

15/III-71

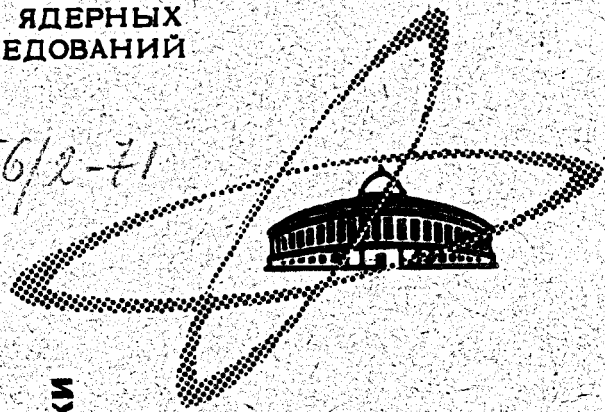
В-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

756/2-71

P13 - 5529



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

В. Д. Володин, Н. С. Глаголева, Ю. А. Каржавин,  
П. С. Кузнецов, А. Т. Матюшин, В. Т. Матюшин

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ  
ДВУХМЕТРОВОЙ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ  
УСТАНОВКИ СКМ-200

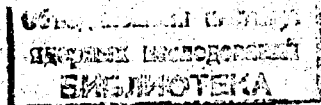
1970

P13 - 5529

В.Д. Володин, Н.С. Глаголева, Ю.А. Каржавин,  
П.С. Кузнецов, А.Т. Матюшин, В.Т. Матюшин

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ  
ДВУХМЕТРОВОЙ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ  
УСТАНОВКИ СКМ-200**

Направлено в ПТЭ



Постоянство средней длины, диаметра и светового выхода стримера, необходимое для реализации потенциальной точности локализации трека и ионизационных измерений в камере, как это следует из механизма развития разряда в газе на стримерной стадии, зависит от стабильности режима работы камеры и, в первую очередь, помимо постоянства качественного и количественного состава газа в камере - от стабильности параметров высоковольтного импульса на ее электродах.

Уточнение количественных оценок требуемой стабильности импульса представляет несомненный интерес, особенно в плане создания больших стримерных камер, для которых необходимы мощные генераторы стабилизированных высоковольтных импульсов.

Для выяснения влияния нестабильности импульса на характеристики камеры установки /1/, сравнения развития стримера при фоторегистрации в разных проекциях и выбора режима фотографирования, моделирования условий прохождения импульса по протяженной системе электродов с низкоомным импедансом создана модель двухметровой камеры с соответствующей аппаратурой, позволяющей формировать стабильный импульс и контролировать его параметры.

