

24

**И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН С С С Р**

И Я Ф 37 - 72

**Г.М.Колачев, Л.М.Курдадзе,
Е.А.Кушниренко, А.П.Онучин**

**КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОВОЛОЧНЫХ
ИСКРОВЫХ КАМЕР**

Новосибирск

1972

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. В в е д е н и е	3
II. К а м е р ы	
1. Р а м к и к а м е р	4
2. Р а с ч е т р а м о к к а м е р	6
3. Э л е к т р о д ы п р о в о л о ч н ы х и с к р о в ы х к а м е р	8
III. Ж г у т п р о в о д о в	11
IV. О б ъ е м д л я к а м е р	13
Л и т е р а т у р а	15

1. В В Е Д Е Н И Е

В последние годы в экспериментах по исследованию свойств элементарных частиц широкое распространение получили искровые камеры с бесфильмовым съемом информации. Применение бесфильмовых искровых камер, непосредственно связанных с электронной вычислительной машиной, дает возможность контролировать и корректировать эксперимент, облегчает и ускоряет обработку экспериментального материала. Известно несколько типов бесфильмовых искровых камер, среди которых наибольшее распространение получили проволочные искровые камеры с памятью на ферритовых кольцах и камеры с магнитострикционным съемом информации /1/.

В нашей лаборатории в течение нескольких лет используются проволочные камеры с памятью на ферритах. Такие камеры использовались в магнитном парном спектрометре /2/ и в последнем эксперименте /3-6/ на установке со встречными электрон-позитронными пучками ВЭПП-2.

В основу построения системы наших проволочных искровых камер положен блочный принцип. Вся система разделена на следующие функциональные блоки: камеры, высоковольтный генератор, блок ферритовой памяти, блок опроса ферритовых колец. Расстояние между блоками определяется только условиями эксперимента.

Расположение блока памяти, состоящего из унифицированных матриц на ферритовых кольцах, за пределами камер даёт возможность использовать камеры в сильном магнитном поле и позволяет получить наибольший телесный угол регистрации. Например, в парном спектрометре /2/ камеры находились в магнитном поле напряженностью 10^4 эрстед, блок ферритовой памяти был вынесен из магнита на расстояние $2\frac{1}{2}$ - 3 метра от камер, а блок опроса ферритовых колец находился на расстоянии 50 м от спектрометра.

Описание блока памяти и системы опроса ферритовых колец дано в /7/. В данной работе подведены некоторые итоги нашего опыта по конструированию проволочных искровых камер.

Блок камер состоит из следующих основных элементов:

- 1) собственно проволочные искровые камеры;
- 2) жгут проводов, соединяющий камеры с блоком памяти,
- 3) объем, заполненный рабочим газом, в котором находятся камеры.

II. Камеры

На рис.1. показана принципиальная схема однокоординатной камеры. Съем информации производится с проволочек заземленного электрода. Все проволочки высоковольтного электрода распаиваются на одну шину, на которую подается высоковольтный импульс. Проволочки высоковольтного и заземленного электродов могут быть как параллельны, так и перпендикулярны друг другу.

На рис.2 показана схема двухкоординатной камеры. Разделительные трансформаторы введены для защиты системы считывания от воздействия высокого напряжения, а также для того, чтобы использовать унифицированную матрицу на ферритовых кольцах для записи информации с высоковольтного электрода. Конструкция разделительных трансформаторов описана в /8/. Блок разделительных трансформаторов выносится за пределы объема, в котором находятся камеры и комплектуется совместно с матрицами в блоке памяти.

II.1. Рамки камер

Рамки камер выполнялись из стеклотекстолита марки СТЭФ. Стеклотекстолит обладает хорошими прочностными и электроизоляционными свойствами и удовлетворительно обрабатывается на металлорежущих станках. Кроме того, коэффициент термического расширения стеклотекстолита весьма близок к коэффициентам расширения материалов, используемых для электродов камер. Рамки с габаритными размерами до 300 мм выполнялись цельными из листового стеклотекстолита. Рамки с большими габаритными размерами целесообразно выполнять из отдельных планок, склеивая их эпоксидным компаундом.

При эксплуатации камер мы обнаружили существенный недостаток стеклотекстолита. Высокомолекулярные летучие соединения, выделяющиеся из стеклотекстолита, изменяют состав рабочей газовой смеси. Это легко обнаруживается по изменению времени памяти камер в зависимости от длительности их пребывания в заданном объеме газа.

Для того, чтобы уменьшить выделение из стеклотекстолита таких соединений, пришлось покрывать все поверхности рамок эпоксидным компаундом, состоящим из 100 весовых частей смолы ЭД-6, 10 + 15 в.ч. дибутилфталата и 10 + 12 в.ч. полиэтиленполиамин.

