

Б. 18
1998

ИЯФ

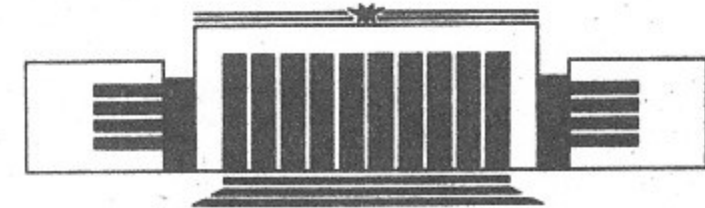
Государственный научный центр
Российской Федерации
Институт ядерной физики
им. Г.И. Будкера

Б.О. Байбусинов, С.Е. Бару, А.Е. Бондарь,
А.Н. Криницын, В.П. Нагаслаев, А.В. Соколов,
Г.С. Филимонов

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ
ВД ДЛЯ КЕДР

БИБЛИОТЕКА
Института ядерной
Физики СО АН СССР
ИНВ. № 12К3

ИЯФ 97-68



НОВОСИБИРСК

2
+

Первые результаты испытаний ВД для КЕДР

*Б.О. Байбусинов, С.Е. Бару, А.Е. Бондарь, А.Н. Креницын,
В.П. Нагаслаев, А.В. Соколов, Г.С. Филимонов*

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

Аннотация

Вершинная камера детектора КЕДР установлена на промежутке встречи ВЭПП-4М конце 1996 года. Камера испытана на космических частицах, проведены измерения энерговыделения и загрузки от фона. Измеренная величина неэффективности отдельной трубки составляет 0.5% в 95% объема ячейки. Среднее пространственное разрешение 125 мкм в трубке, полученное в газовой смеси $Ar + 30\% iC_4H_{10}$, близко к ожидаемому. В работе также приводятся результаты тестирования элементов детектора при монтаже и исследования радиационной стойкости дрейфовых трубок на отдельном стенде. При ожидаемом уровне фона можно рассчитывать на хорошее время жизни детектора.

© Институт ядерной физики
им. Г.И. Будкера СО РАН, Россия

Оглавление

1	Введение	5
2	Описание камеры	5
3	Тестирование и монтаж	7
3.1	Механические точности	7
3.2	Нецилиндричность	10
3.3	Натяжение проволочек	11
3.4	Испытания с напряжением	11
3.5	Радиационная стойкость	14
4	Измерение фона на ВЭПП-4М	17
5	Испытания ВД на космике	19
6	Заключение	25

1 Введение

На электрон-позитронном накопителе ВЭПП-4М в ИЯФ им. Будкера ведется монтаж и подготовка к запуску универсального детектора КЕДР [1] для изучения e^+e^- столкновений при энергиях в области связанных состояний $b\bar{b}$ кварков. Эта установка обеспечивает широкие возможности регистрации сложных многочастичных событий с высокой эффективностью как к заряженным так и нейтральным частицам. Дополнительные уникальные возможности дает Система Регистрации Рассеянных Электронов (СРРЭ) для мечения $\gamma\gamma$ взаимодействий.

Вершинный детектор (ВД) является частью координатной системы, наиболее приближенной к Вакуумной камере накопителя (ВК), что помимо общих требований к пространственному разрешению, накладывает дополнительные условия на радиационную стойкость, помехоустойчивость, надежность и гранулярность камеры.

В данной работе приводятся основные проектные характеристики и данные испытаний камеры.

2 Описание камеры

Внутренняя дрейфовая камера, традиционно носящая название Вершинный детектор, представляет собой годоскоп из 312 дрейфовых трубок длиной 670 мм, установленных соосно в 6 concentрических слоях в узкой области вокруг вакуумной камеры, см. Рис.1. Четные и нечетные

слои сгруппированы в 3 двойных слоя со сдвигом на половину диаметра. Такая геометрия позволяет существенно улучшить эффективность к разделению близколежащих треков.

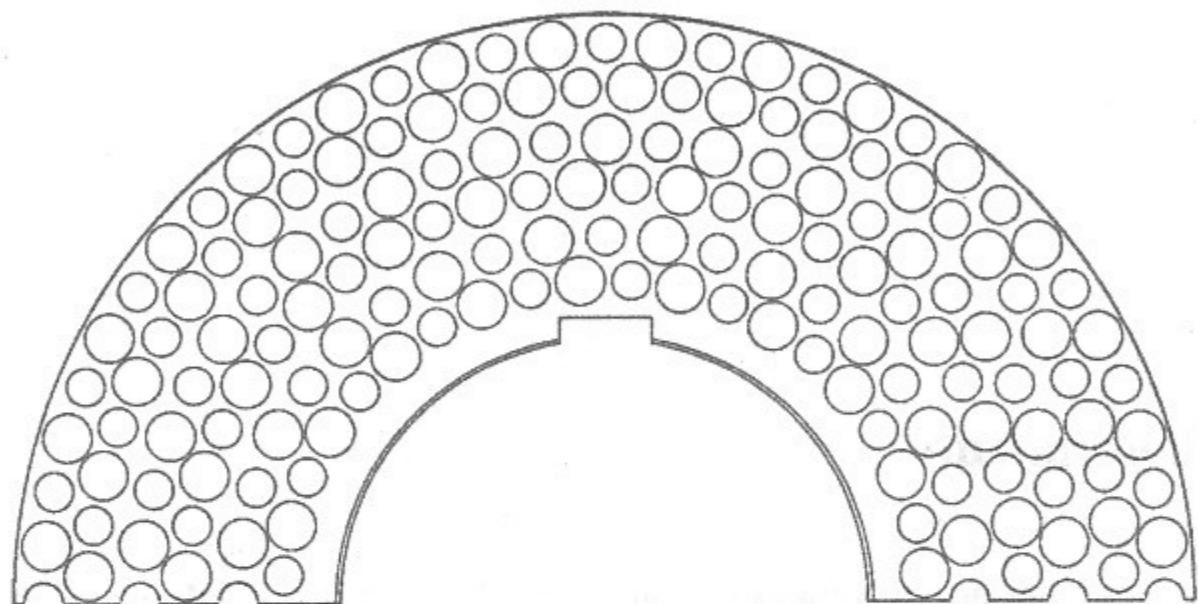


Рис. 1: Расположение посадочных отверстий в полуфланце ВД.

Разные диаметры на рисунке соответствуют соседним пробкам: трубки вставляются в детектор с разных сторон навстречу друг другу. Все трубки имеют одинаковый диаметр 10 мм. Это обеспечивает достаточно быстрое собирание заряда даже в медленных газовых смесях, и хорошую сегментированность камеры при вполне приемлемом количестве каналов электроники. Уменьшение дрейфовой длины менее 5 мм, кроме того, приводит к увеличению доли области кластер-эффекта и ухудшению среднего разрешения.

Для уменьшения влияния многократного рассеяния на траектории заряженных частиц, стенки трубок изготавливаются из тонкого, 20 мкм алюминизированного лавсана. Аноды выполнены из золоченой вольфрамовой проволоочки диаметром 20 мкм.

Камера не имеет общего герметичного объема со стенками, вносящими вещество в детектор, однако благодаря высокой прочности сварных швов в лавсане, трубки способны держать давление самостоятельно.

Для достижения высокого, 50 – 100 мкм, среднего разрешения, трубки предполагается продувать газовой смесью на основе CO_2 , имеющей низкий коэффициент диффузии и малую скорость дрейфа, однако на стадии запуска всего детектора используются более простые газовые смеси на основе Ar, позволяющие достичь разрешение ~ 100 мкм, при гораздо более низких напряжениях.

Проект ВД был представлен ранее в [2]. В таблице 1 приводятся основные геометрические характеристики камеры.

Таблица 1. Основные характеристики Вершинного детектора.

Число трубок	312
Число слоев	6
Диаметр трубок	10 мм
Длина трубок	670 мм
Вещество:	
- внутренняя вакуумная камера	0.48% X_0
- наружная вакуумная камера	0.28% X_0
- газ(2ата)+лавсан	0.17% X_0
Телесный угол 6 слоев	94%
Телесный угол 1 слоя	98%
Точность экстраполяции трека к месту встречи:	
- только ВД	$2.2\sigma_0$
- только ЦДК	$155\mu/P[\Gamma\text{эВ}]$
- ВД+ЦДК	$1.7\sigma_0$
- МК рассеяние на ВК	$35\mu/P[\Gamma\text{эВ}]$

* σ_0 – среднее разрешение в одной трубке

3 Тестирование и монтаж

3.1 Механические точности

Для достижения высокого пространственного разрешения необходимо в первую очередь обеспечить соответствующую механическую точность сборки детектора. Точность позиционирования трубок обеспечивается фланцами, устанавливаемыми на вакуумной камере, каждая дрейфовая трубка представляет собой независимый модуль и устанавливается в отверстия калиброванного диаметра во фланцах. Такая конструкция существенно облегчает многократные разборки и сборки, однако требует особого внимания к точности изготовления дрейфовых трубок.