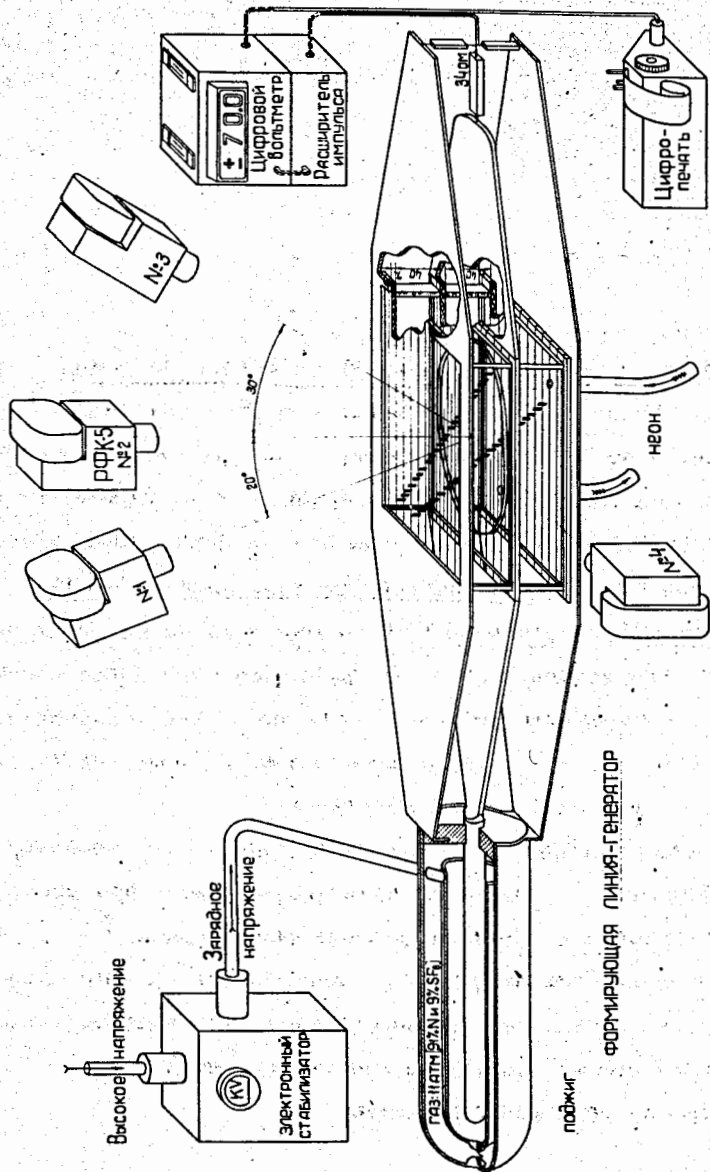


Рис. 1. Схема эксперимента.

Основные отличительные особенности проведенного эксперимента показаны на рис. 1.

Формирование высоковольтного импульса постоянной длительности и регулируемой амплитуды обеспечивает генератор с двойной формирующей линией типа "Блюмляйн" /2/. В отличие от генератора, описанного в работе /2/, разработанный генератор - коаксиальная формирующая линия с управляемым разрядником, находящаяся под постоянным зарядным напряжением. Зарядное напряжение на линию поступает от высоковольтного источника через электронный стабилизатор-потенциометр ЭСПИ -100/2<sup>3</sup>/, обеспечивающий стабильность выходного напряжения  $\pm 0,1\%$  в течение часа на рабочих уровнях. Установка и контроль стабильности зарядного напряжения производились по цифровому вольтметру, подключенному к выходу стабилизатора через делитель. Абсолютная величина зарядного напряжения измерялась с помощью прибора С-100 (погрешность  $\pm 1,5\%$ ). Величина напряженности поля в камере определялась при этом делением значения зарядного напряжения на длину зазора (4 см).

Формирующая линия и разрядник помещены в общий герметичный кожух, наполняемый газом ( $N_2$  ;  $N_2 + SF_6$  ;  $SF_6$  ) до давлений 0-25 атм (рис. 1).

Поджиг разрядника линии производился от блоков /4/ стойки питания /5/ импульсом амплитудой 18-20 кВ (задержка 200-700 нсек).

Собственная задержка импульса генератора (газ: 91%  $N_2$  + 9%  $SF_6$  , давление 11 атм) при изменении зарядного напряжения на 30% (от пробивного) без перестройки разрядника не более 25-30 нсек.

Осциллограмма импульса генератора с амплитудой  $\approx 70$  кВ на согласующей нагрузке величиной 34 ома, полученная с помощью омического делителя /6/ с собственным временем установления  $\approx 5$  нсек, приведена на рис. 2.