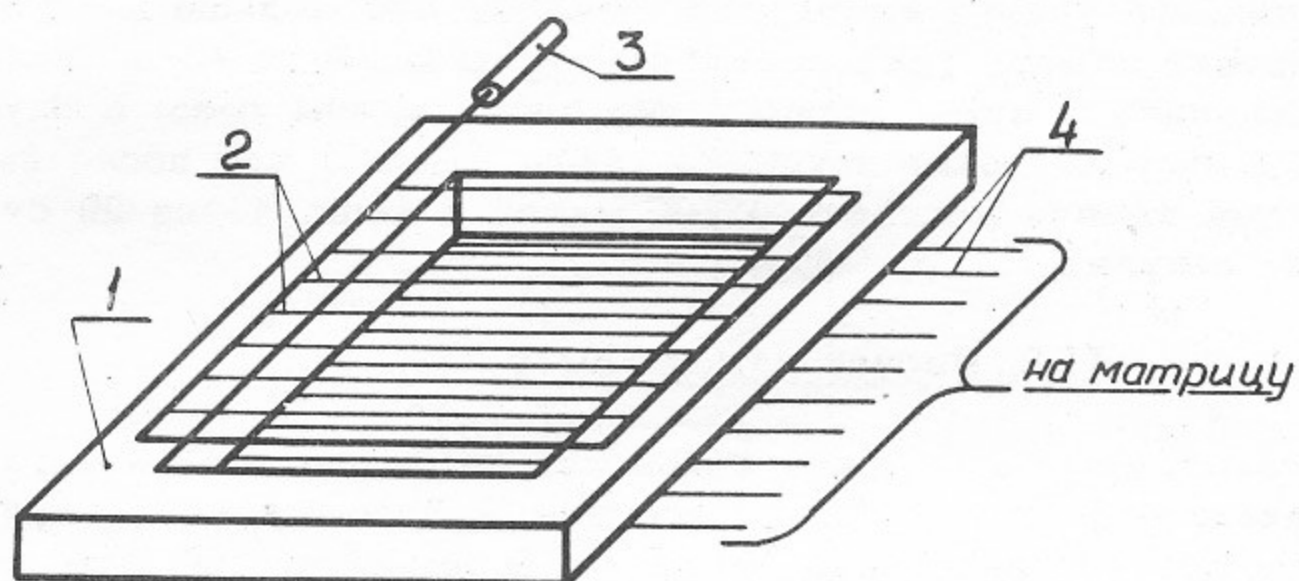


Рис.1. Схема однокоординатной камеры.

1 - рамка, 2 - проволочки высоковольтного электрода, 3 - кабель для подачи высокого напряжения, 4 - проволочки заземлённого электрода.

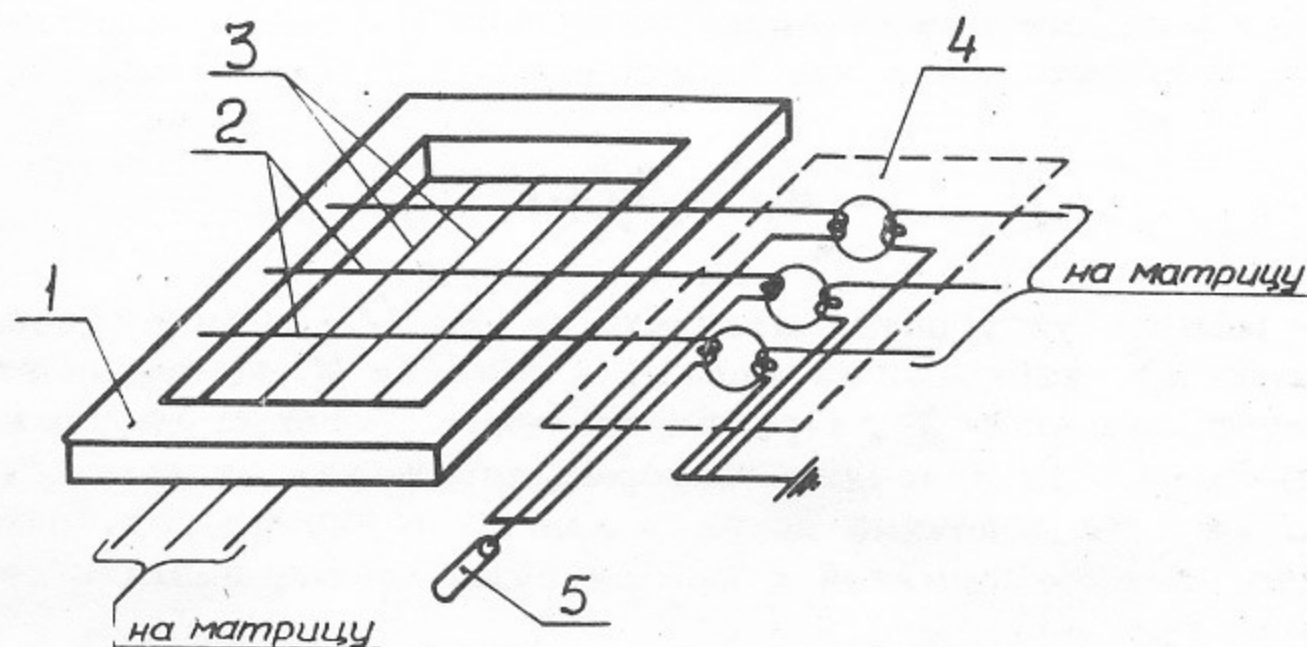


Рис.2. Схема двухкоординатной камеры.

1 - рамка, 2 - проволочки высоковольтного электрода, 3 - проволочки заземлённого электрода, 4 - блок разделительных трансформаторов, 5 - кабель для подачи высокого напряжения.

Газоотделение такого компаунда существенно меньше влияло на характеристики камер. Так, время памяти в камерах /3-6/ без покрытия составляло 5 мксек через 1 час после смены газа, а спустя 2 суток 1,5 мксек. После покрытия камер через 1 час после смены газа время памяти составляло 100 мксек и лишь через 20 суток - 1,5 микросекунды.

II.2. Расчет рамок камер

Рамка камеры должна сохранять заданное усилие натяжения проволочек. Это можно обеспечить двумя способами. Первый из них предполагает использование настолько жесткой рамки, что её деформации не влияют на натяжение проволочек. Это требование легко реализовать выбором достаточно широкой и толстой рамки. Такие рамки можно использовать, если габаритные размеры камер неограниченны. Однако при конструировании камер для экспериментов на встречных пучках такое решение приводит к значительной потере телесного угла. Для уменьшения этих потерь можно специально деформировать рамки перед намоткой.

Необходимые деформации рамки определяются из решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки

$$EJ \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x)$$

где E - модуль упругости материала рамки, J - момент инерции сечения рамки, M - изгибающий момент в сечении x по длине рамки и y - прогиб в сечении x . Предварительные деформации рамки должны соответствовать конечным деформациям, рамки от натяжения проволочек. Так как конечные прогибы входят в размер нерабочей части, то задача расчета сводится к выбору оптимальных величин сечения рамки и её прогибов.

