

539.1
В 85

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Всесоюз. школа по теор. ядер. физике. Сессия 1975
«Современное состояние методики эксперимента»

С. В. СОМОВ

**СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
НА УСКОРИТЕЛЯХ**

(Конспекты лекций)

МОСКВА — 1975

539.1

B85

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

- - -

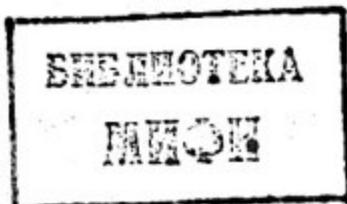
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Всесоюз. школа по теорет. ядер. физ. Сессия 6
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТОДИКИ
ЭКСПЕРИМЕНТА

С.В.Сомов

СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
НА УСКОРИТЕЛЯХ

(Конспекты лекций)



Москва - 1975

СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА. В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА УСКОРИТЕЛЯХ

С.В.Сомов

Методические работы с широкозазорными искровыми камерами, проводимые в 60-х годах в ряде лабораторий, привели к открытию нового способа регистрации следов частиц, состоящего в создании незавершенного (стримерного) разряда на следе. Преимущество нового метода, первоначально состоящее в возможности регистрировать следы частиц независимо от угла их пролета к направлению электрического поля в камере, привлекло внимание многих исследователей и послужило основой для создания нового трекового прибора — стримерной камеры^{х)}. Последующее развитие методики стримерных камер¹⁻⁷⁾ выявило целый ряд новых свойств этого прибора, делающих его незаменимым во многих физических экспериментах.

В настоящее время практически в каждой крупной лаборатории, имеющей ускоритель; работают стримерные камеры.

^{х)} Первые стримерные камеры были созданы Б.Долгошеиным и сотрудниками в МИФИ и группой Г.Чиковани.

1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРИМЕРНЫХ КАМЕР

1. Сравнительные характеристики.

В электрическом поле стримерной камеры электроны на следе ионизирующей частицы трансформируются в вытянутые по полю на 5 – 15 мм светящиеся сгустки плазмы, имеющие поперечный размер ~ 1 мм. В плоскости электрода стримерный след выглядит так же, как след в пузырьковой камере с увеличенным на порядок диаметром пузырьков (рис. 1).

Первым серьезным преимуществом стримерных камер перед искровыми оказалась возможность регистрировать следы частиц независимо от их угла с электрическим полем. Таким образом, максимальная длина следа в камере перестала зависеть от расстояния между электродами и появилась возможность наблюдать следы частиц протяженностью до нескольких метров.

У стримерной камеры оказалось на порядок большее быстродействие, чем у искровой. Мертвое время стримерной камеры составляет 0,1 – 1 мсек. Главным преимуществом стримерных камер перед пузырьковыми следует считать управляемость или возможность регистрировать только события, отобранные системой предварительной селекции. Следует отметить также возможность работы при боль-

ших загрузках (до 10^7 частиц/сек) и малую величину многократного рассеяния в газе камеры.

Управляемость и быстрдействие делают стримерные камеры с водородным наполнением конкурентно-способными с жидководородными пузырьковыми камерами. Действительно, проигрыш двух порядков в плотности вещества в рабочем объеме стримерной камеры компенсируется возможностью работать в пучках с интенсивностью на 4 - 5 порядков превышающей допустимую для пузырьковой камеры.

Важным свойством стримерной камеры является зависимость числа стримеров на следе от ионизирующей способности частицы. В 1968 году было установлено, что при определенных условиях число стримеров на следе релятивистской частицы соответствует числу первичных ионизационных столкновений (первичной ионизации). Детальное изучение этого явления в МИФИ экспериментально подтвердило возможность измерения в стримерной камере ионизации в области релятивистского роста ионизационных потерь с точностью до $1,5\%^4$). Так как релятивистский рост первичной ионизации в газах достигает нескольких десятков процентов, измерение первичной ионизации с точностью в несколько процентов обеспечивает надежное разделение

π , K-мезонов и протонов в пучках с импульсом до

нескольких десятков Гэв. Таким образом, стримерная камера в магнитном поле может использоваться как спектрометр масс частиц высоких энергий.

К достоинствам стримерных камер следует также отнести практически 100% эффективность регистрации частиц независимо от их числа, относительную простоту конструкций камер и дешевизну их изготовления, что позволяет сравнительно небольшим лабораториям участвовать в экспериментах.

Общим недостатком всех стримерных камер является слабая яркость следов, требующая при фоторегистрировании светосильной оптики и высокочувствительных фотопленок, а в ряде случаев применения электронно-оптических преобразователей.

2. Конструктивные особенности и высоко- вольтное питание.

Характерные размеры современной стримерной камеры: длина — от одного до нескольких метров, ширина — 1 м, глубина (расстояние между электродами) несколько десятков сантиметров. Для наполнения камеры чаще всего используется неон-гелиевая смесь (10÷30% Ne+90÷70% He), содержащая примеси воздуха не более 0,1%^{х)}. Время па-

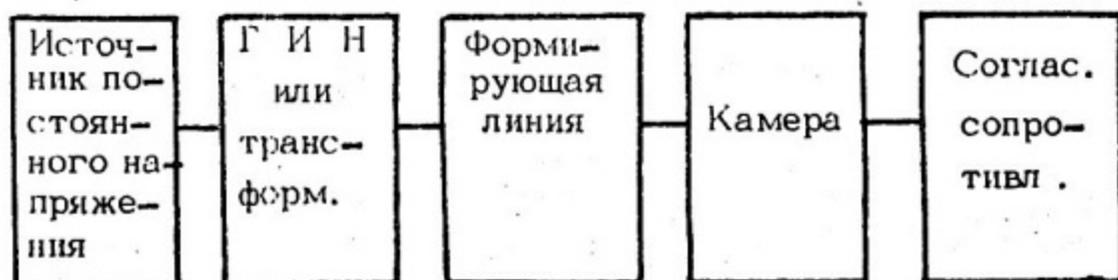
х) Для снижения рабочего напряжения на 15–20% в объеме камеры иногда добавляют ~ 0,25% изобутана⁸⁾.

мяти камеры регулируется в широком диапазоне электроотрицательными добавками (фреон, SF_6), имеющими большое сечение прилипания электронов в области тепловых энергий.

В рабочий объем камеры могут помещаться диэлектрические конверторы, пластиковые сцинтилляторы, мишени, наполненные жидким водородом или газообразным водородом под давлением.

Для получения фотографируемых стримеров в камере наполненной неон-гелиевой смесью необходимо создать напряженность поля ~ 20 кв/см на время $\sim 10^8$ сек.

Высоковольтное питание больших стримерных камер осуществляется по стандартной схеме



ГИН или трансформатор преобразуют постоянное высоковольтное напряжение в импульсное, имеющее в 10–30 раз большую амплитуду. Формирующая линия заряжается до этого напряжения за время 0,2 – 0,5 мсек. Полное время от момента прохождения частицы до возникновения стримера составляет 0,5 – 0,8 мсек. За это время электроны на

следе диффундируют на расстояния 0,4 – 0,6 мм. Точность геометрической реконструкции следа с учетом размера стримера составляет 0,3 мм. В качестве формирующей линии обычно используется специальная коаксиальная или полосковая линия *Blumlein*. Эта линия позволяет вдвое увеличить амплитуду сформированного импульса по сравнению с обычной разомкнутой линией. Электроды камеры образуют полосковую линию с волновым сопротивлением 20 – 40 Ω , соединенную с формирующей линией. Проходящий по камере импульс с амплитудой 500 – 800 кв. гасится согласующим сопротивлением, установленным на конце камеры.

2. СТРИМЕРНЫЕ КАМЕРЫ НА УСКОРИТЕЛЯХ

а. Развитие стримерных камер на Стенфорде.

