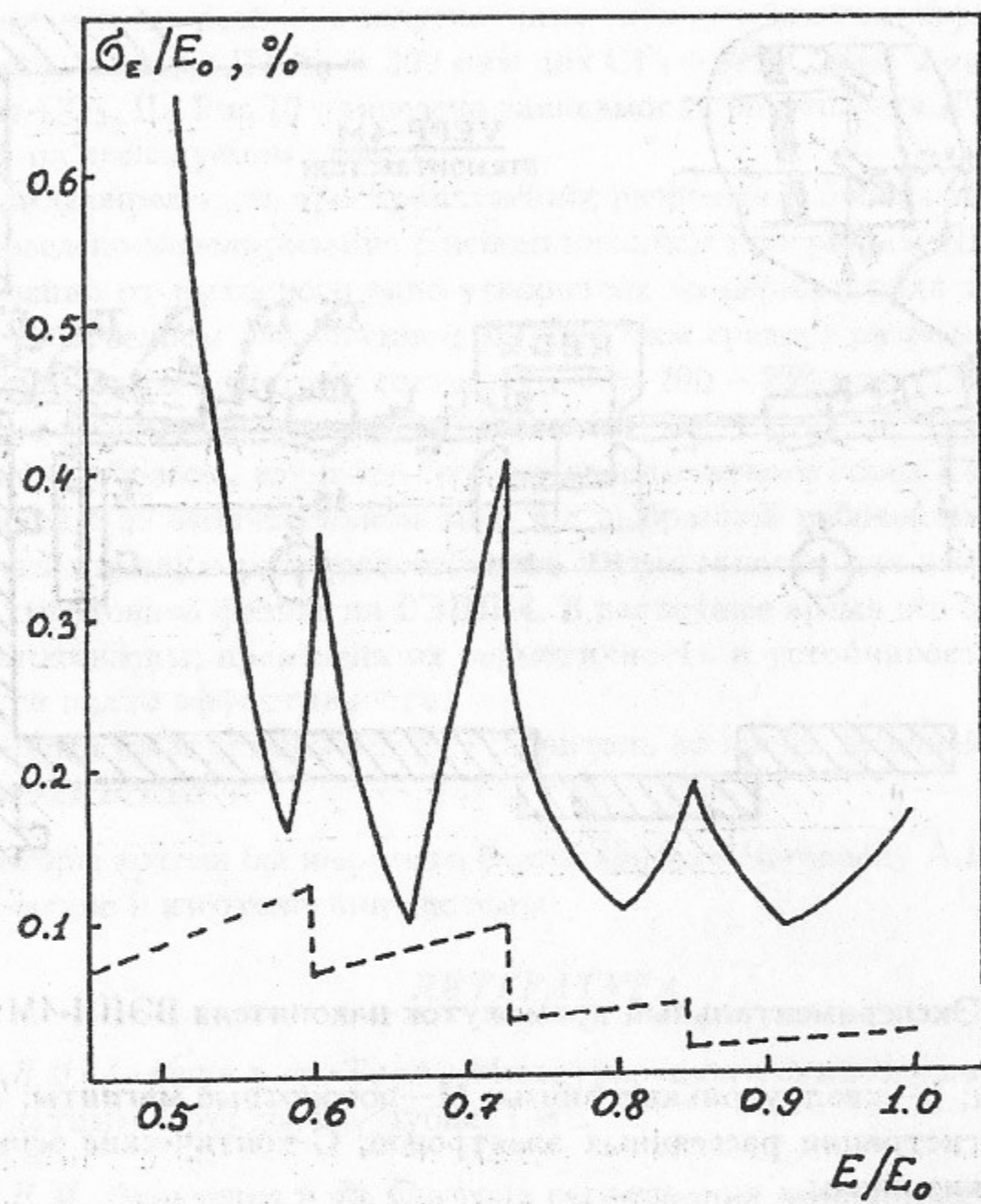


Рис. 2. Энергетическое разрешение для рассеянного электрона: пунктиром показан вклад только от координатного разрешения камер  $\sigma = 300$  мкм.