Рассмотрим расчет типичного случая, когда на рамку проволочки намотаны во взаимно перпендикулярных направлениях. Схема нагрузки рамки показана на рис.3а. Расчетная схема показана на рис.3б. На концах балки АВ будут действовать пары M ., которые препятствуют свободному повороту этих концов и представляют действие балок АС и ВД на балку АВ. Балка АВ статически неопределима. Для определения M используем условие, что в точках А и В стержни рамки между собой соединены жестко, так что угол поворота верх-

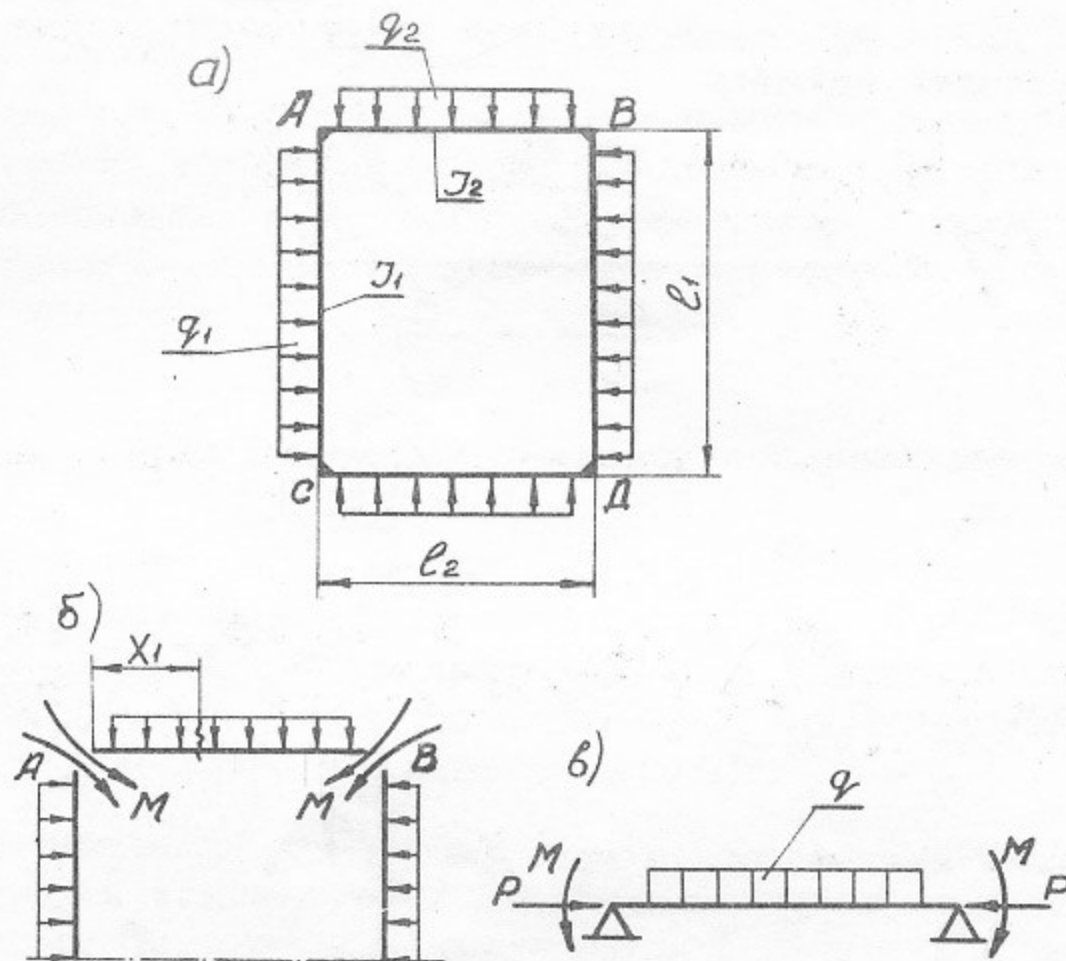


Рис.3. J_1, J_2 — осевые моменты инерции сечений стоек рамы; q_1, q_2, q — погонные нагрузки от проволочек; P — осевое усилие на стойку от загрузки другой стойки.