Впервые в физических экспериментах большие стримерные камеры были применены на линейном ускорителе электронов в Стенфорде⁹⁾ (*SLAC*). В 1968 году в эксперименте по фоторождению адронов использовалась самая большая в то время камера (2x0,8x0,6 м³ (рис. 2а). Камера была помещена в магнитное поле и имела в рабочем объеме мишень, наполненную газообразным водородом до давления 8 атм. В этом эксперименте было получено около

600 000 фотографий, содержащих 100 000 адронных событий.

В эксперименте по изучению K_L^0 распада использовалась камера размером $2 \times 1,6 \times 0,8$ м³ (рис. 2б). Главной задачей эксперимента было выделение мод распада $K^0 \rightarrow 3\pi$; $K^0 \rightarrow \pi\mu\nu$; $K^0 \rightarrow \pi e\nu$. Для выделения событий с электроном в рабочий объем камеры помещались пластины из окиси свинца, окруженные сцинтилляционным счетчиком. Получено $2,5 \cdot 10^6$ фотографий, из которых собрано $5 \cdot 10^5$ распадов. В этих двух экспериментах для питания камеры применялся полосковый *Blumlein*, формирующий импульс треугольной формы длительностью 12 нсек с амплитудой 800 кв. Новым в K_L^0 эксперименте, кроме увеличения размера камеры и помещения в рабочий объем конвертора, было применение в *Blumlein* разрядника с насадкой в виде кольца из вольфрама на катоде. Автоэлектронная эмиссия с этого кольца стабилизирует пробой разрядника, уменьшая флуктуации амплитуды высоковольтного импульса до 2 %, что существенно улучшает качество следов.

Следующим шагом в развитии стримерных камер в *SLAC* было создание камеры для эксперимента по рождению гиперонов ($K^- p \rightarrow \Lambda, \Sigma, \Xi, \Omega + X$) рис. 2в. Для наблюдения следов как можно ближе к точке взаимодействия в камеру помещалась жидководородная

мишень, имеющая толщину вакуумной изоляции всего 1 мм. Усовершенствования в системе высоковольтного питания и, в частности, замена полоскового *Blumlein* цилиндрическим заметно улучшили параметры высоковольтного импульса. Добавка в камеру 0,25% изобутана позволила снизить рабочее напряжение и ликвидировать засветки в объеме камеры.

Эксперименты в *SLAC* продемонстрировали большие возможности стримерных камер. Системы питания камер (комбинация ГИН с линией *Blumlein*) отличаются высокой надежностью, допуская до $2,5 \cdot 10^6$ срабатываний без существенной перестройки.

Отсутствие многократного рассеяния и малая плотность вещества в объеме обеспечивают высокую точность при измерении углов и импульсов, что делает стримерную камеру весьма привлекательным прибором для работы в *NAL* и на новых больших ускорителях. По оценкам *SLAC* камера длиной 3 м, помещенная в магнитное поле 18 кГс, имеет достаточную точность при энергиях до 100 ГэВ, чтобы работать без дополнительных "гибридных" детекторов.

б. Стримерные камеры в Церне и *NAL*.

В экспериментах на *ISR* по изучению множественности и корреляций при высоких энергиях (путем счета чис-

ла заряженных и нейтральных частиц и измерения углов между ними) и используется свойство стримерных камер регистрировать события в полном телесном угле.

Две идентичные камеры помещаются над и под плоскостью пересечения пучков, перекрывая 95% телесного угла (рис. 3а). Каждая из камер имеет чувствительный объем $2,7 \times 1,25 \times 0,5 \text{ м}^3$. Вблизи боковых стенок камер (внутри рабочего объема) помещены пластинки из окиси свинца в эпоксидной смоле, для конвертирования гамма-квантов, возникающих при распаде π^0 . Для уменьшения разницы в яркости следов, проходящих вдоль направления электрического поля и перпендикулярно к полю, камера работает при пониженном напряжении ($\sim 12 \text{ кВ/см}$). Возникающее при этом ослабление яркости следов компенсируется применением электронно-оптических преобразователей.

Эта же камера в настоящее время используется в эксперименте по регистрации частиц с большим переданным импульсом. Большой выход частиц, полученный на *ISR* был удивителен, и указывал на наличие подструктуры у протона (возможно это точечные объекты, названные партонами). В соответствии с партонной моделью такие частицы должны сопровождаться струей частиц, вылетающих в направлении частицы с большим импульсом или и в противоположном направлении. Стримерная камера является удоб-

ным детектором для регистрации таких событий.

В данном случае камера запускается γ - квантом, вылетающим под углом 90° к протонному пучку и имеющим импульс $> 2,5$ Гэв/с.

На пучке гиперонов в Церне экспонируются две большие стримерные камеры (рис. 3б). В первой по пучку камере размером $3 \times 0,65 \times 0,26$ м³ регистрируются распады гиперонов. Во второй камере ($1,4 \times 1,05 \times 2 \cdot 0,26$ м³), помещенной в магнитное поле 8 кгс, анализируются продукты их распада. К настоящему времени зарегистрировано $4 \cdot 10^4$ лептонных распадов Σ^- и Ξ^- гиперонов.

Планируемый в Церне эксперимент по изучению неупругих взаимодействий адронов $(\pi, K, p) + p \rightarrow (\pi, K, p) + MM$ в интервале $1.0 < p_T < 3.0$ Гэв/с ставит целью возможно более полный анализ заряженных частиц в конечном состоянии¹¹⁾. Для этого планируется постройка двух стримерных камер. Пучок взаимодействует с жидководородной мишенью, помещенной в стримерную камеру с чувствительным объемом $1,0 \times 2,0 \times 0,6$ м³. Камера располагается в магните с минимальным полем 15 кгс (рис. 4). За магнитом по пучку устанавливается стримерная камера аналогичной конструкции с чувствительным объемом $2 \times 2 \times 0,6$ м³. Основное ее назначение - идентификация частиц по релятивистскому росту ионизации на тре-

ке ^{x)}.

Интересной конструктивной особенностью обеих камер является отсутствие электрода в центре камеры, что позволяет убрать вещество из области с максимальной плотностью частиц. Высоковольтные импульсы противоположной полярности и равной амплитуды подаются одновременно на два электрода, расположенных на расстоянии 15 см от верхнего и нижнего электродов камеры (рис. 5).

Фотографировать следы предполагается с применением однокаскадных электронно-оптических преобразователей. Как альтернативный вариант рассматривается бесфильмовый съем, позволяющий с трубкой *AEG-Telefunken Super Telescan* работать при длинах стримеров ≤ 2 мм ¹¹⁾.

Стримерная камера в магнитном поле является центральным элементом спектрометра недостающей массы, используемого в *NAL* для изучения дифракционной диссоциации адронов на ядрах ${}^4\text{He}$ ¹²⁾ $\pi^- + {}^4\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + \text{MH}$. Квадрат массы образованной адронной системы и четырехимпульс, переданный ядру ${}^4\text{He}$, определяются из продольной и поперечной компонент импульса ${}^4\text{He}$, измеренных

^{x)} До сих пор эта возможность использовалась в единственном эксперименте по поиску кварков в космических лучах ¹⁰⁾.

в камере.

Камера размером $1 \times 0,5 \times 2 \times 0,15 \text{ м}^3$, наполненная ^4He , помещена в широкоапертурный магнит. Рабочий газ камеры является одновременно и мишенью. Это позволяет регистрировать низкоэнергетичные α - частицы отдачи, наблюдать точку взаимодействия и обеспечивает высокую точность в измерении недостающей массы. Главная трудность такого эксперимента состоит в разделении ^3He и ^4He . В данном случае разделение легко осуществляется по отношению пробег-импульс. Достаточная для фотографирования яркость следов обеспечивается высокой напряженностью поля (35 кв/см) при хорошо сформированном импульсе (длительность импульса - 4 нсек, время нарастания 0,4 нсек). Для одновременной регистрации ярких следов от сильно ионизирующих ядер отдачи и слабых следов релятивистских частиц используется фотокамеры с разным относительным отверстием объективов. Из пяти фотокамер три имеют закрытые диафрагмы и регистрируют только яркие следы.