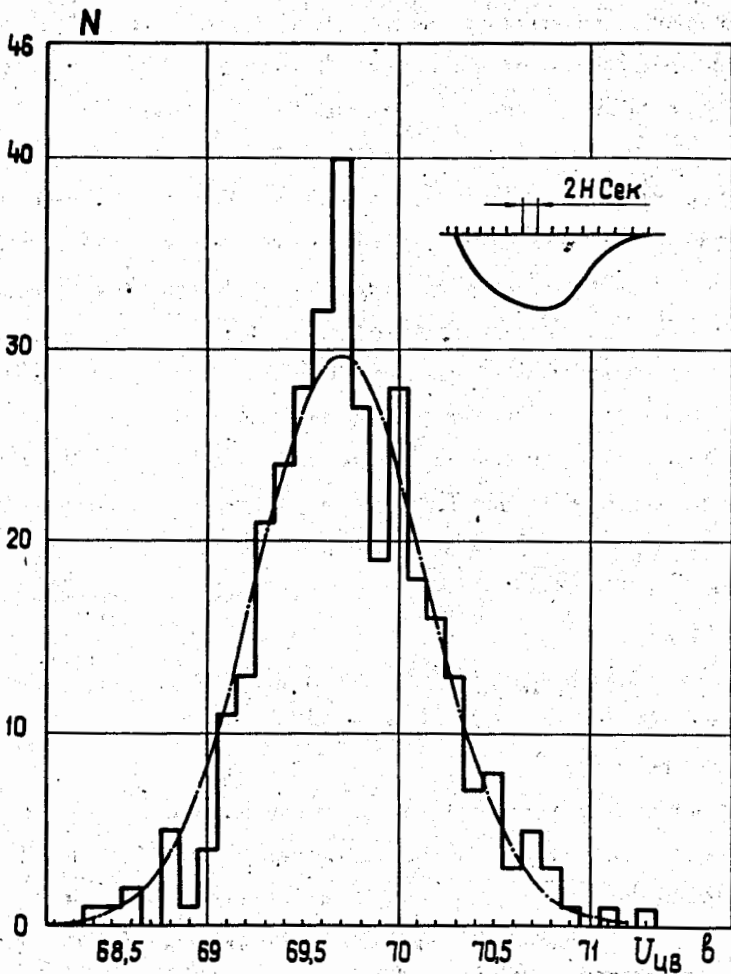


Рис. 2. Гистограмма амплитуд высоковольтных импульсов на электродной системе при установке зарядного напряжения на линии 74 кв.  $U_{цв}$  - показания цифрового вольтметра с расширителем импульса. Пунктирная кривая - нормальное распределение ( $\sigma = 45$ ). Общее количество отсчетов - 333. Вверху приведена зарисовка осциллограммы высоковольтного импульса на выходе генератора.

Импульс от генератора поступает на электродную систему (симметричная полосковая линия) общей длиной  $\approx 3$  м, согласованную на конце (34 ома) с пробной камерой в середине. Конструкция камеры (склеенная из стекла, с внутренними проволочными электродами) аналогична описанной в работе /6/ (рис. 1). Зазор 4 см, два промежутка, наполнение - "неон" особой чистоты" (непрерывный проток).

Форма импульса на согласующей нагрузке линии изменяется мало, искажения импульсов в промежуточных точках линии более заметны и связаны со сравнительно большим количеством переходов, вызывающих отражения. Это обстоятельство несущественно для используемой камеры сравнительно малых размеров.

Стабильность амплитуды импульса в процессе экспериментов непрерывно контролировалась цифровым пиковым вольтметром с расширителем импульса /7/ с помощью того же делителя с одновременным осциллографированием и не выходила за пределы 1% (рис. 2).

Фотографирование треков космических частиц в камере производилось фоторегистраторами типа РФК-5 с объективами типа "Юпитер -9" одновременно в направлении электрического поля в камере (проекция по полю - через электроды) и перпендикулярно полю с расстояния 191 см, 109 см, соответственно, а также дополнительно под углами 20 и 30° в тех же режимах работы камеры для получения сравнительных характеристик развития стримера. На одной из проекций фотографировались показания пикового цифрового вольтметра и одновременно с помощью отдельной камеры (РФК-5) производилась съемка осциллограмм высоковольтного импульса. Для фотографирования применена аэрофотопленка чувствительностью 1100 ед ГОСТ, коэффициент контрастности 1,8.

Управление фоторегистраторами осуществлялось от стойки запуска, обеспечивающей блокировку запуска генератора на время рабочего цикла аппаратуры и контроль за синхронной работой РФК-5.

В проведенных исследованиях модели камеры получены следующие результаты:

1. Как показывает анализ фотоснимков стримерных следов, камера работает устойчиво, стабильность аппаратуры позволяет иметь в камере стримеры заданной длины.

2. Развитие стримера в проекции перпендикулярно полю ( $\theta = 90^\circ$ ) от начала визуально фиксируемого до длины 40 мм ("перекрытие" зазора) соответствует изменению напряженности поля в камере от 14,7 до 17 кв/см (рис. 3).

Фоторегистрация стримеров в проекциях по полю и перпендикулярно полю становится возможной при напряженности поля 17 кв/см (диафрагма 1,5, средняя длина стримера  $\approx$  20 мм); при 17,5 кв/см регистрируются стримеры длиной 40 мм (т.е. изменение амплитуды импульса для удвоения длины стримера составляет 2,5-3% на этой стадии его развития).

Треки на фотопленке в проекции по полю визуально примерно одинаковы при напряженностях 17,0; 17,5; 17,9; 18,4; кв/см, если установлена диафрагма 2,0; 2,8; 4,0; 5,6 соответственно, т.е. яркость увеличивается примерно вдвое при увеличении амплитуды импульса на 2,5-3% (рис. 4).

3. Сопоставление величин плотности почернения следа на пленке с длиной стримера свидетельствуют о прямой пропорциональности между ними, т.е. концентрация (число пар ионов см<sup>3</sup>) на этой стадии развития стримера остается примерно постоянной.

