

B-555

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



21/11-77

У543/2-77

P13 - 10856

А.В.Вишневецкий, И.А.Голутвин, А.В.Зарубин,
Ю.Л.Злобин, Ю.Т.Кирюшин, Н.А.Кузьмин, Л.В.Светов,
Д.А.Смолин, Ю.А.Яцененко

ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА РАЗМЕРОМ $(3 \times 1,5) \text{ м}^2$
И ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1977

P13 - 10856

А.В.Вишневский, И.А.Голутвин, А.В.Зарубин,
Ю.Л.Злобин, Ю.Т.Кирюшин, Н.А.Кузьмин, Л.В.Светов,
Д.А.Смолин, Ю.А.Яцуненко

ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА РАЗМЕРОМ (3x1,5) м²
И ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Направлено в ПТЭ

Вишнеvский А.В. и др.

P13 - 10856

Пропорциональная камера размером $(3 \times 1,5) \text{ м}^2$
и ее характеристики

Описана однокоординатная пропорциональная камера размерами $(3 \times 1,5) \text{ м}^2$ и приведены результаты ее исследований на "магической газовой смеси" с помощью β -источника.

Чувствительная область камеры - $(2840 \times 1408) \text{ мм}^2$, сигнальные проволоки натянуты вдоль большей ее стороны с шагом 2 мм. Межэлектродный зазор - 7 мм. Толщина камеры - 54 мм, количество вещества по пучку - $0,64 \text{ г/см}^2$.

Эффективность камеры выше 99,9%. Ширина плато по напряжению - более 600 В.

Минимальная длительность стробирующего сигнала - 30 нс.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Vishnevsky A.V. et al.

P13 - 10856

Multiwire Proportional Chamber of $(3 \times 1.5) \text{ м}^2$
and its Characteristics

MWPC of $(3 \times 1.5) \text{ м}^2$ and the results of the investigations of the chamber on "magic" gas with β -source are described.

The sensitive area of the chamber is $(2840 \times 1408) \text{ мм}^2$, the gap is 7 mm, the sensitive wires step (length is 3m) is 2 mm, thickness - 54 mm, quantity of the matter along the beam is 0.64 г/см^2 .

Efficiency of the chamber is more than 99.9%. Length of the plateau is more than 600 V. Minimum strobe width is 30 nsec.

The investigation has been performed at the Department of New Methods of Acceleration, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

1. Введение

Описываемая пропорциональная камера является составной частью однокоординатной плоскости размерами $3 \times 3 / \text{м}^2$ тороидального магнитного спектрометра с аксиально расположенной протяженной водородной мишенью /1/. Каждая плоскость состоит из двух пропорциональных камер размерами $3 \times 1,5 / \text{м}^2$ и несимметричным вырезом $0,5 \times 0,25 / \text{м}^2$ для мишени.

Камера должна удовлетворять ряду требований:

- обеспечивать высокоэффективную регистрацию слабоионизирующих частиц при интенсивности до 10^7 частиц/с на плоскость;

- иметь минимальную нечувствительную область в месте стыковки камер для уменьшения геометрической неэффективности координатной плоскости;

- иметь малые линейные размеры по пучку при большой жесткости конструкции в связи с особенностями спектрометра.

Пропорциональная камера разработана с учетом предварительных исследований ее прототипа размерами $1/3$ натуральной величины /2/. Конструкция камеры обеспечивает необходимую механическую жесткость без применения дополнительных рам и рассчитана на серийное изготовление /до 100 камер/.

В настоящей работе приводятся описание пропорциональной камеры и результаты исследования ее характеристик с помощью β -источника.

