

П.56

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АН СССР

21

препринт 150

**В.Г.Пономаренко, Л.Я.Трайнин,
В.И.Юрченко, А.Н.Яснецкий**

**Экспериментальное исследование
влияния пространственного заряда
на движение электронов в ловушке
с магнитными пробками при
внешней инжекции**

г.Новосибирск 1967

V.G.Ponomarenko, L.Ja.Traynin,
V.I.Jurtchcenko, A.N.Jasnetsky

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A SPACE CHARGE INFLUENCE ON
THE ELEKTRONS MOTION IN A MAGNETIC MIRROR MACHINE.

A measurements method M -spectre of electrons, captured into the mirror machine and the method of graphoanalytical calculations, permitting to found the upper limit of M -spectre in the mirror machine with external injection system are described. The experiments shows, that influence of space charge bring to the capturing of electrons with M appreciable greater than that of permitted by adiabatic theory.

I. Количественные оценки верхней границы спектра электронов по M , которые могут быть захвачены в адиабатическую ловушку, с системой внешней инжекции, описанной в /1/.

Из соотношения

$$eU_i = W_{||}(z) + \mu H(z) + eU_k(z)$$

где $W_{||}$ - продольная энергия электрона

U_i - напряжение на инжекторе

U_k - потенциал кольца /1/, создаваемый в данной точке z

$M = \frac{eU_i}{H_i} \sin^2 \alpha_i$ - адиабатический инвариант движения электрона

H_i - величина магнитного поля в точке, где происходит инжекция электрона

α_i - угол между вектором скорости электрона и вектором в точке инжекции получаем

$$W_{||}(z) = 1 - \frac{\beta(z)}{\beta_i} \sin^2 \alpha_i - \zeta(z) \quad (2)$$

где

$$w_{||}(z) = \frac{W_{||}(z)}{eU_i}; \quad \zeta(z) = \frac{U_k(z)}{U_i}; \quad \beta(z) = \frac{H(z)}{H_{пробки}}; \quad \beta_i = \frac{H_i}{H_{пробки}}$$

Потенциал кольца в камере был промерен на уголкового модели, и $\zeta(z)$ известно /2/.

Тогда задавшись величиной $\frac{U_{kmax}}{U_i}$, где U_{kmax} - величина импульсного напряжения на кольце легко можно построить потенциальный график для прохождения электронов в ловушку при захвате, по которому можно определить максимальную величину M .

На рис. I приведены графики для случая, когда расстояние между пробками равно 79 см, а расстояние от пушки до I-й пробки равно 41 см.

2. Экспериментальная часть

Для проверки вышеизложенных расчетов было проведено исследование спектрального состава электронов, захваченных в магнитную ловушку. Эксперименты проводились с катодом - вольфрамовой нитью диаметром в 0,4 мм. Характеристика прямого и захваченного токов приведены на рис.2. Измерение проводилось при токе 2-й пробки в 2 раза, меньшем чем ток 1-й пробки. Из измерений видно, что эффективность захвата несколько падает с ростом тока накала катода.

Спектральный состав по M измерялся следующим образом:

При неизменном токе 1-й пробки изменялся ток 2-й пробки и находилась зависимость амплитуды тока вторичных электронов, которая пропорциональна числу первичных электронов, захваченных в ловушку $/I/$. При этом условия захвата в области 1-й пробки почти не менялись.

Измерения показали, что при этом при $I = 15,5$ а в соответствии с анализом потенциальных кривых действия кольца на инжектируемые электроны в адиабатическом приближении отсечка тока происходит при β_c кр.эксп. = $0,45 \div 0,50$, а расчет дает

β_c кр.расчетное = $0,46$ и можно утверждать, что экспериментальные данные находятся в удовлетворительном соответствии с расчетом (см. рис. 3).

Как видно из рисунка 3, при $I = 17a$; отсечка наступает при β_c кр.эксп. = $0,25$, что указывает на то обстоятельство, что действием пространственного заряда в объем инжектируются электроны, имеющие M , значительно большие тех, которые разрешены по адиабатической теории.