Считая диаметр стримера в соответствии с работой [8] пропорциональным корню квадратному из его длины, можно ожидать линейного роста яркости стримера с длиной при значениях угла  $\theta$ , близких к нулю, и пропорционального корню квадратному из длины в боковой проекции.



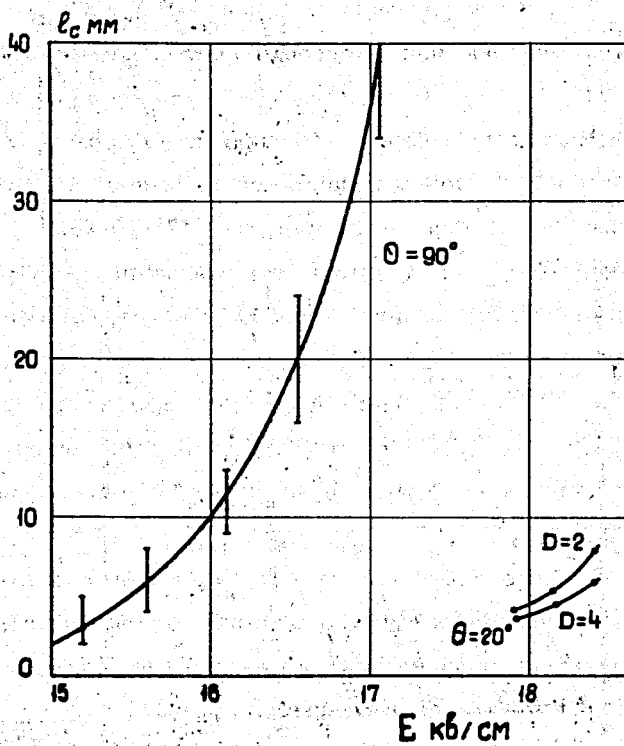


Рис. 3. Зависимость длины стримера от напряженности электрического поля в камере при наблюдении и фотографировании под углами  $\theta = 90^\circ$  и  $\theta = 20^\circ$  к направлению поля.

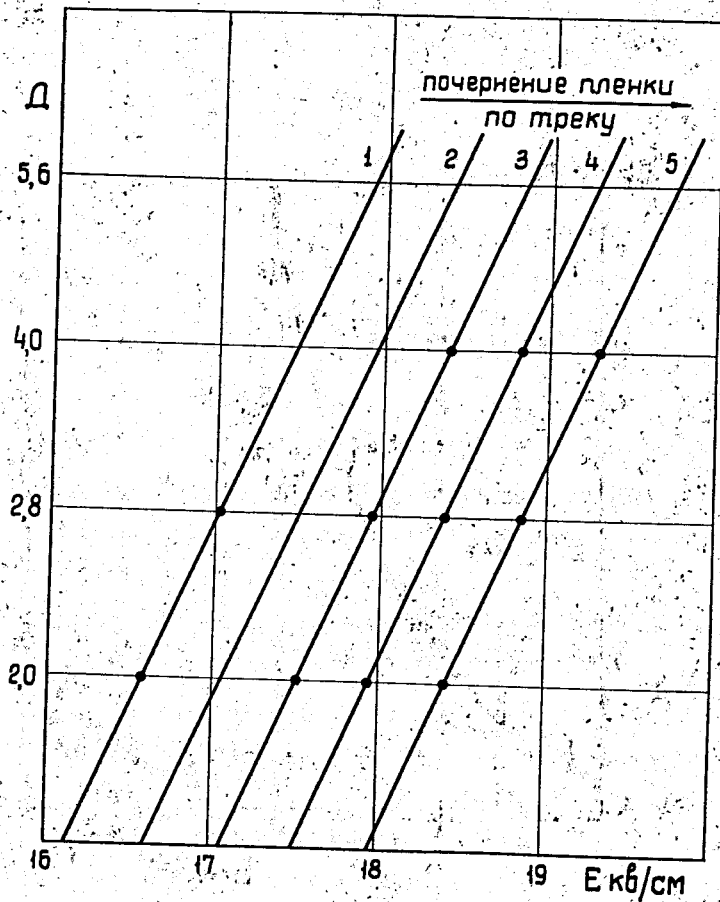


Рис. 4. Линии одинакового почернения треков на пленке в зависимости от напряженности поля в камере и диафрагмы объектива.