2. Конструкция пропорциональной камеры

Общий вид камеры показан на рис. 1. Конструктивно камера состоит из двух разъемных частей: корпуса с

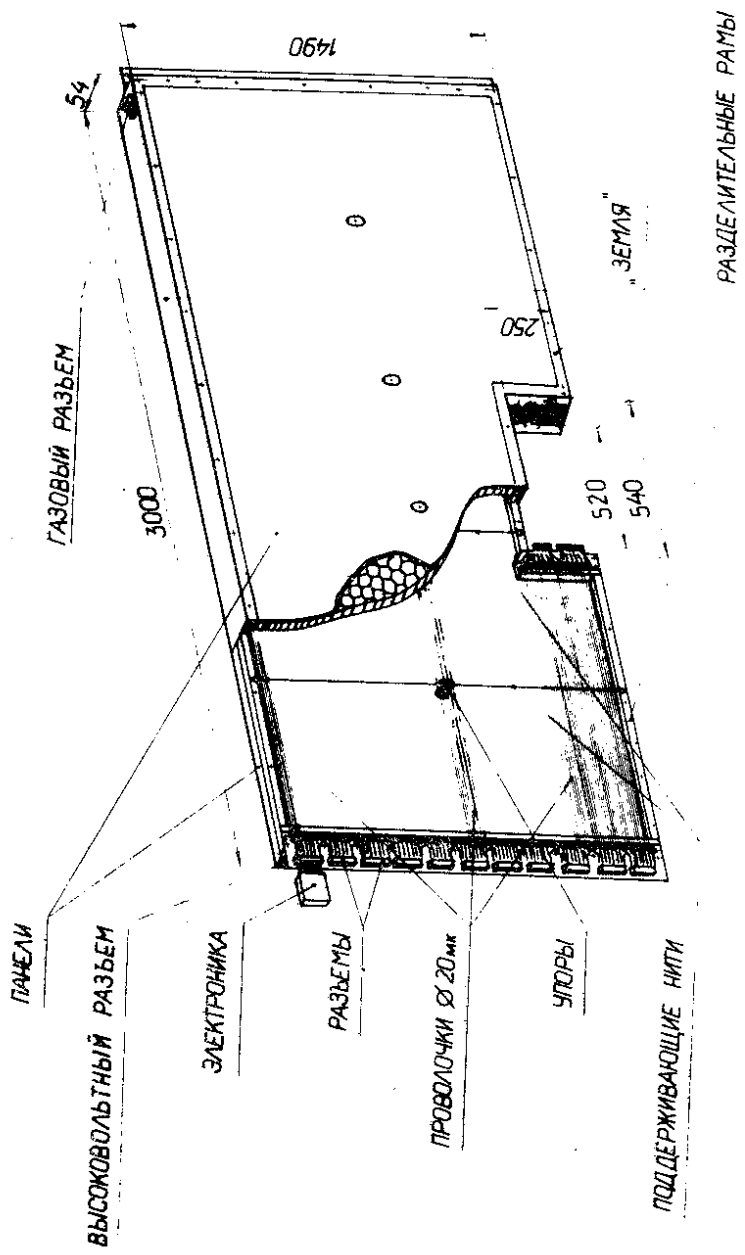


Рис. 1. Общий вид пропорциональной камеры.

сигнальным электродом и крышки. Соединение их осуществляется с помощью компаунда "Силастик 732" и винтов, что позволяет при необходимости открывать камеру. Корпус и крышка состоят из панелей, к которым по периметру приклеены разделительные рамы. На внутренние поверхности панелей нанесен слой проводящего покрытия на основе серебра толщиной ~50 мк, который служит высоковольтным электродом.

Основными несущими элементами камеры являются панели, которые изготовлены из материала с трехслойной структурой, схематично показанного на рис. 2. Поверхностные слои образованы из стеклопластика толщиной 0,5 мм. В качестве наполнителя используется импрегнированная эпоксидной смолой бумага, которой придана сотовая конфигурация.

