

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



12/11.77

G-527

P13 - 10854

4907/2-77

К.П.Гласнек, Я.В.Гришкевич, З.В.Крумштейн,  
Д.Позе, В.М.Суворов, И.Шюлер

ИССЛЕДОВАНИЕ  
ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЯРКОСТИ ТРЕКОВ  
В СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ  
С ПОМОЩЬЮ ФОТОУМНОЖИТЕЛЯ

1977

P13 - 10854

К.-П.Гласнек, Я.В.Гришкевич, З.В.Крумштейн,  
Д.Позе, В.М.Суворов, Й.Шюлер

ИССЛЕДОВАНИЕ  
ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЯРКОСТИ ТРЕКОВ  
В СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ  
С ПОМОЩЬЮ ФОТОУМНОЖИТЕЛЯ

*Направлено в ПТЭ*

Исследование интегральной яркости треков в стримерной камере с помощью фотоумножителя

Излагаются результаты исследований с помощью фотоумножителя интегральной яркости треков в стримерной камере. Показано, что интегральная яркость зависит от состава газовой смеси, примесей электроотрицательных газов в ней, высоковольтного импульса и может быть использована для оперативного контроля режима работы стримерной камеры.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

**Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977**

Study of the Integral Brightness of Tracks  
in a Streamer Chamber by Means of a  
Photomultiplier

By means of a photomultiplier we directly measured the integral brightness of tracks in a streamer chamber. Our results show that the integral track brightness depends on the gas mixture, the admixture of electro-negative gases, the high voltage pulse and can be used to check the working conditions of the streamer chamber in the running time.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

**Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977**

Режим работы стримерной камеры определяется большим количеством независимых параметров, так что обычный способ его контроля по качеству фотографий трудоемок и не оперативен. Ниже излагаются результаты измерений интегральной яркости треков в стримерной камере и обсуждаются возможности использования этой величины для оперативного контроля режима работы камеры.

### Экспериментальная установка и измерения

Схема установки приведена на рис. 1. В опытах использовалась однометровая стримерная камера. Рабочий газ находился в контейнере из винилпласта с плексигласовым окном, через которое проводилось фотографирование треков частиц. В торцовых стенках контейнера были сделаны майларовые окна для пропускания через рабочий объем частиц от  $\beta$ -источника  $^{106}\text{Ru}$  ( $E_{\beta} \leq 3,54$  МэВ). Коллимированный пучок электронов от источника проходил через рабочий объем и попадал в телескоп счётчиков  $S_1 S_2$ . Поперечный размер пучка определялся размерами сцинтилляторов телескопа  $S_1 S_2$  и не превышал 7 см. Энергия электронов, вызывающих срабатывание телескопа, была  $\geq 1,5$  МэВ. Первичная ионизация электронов с энергией в диапазоне  $(1,5 \div 3,5)$  МэВ близка к минимальной и меняется не более чем на  $\pm 3\%$ . Камера наполнялась чистым гелием или смесью Ne-He при атмосферном давлении. Чистота рабочей смеси обеспечивалась с помощью циркуляционной