4. При фотографировании камеры под углом  $\theta = 20^\circ$  к полю измеренные величины средних длин стримеров составляют 4,2; 5,9; 8,0 мм при напряженностях 17,9; 18; 15; 18,4 кв/см соответственно (диафрагма 4), т.е. короткие стримеры получаются в условиях, когда в боковой проекции фиксируется перекрытие зазора (рис. 3).

При фотографировании камеры под углом  $30^\circ$  к полю наблюдается промежуточная картина, когда более явно выражено перекрытие зазора с характерными для боковой проекции "перетяжками", соответствующими по длине стримерам, регистрируемым на снимках под углом  $20^\circ$  к полю.

5. Описанные выше результаты, свидетельствующие о различии в длинах стримеров, регистрируемых в разных проекциях, можно объяснить, если предположить наличие некоторой "факельной" стадии развития стримера, начинающейся после развития стримера до определенной длины порядка 10 мм, когда в боковой проекции регистрируется резкое расширение светящегося конуса-факела в направлении поля с одновременным падением концентрации ионов и электронов, что связано, по-видимому, с сильной фотоионизацией газа на значительно больших расстояниях, чем в начальной стадии развития стримера (фотоионизационная экспансия стримера в дальней зоне).

6. Экспериментальные данные по регистрации стримеров в проекции под углом  $20^\circ$  к полю позволяют рассчитывать на получение достаточно ярких и коротких стримеров в реальных условиях фотографирования (стереопроекции, диафрагма 4) при достаточно высоких градиентах поля, когда в боковой проекции можно зарегистрировать перекрытие (при диафрагме 1,5).

Зависимость относительного изменения длины стримера  $\frac{\Delta l}{l_c}$  от стабильности амплитуды импульса  $\Delta E / E$  ( $\theta = 90^\circ$ , рис. 3)

$$\left| \frac{\Delta \ell}{\ell e} \right| = k \Delta E / E$$

где  $k \approx 25$  при длине стримера 10 мм. Это означает, что для поддержания длины стримера (и яркости его) с точностью  $\pm 25\%$  амплитуда импульса должна быть стабильна в пределах  $\pm 1\%$ .

Как можно видеть из приводимых результатов, сама стримерная камера при постоянстве состава наполняющего газа и регистрации высокоэнергетических частиц может являться инструментом, пригодным для контроля стабильности высоковольтного импульса, а в некоторых случаях и для измерения амплитуды импульса с большой точностью.

7. В процессе экспериментов был опробован режим работы высоковольтного генератора с выходным повышающим кабельным трансформатором. Форма импульса на согласующем сопротивлении (220 ом) трансформатора меняется, но слишком сильно. При этом в камере <sup>13</sup>/ с двумя зазорами по 15 см устойчиво регистрируются стримеры.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность А.М. Балдину и М.Г. Мешерякову за неизменную поддержку работы, а также С.А. Краснову, А.И. Завгороднему, Т.А. Филимоновой, Г.Ф. Акимовой, В.М. Широкову, М.И. Зайцеву, В.Я. Рубцову, О.Т. Матюшину за помощь при изготовлении аппаратуры, осуществлении экспериментов и оформлении результатов работы.

#### Литература

1. М.Х. Аникина, А.М. Балдин, Г.А. Варденга, В.Ф. Вишневский и др. Препринт ОИЯИ 13-4527 стр. 11, Дубна, 1969.
2. F. Bulos, A. Odion, F. Villa, O. Yount. SLAC-74, 1967.
3. В.Д. Володин, А.Т. Матюшин, В.Т. Матюшин, Р. Фирковский. ПТЭ №3, 1970.

4. А.Т. Матюшин, В.Т. Матюшин, Р. Фирковский, М.Н. Хачатурян.  
ПТЭ №2 (1968) стр. 119.
5. Н.С. Глаголева, Г. Даминов, Ю.А. Каржавин, А.Н. Любенко и др.  
Препринт ОИЯИ 13-3219, Дубна, 1967.
6. А.Т. Матюшин, В.Т. Матюшин. ПТЭ №5, 1966.
7. Н.С. Глаголева, А.Т. Матюшин, В.Т. Матюшин. Препринт ОИЯИ 13-4527,  
стр. 30, Дубна, 1969.
8. Э.Д. Лозанский, О.Б. Фирсов. Препринт ОИЯИ 13-4527, Дубна, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 декабря 1970 года.