

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



3454/2-78

21/VII - 78

P13 - 11544

A-471

Г.Д.Алексеев, Н.А.Калинина, В.В.Карпухин,  
В.В.Круглов, Д.М.Хазинс

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ЗАГРУЗКИ  
НА РАБОТУ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ КАМЕРЫ

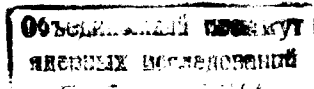
**1978**

P13 - 11544

Г.Д.Алексеев, Н.А.Калинина,\* В.В.Карпухин,  
В.В.Круглов,\* Д.М.Хазинс

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ЗАГРУЗКИ  
НА РАБОТУ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ КАМЕРЫ

*Направлено в ПТЭ*



---

\* НИИЯФ МГУ.

Алексеев Г.Д. и др.

P13 - 11544

Влияние радиационной загрузки на работу пропорциональной камеры

Проведено экспериментальное исследование влияния радиационной загрузки на поведение счетных характеристик пропорциональной камеры. Выполнены расчеты, учитывающие влияние пространственного заряда положительных ионов, возникающих в камере под действием загрузки в двух крайних упрощающих предположениях о виде поля в камере. Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с экспериментом.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Alexeev G.D. et al.

P13 - 11544

Influence of Radiation Loading on the Operation of a Proportional Chamber

The influence of radiation loading on the operation of a proportional chamber is studied. The calculations are performed with the account of the influence of space charge of positive ions appearing in the chamber due to loading in two polar simplifying assumptions as to the type of a field in the chamber. The calculation results agree satisfactorily with experiment.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Некоторые вопросы работоспособности пропорциональных счетчиков и камер в условиях высокой радиационной загрузки исследовались в работах<sup>1,2/</sup>. В работе<sup>1/</sup> изучалось влияние фона  $\gamma$ -излучения на коэффициент газового усиления в цилиндрическом пропорциональном счетчике. В работе<sup>2/</sup> было обнаружено, что в пропорциональных камерах с малым шагом /1 и 2 мм/ намотки сигнальных проволок при загрузке  $\sim 10^4$  част./мм<sup>2</sup>·с происходит потеря эффективности камеры вместе с уменьшением амплитуды импульса. В обеих работах обнаруженные эффекты объяснялись влиянием пространственного заряда положительных ионов, возникающих в объеме детектора в процессе работы.

Пространственный заряд, возникающий под действием радиационной загрузки в пропорциональной камере, должен также оказывать влияние на поведение счетной характеристики. Полученные в данной работе экспериментальные результаты сравниваются с расчетами, выполненными на основе работ<sup>1,2/</sup>.

Исследования проводились на стенде, состоящем из однокоординатной пропорциональной камеры, телескопа из двух сцинтилляционных счетчиков и коллимированного  $\beta$ -источника  $^{90}\text{Sr}$ . Пропорциональная камера<sup>3/</sup> имеет размер 160x160 мм<sup>2</sup>. Сигнальные проволоки диаметром 50 мкм расположены с шагом  $s=10$  мм. Высоковольтные плоскости намотаны проволокой диаметром 100 мкм с шагом 2 мм. Расстояние между высоковольтными плоскостями  $2L=18$  мм.

Камера продувалась газовой смесью 57% Ar+38%CH<sub>4</sub>+5%(CCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub> в процессе измерений в широких пределах

изменялись плотность радиационной загрузки и порог усилителя.