При расстоянии между центрами пробок, равном 79 см были сняты зависимости $\bar{T} = \bar{T}(H_{пробки})$ ([3]) при токах накала $15,5a$ и $17a$. При этом величина импульсного напряжения на пушке была равна $U_{пл} = 9$ кв, а на кольце $11,7$ кв, как и при снятии магнитных спектров. Как видно из кривых, приведенных на рис.4:

1) Среднее время удержания для $I_f = 17a$ больше, чем для $I_f = 15,5a$ на плато, что, по-видимому, является следствием того, что действием пространственного заряда в рабочее пространство

инжектируются электроны с большими M .

2) Резкий спад кривой $\bar{T} = \bar{T}(H_{\text{пробки}})$ для $I_f = 15,5a$ происходит при более сильных полях, чем при $I_f = 17a$, что подтверждает предположение, высказанное в п.1.

Авторы выражают глубокую благодарность Б.В.Чирикову, предложившему метод измерения спектрального состава по M , за советы и ценные обсуждения.

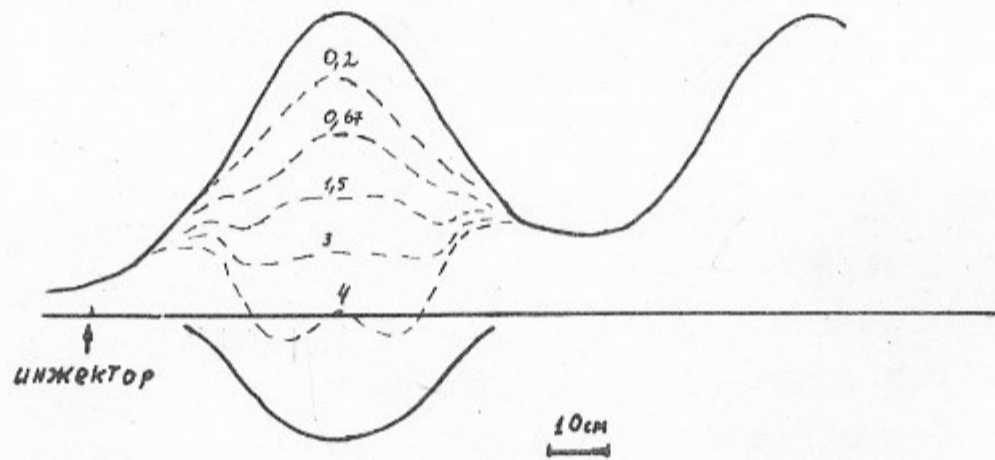


Рис.1. Графики эффективного потенциала для захвата электронов при различных значениях $U_{kt}/U_i = S_{kt}$

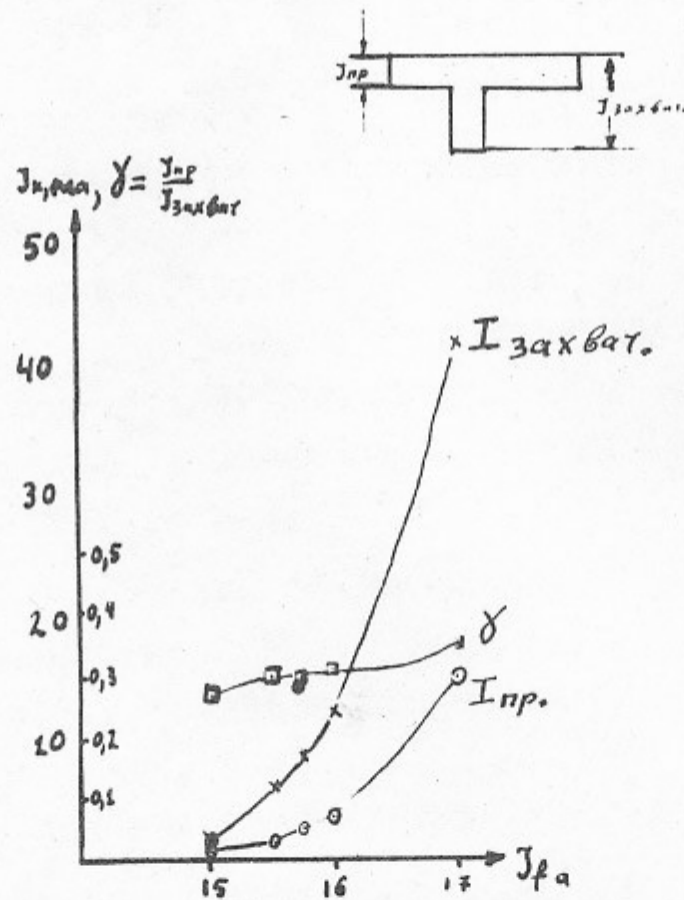


Рис.2. Зависимость величин тока, проходящего на коллектор, тока, захваченного и их отношения от тока накала инжектора.