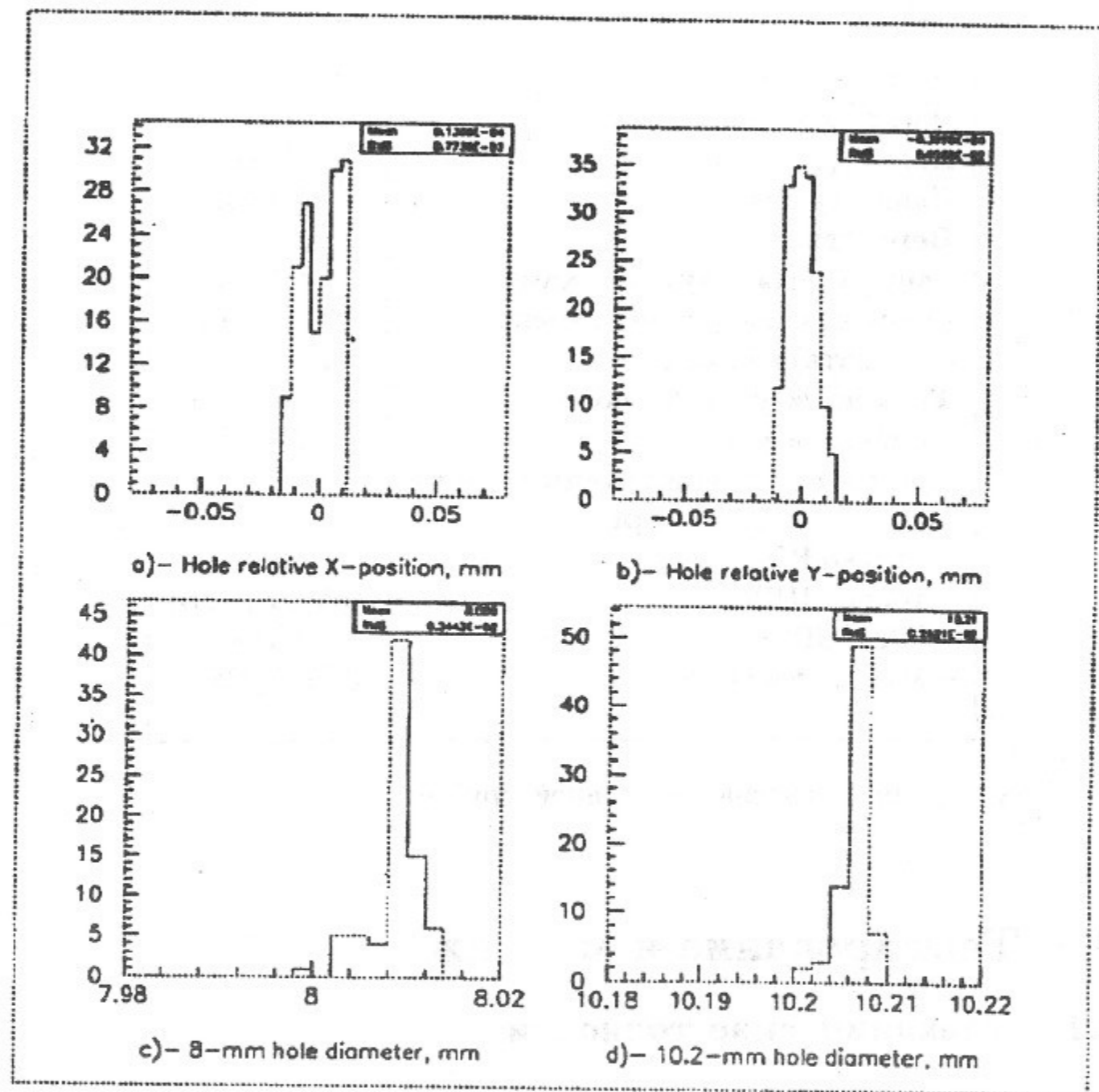


Рис. 2: Контрольные измерения на фланце. а),b) – положения центров отверстий диаметром 10.2 и 8 мм относительно расчетных. с),d) – диаметры отверстий.

Фланцы и торцевые пробки для трубок изготавливались на прецизионных станках с числовым программным управлением (ЧПУ), позволяющими добиваться микронных точностей. На Рис.2 показаны результаты измерений относительных положений центров посадочных отверстий во фланцах – (а,b) и их диаметров – (с,d).

Результаты контрольных измерений пробок приведены на Рис.3.

Безусловно реальная точность положения проволочек складывается

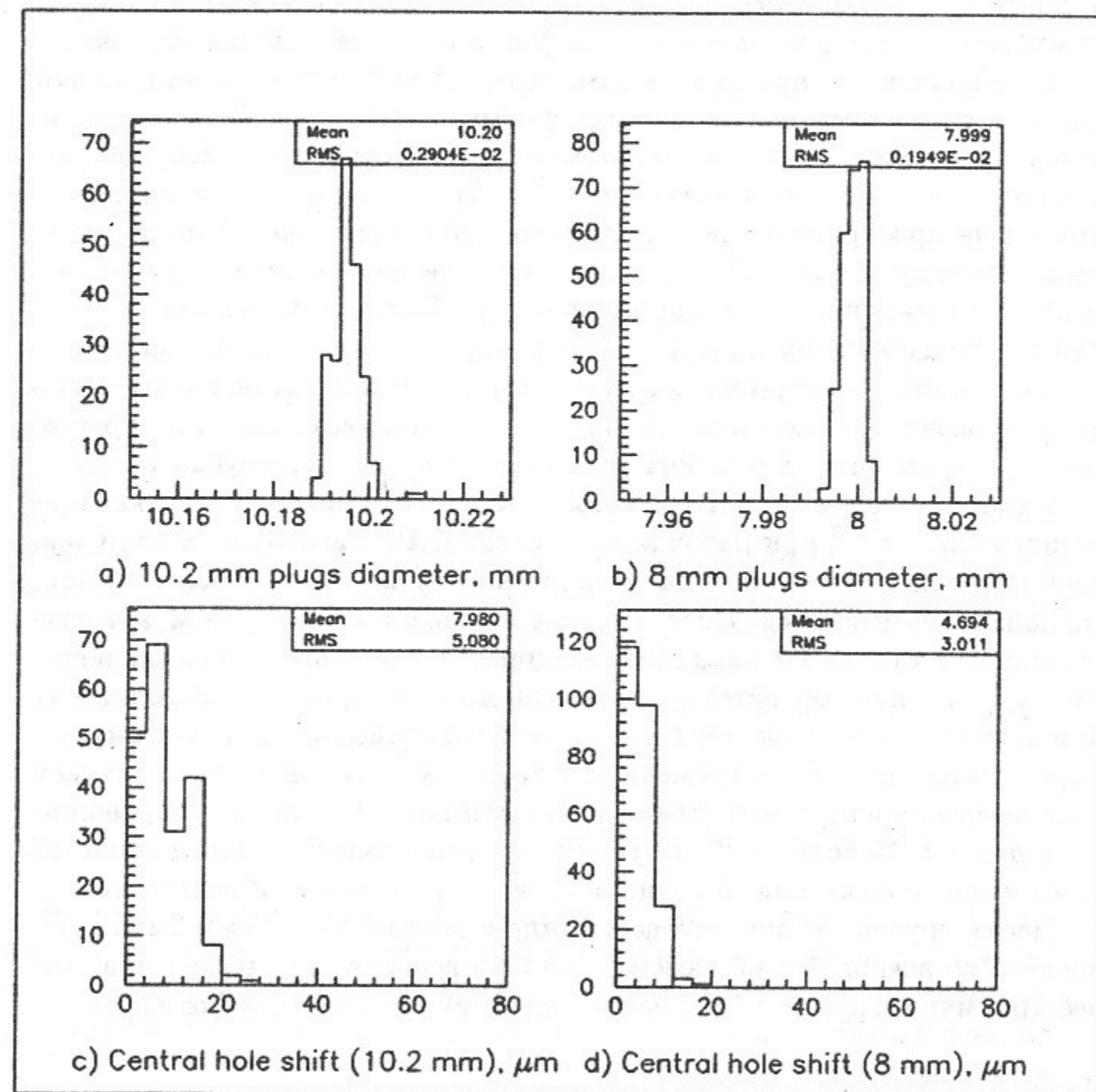


Рис. 3: Контрольные измерения пробок: а),b) – диаметры посадочных поверхностей пробок. с),d) – отклонения центральных отверстий от оси.

из большего набора факторов, и может быть окончательно оценена по экспериментальным данным, что будет обсуждаться ниже.