Использование материала с сотовой структурой позволяет иметь малое количество вещества по пучку: эквивалент панели по плексигласу составляет ~0,3 г/см² при достаточно большой жесткости панели. Деформация панели за счет избыточного давления газа при вертикальной ориентации камеры составляет

$$W = \frac{32}{\pi^6} p \frac{\ell_1^4 \lambda c}{Et^2 d},$$

где ℓ_1, ℓ_2 - меньший и больший линейные размеры панели соответственно; t - толщина сотового наполнителя /19 мм/; d - толщина поверхностного слоя /0,5 мм/; p - давление; λ - коэффициент Пуассона, $\lambda = 1 - \mu^2 \approx 1$; E - модуль Юнга поверхностного слоя; c - коэффициент, зависящий от отношения ℓ_1/ℓ_2 и жесткости поверхностного слоя, при $\ell_1/\ell_2 = 0,5$ $c \approx 0,7 \div 0,8$.

При избыточном давлении газа 5 мм водяного столба максимальная деформация панели достигает $W_1 = +0,7$ мм. Деформация панели за счет натяжения сигнальных волочек составляет

$$W_2 = \frac{\ell_2^2 T(t/2 + L)}{4sEt^2 d},$$

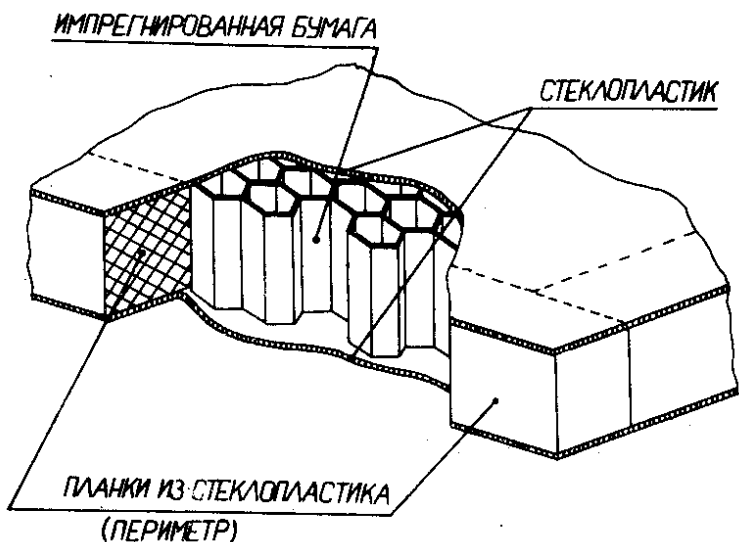


Рис. 2. Схематическое изображение материала с сотовой структурой.

где T - натяжение проволочек / ~ 50 г/, s - шаг проволочек / 2 мм/, L - величина межэлектродного зазора /толщина разделительных рам/ - 7 мм.

Максимальное изменение зазора за счет такой деформации достигает $W_{\bar{x}} \pm 0,5$ мм.

Для уменьшения деформаций панелей W_1 и W_2 в конструкцию введены четыре разделительных упора, расположенные вдоль сигнальных проволочек в средней части камеры. Упоры приклеиваются к панелям и состоят из двух деталей диаметром 13 мм с развитой поверхностью и пазами для сигнальных проволочек. После закрывания камеры панели стягиваются через отверстия в упорах изолированной проволокой из нержавеющей стали диаметром 1 мм с усилием 30 кг. В этом случае деформации панелей уменьшаются так, что постоянство межэлектродного зазора в основном определяется точностью изготовления рам и неплоскостью панелей. По результатам измерений систематическая неплоскость панелей составила $\pm 0,14$ мм, а локальная - до $\pm 0,26$ мм.

В разделительных рамках крышки вдоль меньших сторон камеры сделаны газовые полости, которые соединяются с объемом камеры 32 отверстиями диаметром 2 мм. Такая конструкция газовых вводов обеспечивает равномерность продува по объему камеры и позволяет работать при потоке газа /60-200/см³/мин. Полости соединяются с внешними магистралями через газовые разъемы, которые автоматически герметизируют объем при размыкании.