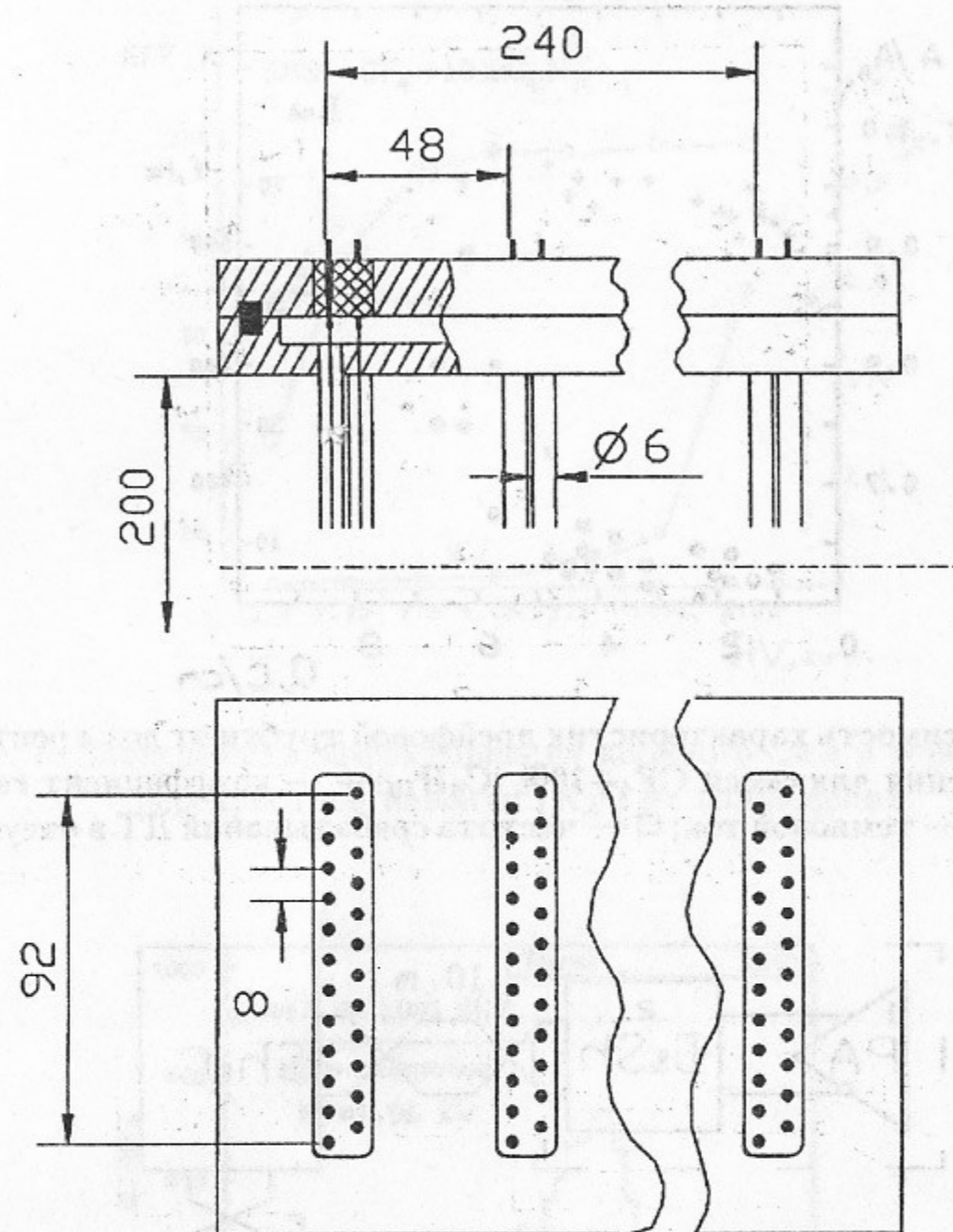


Рис. 3. Годоскоп дрейфовых трубок.