На рис. 1 представлено семейство счетных характеристик для различной плотности загрузки камеры при пороге регистрации  $J_{\text{порог}} = 4 \text{ мкА}$ . Видно, что с увеличением плотности загрузки кривые медленнее выходят

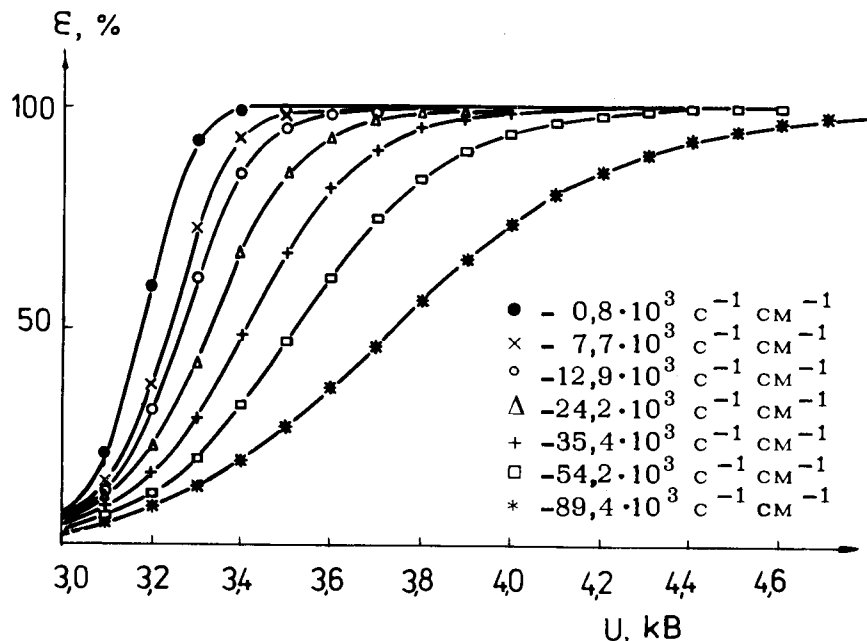


Рис. 1. Семейство счетных характеристик для различной плотности радиационной загрузки при пороге регистрации  $J_{\text{порог}} = 4 \text{ мкА}$ .

на плато, но во всех случаях достигают уровня стопроцентной эффективности. Аналогичные семейства кривых были получены при нескольких значениях величины порога регистрации в диапазоне  $J_{\text{пор.}} = 0,5 \div 32 \text{ мкА}$ . Из них были определены зависимости напряжения ( $U_{1/2}$ ), при котором кривые достигают уровня 50%-ной эффективности, от плотности загрузки ( $N$ ) /рис. 2/. Из рисунка

следует, что с увеличением порога счетные характеристики становятся более чувствительными к изменению плотности загрузки.

Сдвиг счетной характеристики по напряжению в зависимости от плотности загрузки можно рассчитать, однако сложный вид поля в камере не позволяет получить простые формулы. Поэтому будем рассматривать этот вопрос в крайних предположениях о виде поля в камере: 1/ поле вокруг отдельной сигнальной проволоки совпадает с полем в цилиндрическом счетчике и 2/ поле в зазоре между сигнальной и высоковольтной плоскостями однородно. Реальный вид поля в камере является промежуточным между ними.

Рассмотрим вначале цилиндрическую геометрию, следуя в основном работе [1]. Можно показать, что в случае постоянной во времени и равномерной по длине счетчика загрузки плотность положительных ионов ( $\rho$ ) постоянна по всему объему счетчика [4]:

$$\rho = \frac{NK}{4\pi q\kappa}, \quad /1/$$

где  $N$  - плотность радиационной загрузки,  $K$  - число ионов в лавине от отдельной частицы,  $q$  - линейная плотность заряда на сигнальной проволоке,  $\kappa$  - подвижность положительных ионов.

Электрическое поле внутри счетчика будет определяться линейной плотностью заряда на сигнальной проволоке и пространственным зарядом положительных ионов в объеме счетчика:

$$E(r) = \frac{2}{r} [q(N) + e \int_{R_a}^r \rho(\xi) 2\pi \xi d\xi], \quad /2/$$

где  $E(r)$  - напряженность поля в точке с радиусом  $r$ ,  $R_a$  - радиус сигнальной проволоки,  $e$  - элементарный заряд.

