

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



СЗ45Н

М-345

1/8-77

P9 - 10670

2921/2-77

И.М.Матора, Л.А.Меркулов

ОСЕСИММЕТРИЧНАЯ ПУШКА  
НА ЭНЕРГИЮ ЭЛЕКТРОНОВ 300 кэВ И ТОК 250 А  
С ЛАМИНАРНЫМ ПОТОКОМ

**1977**

P9 - 10670

И.М.Матора, Л.А.Меркулов

ОСЕСИММЕТРИЧНАЯ ПУШКА  
НА ЭНЕРГИЮ ЭЛЕКТРОНОВ 300 кэВ И ТОК 250 А  
С ЛАМИНАРНЫМ ПОТОКОМ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Осесимметричная пушка на энергию электронов 300 кэВ и ток 250 А с ламинарным потоком

Описываются особенности точного самосогласованного расчета, с помощью которого получена конфигурация электродов, обеспечивающая ламинарный поток в сильноточной двухэлектродной осесимметричной электронной пушке на энергию электронов 300 кэВ и ток 250 А. Исследовано поведение характера потока при варьировании электромагнитных параметров пушки. Показано, что диапазон их изменения, в котором сохраняется ламинарность потока, существенно уже, чем в случае электронной пушки на 500 кэВ и 250 А.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Axisymmetric Electron Gun on Energy 300 keV and Current 250 A with Laminar Flow

Specific features of selfconsistent calculation have been described, which allow one to receive a form of electrodes providing laminar flow in strongcurrent diodic axisymmetric electron gun on energy 300 keV and current 250 A. Features of flow are investigated when varying gun electromagnetic parameters. The interval of their variation where the flux laminarity is conserved is shown to be narrower than that in electron gun on 500 keV and 250 A.

The investigation has been performed at the Neutron Physics Laboratory, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

## ВВЕДЕНИЕ

При разработке методики расчета оптических схем, обеспечивающих формирование ламинарного потока в мощных осесимметричных электронных пушках<sup>/1-4/</sup>, мы рассматривали два значения энергий электронов на выходе: 500 и 300 кэВ. Импульсный ток был в обоих случаях один и тот же - 250 А. Результаты по электронным пушкам на 500 кэВ в основном уже опубликованы. Описание особенностей пушек на 300 кэВ, выявленных при их расчетах по изложенной в<sup>/1-4/</sup> методике, дается в настоящей работе.

### 1. ЭЛЕКТРОННАЯ ПУШКА - ДИОД

Основным отличием сильноточной электронной пушки на энергию 300 кэВ является существенно большее, чем в пушке на 500 кэВ, "расталкивание" объемного заряда. Кроме того, в ней анод приближен к катоду так, что минимальный зазор между ними равен 3 см (рис.1а). Для того чтобы беспрепятственно провести пучок сквозь анодное отверстие того же диаметра, что и в пушке на 500 кэВ, начальный наклон наружной траектории  $\gamma'_0$  был взят - 0,1 (вместо - 0,001), а карниз неэмиттирующей части катода над эмиттером был приближен к последнему на 0,5 см.

Все эти необходимые изменения привели к серьезному возрастанию неоднородности напряженности электрического поля на эмиттере, причем отношение

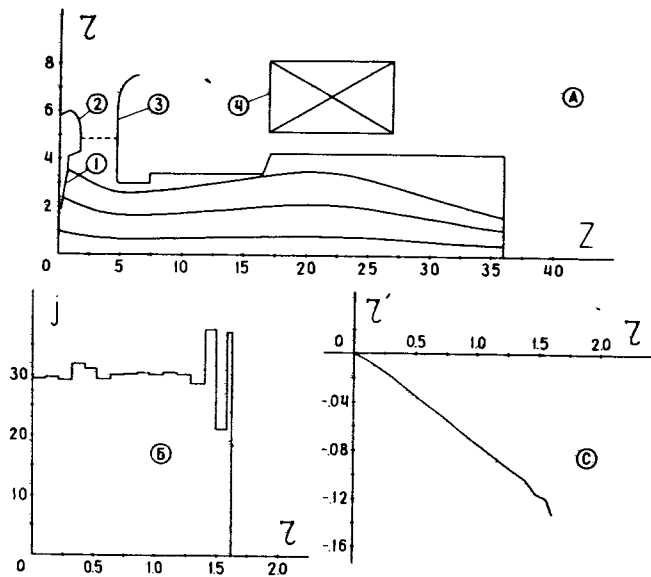


Рис. 1. Электронно-оптическая схема пушки-диода (а), распределение плотности тока в ней по сечению (б) на выходе при номинальных параметрах и проекция фазового объема пучка (с). ( $r$  и  $z$  в см,  $j$  в  $\text{А}/\text{см}^2$ ). 1 - эмиттер, 2 - катод, 3 - анод, 4 - фокусирующий соленоид.