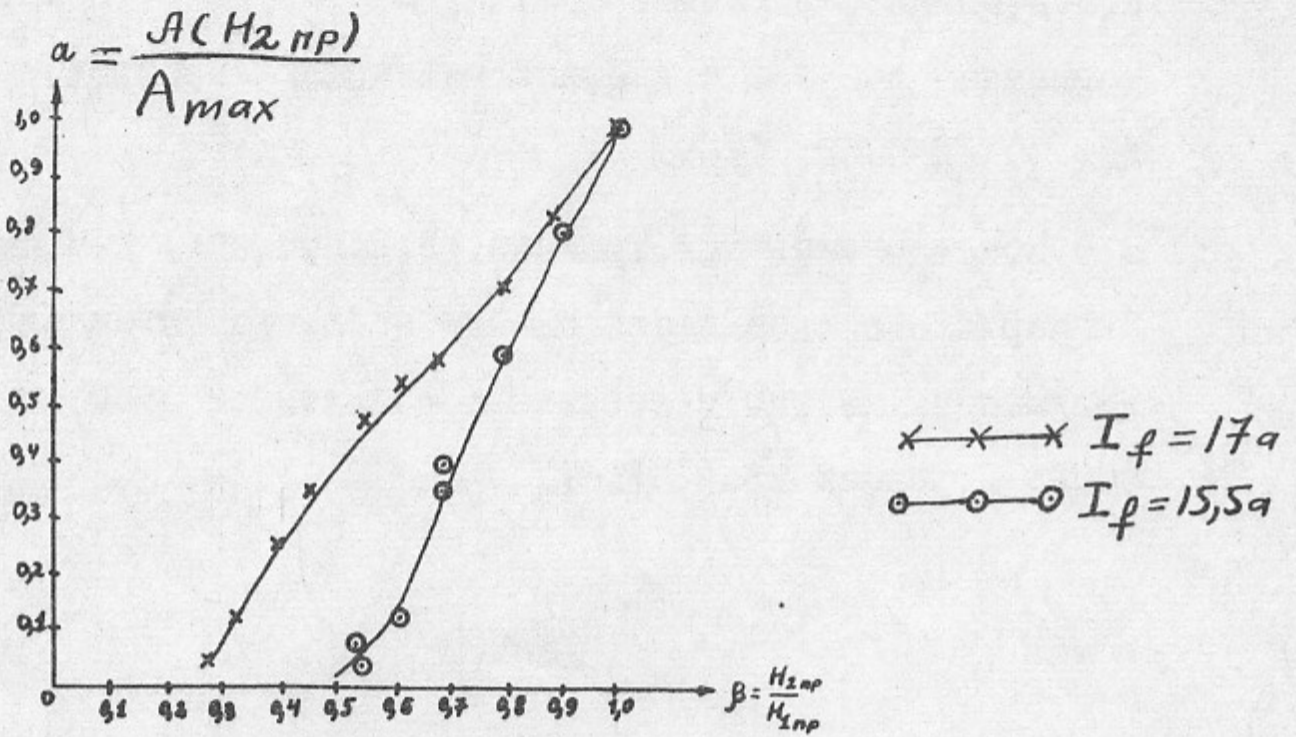


Рис.3. Зависимость спектрального состава по магнитным моментам электронов, захваченных в магнитную ловушку от тока накала