Чувствительная область камеры составляет /2840x1408/мм². Сигнальные проволочки из золоченого вольфрама диаметром 20 мк натянуты вдоль большей стороны камеры с шагом 2 мм. Гистограмма натяжений проволочек приведена на рис. 3. Для предотвращения провисания

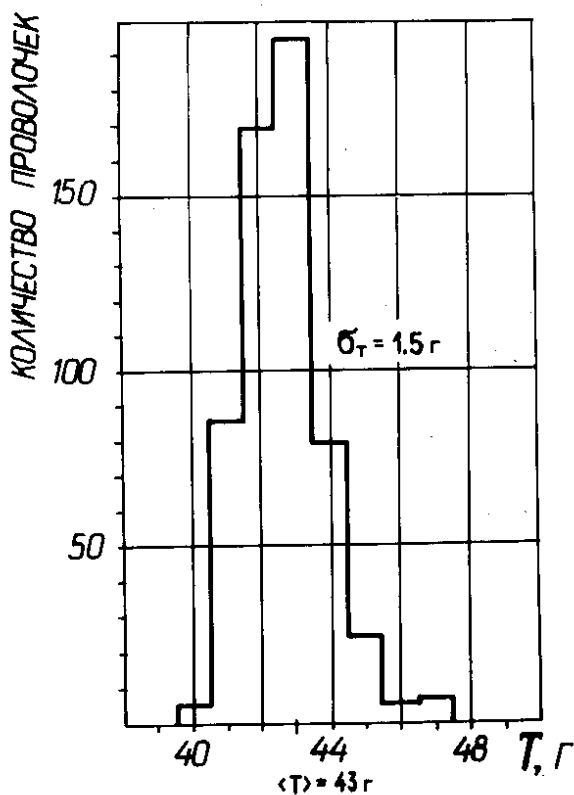


Рис. 3. Гистограмма натяжений проволочек.

проволочек в конструкцию введены четыре поддерживающие нити. Они устроены так, что сигнальные проволочки фиксируются между двумя проволочками из медно-бериллиевой бронзы диаметром 0,3 мм в тефлоновой изоляции натянутыми с усилием ~3 кг. Проволочки связаны между собой нейлоновой нитью диаметром 40 мк с шагом /6-10/см.

Сигнальные проволочки распаяны на печатных платах и через одну выведены на противоположные стороны камеры, на которых установлены разъемы для соединения с регистрирующей электроникой. На одной из плат имеются дополнительные разъемы, с помощью которых при необходимости можно объединять сигнальные проволочки попарно на один канал регистрирующей электроники, которая в этом случае размещается с одной стороны камеры.

Вырез для мишени приводит к прерыванию группы сигнальных проволочек. Разъемное соединение их осуществляется с помощью многожильного плоского кабеля.

Основные конструктивные параметры пропорциональной камеры приведены в *таблице*.

Таблица

Основные конструктивные параметры однокоординатной пропорциональной камеры

Линейные размеры	- /3x1,5/м ²
Размер чувствительной области	- /2840x1408/мм ²
Ширина нечувствительной области	- 40 мм
Межэлектродный зазор	- 7 мм
Шаг проволочек	- 2 мм
Толщина по пучку	- 54 мм
Максимальное количество вещества в камере по пучку	- 0,64 г/см ² /эквивалент плексигласа/
Длина сигнальных проволочек	- ~3 м
Число поддержек	- 4
Механическая неплоскостность высоковольтного электрода	- ±0,2 мм.