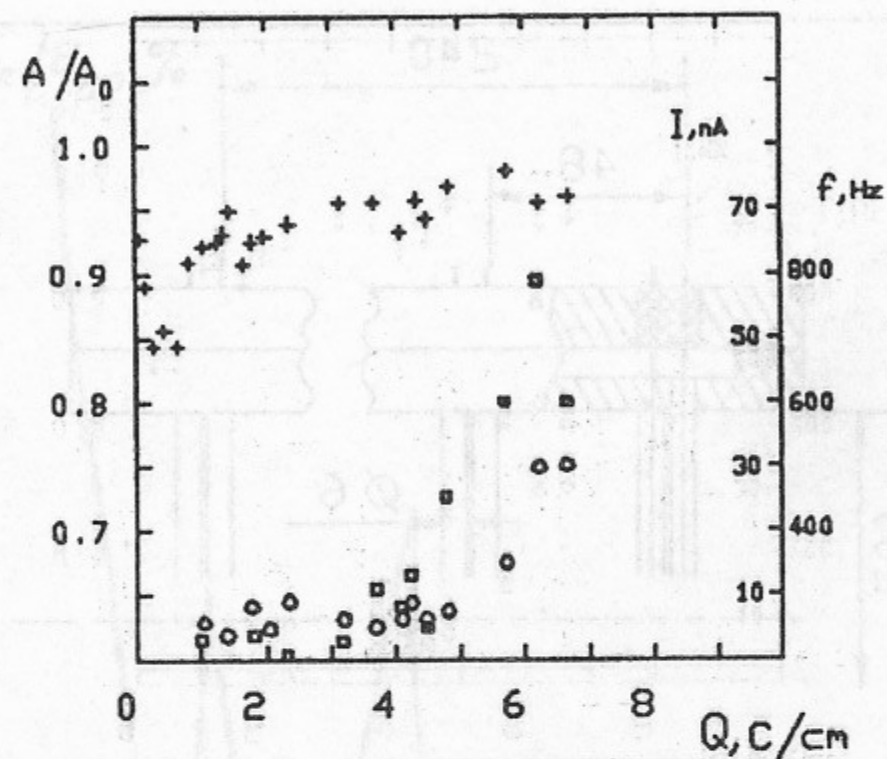


Рис. 4. Зависимость характеристик дрейфовой трубки от дозы рентгеновского излучения для смеси  $\text{CF}_4 + 10\% \text{iC}_4\text{H}_{10}$ : + — коэффициент газового усиления; o — темновой ток; □ — частота срабатываний ДТ в отсутствие загрузки.

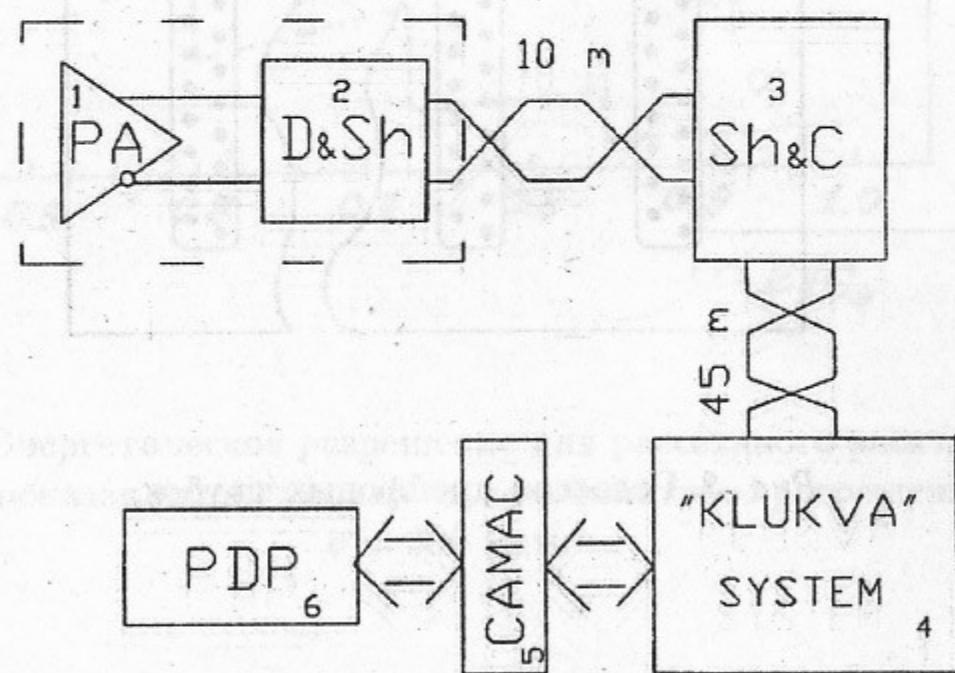


Рис. 5. Электроника: 1—предусилитель; 2—усилитель-формирователь; 3—промежуточный блок РИ-48; 4—блоки в стандарте КЛЮКВА; 5—интерфейс в стандарте КАМАК; 6—ЭВМ Электроника-60.1.