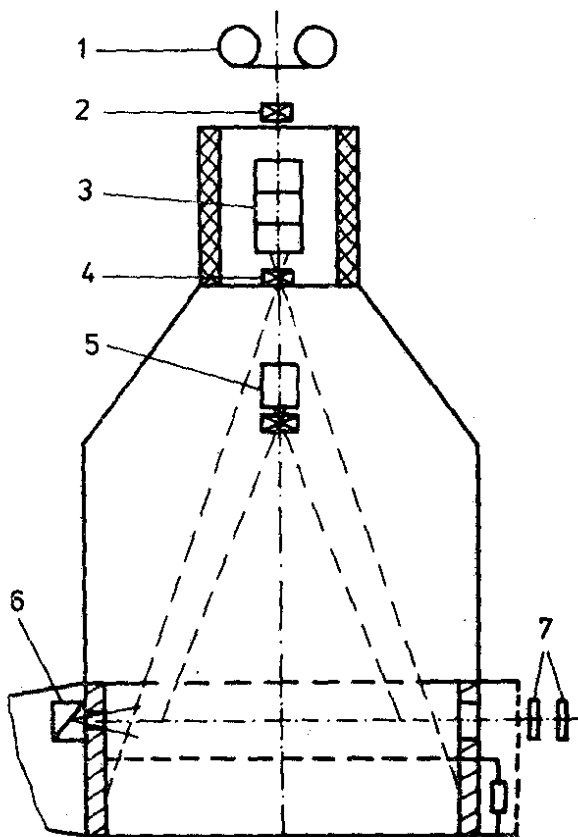


Рис.1. Схема установки. 1 - фоторегистратор, 2 - объектив, 3 - электронно-оптический преобразователь, 4 - объектив, 5 - фотоумножитель, 6 -  $\beta$ -источник.

системы очистки<sup>/1/</sup>. Контроль состава и чистоты газовой смеси производился с помощью хроматографа ХЛ-69. Время памяти стримерной камеры регулировалось добавкой в газовую смесь электроотрицательного газа  $SF_6$ , содержание которого контролировалось с помощью ионизационной камеры<sup>/2/</sup>. Фронт высоковольтного импульса в камере составлял  $\sim 6$  нс; его длительность на уровне 0,5 амплитуды равнялась  $\sim 15$  нс, максимальная амплитуда импульса - 450 кВ. Максимальное время

задержки между прохождением ионизирующей частицы через камеру и подачей высоковольтного импульса составляло  $\sim 700$  нс.

Интегральная яркость трека измерялась фотоумножителем ФЭУ-85. Трек проектировался на фотокатод ФЭУ-85 с помощью объектива МИР-1. Перед фотокатодом помещалась шелевая диафрагма, ограничивающая просматриваемый объем стримерной камеры в районе трека областью размерами  $60 \times 10$  см<sup>2</sup>. Одновременно трек фотографировался с экрана 2-каскадного электромагнитного электронно-оптического преобразователя фоторегистратором РФК-5 на пленку (с масштабом  $1:36$ ). Разрешение системы фотографирования на пленке составляло 20-25 линий на 1 мм. Оптические оси регистрирующих систем были направлены параллельно электрическому полю стримерной камеры.

Информация о каждом событии включала:

а) величину интеграла сигнала с датчика высоковольтного импульса в стримерной камере и его задержку относительно момента прохождения электрона через камеру, величину сигнала, пропорционального интегральной яркости трека, номер измерения и номер события; эта информация передавалась по линии связи последовательным кодом в ЭВМ ТРА-1001/3/.

б) фотографию трека с реперными крестами и блоком служебной информации.

Были проведены несколько серий измерений со смесями: 100% Ne, 90% Ne + 10% Ne, 80% Ne + 20% Ne, 50% Ne + 50% Ne, 100% Ne при различных добавках SF<sub>6</sub>. Поскольку в зависимости от состава газовой смеси величина интегральной яркости менялась, в каждой серии измерений сигнал с ФЭУ дискриминировался таким образом, чтобы всё изменение величины интегральной яркости находилось в пределах линейности шкалы измерений. Для каждой серии интегральная яркость треков измерялась также в зависимости от времени задержки высоковольтного импульса.

## Результаты измерений и обсуждения

Зависимости измеренной фотоумножителем интегральной яркости ( $A$ ) от величины интеграла сигнала с датчика высоковольтного импульса ( $U$ ) для различных составов газовой смеси приведены на рис.2. При этом отбирались только такие события, у которых на пленке было не более одного трека, этот трек был прямолинейен и не содержал следов  $\delta$ -электронов. Из рисунка видно, что в исследованном диапазоне изменения величины  $\Delta U/U \sim 3\%$  эти зависимости линейны для всех газовых смесей и могут быть представлены в форме

$$\frac{A - A_0}{A_0} = K \frac{U - U_0}{U_0}, \quad (1)$$

где  $A_0$  и  $U_0$  - средние значения величин  $A$  и  $U$  в измеренном диапазоне.