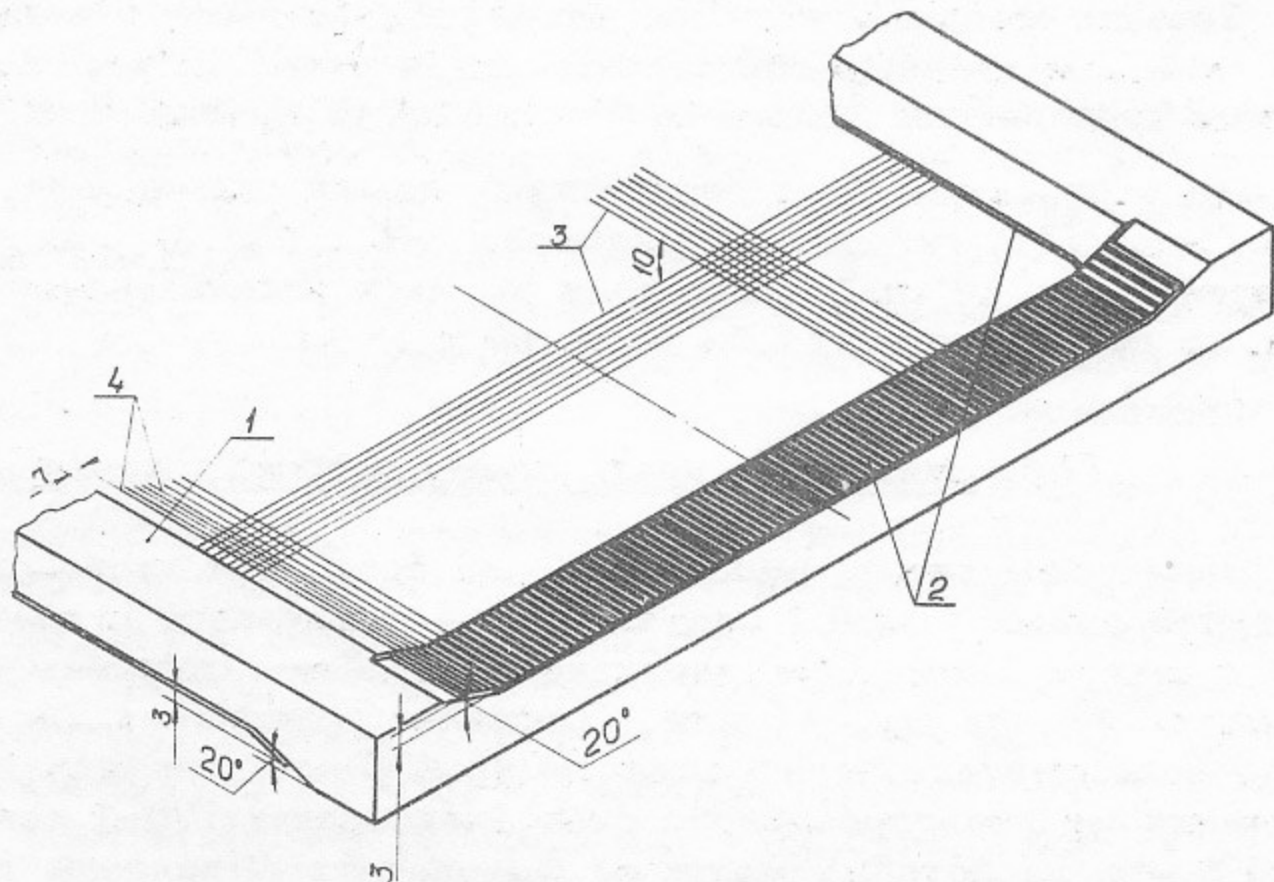


Рис.4. Край электродов камеры с зазором 10 мм. 1—рамка, 2—ламели, 3—проволочки рабочие, 4—проволочки нерабочие.

него конца балки АС должен ^{быть} равен углу ^{наворота} левого конца балки АВ. Из этого условия найдем

$$M = \frac{1}{12} \cdot \frac{\frac{q_1 \cdot l_1^3}{J_1} + \frac{q_2 \cdot l_2^3}{J_2}}{\frac{l_1}{J_1} + \frac{l_2}{J_2}}$$

Решив дифференциальное уравнение, получим выражение для прогиба стержня АВ

$$U_{AB} = \frac{q_1}{24EJ_1} (2l_1 \cdot x^3 - x^4 - l_1^3 \cdot x) + \frac{M \cdot x}{2EJ_1} (l_1 - x)$$

Максимальный прогиб будет при $x = \frac{l_1}{2}$:

$$U_{AB \max} = -\frac{5q_1 l_1^4}{384EJ_1} + \frac{M \cdot l_1^2}{8EJ_1}$$

Аналогичные выражения получаются для стержня АС.

Дальше методом подбора находятся оптимальные размеры рамок, а затем проверяются напряжения в сечениях рамки. Стержни рамки проверяются также на устойчивость по схеме Зв.

По этой схеме были рассчитаны рамки камер₂ для эксперимента /3-6/. При габаритных размерах 540 x 430 мм² их сечение составляло 30 x 16 мм². Если идти по пути использования жесткой рамки, то сечение должно бы быть 65 x 16 мм².

II.3. Электроды проволочных искровых камер

Электроды камер выполнялись из бронзовой проволоки марки Бр.ОЦ-4-3 диаметром 0,1 мм, которая натягивалась с обеих сторон рамки с шагом 1 мм. Предварительно по обеим сторонам рамки наклеиваются ламели (рис.4) для распайки проволочек высоковольтного и заземленного электродов камеры. Ламели представляют собой планки из фольгированного стеклотекстолита СФ-1 толщиной 0,8 ; 1,5 мм, на которых методом фотопечати выполнены полосы с

шагом 1 мм и зазором между ними 0.6 мм.

Величина разрядного промежутка камер составляла $10 \pm 0,2$ мм. Это требование на точность зазора определяло точность изготовления рамок по толщине и допустимое провисание проволочек под действием собственного веса. Необходимое натяжение проволочек определяется по формуле /9/

$$H = \frac{\gamma l^2}{8y}$$

где γ -погонный вес проволочки в кг/см, l -длина проволочки в см, y -допустимое провисание проволочки в см и H -натяжение в кг. Однако опытным путем было установлено, что в связи с тем, что проволочка поставляется нагартованной, натяжение не может быть меньше 60 г даже при малых размерах камер.

Для обеспечения необходимого натяжения проволочек при их намотке на рамки используется специальное приспособление, показанное на рис.5. Проволочка, сматываясь с катушки 1, поступает в промывочную ванночку 2 с этиловым спиртом. Перед подающим механизмом 4 проволочка проходит через зажим 3, в котором протирается бязью, смоченной этиловым спиртом. Подающий механизм может, при необходимости, производить гофрирование проволочки с шагом 0,3 мм и высотой гофра 0,2 мм. Гофрированную проволочку целесообразно использовать при больших размерах камер для компенсации провисания проволочек при температурных деформациях. Необходимое натяжение проволочки задается весом грузиков 6, подвешенных на блочке. После устройства натяжения 5 проволочка поступает на рамку камеры 8, которая совместно с винтами 7, задающим шаг намотки проволочек, крепится в центрах. Включение и выключение двигателя подающего механизма 4 производится от фоторезисторов II и III. С помощью фоторезистора I включается звуковая сигнализация, оповещающая о том, что запаса проволочки нет.

Для борьбы с ложными пробоями по краям электродов использовались два способа. Первоначально /2/ мы использовали заливку внутреннего контура рамок совместно с проволочками эпоксидным компаундом, как показано на рис.6. Несмотря на то, что заливка внутреннего контура рамок удлиняет цикл изготовления камер, этот способ позволяет максимально уменьшить потери рабочей зоны камер. Пробой камеры по краю приводит к порче поверхности заливки и для восстановления работоспособности камеры требуется новая заливка.