$$\xi = \frac{E_{\max}}{E_{\min}} \quad (1)$$

оказалось равным 1,54. Величина напряженности электрического поля  $E$  на эмиттере всюду превосходит 20 кВ/см, вследствие чего распределение плотности эмиссии рассчитывалось в соответствии с законом Шоттки

$$j = B(T) \cdot \exp\left(\frac{e\sqrt{eE}}{kT}\right), \quad (2)$$

где  $B(T)$  - коэффициент пропорциональности,  $k$  - постоянная Больцмана,  $e$  - заряд электрона,  $T$  - температура катода в К, которая всегда предполагается постоянной на всей поверхности эмиттера.

Вычисленная по методике /1-4/ форма эмиттера, диаметр которого был взят равным 7 см, изображена на рис. 1а. На рис. 1б и 1с даны распределение плотности тока по радиусу на выходе из пушки на расстоянии 36 см от катода и проекция фазового радиального объема в той же точке.

Равномерность плотности пучка на выходе из пушки вполне удовлетворительная. Эмиттанс равен нулю (в пренебрежении разбросом начальных скоростей электронов на эмиттере за счет термического эффекта, который, как легко оценить, привносит в значение эмиттанса незначительную величину, меньше  $4 \cdot 10^{-3}$  см.рад.). Благоприятным моментом следует также считать весьма близкую к линейной связь между  $r'$  и  $r$ , что свидетельствует о высоких оптических свойствах потока, удержание которого вблизи оси симметрии системы при дальнейшем использовании пучка в связи с этим радикально облегчается /5/.

Однако такой характер потока при номинальных значениях анодного напряжения ( $V_0 = 300$  кВ), тока ( $I_0 = 250$  А) и напряженности магнитного поля в центре соленоида ( $H_0 = 383,5$  Э) при изменениях этих параметров нарушается гораздо скорее, чем в пушке на 500 кВ/2/. Это иллюстрируется рис. 2-5, из которых видно, что диапазон изменения этих величин, в котором ламинарность потока сохраняется, здесь гораздо уже, чем в /2/.

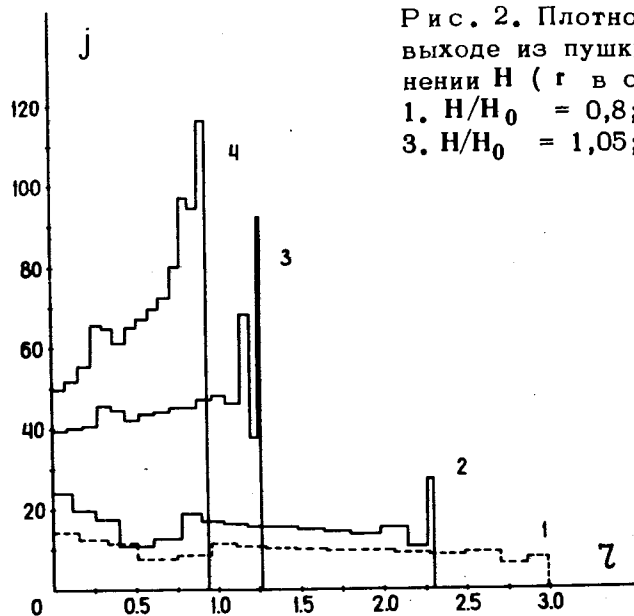


Рис. 2. Плотность тока на выходе из пушки при изменении  $H$  (г в см;  $j$  в А/см<sup>2</sup>).  
 1.  $H/H_0 = 0,8$ ; 2.  $H/H_0 = 0,9$ ;  
 3.  $H/H_0 = 1,05$ ; 4.  $H/H_0 = 1,1$ .

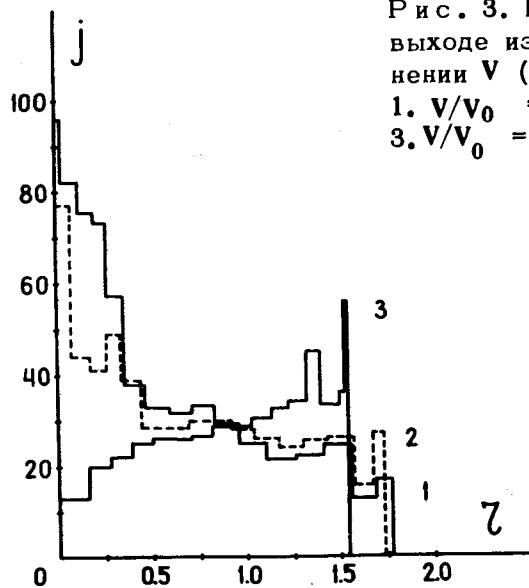


Рис. 3. Плотность тока на выходе из пушки при изменении  $V$  (г в см;  $j$  в А/см<sup>2</sup>).  
 1.  $V/V_0 = 1,1$ ; 2.  $V/V_0 = 1,05$ ;  
 3.  $V/V_0 = 0,97$ .