в. Стримерные камеры на ускорителях в Дубне и Серпухове.

В 1972 году на синхрофазотроне в Дубне¹³⁾ запущена стримерная камера размером $2 \times 1 \times 0,6 \text{ м}^3$. Камера помещена в магнитное поле 10 кгс и предназначалась для

изучения распадов и взаимодействий K_L^0 - мезонов. В экспериментах по изучению рассеяния пионов на ${}^3\text{He}$ на фазотроне ОИЯИ работает стримерная камера, наполненная ${}^3\text{He}$ до давления в несколько атмосфер.

Для работы на серпуховском синхротроне изготавливается магнитно-ионизационный спектрометр с пятиметровой стримерной камерой в магнитном поле ¹⁴⁾. В камеру помещается жидководородная мишень. Отличительной особенностью этого спектрометра является измерение в камере с высокой точностью ($\sim 4\%$) первичной удельной ионизации.

На работающей в Дубне модели этого спектрометра получены результаты, подтверждающие возможность прецизионного измерения первичной ионизации в стримерных камерах большого размера.

Самая большая из действующих в настоящее время стримерных камер установлена на протонном синхротроне в Серпухове ¹⁵⁾. Камера выполнена в виде трехэлектродной полосковой линии с волновым сопротивлением 33 ома. Размер рабочей области $8 \times 1,2 \times 2 \times 0,5 \text{ м}^3$. Камера предназначена для измерения поляризации мюонов, образованных в нуклон-нуклонных взаимодействиях при энергии протонов 70 Гэв. Регистрируются распады мюонов, образуемых на внутренней мишени 76 Гэв-ного протонного синхротрона под

углом 9° к протонному пучку. Измерение поляризации мюонов с поперечным импульсом 2,5 Гэв/с позволит сделать заключения о возможных механизмах рождения мюонов (промежуточный бозон, мюонные пары и т.д.) Рис. 6.

Для остановки мюонов в камеру помещены пластины из полиэтилена (10 тонн, 400 г/см^2 по пучку). Эти пластины, имеющие толщину 60 мм, прослоены 120 герметичными модулями, сваренными из винипласта и оргстекла и наполненными неон-гелиевой смесью. Для выделения μ - e распадов используется двухимпульсное высоковольтное питание. После прохождения через камеру мюона падает высоковольтный импульс (300 кв, 40 нсек). Этот импульс размножает примерно на порядок электроны на следе мюона. Через 6 мксек (время распада 90% остановившихся мюонов) подается импульс с амплитудой 800 кв и длительностью 20 нсек, проявляющий следы мюона и электрона.

В результате подачи двух высоковольтных импульсов след мюона выглядит ярче, чем след электрона (рис.7). Относительная яркость мюона и электрона может регулироваться в широких пределах изменением амплитуды предварительного и основного импульсов. Импульсы формируются специальной коаксиальной линией, заряжаемой двумя генераторами Маркса (рис.8). Стримерная камера фотографиру-

ется четырьмя фотокамерами через трехкаскадные электронно-оптические преобразователи.

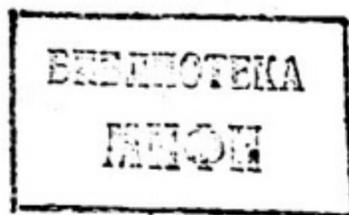
К настоящему времени на камере получено $1,5 \cdot 10^5$ фотографий.

3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТРИМЕРНЫХ КАМЕР

Основными направлениями развития стримерной методики следует считать :

- 1) Создание больших стримерных камер (≥ 2 м) с жидководородными мишенями в объеме камеры.
- 2) Измерение первичной ионизации в больших стримерных камерах.

Успех в создании больших стримерных камер с жидководородными мишенями иллюстрируется рядом приведенных выше работ. После того, как была решена проблема устранения пробоев в районе мишени, а стримерные камеры стали делать в виде полосковых линий, мишень внутри камеры и большие размеры камеры стали обычным явлением. Наиболее яркими примерами здесь являются водородные мишени в стакане из сцинтиллятора (*DESY*) или мишень с чрезвычайно тонкой вакуумной изоляцией (*SLAC*), а также восьмиметровая камера - мишень, содержащая в объеме 10 т полиэтилена (МИФИ-ИФВЭ).



Возможность измерения первичной ионизации – качественно новое свойство стримерной камеры, начинает использоваться в больших установках на ускорителях (ОИЯИ, Церн). На рис. 9 приведены ожидаемая достоверность разделения π , K и p при разных длинах следов и импульсах частиц в спектрометрах ОИЯИ и CERN. Успех в этом направлении в значительной степени определяется уровнем развития техники электронно-оптических преобразователей, т.к. для измерения первичной ионизации с точностью в несколько процентов необходим ЭОП.

В Церне ведется интенсивная работа по созданию стримерной камеры, в которой водород являлся бы одновременно и рабочим газом и мишенью. Основными преимуществами такой камеры перед жидководородной пузырьковой являются в 100–1000 раз большая скорость набора статистики в интенсивных пучках (до 10^6 частиц/сек), возможность выбрать редкие события, наблюдение протонов отдачи с малым импульсом. Установлено, что для получения фотографируемых следов в наполненной чистым водородом камере необходимо иметь импульс длительностью менее 6 нсек с напряженностью 70 ± 10 кв/см. Небольшие добавки метана или SF_6 позволяют уменьшить напряженность до ~ 50 кв/см. Высокие требования предъявляются также к стабильности амплитуды импульса. Полная ширина распределения на по-

лувысоте должна быть не более 3%. Таким образом, создание водородонаполненных камер с межэлектродным расстоянием 10–20 см является серьезной проблемой прежде всего с точки зрения высоковольтного питания. В настоящее время Рорбахом построен высоковольтный генератор для стримерной камеры с *Blumlein* конической формы, позволяющий формировать импульсы с амплитудой до 550 кВ при времени нарастания 0,4 нсек и длительности 4 нсек. Нестабильность амплитуды этого импульса менее 1%.

Информация со СК снимается фотографическим способом с последующей обработкой на измерительных автоматах. В настоящее время скорость получения информации со СК ограничивается частотой работы фоторегистраторов.

Специфика работы СК, состоящая в том, что разряд, возникающий на следе частицы, обрывается на ранней стадии своего развития, существенно ограничивает возможные способы съема информации со СК по сравнению с искровыми камерами. Вместе с тем управляемость и высокое быстродействие СК позволяют применять ее в условиях столь интенсивных нагрузок, что скорость накопления получаемой информации значительно превосходит возможности ее обработки.

В работе ¹⁷⁾ впервые рассматриваются вопросы об ав-

томатизации съема информации при измерении ионизации в стримерной камере. Для этой цели в качестве передающего телевизионного устройства предлагается использовать ЭОП с электростатической памятью. Время съема информации при этом составляет несколько десятков миллисекунд.

В работе /19/ экспериментально исследуется возможность применения телевизионных систем для съема информации со СК размером $40 \times 30 \times 10 \text{ см}^3$. Проведенные исследования показали, что используемая промышленная установка на плумбиконе имеет в 4 раза меньшую чувствительность, чем обычно используемый фотографический метод. Авторы уверены, что посредством усовершенствования системы и использования более современных телевизионных трубок в ближайшее время удастся существенно увеличить чувствительность телевизионного метода.