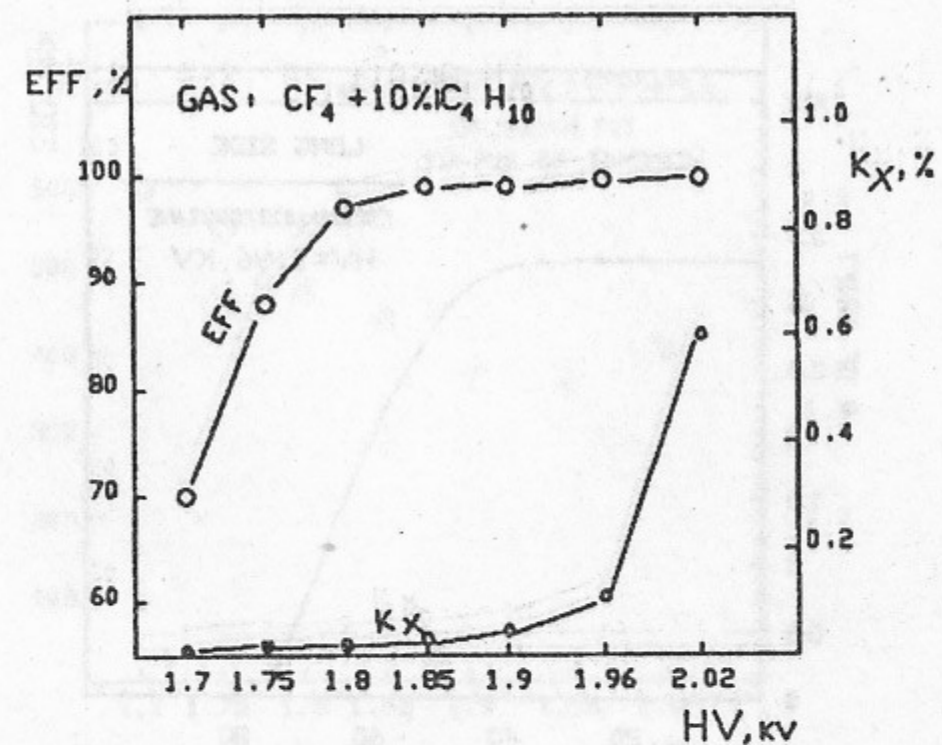


Рис. 6. Зависимость эффективности двойного слоя и вероятности перекрестной наводки ( $K_X$ ) от напряжения.

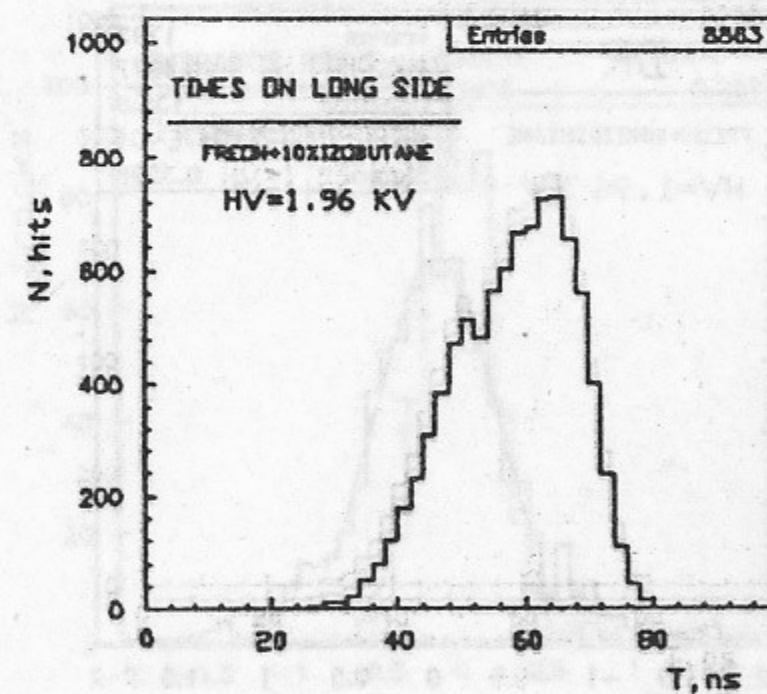


Рис. 7. Распределение по временам срабатывания:  
а)  $\text{CF}_4 + 10\% \text{iC}_4\text{H}_{10}$ .