3.2 Нецилиндричность

Несмотря на уже довольно жесткие требования к точности позиционирования, гораздо более серьезные требования предъявляются к соосности установки противоположных пробок трубки. Небольшие отклонения от параллельности приводят к заметным прогибам трубки на большой длине, и следовательно, искажениям формы дрейфовой ячейки. Для компенсации прогиба трубки дополнительно растягиваются во фланцах, однако это помогает лишь частично. Расчеты влияния искажения формы трубки на пространственное разрешение дают ограничение на допустимую величину искажений 100 – 200 мкм, или непараллельность пробок меньше 10 мкм на базе толщины фланца. Для предварительного монтажа и тестирования камеры в лаборатории была изготовлена точная копия – модель вакуумной камеры. На ней были установлены фланцы и произведена послойная сборка детектора с тестированием трубок. Для проверки цилиндричности формы по всей длине, трубки продувались смесью $CO_2 + 6\%iC_4H_{10}$ и облучались источником 6 кэВ квантов от источника Fe^{55} при рабочем напряжении. При высоком газовом усилении основной сигнал иногда сопровождается появлением более слабого сигнала-послеимпульса. Послеимпульс вызывается электроном, эммитированным с катода УФ квантами первичной лавины на проволочке и время его появления соответствует времени дрейфа от катода. Вероятность прибытия одновременно двух электронов фотоэмиссии мала, поэтому, измеряя распределение по времени задержки послеимпульса, мы получаем распределение по удаленности поверхности катода от анодной проволочки в данной области трубки. На Рис.4 представлено распределение по измеренной максимальной нецилиндричности трубок при испытаниях.

Часть трубок с величиной нецилиндричности 0.2 – 0.35 мм была установлена во внешний слой камеры, где пространственное разрешение менее критично, трубки с большей нецилиндричностью отбраковывались.

3.3 Натяжение проволок

Нецилиндричность формы дрейфовой ячейки может быть вызвана провисанием анодной проволочки при недостаточном натяжении. Для измерения натяжения был использован широко распространенный метод измерения частоты собственных колебаний, связанной с величиной натяжения. Распределение по величине измеренного натяжения проволок в нерастянутых трубках приводится на Рис.5.

Добавочное натяжение 200 г на лавсане увеличивает натяжение проволок еще на 10 г. Провисание проволочки при натяжении 50 г составляет 8 мкм.

3.4 Испытания с напряжением.

Все трубки были проверены на работоспособность при максимальных напряжениях. Рабочее напряжение для испытаний было выбрано из условия коэффициента газового усиления $KГУ = 10^6$. Такой высокий КГУ требуется для наиболее точного измерения времени дрейфа при высокой эффективности регистрации отдельных электронов ионизации. Величина КГУ может быть измерена с помощью источника единичных электронов, каковым является катод при освещении источником света. Излучение обычной кинолампы с расстояния 1 – 1.5 м достаточно для появления загрузки в трубке от единиц до десятков килогерц. Загрузка экспоненциально падает при увеличении порога электроники, см. Рис.6а.

Такое поведение согласуется с простейшим законом распределения величины газового размножения:

$$p(A) = \frac{1}{A_0} \exp(-A/A_0)$$

Исходя из этой формы распределения можно вычислить средний КГУ по наклону счетной характеристики. На Рис.6б показана измеренная зависимость величины ηA от напряжения, где η – доля заряда электрона, участвующая в формировании сигнала, составляющая обычно величину 0.15 – 0.20. Учет более точного распределения в форме *Polya* [3] дает поправку в виде множителя $\frac{1}{1+\theta}$, лежащего в пределах 0.65 – 1.0.

Наличие дефектов поверхности проволочки или присутствие на ней частиц пыли может вызывать появление шумовой загрузки в трубке.

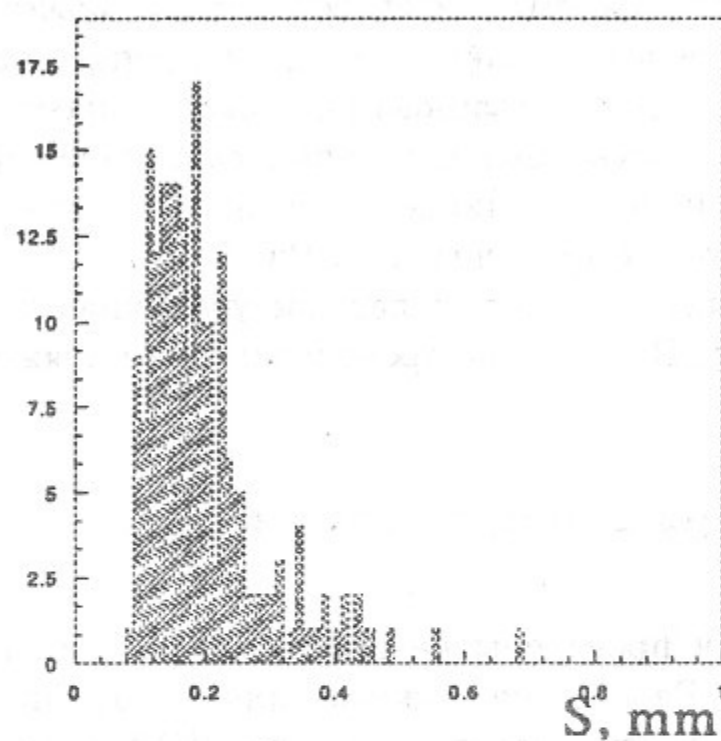


Рис. 4: Измеренная нецилиндричность в трубках.

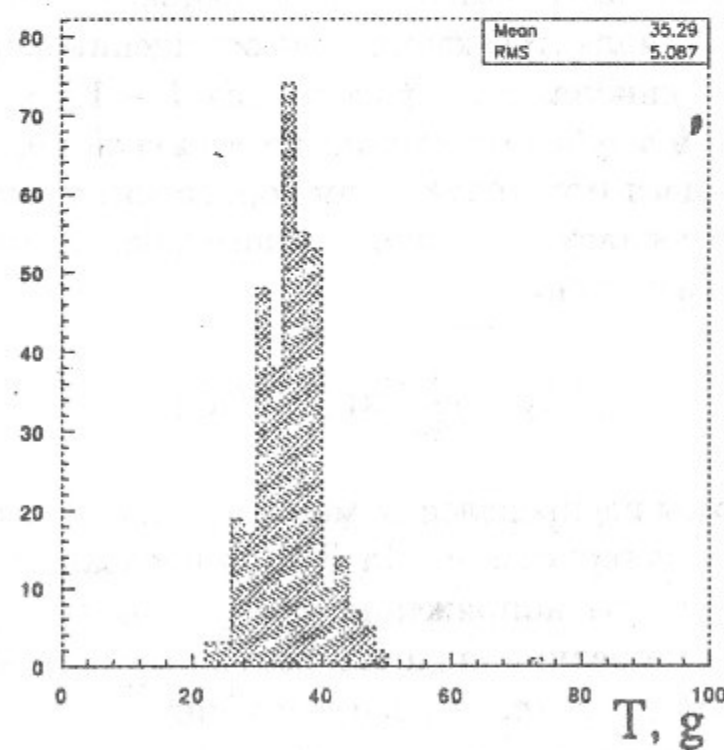


Рис. 5: Натяжение проволочек.

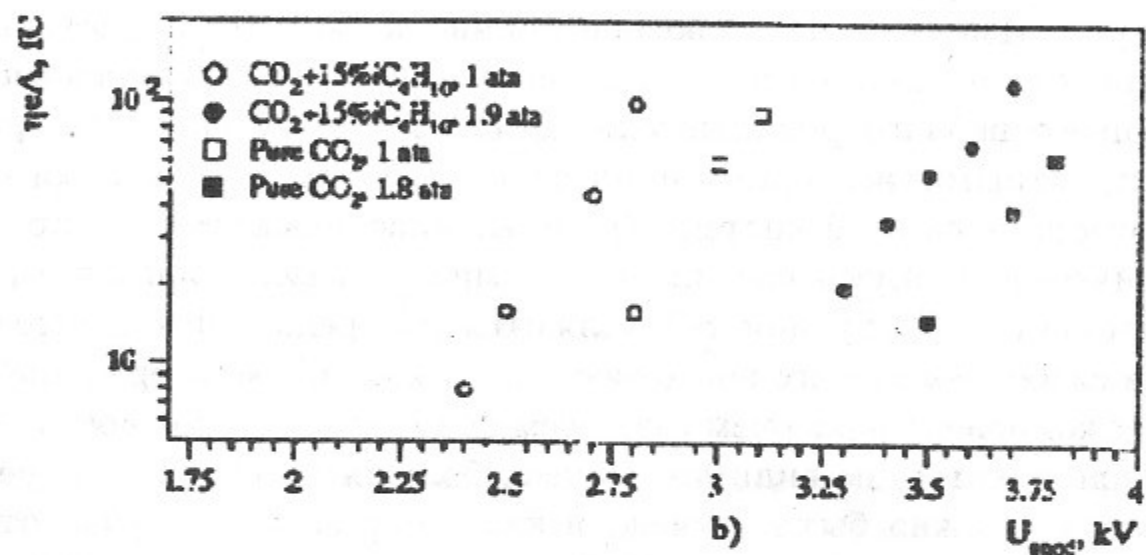
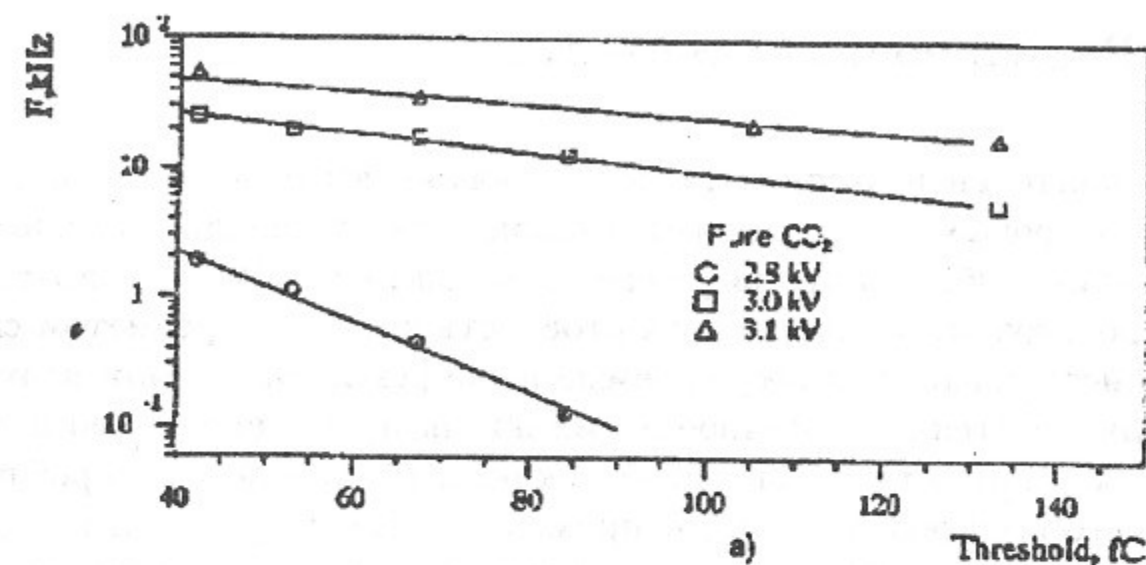