3. Методика исследований

Пропорциональная камера была исследована с помощью радиоактивного β -источника ^{106}Ru на автоматизированном стенде на линии с ЭВМ ИР 2116В. Пучок электронов с энергией $< 3,5$ МэВ мониторируется четырьмя малыми пропорциональными камерами с чувствительной областью $60 \times 60 / \text{мм}^2$ и сцинтилляционным счетчиком, который обеспечивает временную привязку стробирующего импульса. При эквивалентном количестве вещества исследуемой камеры $0,64$ г/см² по плексигласу/ и фоне источника $\sim 10^4$ частиц/с фон случайных совпадений монитора не превышает 10^{-2}с^{-1} . Это позво-

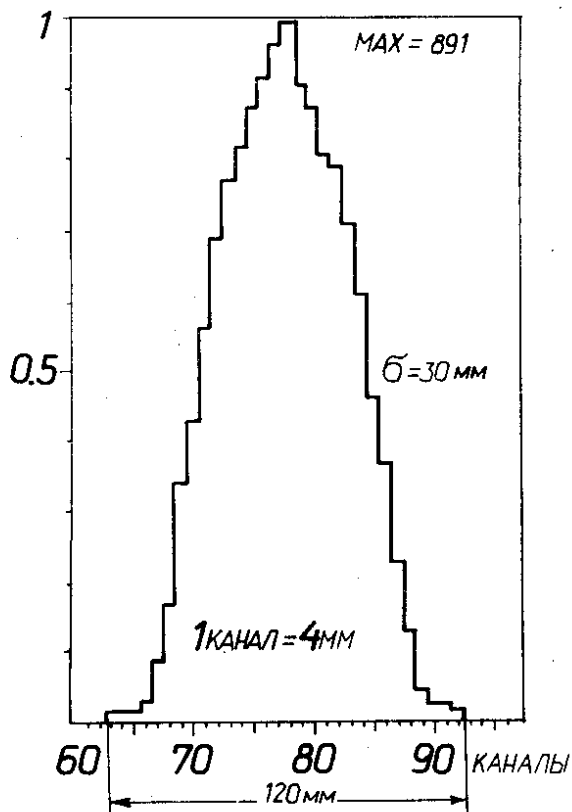


Рис. 4. Типичный профиль пучка электронов на камере.

ляет организовать избирательный запуск от частиц с профилем пучка, показанным на рис. 4 / $\sigma = 30$ мм/, с частотой стробирующих импульсов ~ 30 Гц и проводить измерения с неэффективностью порядка 0,03%.

В качестве рабочей газовой смеси использовалась ранее исследованная /2/ "магическая" смесь: аргон - 67%, изобутан - 30%, метилаль - 3%, фреон 13В1 - 0,2%.

Система высоковольтного питания обеспечивала постоянство напряжения на камере вне зависимости от тока камеры.

Съем информации осуществлялся с помощью электроники, изготовленной фирмой "LeCroy" /США/ /3/. Эта электроника располагается непосредственно на камере и через разъемы соединяется с попарно объединенными сигнальными проволочками. Блок управления помещается в крейте КАМАК. Входное сопротивление - 200 Ом, порог чувствительности регулируется управляющим напряжением в пределах /2-10/ мкА. Электроника обладает малым "мертвым" временем благодаря двойной задержке в канале регистрации. Две идентичные электронные задержки соединены таким образом, что первый сигнал от проволоки запускает первую задержку, второй - 2-ю, третий - вновь 1-ю и т.д.

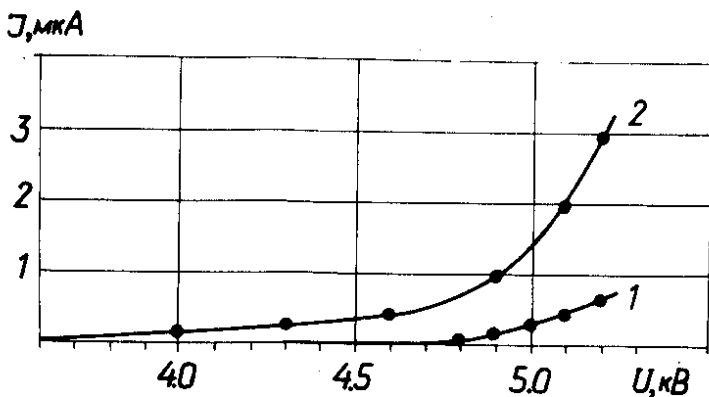


Рис. 5. Зависимость "темнового" тока /кривая 1/ и тока камеры с мониторируемым β -источником /кривая 2/ от напряжения на камере.