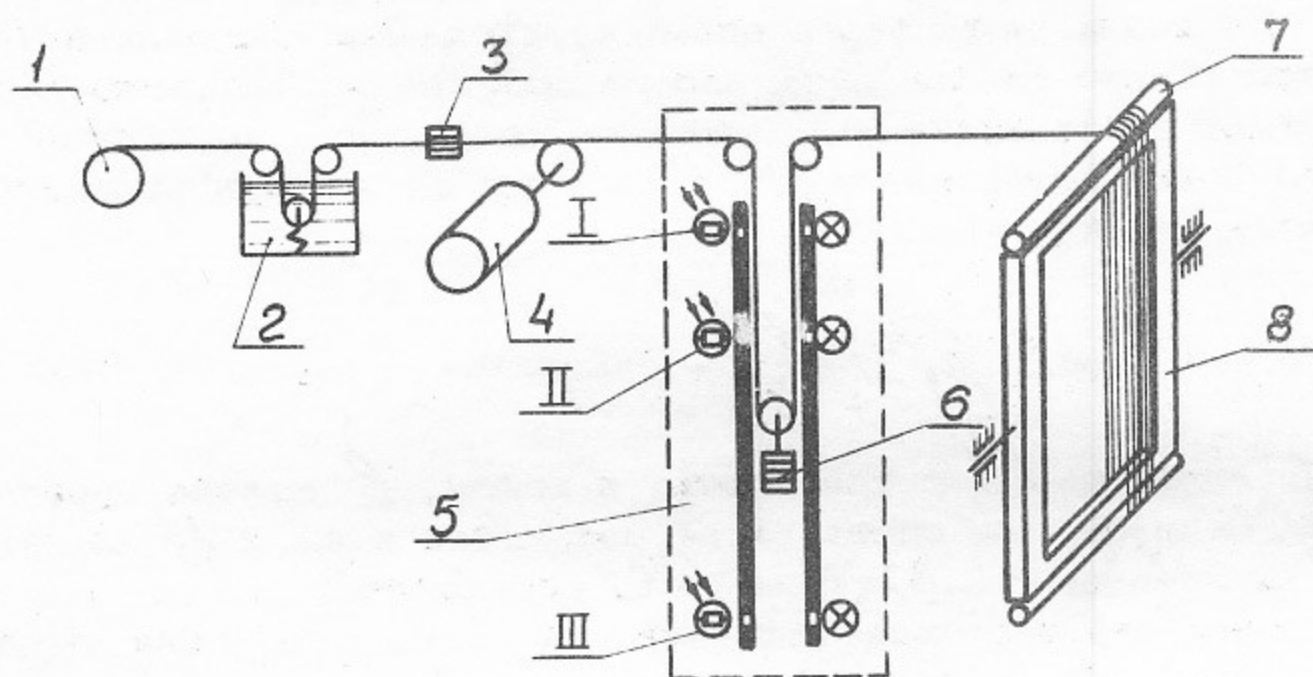


Рис.5. Схема намотки проволочек. 1-катушка, 2-ванночка промывочная, 3-зажим, 4-механизм подающий, 5-устройство на -
тяжения, 6 - грузики, 7 - винты, 8 - рамка камеры.

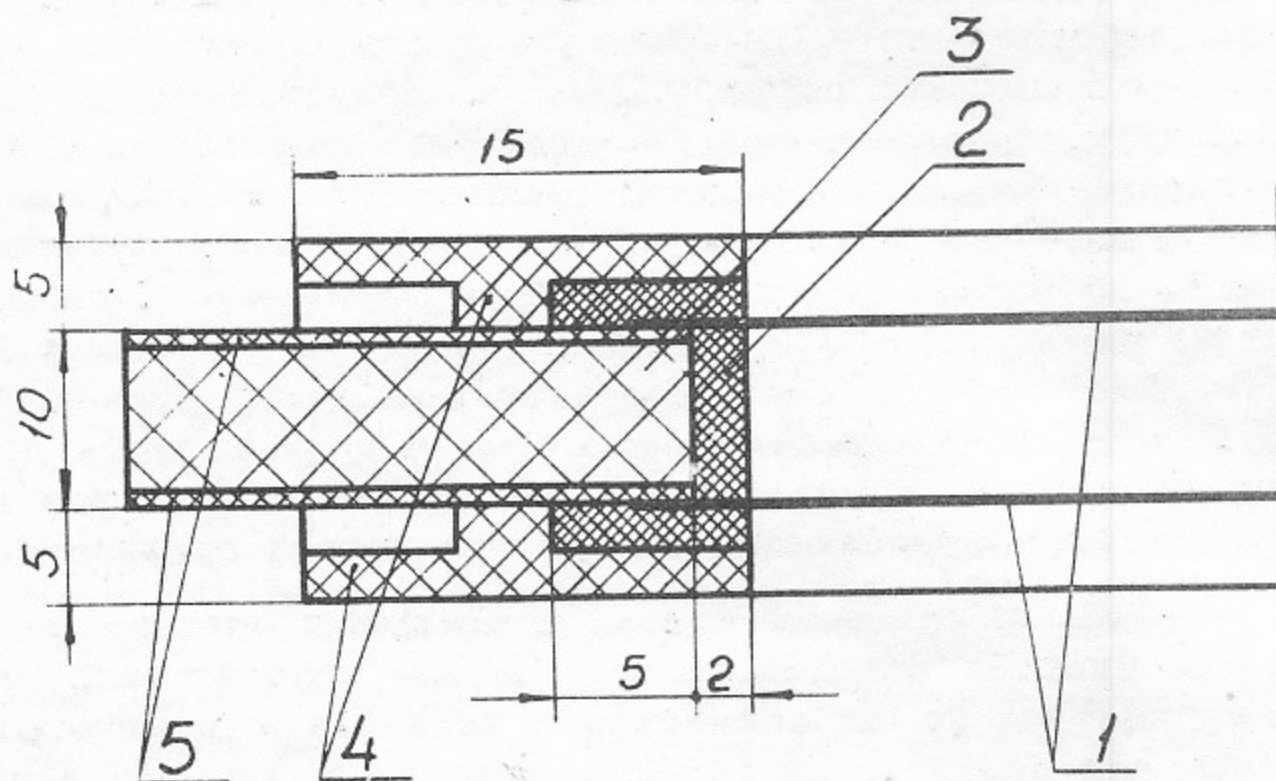


Рис.6. 1-проволочки, 2 - эпоксидный компаунд, 3 - рамка,
4-защитные рамки, 5 - ламели.

Лучшие результаты даёт подъем краев электродов при намотке проволочек во взаимно-перпендикулярных направлениях, как показано на рис.4. Длительная эксплуатация камер с такой формой краев показала их высокую надежность.

