

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**  
**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

ЕФИ-473(16)-81

Մ.Ա.ԱԿՈՓՈՎ, Յ.Լ.ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ.  
Բ.Վ.ՍԵՏՐՈՍՅԱՆ, Մ.Լ.ՍԵՏՐՈՍՅԱՆ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОНОВ В АКСИАЛЬНО-КОЛЬЦЕВОМ  
МАГНИТНОМ ПОЛЕ

ԵՐԵՎԱՆ 1981 ԵՐԵՎԱՆ

M.A.AKOPOV, YU.L.MARTIROSIAN, B.V.PETROSIAN,  
M.L.PETROSIAN

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ELECTRON MOTION  
IN AXIAL-CIRCULAR MAGNETIC FIELD

The results are presented of the experimental check of the electron motion stability in axial-circular, constant-in-time magnetic field. A couple of quadrupole lenses was set on the ring. When switching the lenses off the value of the particle vertical drift is in good agreement with the theory. At switching them on the electron motion in the ring turns stable. During the experiment the electrons in the ring made some 60 turns. The scattering on the residual gas accounts for the finite time of the electron beam existence in the ring. The results confirm the possibility of construction of charged particle accelerators with a constant-in-time axial-circular magnetic field.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1981.

М.А.АКОПОВ, Ю.Л.МАРТИРОСЯН, Б.В.ПЕТРОСЯН,  
М.Л.ПЕТРОСЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ  
В АКСИАЛЬНО-КОЛЬЦЕВОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В работе приводятся результаты экспериментальной проверки устойчивости движения электронов в аксиально-кольцевом, постоянном во времени магнитном поле. На кольце была установлена пара квадрупольных линз. При отключении линз величина дрейфа частиц по вертикали хорошо согласуется с теорией. При включении линз движение электронов в кольце становится устойчивым. В условиях эксперимента электроны в кольце совершали около 60 оборотов. Конечное время существования электронного пучка в кольце объясняется рассеянием на остаточном газе. Результаты подтверждают возможность создания ускорителей заряженных частиц с постоянным во времени аксиально-кольцевым магнитным полем.

Ереванский физический институт

Ереван 1981

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-473(16)-81

М.А.АКОПОВ, Ю.Л.МАРТИРОСЯН, Б.В.ПЕТРОСЯН

М.Л.ПЕТРОСЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ  
В АКСИАЛЬНО-КОЛЬЦЕВОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Ереван 1981

© Ереванский физический институт, 1981

В работе [1] был предложен кольцевой ускоритель элементарных частиц с постоянным во времени магнитным полем. В этой же работе было указано на появление вертикального дрейфа частиц в аксиальном кольцевом поле, предложенном для создания ускорителя в более ранней работе [2]. В работе [1] предлагалось установить на кольце квадрупольные линзы для компенсации дрейфа и достижения устойчивого движения в широком диапазоне энергий ускоренных частиц.

В данной работе приводятся результаты экспериментальной проверки устойчивости движения электронов в предложенной постоянной во времени магнитной дорожке. Была создана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис.1, а внешний вид — на рис.2.

Кольцевая вакуумная камера состоит из двух полуколец диаметром 50 см, изготовленных из латунной трубки диаметром 18мм, между полукольцами установлены две камеры. В одной из них установлена вольфрамовая нить, являющаяся катодом, на который подается ускоряющее отрицательное напряжение.

Аксиальное магнитное поле создается с помощью двух обмоток

Первая, создающая поле 400 э, намотана на вакуумную камеру медной трубкой с водяным охлаждением. Вторая обмотка представляет собой 22 коротких соленоида, надетых на первую обмотку. Суммарное аксиальное магнитное поле равно 600 э.

Величина дрейфа в аксиально-кольцевом магнитном поле, согласно работе [1], определяется соотношением:

$$Z_d = \frac{\omega \Omega}{\omega^2 + \Omega^2} \ell, \quad (I)$$

где  $\omega = eH/mc$  - циклотронная частота электронов,  
 $\Omega = v/R$  - частота вращения электронов в кольце,  
 $\ell$  - путь, пройденный электроном,  
 $e, m$  - заряд и релятивистская масса электрона,  
 $H$  - напряженность аксиального магнитного поля,  
 $R$  - радиус кольца.