Предварительные результаты о применении коммерческой телевизионной системы для съема информации со стримерной камеры опубликованы в работе 19. Экспериментально подтверждается возможность применения телевизионных систем для этой цели. В работе 20 рассматривается вариант телевизионной системы для водородонаполненной стримерной камеры. Использование передающей трубки типа НОКТИКОН ТН 9655 с окном прозрачным для далекого ультрафиолета ($\lambda \geq 1100 \text{ \AA}$) по оценкам авторов позво-

ляет увеличить чувствительность ~ в 40 раз.

Таблица 1 иллюстрирует возможности стримерных камер и степень их реализации в настоящее время.

ВОЗМОЖНОСТИ СТРИМЕРНЫХ КАМЕР И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ

ВОЗМОЖНОСТИ	РЕАЛИЗАЦИЯ
УПРАВЛЯЕМОСТЬ	ЕСТЬ ВЕЗДЕ
4 - ГЕОМЕТРИЯ	<i>ISR / CERN /</i>
Точность геометрической реконструкции 0,15 мм.	В малых камерах - 0,15 мм <i>SLAC</i> 0,45 мм / $\beta = 70 /$ <i>DESY</i> 0,28 мм <i>ANL</i> 0,3 мм / $\beta = 50 /$ <i>ULSA</i> 0,4 мм / $\beta = 50 /$ Дубна 0,3 мм
Работа при больших нагрузках 10^7 1/сек	<i>DESY</i> 10^6 эл/сек
Быстродействие 100 1/сек	5-10 1/сек <i>SLAC</i> , <i>DESY, ANL</i>
Внутренняя мишень H_2 (упр).	<i>ANL, DESY,</i> <i>SLAC, ISR, ДУБНА /</i>
Измерение первичной ионизации /до 1,5%/	18% на 25 см Аахен, /проект "РИСК" /, <i>CERN</i> /проект /
Отсутствие ограничений на длину прибора	2 м <i>SLAC</i> ; Дубна 3 м <i>ORSAY (CERN)</i> 5 м Дубна (РИСК) 8 м МИФИ (ИФВЭ)

ВОЗМОЖНОСТИ	РЕАЛИЗАЦИЯ
Наполнение водородом	<i>CERN</i> 21x26x9 см ³
Автоматическая обработка снимков	Есть практически везде
Бесфильмовый съем	Н Е Т

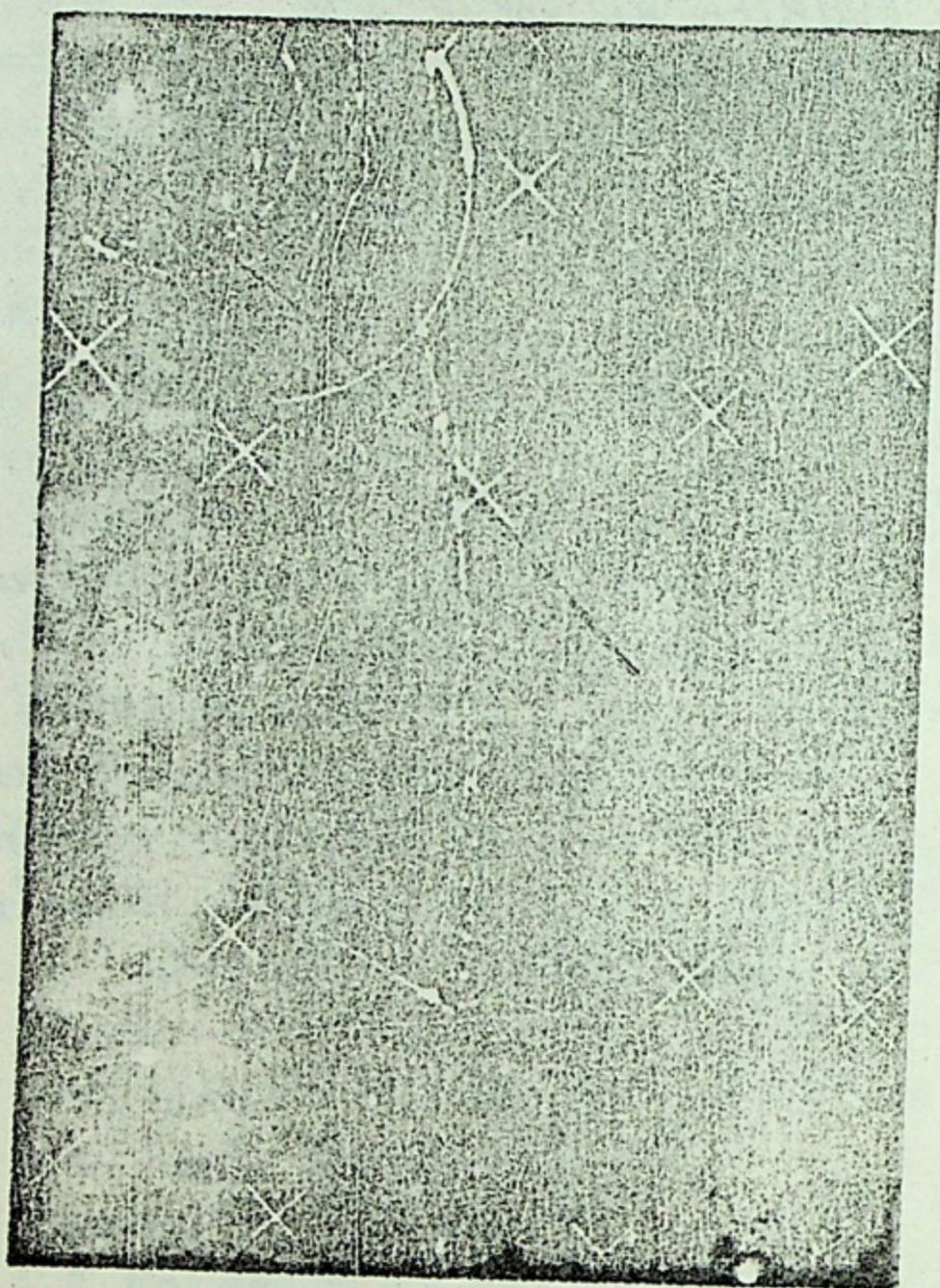
ЛИТЕРАТУРА

1. В.Давиденко, Б.Долгошеин, В.Семенов, С.Сомов.
Измерение релятивистского роста удельной первичной ионизации в стримерной камере. ЖЭТФ, том. 55, вып. 2/8/, 1968.
2. В.Давиденко, Б.Долгошеин, С.Сомов, В.Старосельцев.
Изучение процессов электронных столкновений в благородных газах с помощью стримерной камеры. ЖЭТФ, том 53, вып. 5/1/, 1969 .
3. В.Давиденко, Б.Долгошеин, С.Сомов.
The condition of registration of particle track in a streamer chambers, Nuclear Instruments and Methods, 75, 277, 1969
4. В.Давиденко, Б.Долгошеин, С.Сомов, В.Старосельцев.
Идентификация частиц высоких энергий в стримерной камере, ЖЭТФ, том. 58, вып. 1, 1970.
5. Н.Анисимова, В.Давиденко, Б.Долгошеин, С.Сомов.
Время памяти и мертвое время стримерной камеры, ПТЭ № 2, 1970.
6. В.Давиденко, Б.Долгошеин, С.Сомов, В.Старосельцев.
Стримерная камера как ионизационный спектрометр частиц высоких энергий. Труды Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий,

Дубна, 1971.