4. Результаты исследований

4.1. "Темновой" ток

На рис. 5 показана зависимость "темнового" тока /кривая 1/ и тока камеры с мониторируемым β -источником /кривая 2/, от напряжения на камере. При 5000 В "темновой" ток составляет 0,3 мкА.

4.2. Плато эффективности

Начало плато эффективности определялось из условия $\epsilon \geq 99,6\%$. На рис. 6 показаны зависимость эффективности от напряжения, смещение начала плато для 85% чувствительной площади камеры и гистограмма распределения смещения плато по площади камеры. Измерения проведены в ~200 различных точках. ΔS - чувствительная

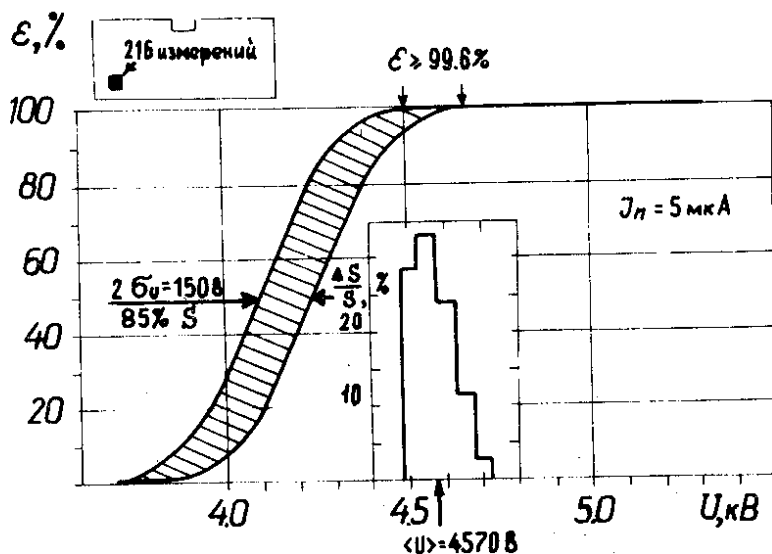


Рис. 6. Зависимость эффективности от напряжения на камере, смещение начала плато для 85% чувствительной площади камеры, гистограмма распределения смещения плато по всей площади камеры.

площадь камеры, где плато начинается в пределах $U - 25 \text{ В}$, $U + 25 \text{ В}$, S - чувствительная площадь камеры. Точность измерения - 15 В . Смещения измерены на уровне эффективности $/40-80/\%$ и приведены в соответствие с условием начала плато: $\epsilon \geq 99,6\%$. Среднее значение напряжения начала плато $\langle U \rangle = 4570 \text{ В}$ со среднеквадратичным отклонением $\sigma_U = 75 \text{ В}$. Это соответствует систематическому разбросу межэлектродного зазора в пределах $\pm 0,15 \text{ мм}$ и локальному - до $\pm 0,25 \text{ мм}$ и хорошо совпадает с механическими измерениями неплоскостности панелей.

Конец плато ограничивался величиной интенсивности шума и определялся условием $n_{\text{ш}} \leq 15 \text{ Гц/прово́локу}$. Из рис. 7 видно, что при пороге электроники $J_n = 3,5$ и 8 мкА , интенсивности шума мало отличаются и достигают величины $15-18 \text{ Гц/прово́локу}$ при напряжении 5200 В .

Средняя величина плато при этих условиях составляет $/630 \pm 75/\text{В}$. Значение эффективности на плато $> 99,9\%$.