Рис. 6: Измерение КГУ по фотоэмиссии с катода.

Эта нагрузка может присутствовать изначально, но может также появляться при интенсивном кратковременном облучении. Трубки были подвергнуты кратковременному облучению последовательно вдоль всей длины β -источником Sr^{90} . Загрузка при этом составляла более $3 \cdot 10^5$ Гц. Возбуждение шума было отмечено только в 3 случаях, что составляет менее 1% от общего числа испытанных трубок. Было показано, что тренировка обратным напряжением устраняет источник шума, тем не менее такие трубки браковались.

Неоднородность газового усиления вдоль трубок, измеренная при пониженном напряжении в пропорциональном режиме, не превышает 5 – 10%.

3.5 Радиационная стойкость

При длительной эксплуатации в условиях высокого радиационного фона в дрейфовых камерах может наблюдаться деградация основных характеристик. Обычно это выражается в падении КГУ или нарастании шума проволоочки. Радиационная стойкость является предметом специального исследования, и обсуждаемые ниже результаты были получены на отдельном стенде. Конечное время жизни дрейфовых камер в современных экспериментах стало одной из ключевых проблем, которой посвящено много исследований, см., например, [4]. Несмотря на интенсивные усилия, до сих пор детального объяснения механизмов старения камер не существует. Известно, что основной причиной является нарастание непроводящих пленок на поверхности электродов, выяснены основные благоприятные и неблагоприятные условия для их образования. Например, неблагоприятными факторами принято считать присутствие органических веществ в газовой системе (резины, пластификаторы и пр.), микроскопические примеси соединений кремния в газе. Благоприятными особенностями конструкции ВД являются распределенная поверхность катода и слабое поле на его поверхности, а также малое содержание органических компонент в рабочем газе. Тем не менее, реальное время жизни камер определяется, по-видимому, очень большим набором конкретных факторов, и должно быть изучено в каждом реальном случае отдельно. В нашем тесте использовались трубки, подобные тем что установлены в детектор. Были выбраны 4 трубки, прошедшие общую процедуру тестирования. Все трубки продувались параллельно, 2 облучались интенсивным источником Sr^{90} , 2 использовались для сравнения. Ширина облученной области определялась коллиматором, и составляла в плоскости проволоочки 1.3 см. Количество протекшего заряда определялось двумя способами – прямым измерением тока через трубку и расчетом из загрузки с поправкой на просчеты. Эффект облучения наблюдался по падению амплитуды сигнала в области источника. Для этого в облученной области набирался амплитудный спектр от коллимированного источника Fe^{55} при пониженном напряжении в пропорциональном режиме. На Рис.7 приведена зависимость средней амплитуды в $CO_2 + 15\%iC_4H_{10}$, нормированной на сигнал в необлученных трубках, от полного накопленного заряда (в кулонах) для двух испытываемых трубок.

25% спад соответствует накопленному заряду 0.5 К/см, что соответствует примерно 10 годам работы при энергии пучков 5.4 ГэВ и среднем токе накопителя ВЭПП-4М 5 + 5 мА.

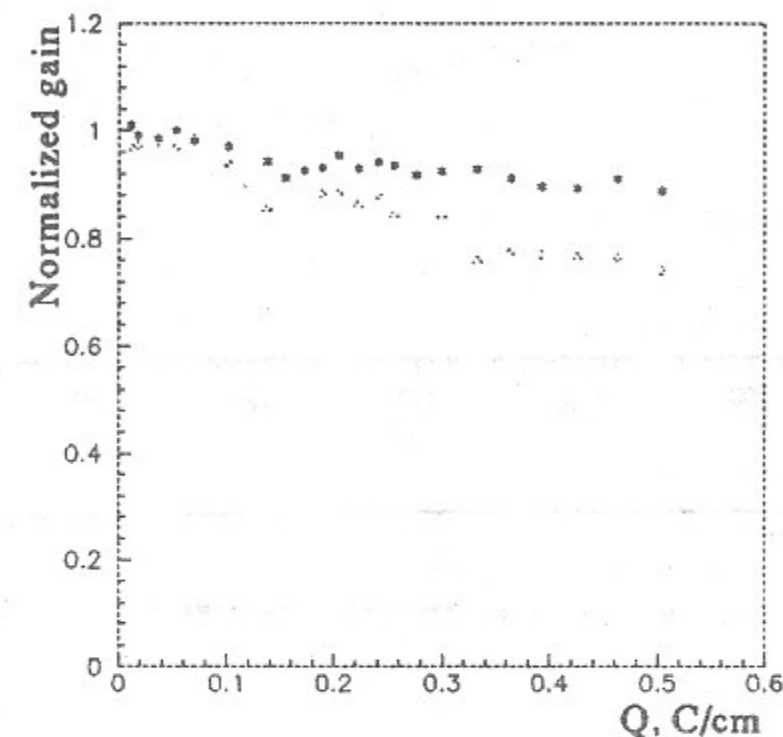


Рис. 7: Деградация КГУ в $CO_2 + 15\%iC_4H_{10}$ в зависимости от удельного накопленного заряда.

Облученная область была просканирована коллимированным пучком бкэВ квантов от источника Fe^{55} , см. Рис.8а. Такое же сканирование было сделано после замены проволоочки в данной трубке, Рис.8б.

Весь эффект падения амплитуды связан исключительно с изменениями на проволочке. Поверхность проволоочки была рассмотрена и сфотографирована на электронном микроскопе с усилением $10^3 - 10^4$, в области облучения наблюдается плотная однородная пленка.

Поверхность катода в месте облучения содержит видимое глазом помутнение. Образцы лавсана были подвергнуты исследованиям методами ВИМС, рентгеновской и ОЖЕ-спектроскопии, однако наличия специфических элементов или соединений обнаружено не было. Было, однако, обнаружено существенное уменьшение количества свободного и возрастание количества окисленного алюминия. Это может привести к заметной деградации камеры при более высоких дозах.

На Рис.9 показана динамика старения в чистом DME. Этот результат, так же как и максимальный КГУ и пространственное разрешение, полученное в пучковых испытаниях прототипа [2], заметно лучше, чем для $CO_2 + 15\%iC_4H_{10}$, однако DME химически активен и воздействует на механические свойства лавсана.