7. Н.Анисимова, В.Давиденко, Б.Долгошеин, С.Сомов, В.Старосельцев. Стримерная камера малого давления в магнитном поле. ЖЭТФ, том 63, вып.7, 1972г.
8. A.C. Odian, *Streamer chamber technology ANL, 1972, p53.*
9. F.Bulos et.al. *Streamer chamber development, SLAC-74, 1967.*
10. K.Egger et.al. *Streamer chamber detector at the CERN ISR, MPI-PAE (Exp. EL 45.1975).*
11. C. Buschorn et.al. *Proposal to Study Hadronic Reaction, CERN, |SPS (75-1) 1975|.*
12. V.Cook, R.Cregg et.al. *The University of Washington stream chamber spectrometer, 1973 International conference on instrumentation for High energy physics, Frascati 1973, p 171.*
13. G.A. Vardenga et.al., *The JINR 2m streamer chamber, Frascati, 1973, p157.*
14. Бом Г. и др.. Труды Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий, Фраскати, 1973, стр. 157.

15. 8m streamer chamber, CERN
COURIER n12, vol 14, 1974.
16. F. Rohrbach et.al. Technical
problems involved in H₂
streamer chambers,
Argonne, 1972.
17. Сомов С.В. Диссертация, МИФИ, 1968г.
18. F. Gesaroni , Труды Международной конференции
по стримерным камерам. Фраскати, стр.241.1973.
19. F. Gesaroni , U. Florean, M. Sevezi,
Preliminary results about the use
of a T.V. sistem applied to a streamer
chamber. Universita di Romo, 1973.
20. G. Amato, F. Gesaroni, M. Sevezi, Some
remarks on a U.V. detection sistem
for H₂ streamer chamber, Universita
di Roma, 1973.



Puc 1

1. $\delta P \rightarrow$ АИРОНЫ
/ 10^5 АИРОННЫХ СОБЫТИЙ /

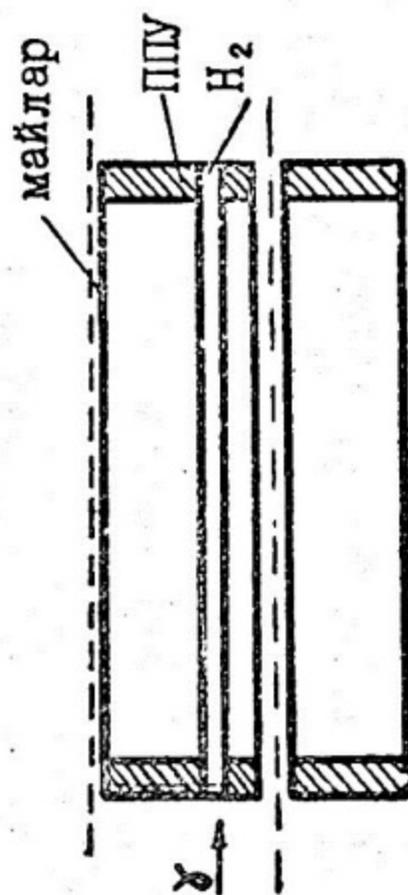
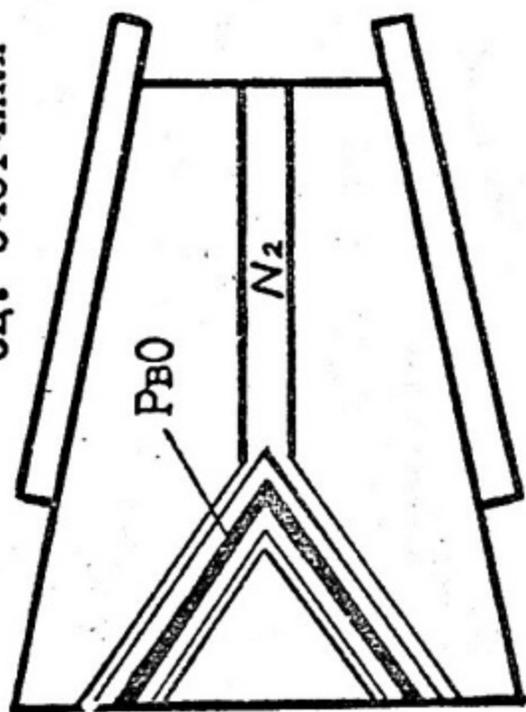


Рис 2а

2. $K^{\circ}L$ - РАСПАД $/5 \cdot 10^5$ распадов/

сц. счетчики



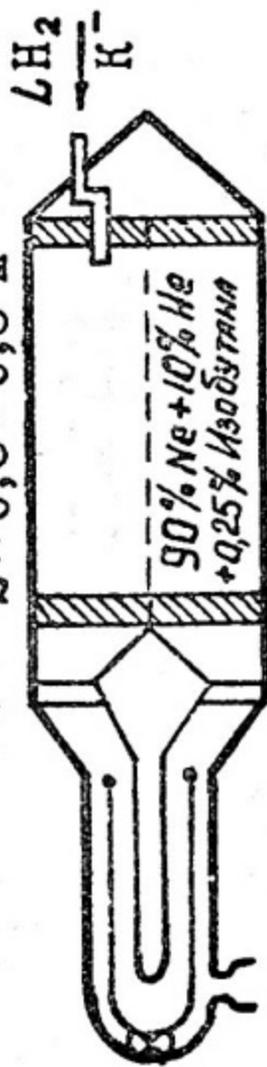
$K^{\circ}L$

Толщина конвертора ~ 1 рад. длина.
Конверторы окружены сцинтилляторами в
ящиках с N_2

Рис 2.5

3. К⁻р — ГИПЕРОНЫ + X/24·10⁶ СИМЛКОВ /

2 × 0,8 × 0,6 м³



Мертвое время 180 мсек.

Задержка 0,8 мсек. Фронт имп. 3-4 нсек

Зарядка ГИНА 120 мсек.

Зарядка Витмвеила 150 нсек.

Ширина имп. 10 нсек.

Рис 2в

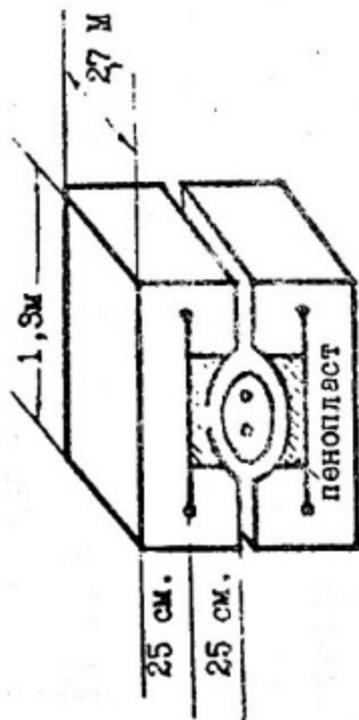


Рис 3а

1. ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ПУЧКЕ ГИГЕРОНОВ.
Зарегистрировано 40.000 Σ \rightarrow лептонных распадов.