III. Жгут проводов

Как уже было сказано, проволочные электроды камер распайвают на ламели. Одна из ламелей используется для контроля правильности распайки проволочек и матриц, другая—для пайки жгута проводов, связывающих камеру с блоком памяти. Жгут набирается из медного провода диаметром 0,3 мм, покрытого полиэтиленовой изоляцией с наружным диаметром 1,1 мм. Для облегчения распайки жгут набирается из отдельных групп по 16 проводов. С помощью специального приспособления концы проводов в группе сжимаются, нагреваются до температуры размягчения полиэтилена и после остывания в приспособлении приобретают вид, показанный на рис.7. Такая формовка обеспечивает шаг медного провода 1 мм.

Перед распайкой жгута на ламели камеры на него надевается пробка, которая впоследствии уплотняется на стенке объема. Размеры отверстия в объеме для пробки определяются размерами матриц и блока разделительных трансформаторов, так чтобы была возможность вынуть камеру совместно с матрицами и блоком разделительных трансформаторов из герметичного объема.

Герметизация жгута в пробке производится следующим образом (рис.8). Жгут центрируется в отверстии пробки с помощью кольца 3 из орг.стекла. Затем жгут с пробкой помещается в ванночку 4 и заливается на 0,6—0,8 высоты пробки желатином 5 (10г желатина на 100 г воды). После застывания желатина с другой стороны пробки заливается эпоксидный компаунд Д-8 до границы пробки. Когда закончится полимеризация эпоксидного компаунда, желатин смывается теплой водой и пробка высушивается. Затем пробка ставится на вакуумный объем, уплотняется на нем и при непрерывной откачке вакуумного объема производится заливка жгута эпоксидным компаундом с другой стороны пробки. При этом заполняются щели, оставшиеся после первой заливки.

Перед распайкой жгута на него снаружи натягивается экран. При использовании двухкоординатных камер жгут проводов, соединяющий проволочки высоковольтного электрода с разделительными трансформаторами, выполняется аналогично, но перед постановкой