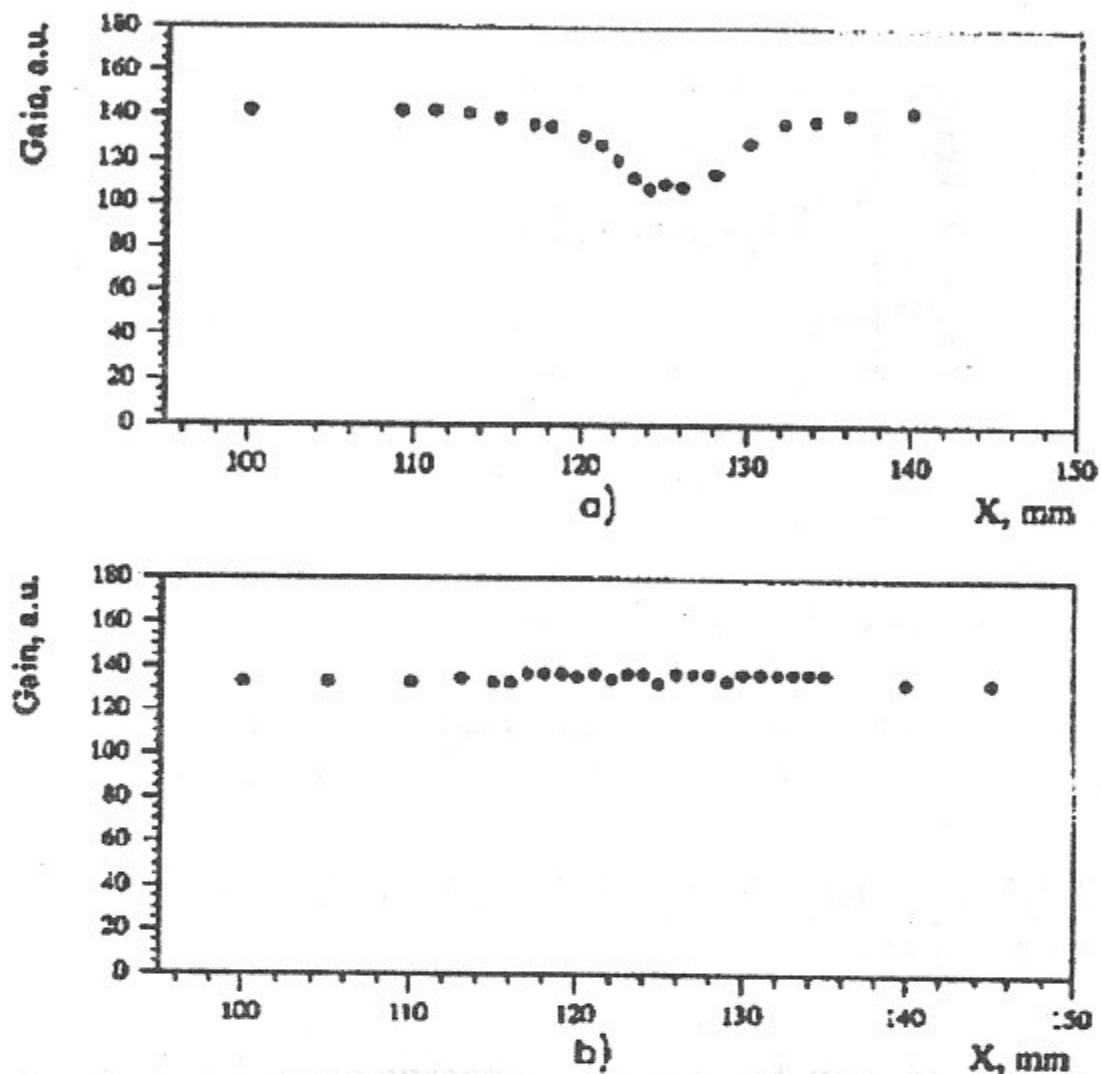


Рис. 8: Сканирование облученного участка проволочки.

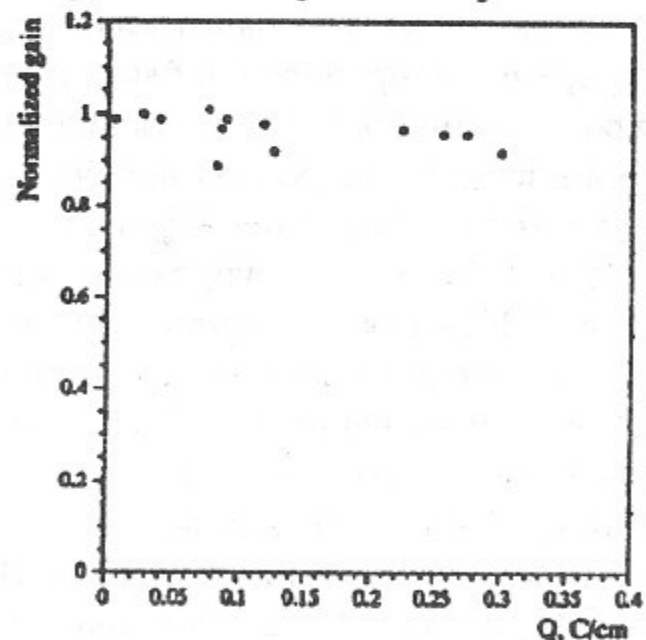


Рис. 9: Деградация КГУ в чистом DME в зависимости от удельного накопленного заряда.

4 Измерение фона на ВЭПП-4М

ВД находится в непосредственной близости от промежутка встречи, что определяет жесткие условия эксплуатации детектора, поэтому важно правильно оценивать величину фона как с точки зрения загрузки электроники, так и с точки зрения радиационной нагрузки. Наибольшую опасность на высоких энергиях представляет фон СИ, определяемый излучением из поворотных магнитов экспериментального участка ускорителя. Вакуумная камера сконструирована таким образом, чтобы прямые пучки СИ не задевали ее стенок, а центральная бериллиевая секция была по возможности защищена от отраженных лучей. Диаметр вакуумной камеры был выбран на основании расчетов безопасного уровня фона, при условиях оптимизации орбиты пучка в накопителе и адекватной защиты.

Для предварительных измерений фона на ВК были установлены сегменты первого слоя ВД. Трубки продувались смесью $Ar + 10\%CO_2$, чувствительной к мягким рентгеновским квантам. Орбита пучка не была оптимизирована в этих измерениях. Без дополнительной защиты на вакуумной камере фон СИ довольно высок – см. Рис.10а. Для подавления фона на внешней бериллиевой камере установлена фольга из железа толщиной 100 мкм. На Рис.10b показаны загрузки трубок с защитой.

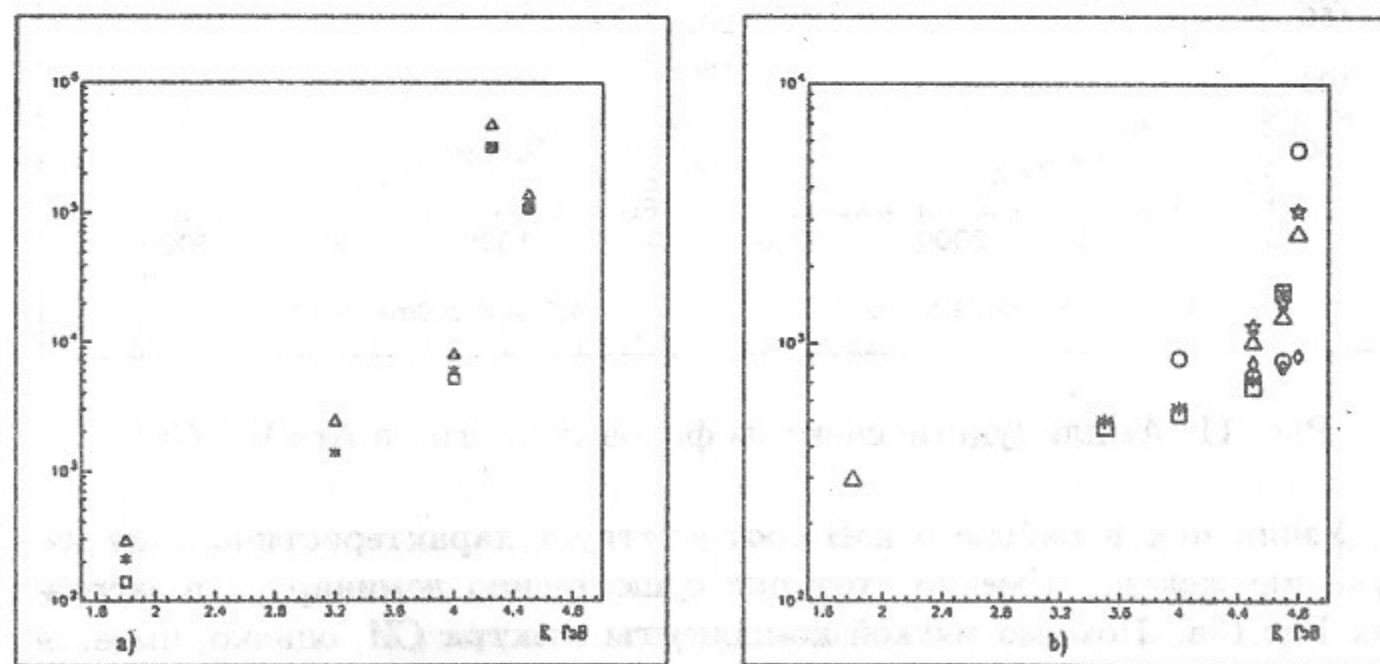


Рис. 10: Фоновые загрузки в трубках в зависимости от энергии, а) – без защиты, б) – с защитой.

Амплитудные спектры при разных энергиях представлены на Рис.11.