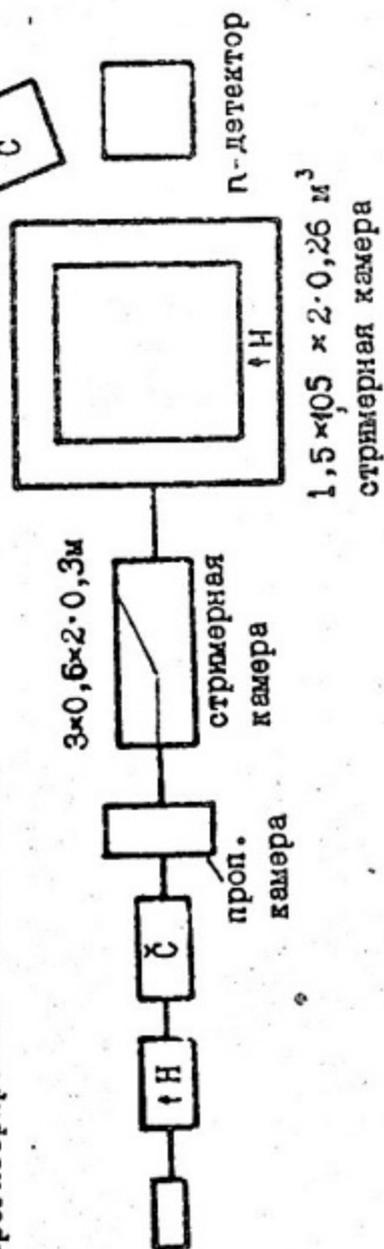
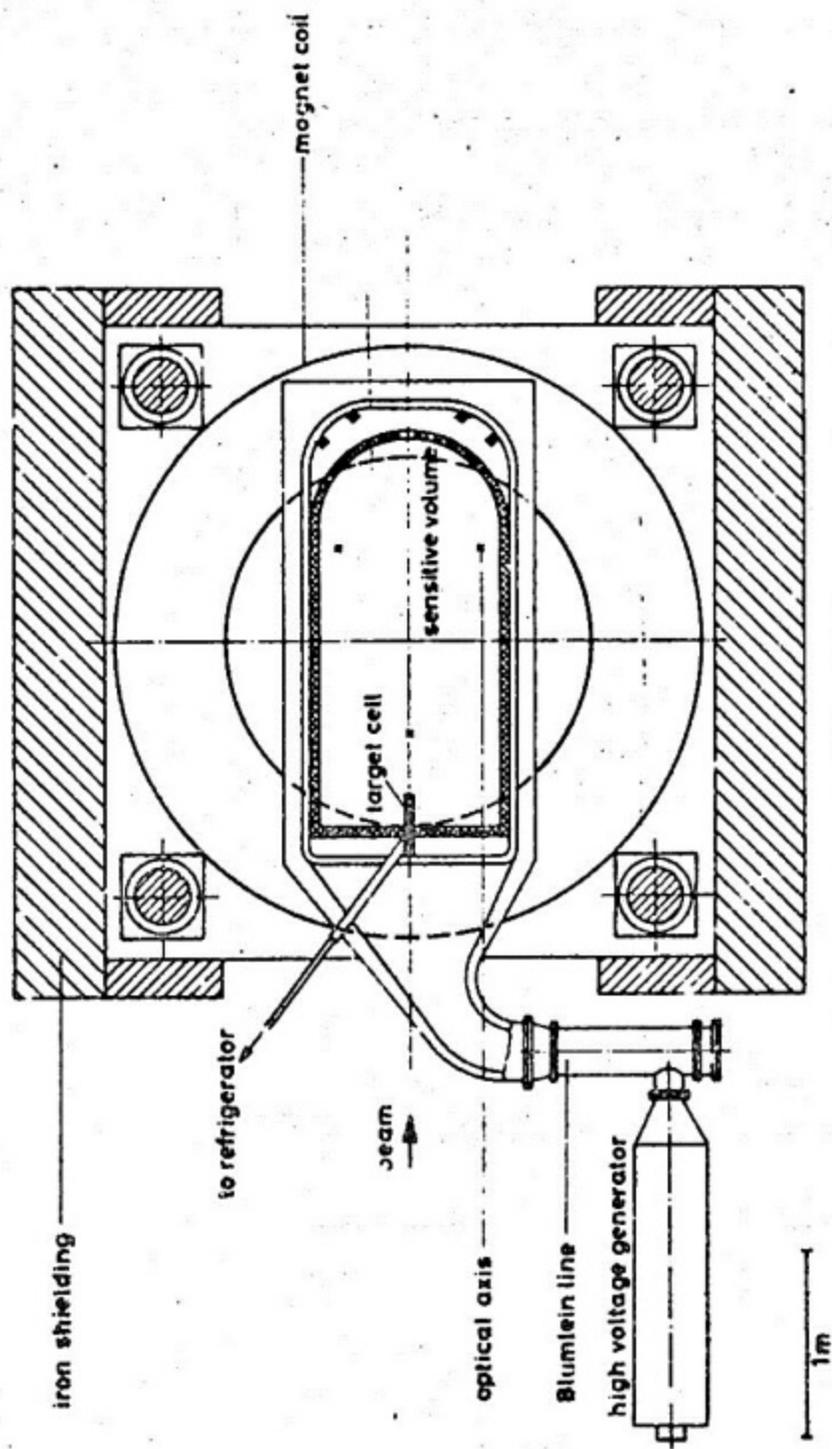
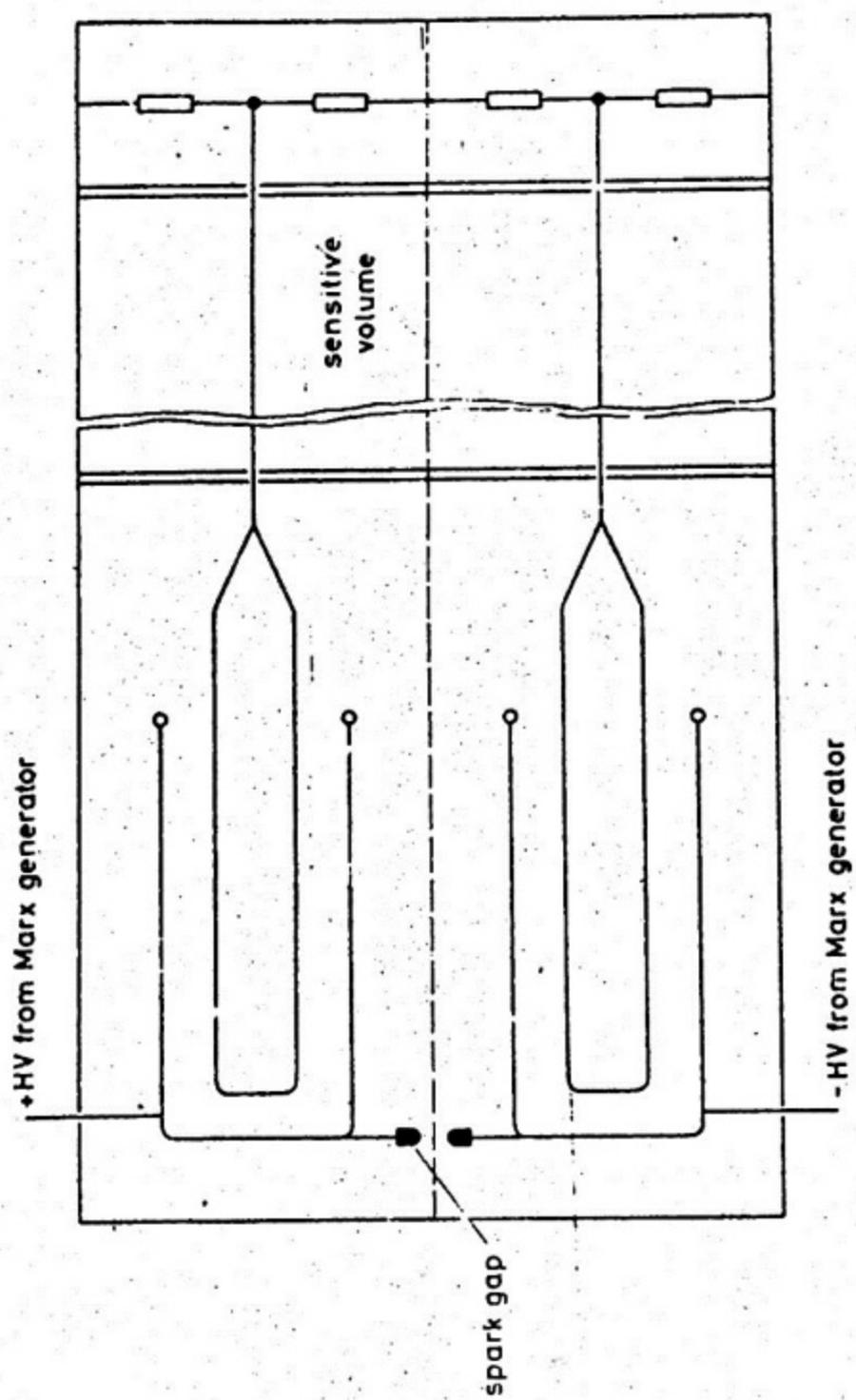