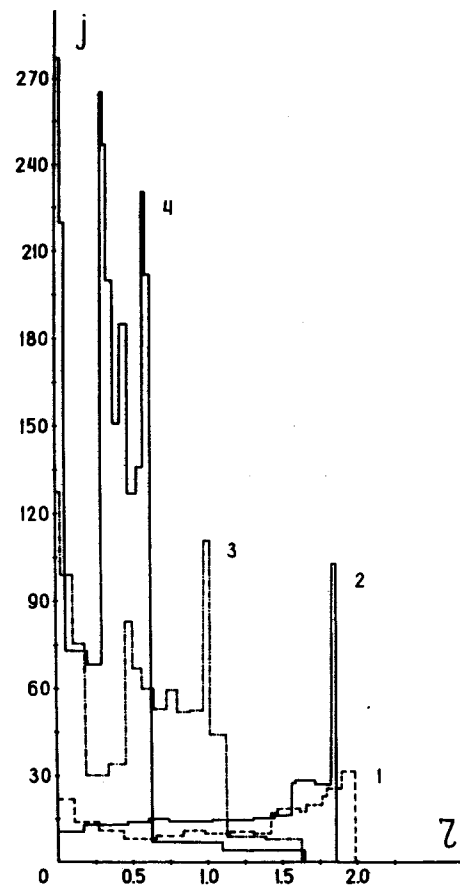


Рис. 4. Плотность тока на выходе из пушки при изменении  $l$ . (г в см;  $j$  в А/см<sup>2</sup>).  
 1.  $l/l_0 = 0,8$ ; 2.  $l/l_0 = 0,9$ ;  
 3.  $l/l_0 = 1,05$ ; 4.  $l/l_0 = 1,1$ .

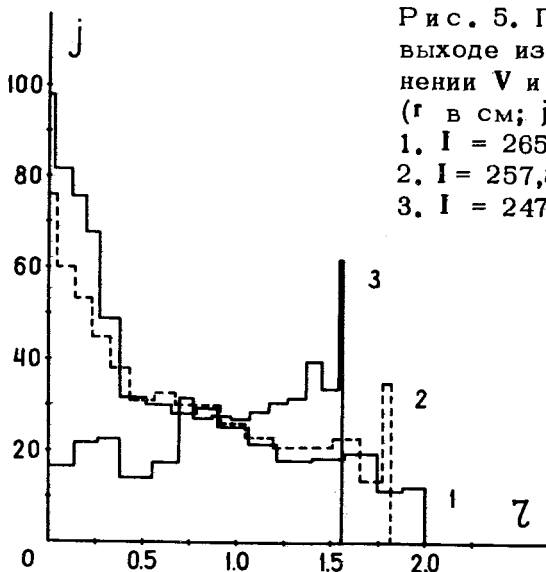


Рис. 5. Плотность тока на выходе из пушки при изменении  $V$  и  $I$  по закону Шоттки ( $r$  в см;  $j$  в  $A/cm^2$ ).

1.  $I = 265,5$  А;  $V = 360$  кВ;
2.  $I = 257,8$  А;  $V = 330$  кВ;
3.  $I = 247,6$  А;  $V = 291$  кВ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Матора И.М., Меркулов Л.А. ОИЯИ, Р9-9476, Дубна, 1976.
2. Матора И.М., Меркулов Л.А. ОИЯИ, Р9-9818, Дубна, 1976.
3. Матора И.М., Меркулов Л.А. В кн.: Разработка и практическое применение электронных ускорителей. Материалы Всесоюзной конференции, Томск, 3-5 сентября 1975 г. Изд-во ТГУ, Томск, 1975.
4. Матора И.М., Меркулов Л.А. ОИЯИ, Р9-10504, Дубна, 1977.
5. Матора И.М., Меркулов Л.А., Шелонцев И.И. ОИЯИ, Р9-5268, Дубна, 1970; ЖТФ, 1971, 41, с.1469.

Рукопись поступила в издательский отдел  
19 мая 1977 года.