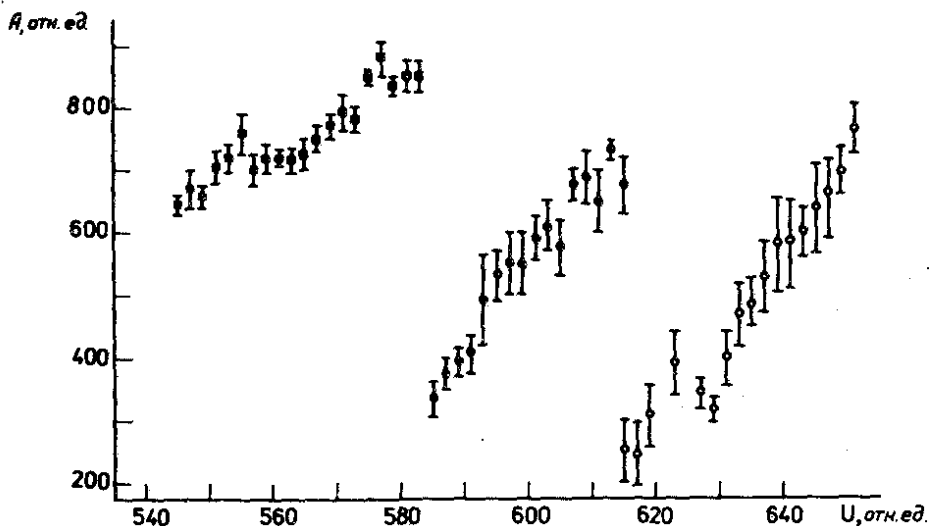


Рис.2. Зависимость интегральной яркости треков  $A$  от интеграла сигнала с датчика высоковольтного импульса  $U$ .  $\circ$  - 100% Ne;  $\bullet$  - 10% Ne + 90% He;  $\blacksquare$  - 20% Ne + 80% He.

На рис. 3 приведена зависимость коэффициента  $K$  от концентрации неона в газовой смеси. Из рисунка видно, что величина  $K$  сильно зависит от состава газовой смеси: так, для неона  $K \approx 3,4$ , а для гелия  $K = 14$ . Это означает, что при работе со смесями с большой концентрацией  $\text{Ne} (> 80\%)$  к стабильности амплитуды и формы высоковольтного импульса должны предъявляться повышенные требования.

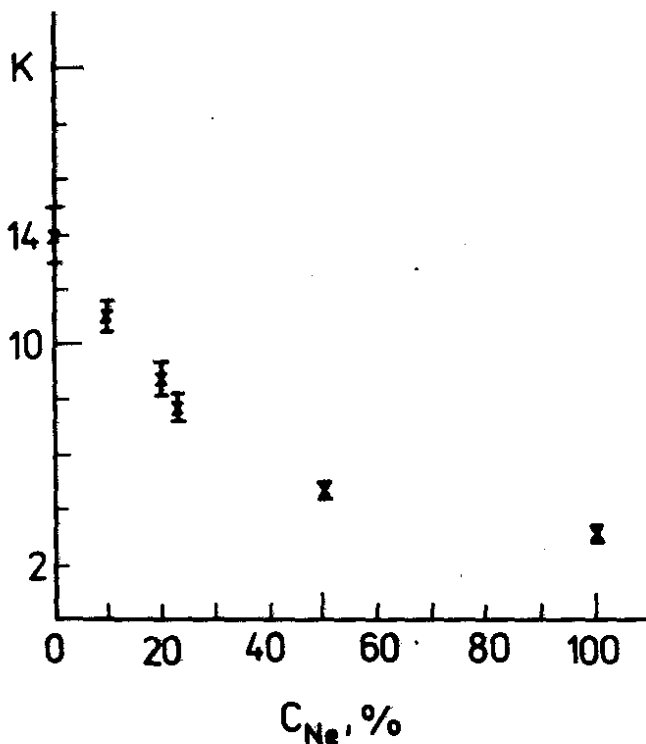


Рис. 3. Зависимость коэффициента  $K$  от концентрации неона в газовой смеси.