Рис 3б



Puc 4



2
3

Puc 5

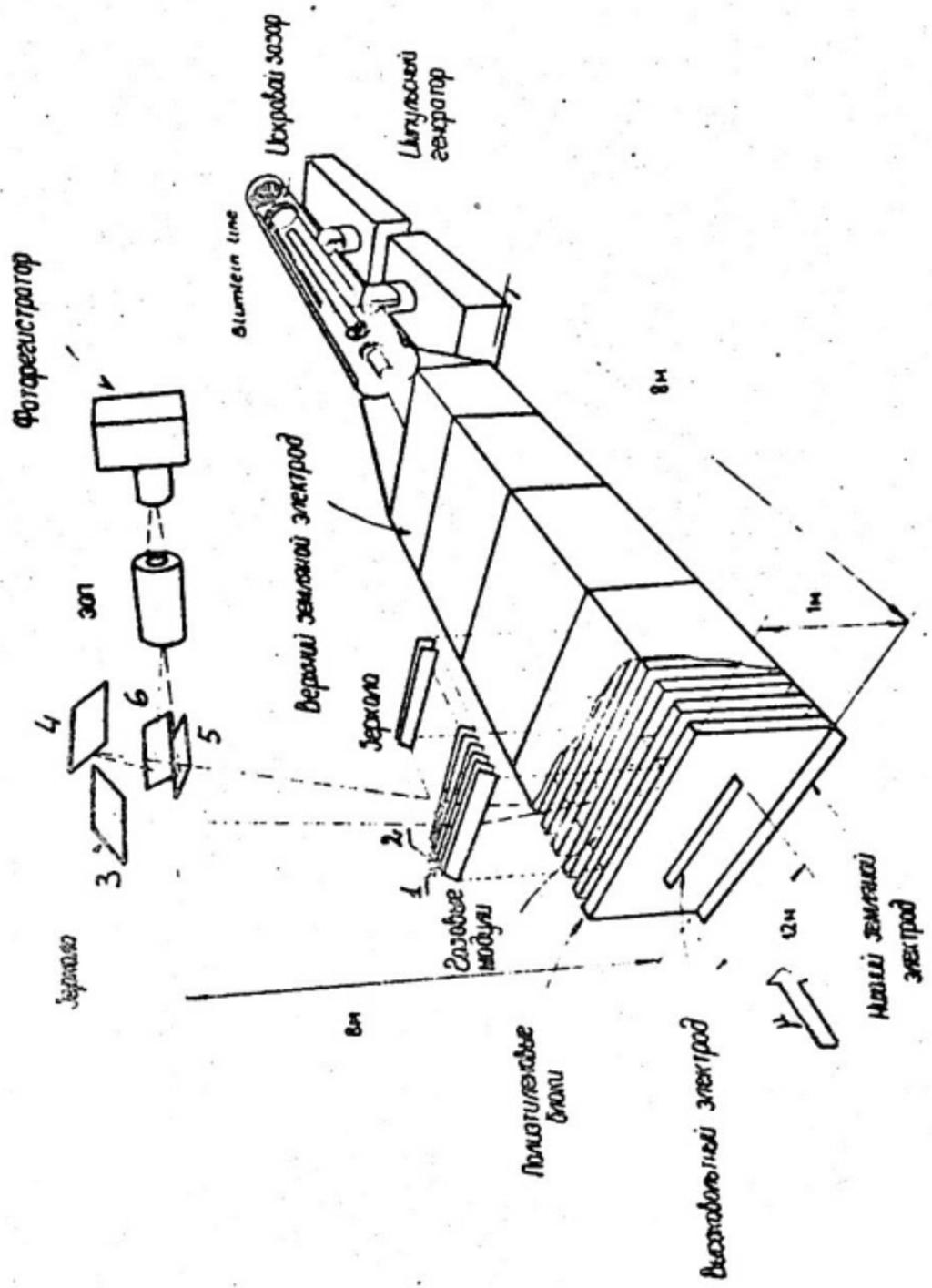


Рис 5

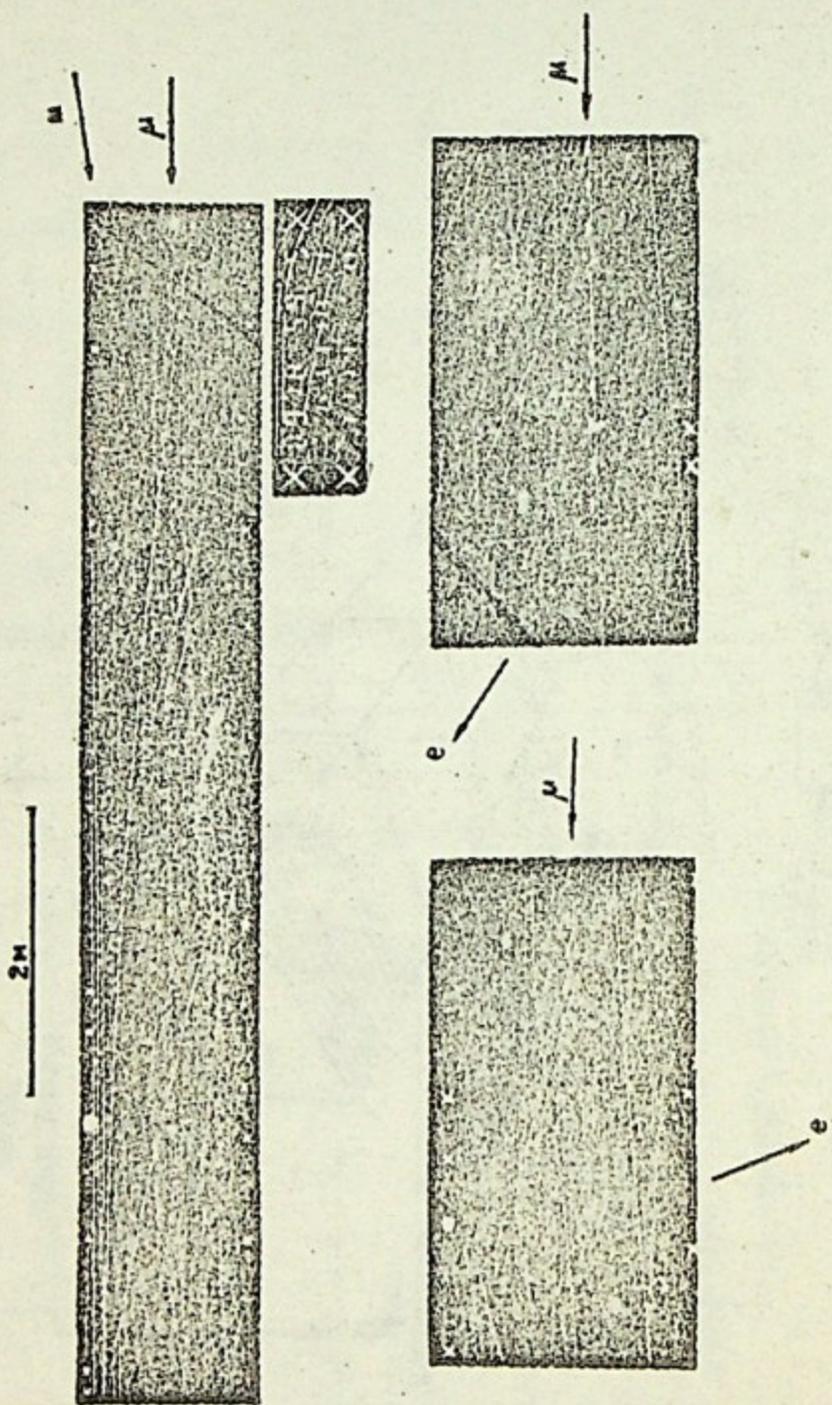


Рис 7

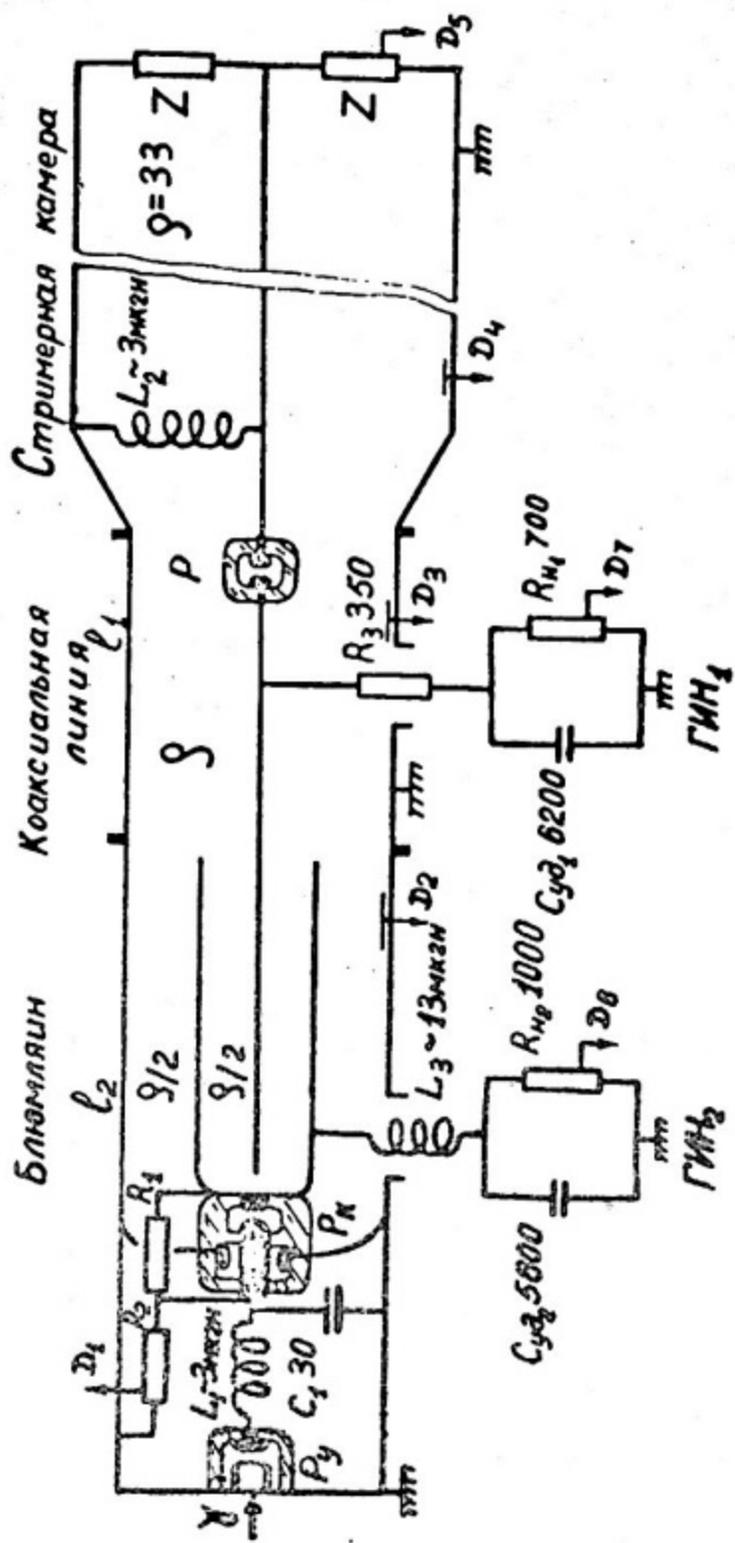
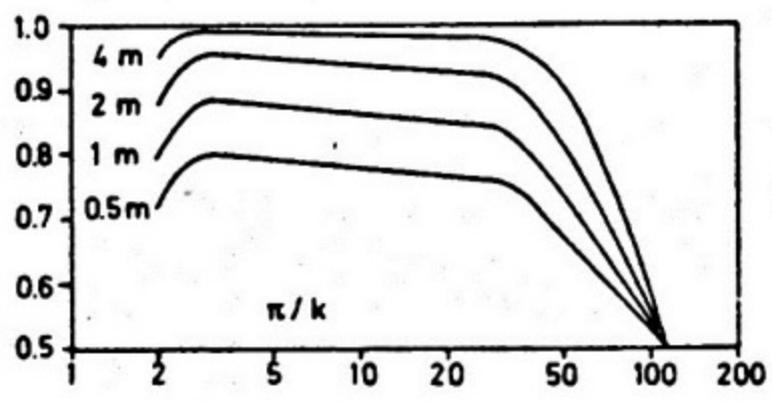
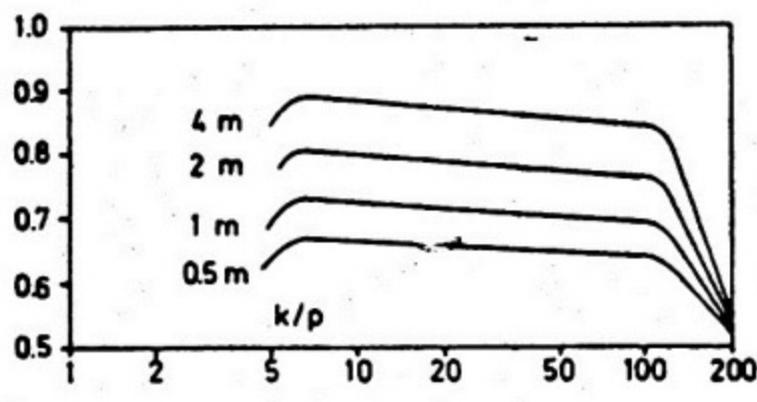