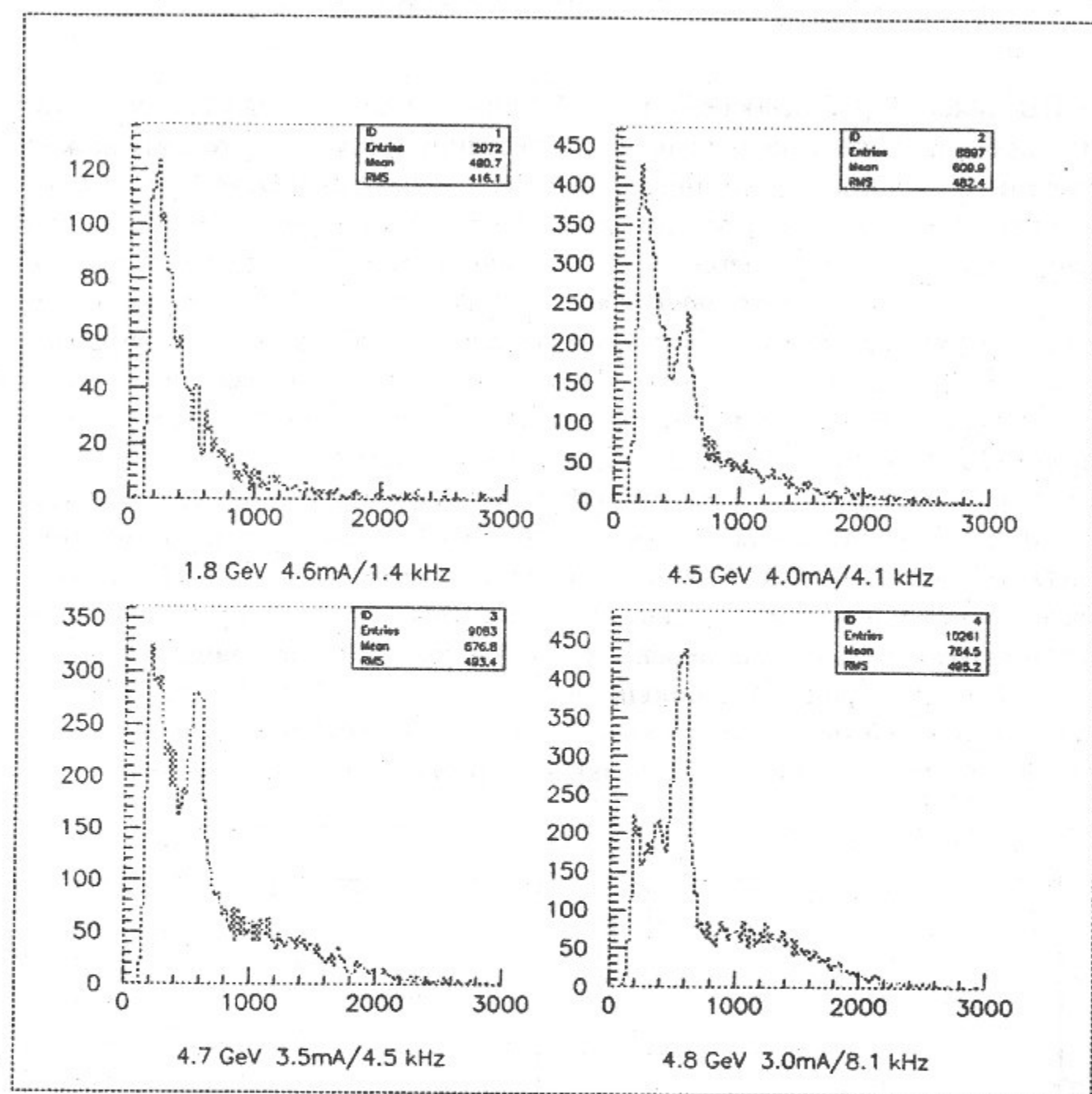


Рис. 11: Амплитудные спектры фоновых частиц в $Ar+10\%CO_2$.

Узкий пик в районе 6 кэВ соответствует характеристическому излучению железа. Именно этот пик существенно доминирует в нагрузках Рис.10а. Помимо мягкой компоненты спектра СИ, однако, имеется и жесткая часть, проявляющаяся при высоких энергиях. Оптимизация положения орбиты пучка позволяет существенно уменьшить нагрузки в трубках — несколько наборов точек на Рис.10b сняты в разных режимах накопителя.

Для подавления линии 6 кэВ на фольгу защиты был напылен 10 мкм

слой олова. На низких энергиях (2–4 ГэВ) фон определяется частицами, выбывшими из пучка. Эта компонента слабо зависит от энергии и изотропна по углам, см. Рис.12а. Угол отсчитывается от вертикали, через внутреннюю сторону орбиты. На больших энергиях, где доминирует фон СИ, распределение по углам неизотропно, Рис.12b: интенсивность повышена в направлении к центру накопителя, что соответствует попаданию в ВД отраженных лучей СИ.

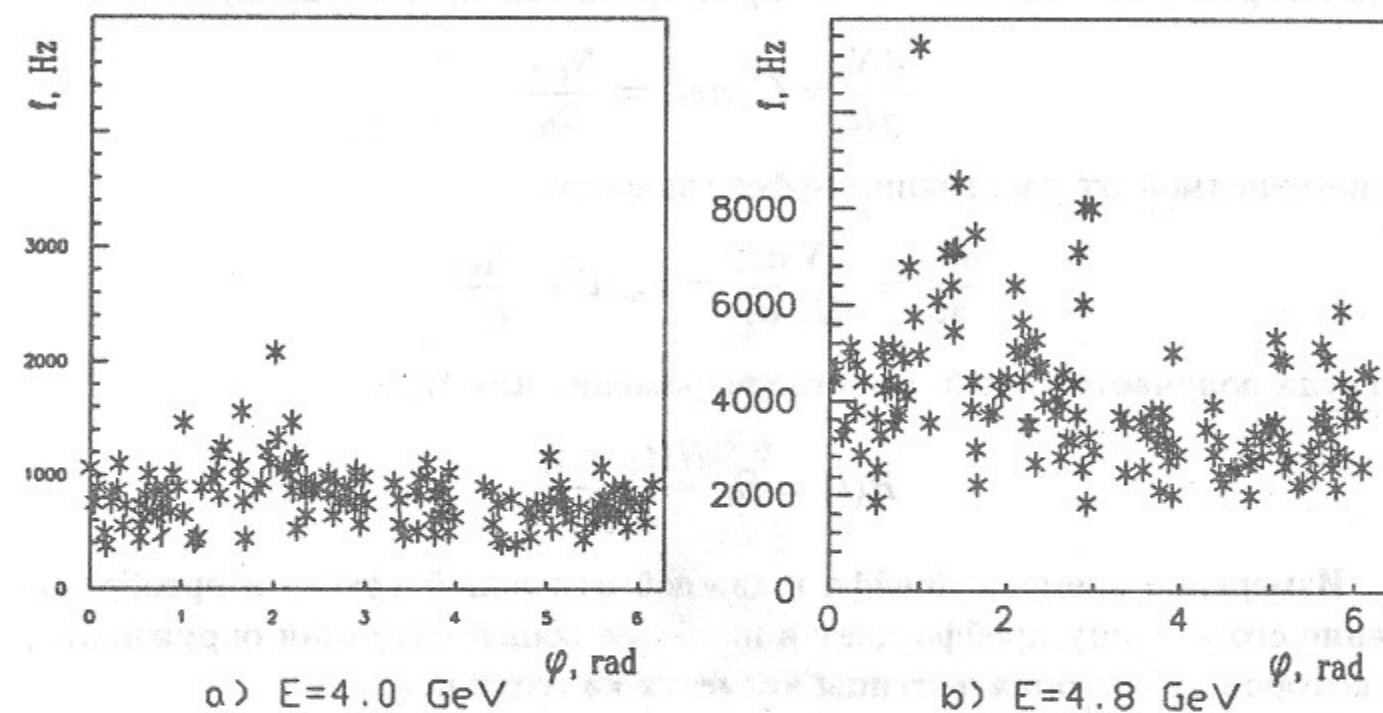


Рис. 12: Угловые распределения фоновых нагрузок для разных энергий пучка.

5 Испытания ВД на космике

В конце 1996 г. ВД был установлен на ускоритель и начаты его испытания на космических частицах. Для запуска от космических частиц, пересекающих детектор вертикально, были установлены два сцинтилляционных счетчика за габаритами времяпролетных счетчиков.

Счетчики имели размер $40 \times 65 \text{ см}^2$, что перекрывает размеры ВД, в небольшом диапазоне телесных углов. Разрешающее время запуска не превышает 0.8 нсек.

В заходе использовалась газовая смесь $Ar + 30\%iC_4H_{10}$. Качество газовой смеси и стабильность КГУ мониторировались на выходе газо-

вой системы пропорциональным счетчиком в виде трубки, аналогичной дрейфовым трубкам ВД.

Для определения характеристик $R(t)$ и t_0 используется метод самокалибровки по спектрам времени дрейфа: край спектра определяет величину t_0 в выбранном канале, а форма спектра – зависимость $R(t)$.