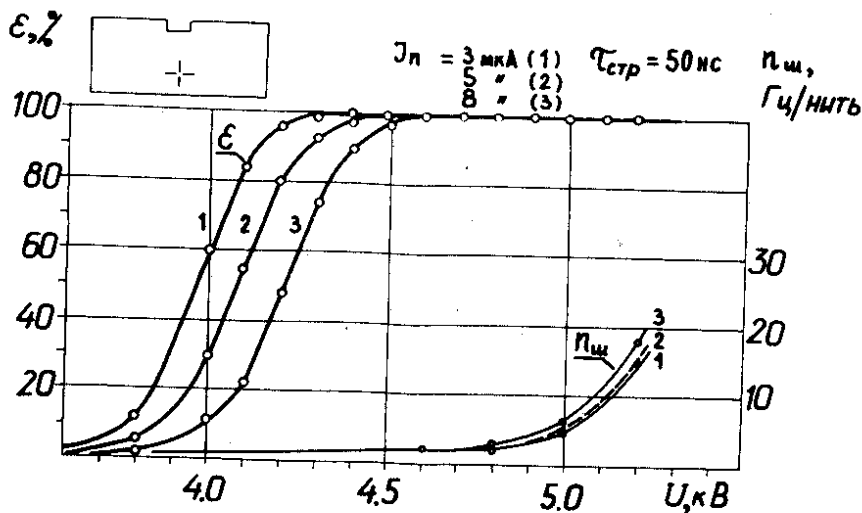


Рис. 7. Зависимость эффективности регистрации и интенсивности шумов на проволоку при порогах регистрации $3,5$ и 8 мкА .

4.3. Порог регистрации

На рис. 7 показана зависимость эффективности от напряжения на камере при трех значениях порога. В качестве рабочего порога выбран $J_n = 5 \text{ мкА}$.

4.4. Вырез для мишени

Как видно из рис. 8, применение разъемного соединения в области выреза камеры для мишени не приводит к уменьшению эффективности. Смещение начала плато составляет $\sim 50 \text{ В}$ и укладывается в $\sigma_U = 75 \text{ В}$.

На этом же рисунке показан вклад кластеров в эффективность в 5 точках камеры. Вклады кластеров на свободных проволоках и в районе выреза для мишени существенно не отличаются. В распределении преобладают двойные кластеры, доля тройных не превышает

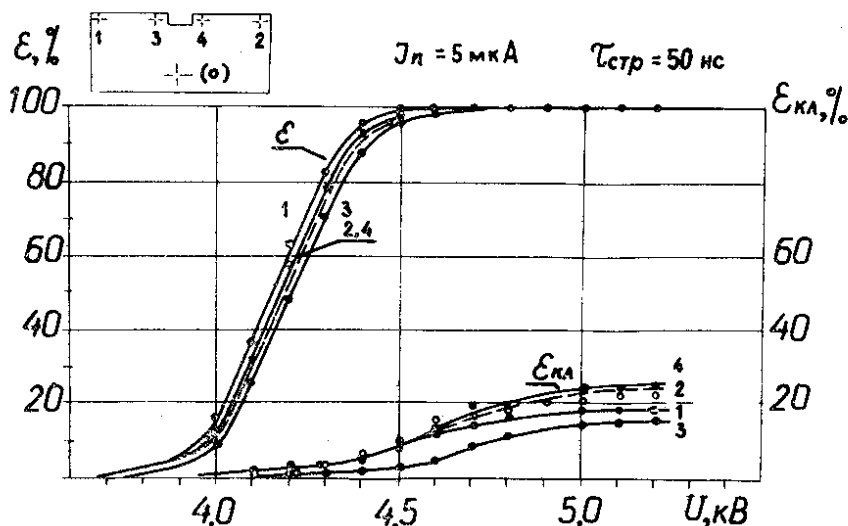


Рис. 8. Эффективность регистрации в четырех точках в области "выреза" и вклад кластеров в эффективность в тех же точках и на свободных проволоках /показаны кружочками/. Доля тройных кластеров в распределении $\leq 0,8\%$.

0,8%. Кластеризация в основном определяется частицами с наклонными треками из-за большого рассеяния малоэнергетических электронов β -источника в материале камеры, что хорошо видно из профиля пучка /рис. 4/.