Относительное стандартное отклонение распределения интегральной яркости  $A$  равно

$$\frac{\sigma_A}{A} = \sqrt{\frac{1}{n} \left[ \left( \frac{\sigma_S}{S} \right)^2 + 1 \right]} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $\frac{\sigma_S}{S}$  - относительное стандартное отклонение распределения яркости стримеров,  $n$  - число стримеров на треке. Поскольку яркость стримера пропорциональна квадрату его диаметра <sup>4/</sup>, то из распределения квадратов диаметров стримеров на отдельном треке можно получить оценки величины  $\frac{\sigma_S}{S}$ . Для этого проводилось измерение диаметров изображения стримеров на пленке для каждого трека с помощью измерительного проектора <sup>5/</sup>. Из этих данных с учётом разрешения оптической системы были получены распределения эффективных диаметров стримеров <sup>6/</sup> для каждого трека и оценка величины  $\frac{\sigma_S}{S}$ . При учёте полученного результата,  $\frac{\sigma_S}{S} = 100\%$ , значение  $\frac{\sigma_A}{A}$  величины интегральной яркости 60-сантиметрового трека в гелии (плотность числа стримеров  $g = 3,3 \text{ см}^{-1}$ ) должно быть равным по формуле (2) 10%. Однако значение  $\frac{\sigma_A}{A}$  величины  $A$ , скорректированной по формуле (1) на зависимость от интеграла высоковольтного импульса, оказалось равным 25%. Расхождение между полученной выше оценкой и экспериментальным результатом можно объяснить тем, что проведенная коррекция не устраняет полностью влияние разброса высоковольтного импульса в камере.

Зависимость яркости от эффективного диаметра стримеров изучалась для газовых смесей следующих составов: 100% He; 10% Ne + 90% He; 20% Ne + 80% He. На рис. 4 приведена зависимость величины интегральной яркости  $A$  от усредненного по треку квадрата эффективного диаметра стримеров  $\langle d^2 \rangle$  для чистого He и двух смесей Ne+He. Из рисунка видно, что величина  $A$  пропорциональна  $\langle d^2 \rangle$  и, таким образом, прямо характери-

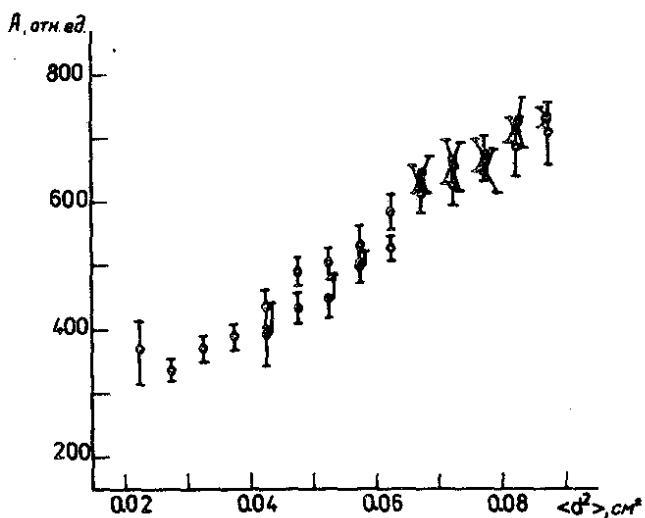


Рис. 4. Зависимость интегральной яркости трека от усредненного по треку квадрата диаметра стримера.  $\circ$  - 100% Ne;  $\bullet$  - 10% Ne + 90% He;  $\blacksquare$  - 20% Ne + 80% He.

зует режим работы стримерной камеры в целом. Относительное стандартное отклонение  $\sigma_A/A$  распределения интегральной яркости, скорректированной на зависимость от величины  $\langle d^2 \rangle$ , для гелия оказалось равным 10%. Это значение  $\frac{\sigma_A}{A}$  согласуется с оценкой этой величины, полученной выше, и означает, что при всех прочих равных условиях статистический разброс величины  $A$  определяется только флюктуацией яркости и числа стримеров на треке.