С учетом формулы /1/ интеграл в /2/ может быть легко вычислен. Полагая  $r \gg R_a$ , получим

$$E(r) = \frac{2q(N)}{r} + \frac{NKe}{2q(N) \kappa} \cdot r. \quad /3/$$

Зная напряженность поля в счетчике /3/, можно получить формулу, связывающую величину напряжения на счетчике с плотностью заряда  $q$  и плотностью радиационной загрузки  $N$ . Выберем такое значение  $q$ , при котором средняя величина сигнала с камеры равна порогу усилителя. В этом случае мы получим выражение для зависимости напряжения питания, необходимого для получения 50%-ной эффективности счетчика, от плотности загрузки:

$$U_{1/2} = 2q \ln \frac{R_k}{R_a} + \frac{eKR_k^2}{4q\kappa} \cdot N = U_{1/2}^0 + \Delta U_{1/2}, \quad /4/$$

где  $U_{1/2}^0$  соответствует случаю предельно малой загрузки, а

$$\Delta U_{1/2} = \frac{eKR_k^2}{4q\kappa} \cdot N \quad /5/$$

- величина смещения счетной характеристики при плотности загрузки  $N$ .

Рассмотрим теперь вопрос о смещении счетных характеристик в предположении об однородном поле в зазоре камеры. Используя выражение, полученное в работе<sup>/2/</sup>, связывающее напряжение на камере с плотностью загрузки, можно получить выражение, аналогичное формуле:

$$\Delta U_{1/2} = \frac{eKD^2}{q\kappa} \cdot N, \quad /6/$$

где  $D$  - величина зазора между сигнальной и высоковольтной плоскостями.

Сравним теперь формулы /5/ и /6/ с эксперименталь-

ными данными, приведенными на рис. 2, полагая геометрические величины  $R_k$  и  $D$  свободными параметрами. Коэффициенты пропорциональности между величинами  $\Delta U_{1/2}$  и  $N$  в этих формулах должны соответствовать тангенсу угла наклона ( $\alpha$ ) касательной к экспериментальной кривой в точке  $N=0$  при каждом значении

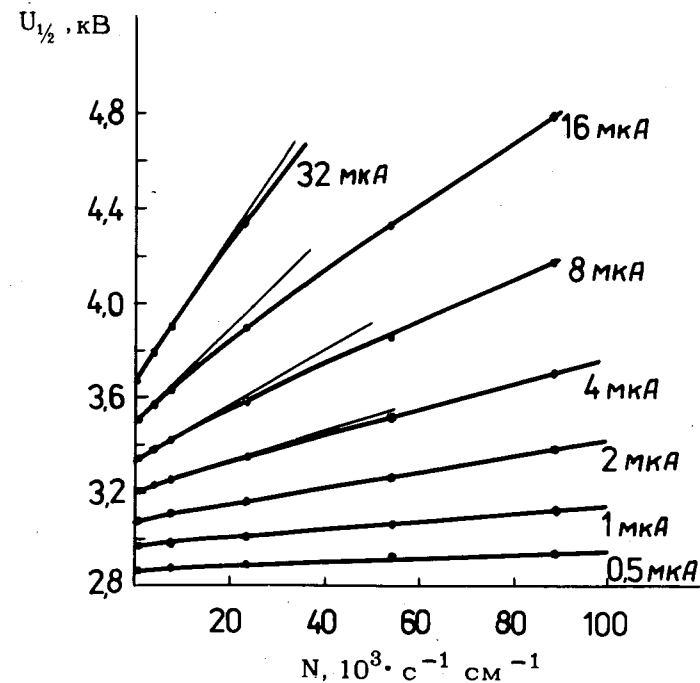


Рис.2. Экспериментальные зависимости напряжения ( $U_{1/2}$ ), при котором достигается 50%-ная эффективность, от плотности загрузки ( $N$ ). Цифры около кривых - порог усилителя. Тонкие линии - касательные к экспериментальным кривым в точке  $N=0$ .

порога усилителя. /При  $N > 0$  наблюдается некоторое отличие экспериментальных кривых от линейной зависимости. Это связано с использованным в расчетах предположением, что распределение пространственного заря-

да по объему счетчика определяется только полем, создаваемым сигнальной проволокой. При этом не учитывается искажение поля самим пространственным зарядом/.