4.5. Длительность стробирующего импульса

Эффективность регистрации как функция длительности стробирующего сигнала при постоянном напряжении на камере показана на рис. 9. Плато эффективности достигается при 30 нс. Кривая задержанных совпадений при $\tau_{\text{стр}} = 30$ нс иллюстрируется рис. 10 и имеет плато длительностью ~10 нс и длинный "хвост", не дающий вклада в эффективность.

С учетом задержки распространения сигнала вдоль проволоки рабочая длительность стробирующего сигнала выбрана равной 50 нс.

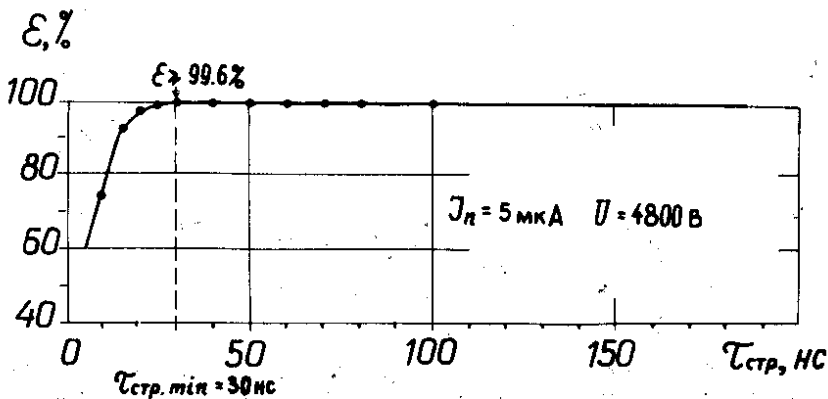


Рис. 9. Эффективность регистрации как функция длительности стробирующего сигнала.

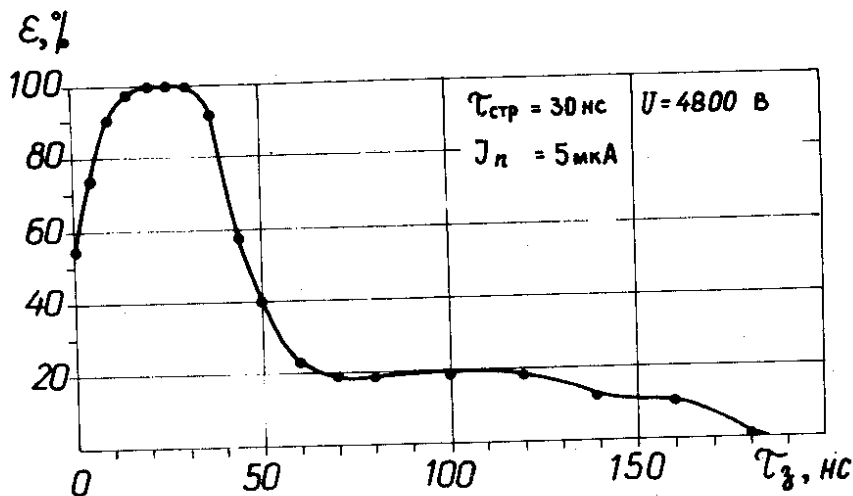


Рис. 10. Кривая задержанных совпадений при длительности стробирующего сигнала 30 нс.

В заключение авторы благодарят всех участников подготовки совместного ОИЯИ-ЦЕРН эксперимента /1/ за полезные и многочисленные обсуждения конструкции камеры и результатов исследований.

Литература

1. Golutvin I. e.a. CERN/SPSC/74-79, SPSC/P19, 1 August, 1974.
2. Bussman K. e.a. CERN, EP Internal Report 76-10.
3. Commercial Alternates for Multiwire-Proportional Chamber Operating System. Prepared for SPS Experiment P19. LeCroy Research System Corporation, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 июля 1977 года.