Исходя из предположения равномерного распределения по расстоянию треков от проволоочки (на самом деле достаточно также линейно меняющегося распределения от левого края трубки до правого края):

$$\frac{dN}{dR} = Const. = \frac{N_{tot}}{R_0}$$

и независимой от расстояния эффективности,

$$\frac{dN}{dt} = \frac{dN}{dR} \frac{dR}{dt} = v_{др}(t) * \frac{N_{tot}}{R_0}$$

откуда получается очень простое выражение для $R(t)$:

$$R(t) = R_0 \frac{N(t_1 < t)}{N_{tot}}$$

Измерение времени дрейфа в каждой отдельной трубке и преобразование его в длину дрейфа дает в наиболее общей ситуации окружность, к которой траектория частицы является касательной.

Сама траектория должна быть найдена из совместной подгонки как касательная ко всем построенным таким образом окружностям. При этом следует учитывать, что не все окружности могут принадлежать данному треку: они могут либо лежать на другом треке, либо быть произведены ложным срабатыванием канала.

Для нахождения трека перебираются 4 комбинации пар между первыми двумя и двумя последними трубками и в каждой комбинации перебираются все возможные знаки “право” - “лево”. Для каждой комбинации пары проводится касательная, и проверяется какие из восстановленных окружностей в оставшихся трубках попадают в некий коридор вокруг этой касательной. Знаки в этих трубках определяются автоматически. Для нетривиальных комбинаций подгоняется прямая, окончательно выбирается трек с наименьшим χ^2 подгонки. Перебор может быть прерван на любой комбинации, если найден трек с достаточно большим количеством трубок и хорошим χ^2 .

Для анализа ошибок измерения координаты в произвольной трубке, треки, проходящие через данную трубку, восстанавливались в оставшейся части камеры, выбранная трубка в реконструкции не участвовала.

Отклонения измеренной координаты в трубке от положения восстановленного трека имеют систематические сдвиги, связанные с неточностью заложенных $R(t)$, t_0 , и координат проволоочек. Вычисления поправок и коррекции координат были проведены последовательными итерациями. Распределение по величине суммарной поправки в каналах показана на Рис.13.

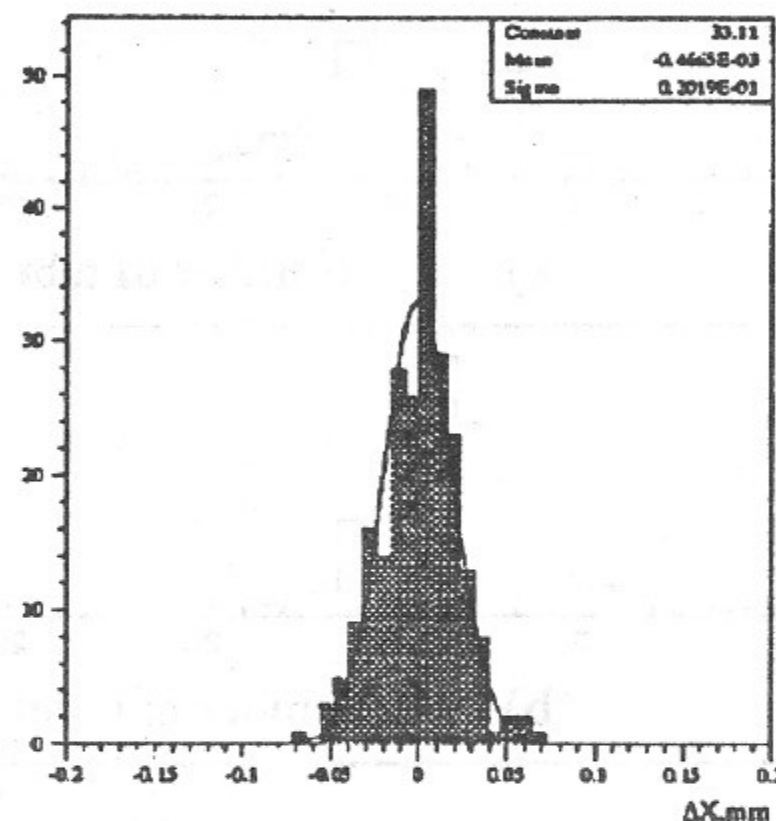


Рис. 13: Вычисленные поправки к координатам проволоочек.

Вычисленные сдвиги свидетельствуют о хорошей точности изготовления и сборки Вершинного детектора.

Основную долю ошибки $\Delta r_{изм}(r)$ составляют общие сдвиги, связанные с неточностью определения t_0 . Поправки на t_0 были сделаны аналогичными итерациями. Таким же образом вычисляется функция коррекции $R(t)$, но эта поправка является общей для всех трубок.

Для того, чтобы исключить вклад многократного рассеяния мягких частиц в стенках вакуумной камеры, отбирались треки с горизонтальной координатой в плоскости медианы $|X| > 65mm$, в этой области треки, кроме того, содержат большее число точек. На Рис.14а приводится распределение по числу сработавших трубок в событиях, содержащих трубку 116. На Рис.14b показано число трубок, участвующих в восстановлении трека. Для того, чтобы исключить неправильно восстановленные

треки и треки восстановленные с плохой точностью, ставилось также ограничение по χ^2 подгонки прямой трека на уровне 0.05. Распределение по χ^2 трека приведено на Рис.14с.

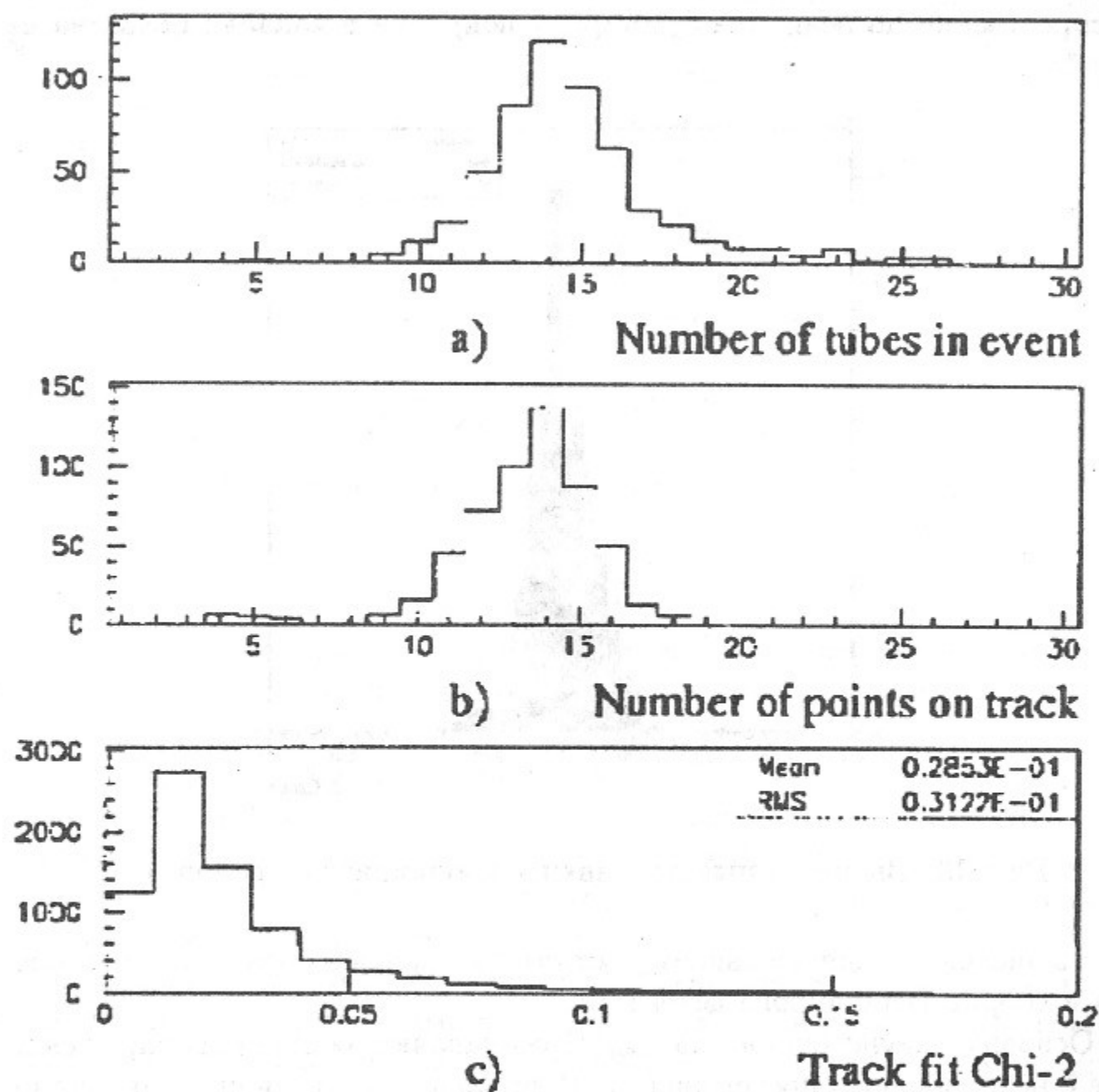


Рис. 14: Число трубок в событии – а), число трубок на треке – б) и Хи-квадрат подгонки трека – с).