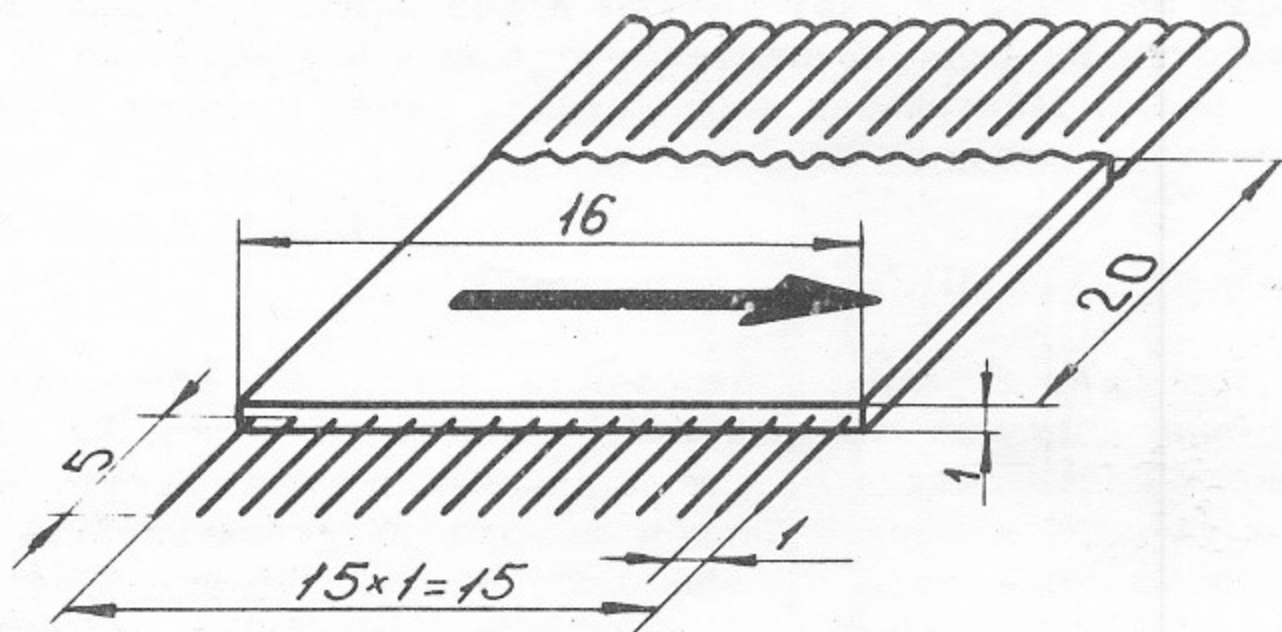


Рис.7. Формирование концов косички

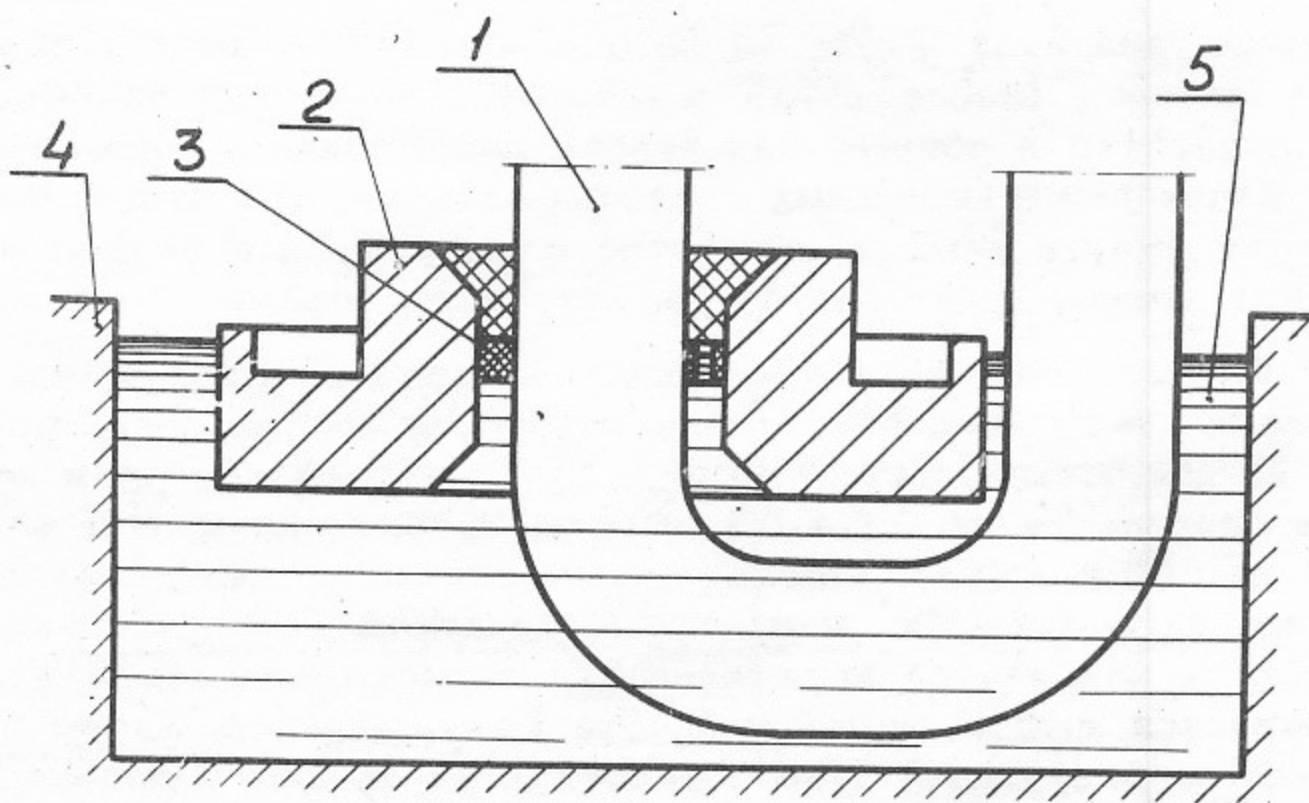


Рис.8. 1-жгут проводов, 2-пробка, 3-кольцо центрирующее, 4-ванночка, 5-желатин.

экрана на жгут натягивается полиэтиленовый чулок, который заполняется силколлоидной резиной или эпоксидным компаундом с малым количеством отвердителя (рис.9).

1У. Объем для камер

После распайки жгута на камеру и на матрицы камера помещается в объем, который после откачки форвакуумным насосом заполняется рабочей газовой смесью, состоящей из неона с добавкой 3% этилового спирта.

Принятая схема наполнения газом обеспечивает стабильную работу камер, позволяет использовать дорогие газы и практически сводит к нулю заботы о газовом снабжении во время эксперимента. Так, в последнем эксперименте на ВЭПП-2 /3-6/ смена газа производилась один раз в месяц.

В физических экспериментах, как правило, необходимо иметь малую толщину стенок объема, находящихся на пути частиц. В эксперименте /3-6/ частицы проходили через стенки из нержавеющей стали толщиной 0,5 мм и 2 мм при размерах соответственно 240 x 440 мм и 370 x 440 мм. Такие толщины удовлетворяли требованиям эксперимента и выдерживали атмосферное давление при откачке объема.

В другом варианте эксперимента /8/ требовалась меньшая толщина стенок на пути частиц. Поэтому, чтобы устранить перепад давления на тонких стенках объема при откачке его в процессе замены газа, мы использовали легкоъемные крышки 3 (рис.10). Это позволило выполнить окно размерами 370 x 440 мм² из лавсановой пленки толщиной 30 мк в десять слоёв, а окно 240x440мм² из пяти слоёв лавсана толщиной 30 мк.

Опыт работы с герметичными объемами показывает, что затраты на их изготовление быстро окупаются за счет экономии на потреблении газа, если сравнить эту схему газонаполнения с обычно принятой схемой работы камер с продувкой газа. Трудоемкость герметичных объемов составляет обычно 5-10% от общей трудоемкости систем проволочных искровых камер.