На рис. 5 приведена зависимость величины  $A$  и числа стримеров на треке от времени задержки высоковольтного сигнала относительно момента прохождения заряженной частицы через стримерную камеру. Из рисунка видно, что число стримеров и интегральная яркость  $A$  одинаково изменяются с увеличением задержки. Вре-

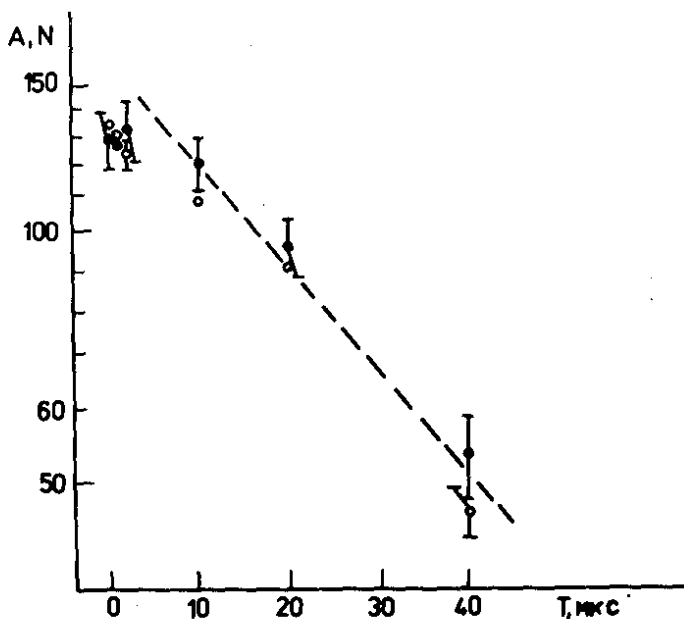


Рис. 5. Зависимость интегральной яркости треков А и числа стримеров на треке N от времени задержки высоковольтного импульса Т. • - интегральная яркость (относительные единицы); ○ - число стримеров на треке.

мена памяти камеры, определенные этими двумя методами, совпадают. Этот результат указывает на возможность прямого измерения времени памяти стримерной камеры по интегральной яркости треков.

Таким образом, в результате проведенных исследований показано, что зависимость интегральной яркости трека А от интеграла сигнала с датчика высоковольтного импульса U может быть представлена в виде

$$\frac{A-A_0}{A_0} = K \frac{U-U_0}{U_0}. \text{ Коэффициент } K \text{ зависит от состава газо-}$$

вой смеси, для чистого гелия он равен 14 и уменьшается до величины 3,4 при переходе к чистому неону. Это означает, что при работе со смесями с большим содержанием Ne ( $\geq 80\%$ ) требования к стабильности работы высоковольтной системы резко возрастают.

Прямая связь величины интегральной яркости с усредненным по треку квадратом эффективного диаметра стримеров  $\langle d^2 \rangle$  дает возможность осуществить как быстрый ввод стримерной камеры в заранее подобранный режим работы, так и оперативный контроль ее работы в ходе эксперимента. Измерение зависимости интегральной яркости от времени задержки высоковольтного импульса позволяет прямо определить время памяти стримерной камеры. Это можно сделать как по реперным частицам в ходе эксперимента, так и с помощью пробной стримерной камеры с той же газовой смесью, что и в рабочей камере. Быстрое измерение времени памяти особенно важно в условиях больших загрузок, когда необходимо, чтобы оно было мало ( $\sim 2$  мкс).

В заключение авторы пользуются возможностью выразить благодарность В.И.Петрухину за постоянный интерес к работе, Б.Ю.Балдину, Х.Рюгеру, Г.Хемницу и Н.Н.Хованскому за помощь в измерениях.

### Литература

1. Вертоградов Л.С. и др. ОИЯИ, 13-9883, Дубна, 1976.
2. Eckardt V., Gebauer M.-J. A Simple Method for Measurement and Regulation of the Memory Time in Streamer Chambers. DESY 72/2, 1972.
3. Мерекон Ю.П. и др. ОИЯИ, 10-9127, Дубна, 1975.
4. Davidenko V., Dolgoshein B., Somov S. The Conditions of Registration of Particle Tracks in a Streamer Chamber. Nucl. Instr. and Meth., 1969, 75, 277.
5. Glasneck C.-P. e.a. PHE-Preprint 75-9, Berlin-Zeuthen, 1975.
6. Bulos F. e.a. Streamer Chamber Development. SLAC-Report Nr. 74, 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел

14 июля 1977 года.