При энергии электронов 250 эВ,  $H = 600$  э и  $R = 25$  см дрейф за по оборота составляет 2,8 мм.

На рис.3 приведена зависимость тока пучка в кольце от энергии электронов для двух значений напряженности магнитного поля. Из результатов видно, что при поле 600 э ток пучка в кольце существует до энергии электронов  $3 \cdot 10^3$  эВ. Это означает, что дрейф по вертикали за по оборота электронов с такой энергией уже равен радиусу камеры, т.е. 9 мм. Это хорошо совпадает с расчетным значением дрейфа электронов с энергией  $3 \cdot 10^3$  эВ, получаемым из выражения (I), равное 9,7 мм. Колебание зависимости тока в районе энергий 40-90 эВ, на наш взгляд, определяется характеристическими взаимодействиями электронов с остаточным газом в вакуумной камере, величина вакуума была  $5 \cdot 10^{-5}$  мм.рт.ст

Уменьшение тока в кольце, начиная с энергии 200 эВ обусловлено началом касания пучка стенок вакуумной камеры в результате вертикального дрейфа. Более быстрый темп уменьшения тока в области энергии 250–500 эВ объясняется уменьшением доли электронов, попадающих в кольцевую камеру из камеры катода.

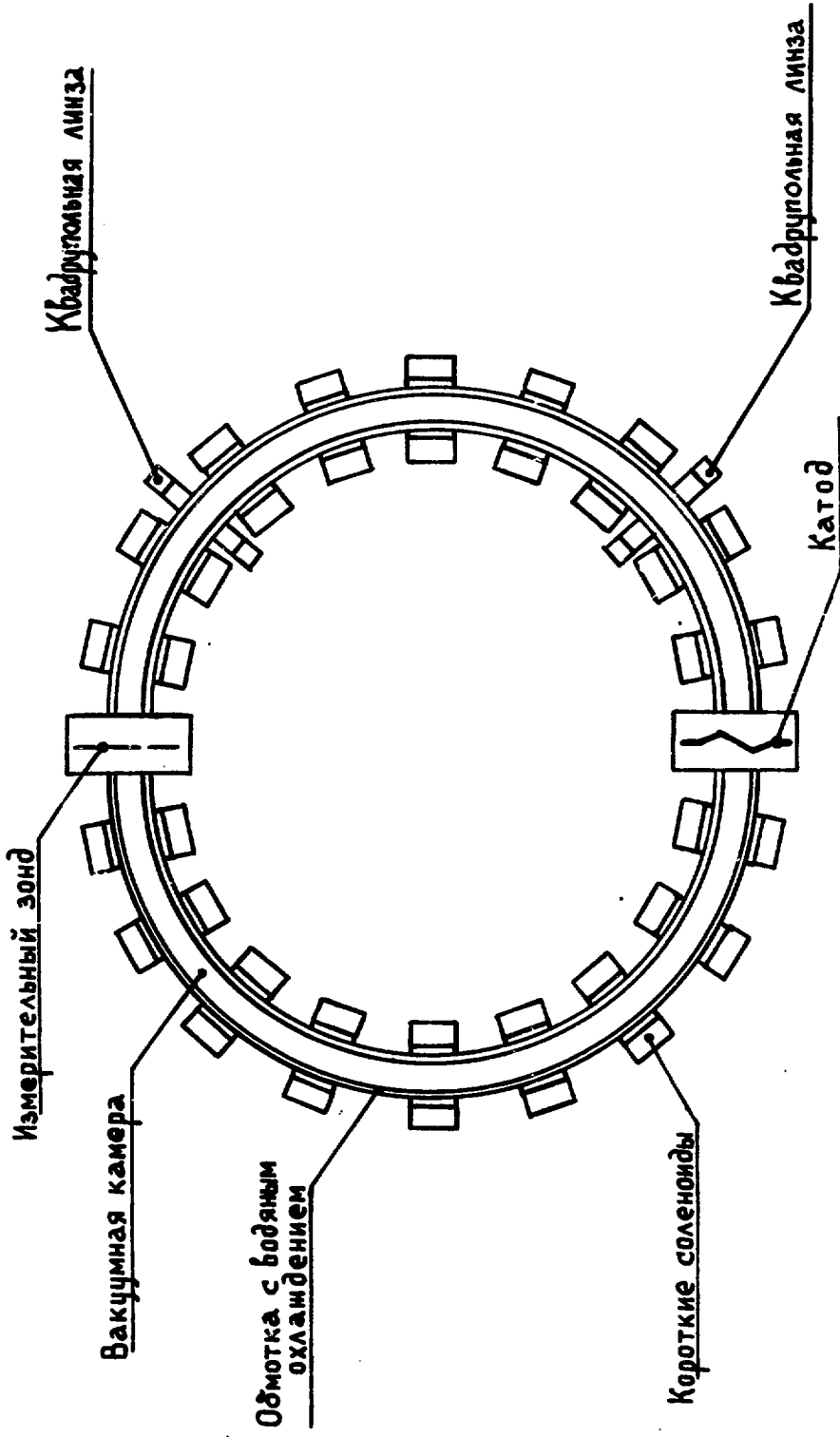
При напряженности магнитного поля 200 э пучок существует до энергии 1400 эВ. Согласно выражению (1), при уменьшении напряженности магнитного поля в 3 раза, энергия электронов уменьшится в  $3\frac{1}{2}$  раза при том же значении допустимого дрейфа, что совпадает с результатами измерения.