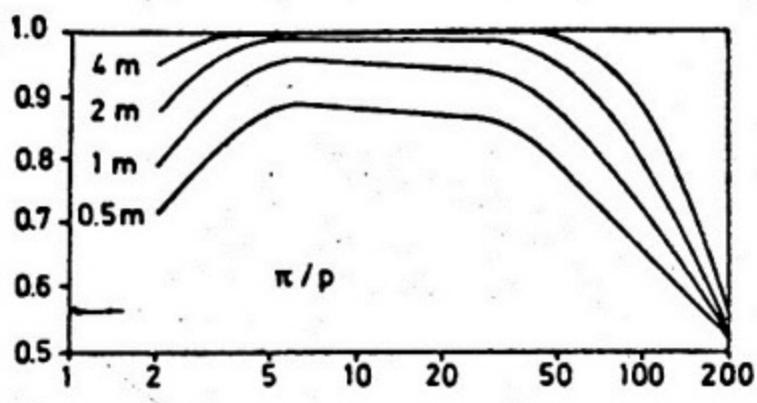


Рис 8

CONFIDENCE LEVEL



MOMENTUM (GeV/c)

Puc9



Издание МИФИ, 1975

Л.91169. Подп. к печати 13/У-75 г. Объем 2,25 п.л.

Заказ 772, Цена 20 к. Тираж 250

Типография МИФИ, Каширское шоссе, дом 1.