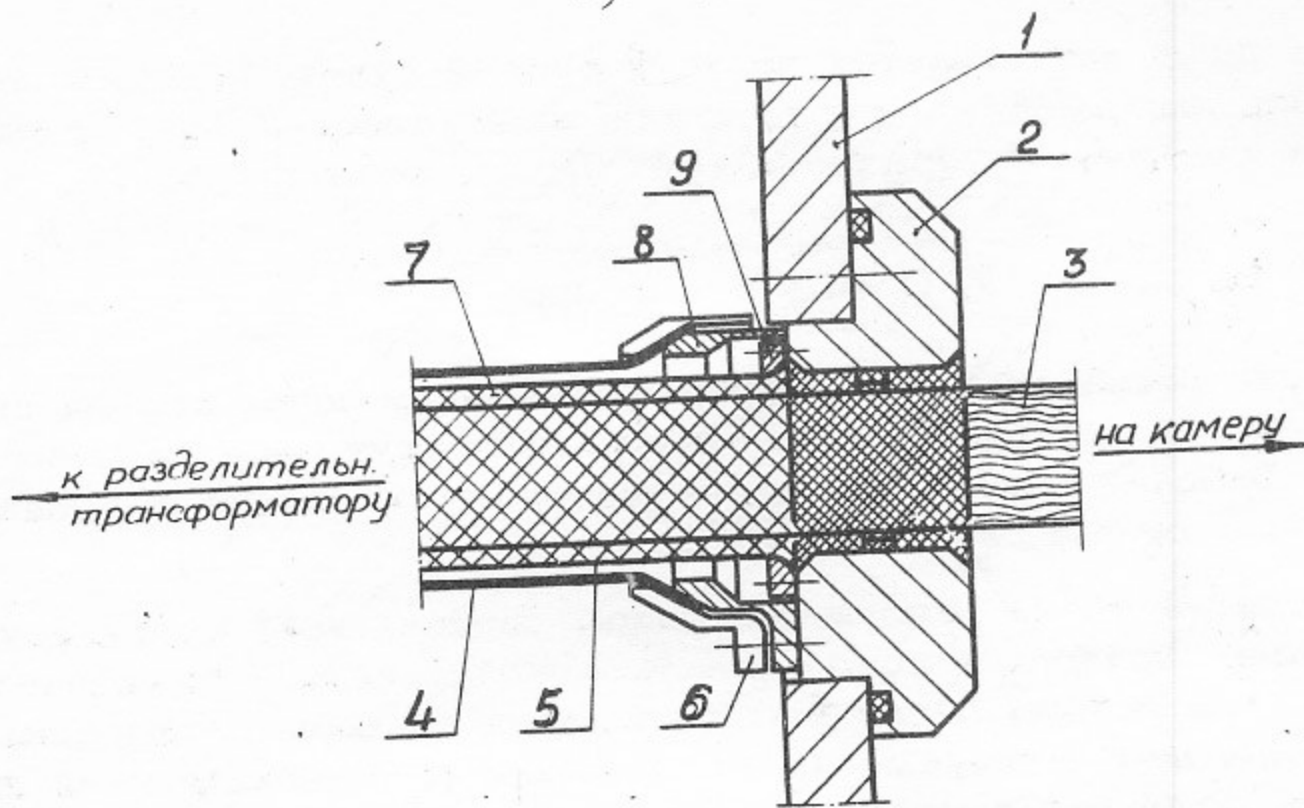


Рис. 9. Вывод высоковольтного жгута. 1-стенка герметичного объема, 2-пробка, 3-жгут, 4-экран, 5-чулок из полиэтилена, 6-полукольца, 7-эпоксидный компаунд или силколлоидная резина, 8-кольцо контактное, 9-кольцо прижимное.

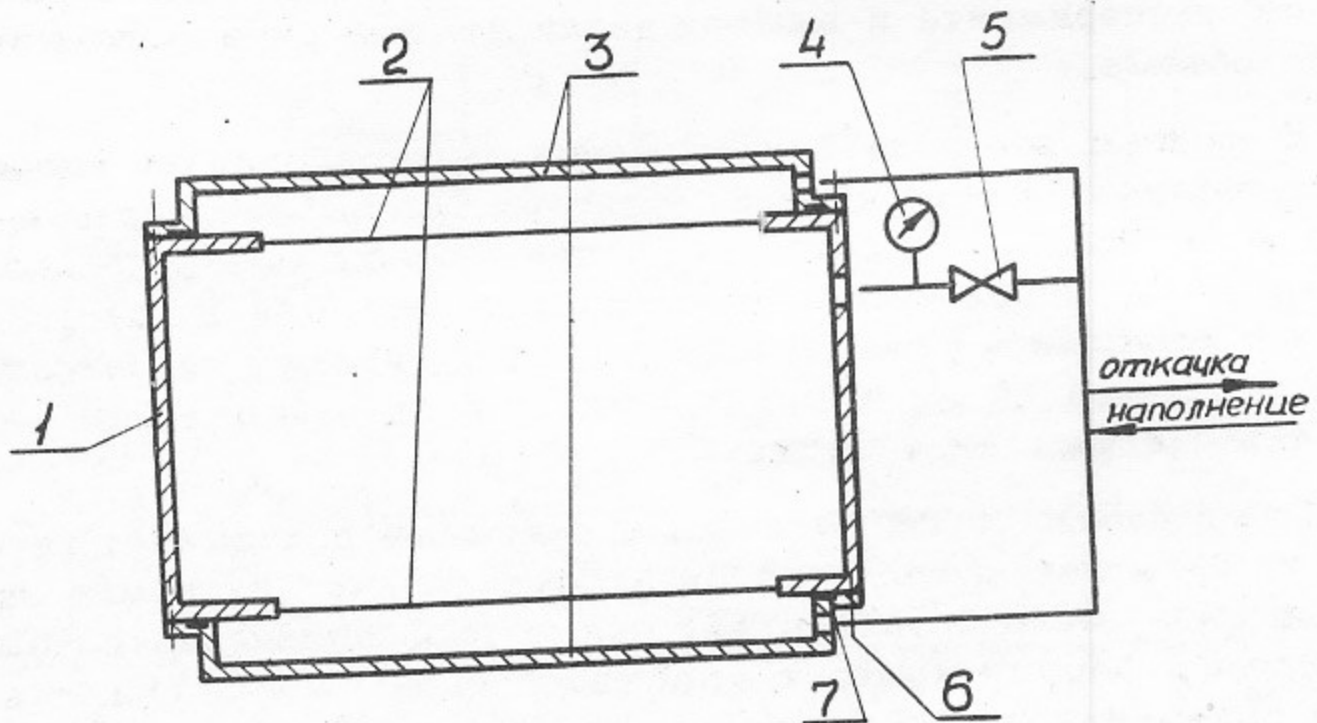


Рис. 10. Схема замены газа. 1-герметичный объем, 2-тонкие окна, 3-съемные крышки, 4-вакуумметр, 5-вентиль, 6-болты, 7-вакуумная резина.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *J. Fischer*. Труды Международной конференции по электромагнитным взаимодействиям при низких и средних энергиях. Дубна, февраль, 1967, т.4, стр. 179.
2. П.И.Голубничий и др.
Nucl. Instr. and Meth. 67, 22, 1969
3. В.Е.Балакин и др. Представлено на ХУ Международную конференцию, Киев, 1970. Препринт ИЯФ, 62-70, Новосибирск.
4. В.Е.Балакин и др.
Phys. Lett. 37B, 435, 1971.
5. В.Е.Балакин и др. Представлено на Международный симпозиум по электронным и фотонным взаимодействиям, Корнелл, 1971. Препринт ИЯФ, 56-71, Новосибирск.
6. В.Е.Балакин и др. Представлено на Международный симпозиум по электронным и фотонным взаимодействиям, Корнелл, 1971. Препринт ИЯФ, 54-71, Новосибирск.
7. С.Е.Бару и др. ПТЭ № 5, 1969, стр. 51.
8. С.Е.Бару и др. Материалы совещания по бесфильмовым искровым и стримерным камерам. Дубна, 1969, стр.164.
9. Прочность. Устойчивость. Колебания. Под общей редакцией И.А.Биргера и Я.Г.Пановко, т.1, стр. 192. "Машиностроение", Москва, 1968.

Ответственный за выпуск КОЛАЧЕВ Г.М.

Подписано к печати № МН 10294

Усл. 0,8 печ.л., тираж 900 экз. Бесплатно.

Заказ № 37 . ПРЕПРИНТ.

Отпечатано на роталпринте в ИЯФ СО АН СССР, вг.