Распределение отклонения измеренной координаты от положения восстановленного трека имеет ширину

$$RMS_{resid}^2 = \sigma_x^2 + FF \cdot \sigma_t^2$$

где σ_x – разрешение в выбранной трубке, а σ_t – средний RMS в остальной системе, FF – геометрический "формфактор", определяемый в каждом событии как

$$FF = \frac{N \cdot Y_k^2 + \sum_{i=1}^N Y_i^2 - 2Y_k \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N Y_i^2 - (\sum_{i=1}^N Y_i)^2}$$

Вклад точности измерения в остальной системе был оценен из распределения Рис.14с с учетом обрезаний.

В области $r_{дрейфа} > 2$ разрешение лучше 100 мкм, что согласуется с ожидаемым для данной смеси. На малых расстояниях разрешение падает, что объясняется кластер-эффектом и зависимостью задержки срабатывания электроники от амплитуды сигнала. Зависимость усредненного по всей трубке разрешения от напряжения показана на Рис.15.

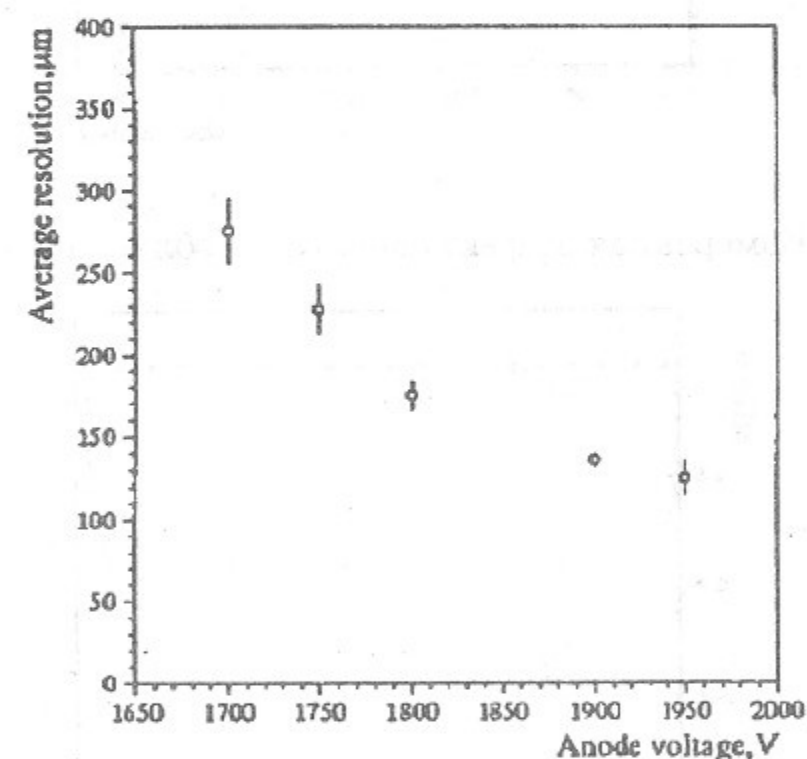


Рис. 15: Зависимость среднего по трубке разрешения от напряжения.

Эффективность срабатывания трубки определялась как отношение числа срабатываний к полному числу треков, прошедших через трубку. Для того чтобы исключить ложные треки, ставилось ограничение на χ^2 восстановленного трека на уровне 0.05. Эффективность каналов приведена на Рис.16.

Основной вклад в неэффективность возникает на краю трубки, где

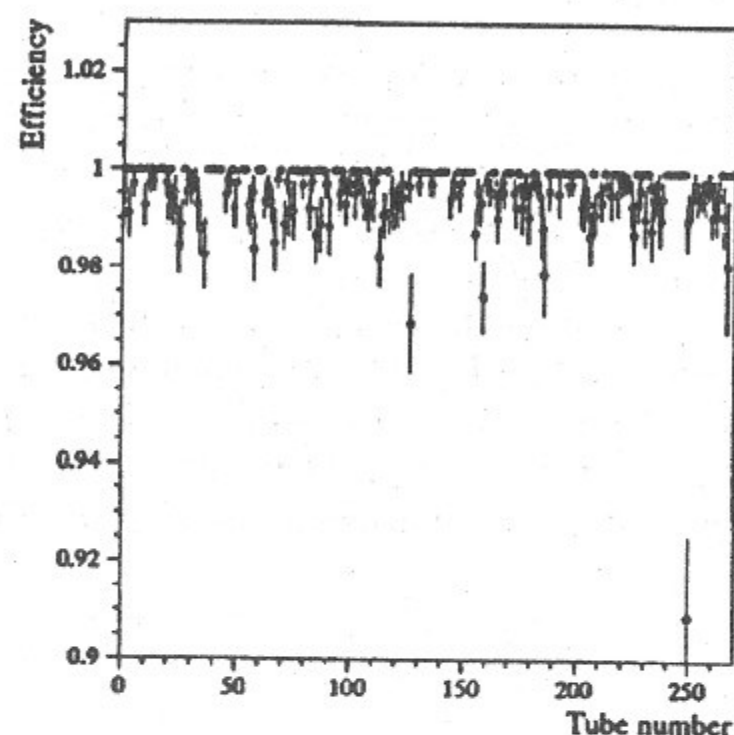


Рис. 16: Измеренная эффективность по области 0 – 4.9 мм.

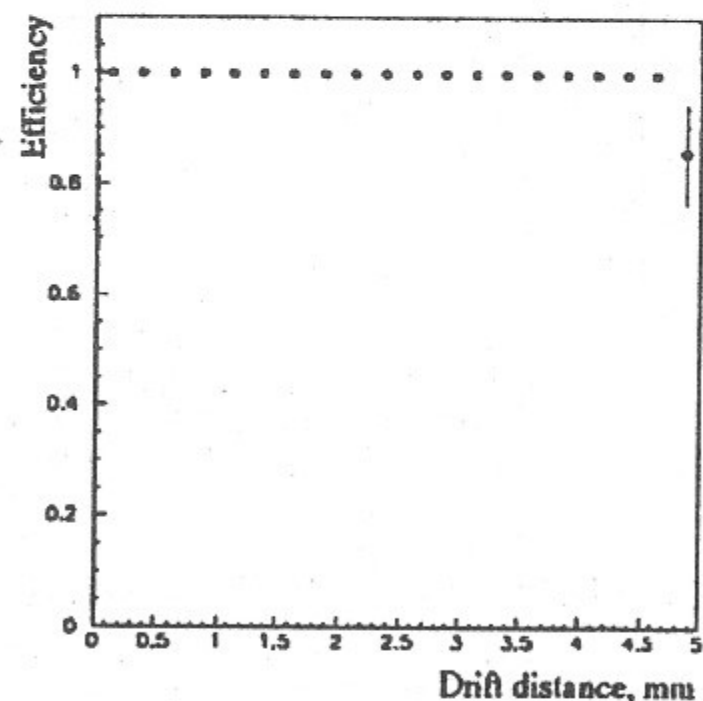


Рис. 17: Эффективность вдоль радиуса трубки.

имеется вероятность неточного определения положения трека или дефект формы катода. На Рис.17 показана зависимость измеренной эффективности от положения внутри трубки.

6 Заключение

В сезоне 1997 года впервые планируется работа значительного комплекса подсистем КЕДР. Наиболее важная роль в заходе отводится координатной части детектора. Вершинная камера КЕДР запущена в эксплуатацию. Испытания, проведенные при монтаже и после сборки, показывают соответствие установки проектным параметрам. На космических частицах было продемонстрировано удовлетворительное пространственное разрешение и высокая эффективность дрейфовых трубок к регистрации заряженных частиц. Исследования радиационной стойкости и изучение фона в области места встречи позволяют рассчитывать на длительный срок жизни камеры.

Литература

- [1] . V.Anashin et al. KEDR Status Report RX-1308, Novosibirsk, 1990.
- [2] V.M.Aulchenko et al. NIM A283(89)528.
- [3] G.D.Alkhazov . NIM 89(70)155.
- [4] J.Va'vra. SLAC-PUB-3882, NIM A252(86)547.
J.A.Kadyk. NIM A300(91)436.

*Б.О. Байбусинов, С.Е. Бару, А.Е. Бондарь, А.Н. Креницын,
В.П. Нагаслаев, А.В. Соколов, Г.С. Филимонов*

Первые результаты испытаний ВД для КЕДР

ИЯФ 97-68

Ответственный за выпуск А.М. Кудрявцев

Работа поступила 28.07.1997 г.

Сдано в набор 11.08.1997 г.

Подписано в печать 12.08.1997 г.

Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 1.8 печ.л., 1.5 уч.-изд.л.

Тираж 150 экз. Бесплатно. Заказ N 68.

Обработано на IBM PC и отпечатано на
ротапинтере ГНЦ РФ "ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН",
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.