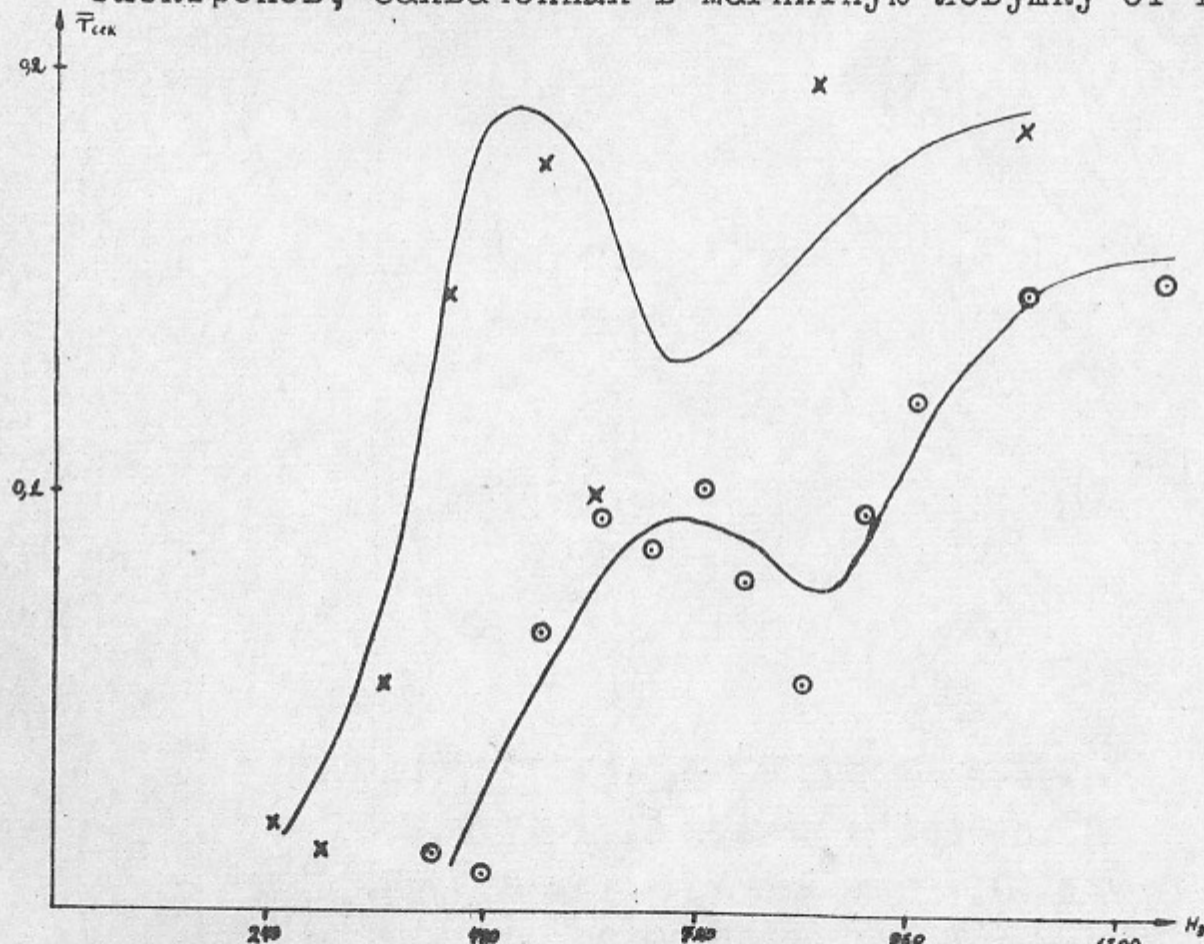


Рис.4. Зависимости среднего времени удержания от магнитного поля ловушки при различных токах накала инжектора.

$\times \times \times I_f = 17 \text{ a}$
 $\circ \circ \circ I_f = 15,5 \text{ a}$

Л и т е р а т у р а

1. А.Н.Дубинина, Л.Я.Трайнин, Б.В.Чириков. ЖЭТФ, 49, 373, 1965.
2. А.Н.Дубинина, В.Г.Пономаренко, Л.Я.Трайнин, Б.В.Чириков.
Магнитная ловушка с внешней инжекцией электронов. Отчет
ИЯФ СО АН СССР, 1965.
3. В.Г.Пономаренко, Л.Я.Трайнин, В.И.Юрченко, А.Н.Яснецкий.
Экспериментальное исследование процессов движения отдельных
заряженных частиц в ловушке с магнитными пробками. ИЯФ СО АН
СССР, г.Новосибирск, 1967.

Ответственный за выпуск Л.Я.ТРАЙНИН

Подписано к печати 6.IX-67 г.

Ул. 0,7 печ.листа, тираж 250 экз.

Заказ № 150, БЕСПЛАТНО

Отпечатано на ротапинтере в ИЯФ СО АН СССР