Величины  $q$  и  $eK$  в /5/ и /6/, как и  $\alpha$ , должны определяться при  $N=0$ . Линейная плотность заряда на сигнальной проволоке есть

$$q = C U_{1/2}^{\circ}$$

где  $C$  - емкость на единицу длины сигнальной проволоки /в нашем случае  $C = 7,2 \cdot 10^{-2}$  /5/ /,  $U_{1/2}^{\circ}$  определяется из рис. 2.

Величина  $eK$  определялась по результатам измерения среднего тока  $\bar{i}$  через камеру по формуле  $eK = \frac{\bar{i}}{N}$ . Значение

$eK$  при  $N=0$  определялось методом экстраполяции в нуль.

Подвижность положительных ионов полагаем  $\kappa = 1,3 \text{ см}^2 / \text{В} \cdot \text{с}^{1/6}$ .

Результаты обработки экспериментальных данных сведены в таблицу. Видно, что, в то время как величина порога меняется почти на два порядка /от 0,5 до 32 мкА/, значения геометрических параметров  $R_k$  и  $D$  для всех значений порогов практически совпадают с их средними

Таблица

$J_{\text{порог}}$ , мкА	0,5	1	2	4	8	16	32	
$eK(\text{при } N=0)$ , пК	1,1	2,2	4,2	8,2	16	30	55	
$q$ , В	206	214	222	230	240	250	263	
$\alpha$ , В·см·с	1,45	1,95	3,42	5,80	12,9	19,8	31,0	$\times 10^{-3}$
$R_k$ , см	1,25	1,05	1,02	0,97	1,05	0,98	0,92	
$D$ , см	0,63	0,53	0,51	0,49	0,53	0,49	0,46	

$$\bar{R}_k = 1,03 \text{ см}$$

$$\bar{D} = 0,52 \text{ см}$$

$\bar{R}_k = 1,03 \text{ см}$  и  $\bar{D} = 0,52 \text{ см}$ . Несколько большее отклонение  $R_k$  и  $D$  от  $\bar{R}_k$  и  $\bar{D}$  при  $J_{\text{порог}} = 0,5 \text{ мкА}$  связано с трудностью в определении экспериментального наклона кривой на рис. 2.

Примечателен тот факт, что такие грубые предположения о виде поля в камере дают значения  $\bar{R}_k$  и  $\bar{D}$ , не слишком отличающиеся от реальных геометрических параметров камеры / $L = 0,9 \text{ см}$  и  $s/2 = 0,5 \text{ см}$ /.

Все это указывает на то, что причиной смещения по напряжению счетной характеристики с изменением плотности загрузки является пространственный заряд положительных ионов, учет влияния которого не слишком зависит от предположения о виде поля в камере.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные экспериментальные результаты показывают значительное влияние радиационной загрузки и величины порога регистрирующей электроники на положение счетной характеристики. Это необходимо учитывать при оценке работоспособности пропорциональной камеры по результатам стендовых испытаний с использованием радиоактивных источников, условия проведения которых обычно существенно отличаются от условий физического эксперимента на ускорителе.

Для оценки величины смещения счетной характеристики  $\Delta U_{1/2}$  можно пользоваться простыми приближенными формулами /5/ и /6/. При этом формула /5/ дает несколько заниженное, а формула /6/ - завышенное значение  $\Delta U_{1/2}$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Толченев Ю.М. ПТЭ, 1960, 3, с. 38.
2. Sadoulet В., Makowski В. CERN/D.Ph.II/PHYS. 73-3, CERN, Geneva, 1973.
3. Алексеев Г.Д. и др. ОИЯИ, P13-10607, Дубна, 1977.
4. Леб Л. Основные процессы электрических разрядов в газах. Гостехиздат, 1950.
5. Алексеев Г.Д. и др. ОИЯИ, P13-10606, Дубна, 1977.
6. Таблицы физических величин. Справочник. /Под редакцией академика И.К.Кикоина/. Атомиздат, М., 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 мая 1978 года.