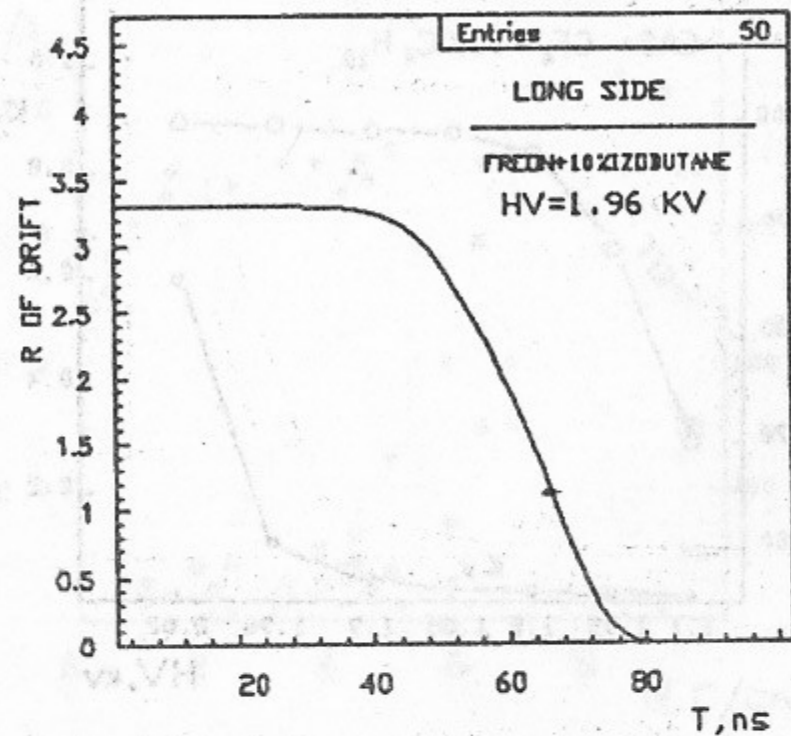


Рис. 8. Зависимость радиуса дрейфа от времени дрейфа для смеси  $\text{CF}_4 + 10\% \text{iC}_4\text{H}_{10}$ .

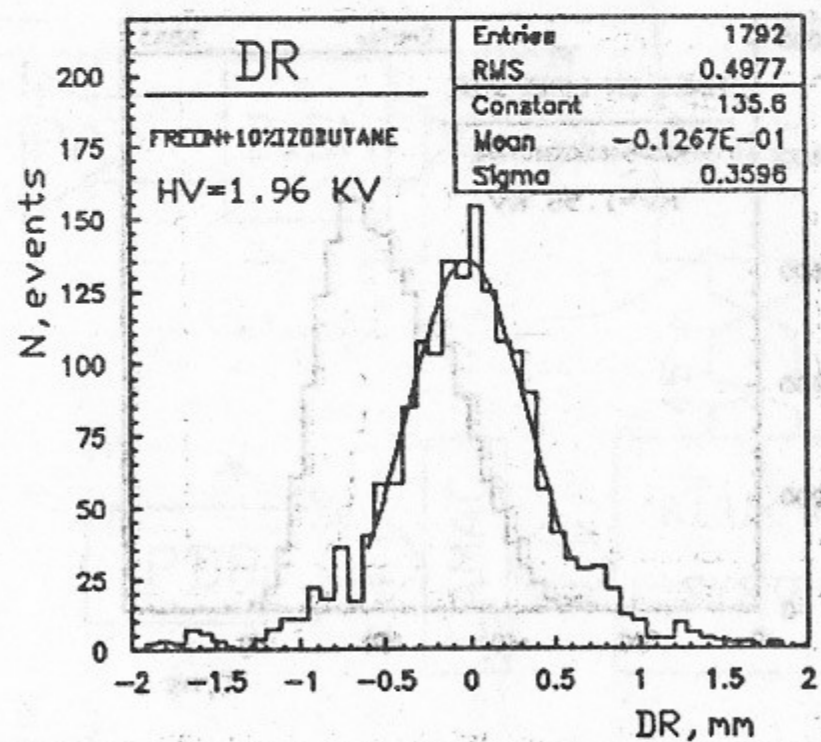


Рис. 9. Распределение по отклонениям координаты, измеренной с помощью ДТ из исследуемого слоя от реконструированного трека.

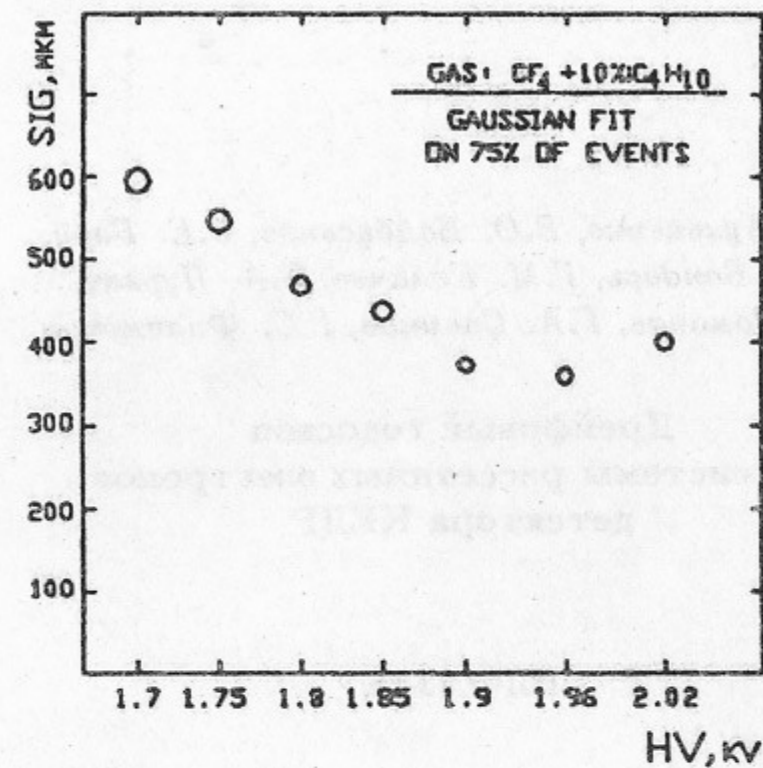


Рис. 10. Зависимость разрешения ДТ от напряжения. Размер кружка равен статистической погрешности.

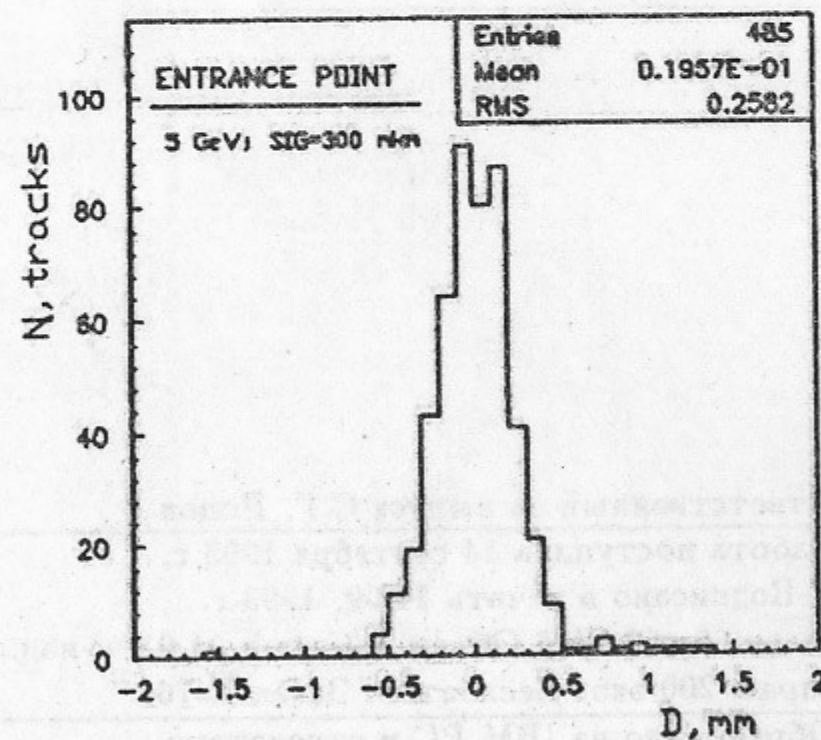


Рис. 11. Распределение по отклонениям истинной координаты влета частицы в систему от измеренной с помощью годоскопа.

*В.М. Аульченко, Б.О. Байбусинов, С.Е. Бару,  
А.Е. Бондарь, Г.М. Колачев, Т.А. Пурлац,  
Л.В. Романов, Г.А. Савинов, Г.С. Филимонов*

**Дрейфовый годоскоп  
для системы рассеянных электронов  
детектора КЕДР**

ИЯФ 93-76

Ответственный за выпуск С.Г. Попов

Работа поступила 14 сентября 1993 г.

Подписано в печать 14.09. 1993 г.

Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 1,3 печ.л., 1,0 уч.-изд.л.

Тираж 200 экз. Бесплатно. Заказ N 76

Обработано на IBM PC и отпечатано

на ротапринтере ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН,

Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.