Для исследования устойчивости движения электронов при включении квадрупольных линз, вместо постоянного потенциала к катоду подавалось импульсное напряжение с длительностью импульса 0,3 мксек и амплитудой 250 в. При такой энергии электроны должны совершить несколько оборотов и попасть на стенку вакуумной камеры, вследствие вертикального дрейфа. При включении квадрупольных линз время жизни пучка должно увеличиваться.

Зависимость тока пучка в кольце от времени приведена на рис.4. Кривая 1 на рис.4 показывает зависимость тока от времени для поворота пучка (половина кольцевой дорожки была отключена). Как видно из кривой, длительность тока составляет 2 мкс, а импульс напряжения на катоде, как было отмечено, длится 0,3 мксек. Удлинение импульса тока объясняется немонохроматичностью энергии электронов, появляющейся из-за конечности длины фронта и спада импульса, длительность фронта равна 0,1 мкс, а длительность спада — 0,15 мкс. Кривая 2 на рис.4 показывает зависимость тока от времени при выключенных квадрупольных линзах, ток в кольце прекращается через 4 мкс.

Быстрое убывание тока в первой микросекунде обусловлено рассеянием малоэнергетичных частиц на остаточном газе, так что в конце импульса тока в кольце вращаются только электроны с более высокой энергией. Дальнейшее уменьшение тока—следствие дрейфа частиц и попадания их на стенку вакуумной камеры. При длительности тока импульса 4 мкс и при энергии электронов 250 эВ, электроны совершают около 25 оборотов. Согласно выражению (I), они уходят по вертикали на 60 мм, что значительно больше размера вакуумной камеры. Отклонение этого результата от выражения (I) объясняется следующим образом: краевые поля коротких соленоидов выполняют роль фокусирующей системы, которая и уменьшает величину дрейфа. Влияние такой фокусировки при более высоких энергиях электронов незначительно, как это видно из результатов, приведенных на рис.3, т.е. величина дрейфа определяется выражением (I).

При включении квадрупольных линз, как видно из рис.4, длительность тока в кольце значительно увеличивается и уже составляет 8 мксек. Время существования пучка в этом случае, кроме рассеяния на остаточном газе, определяется и потерями на измерительном зонде. Коэффициент прозрачности зонда около 1%, при совершении пучком 60 оборотов ток должен уменьшиться в 2 раза только из-за потерь на зонде.



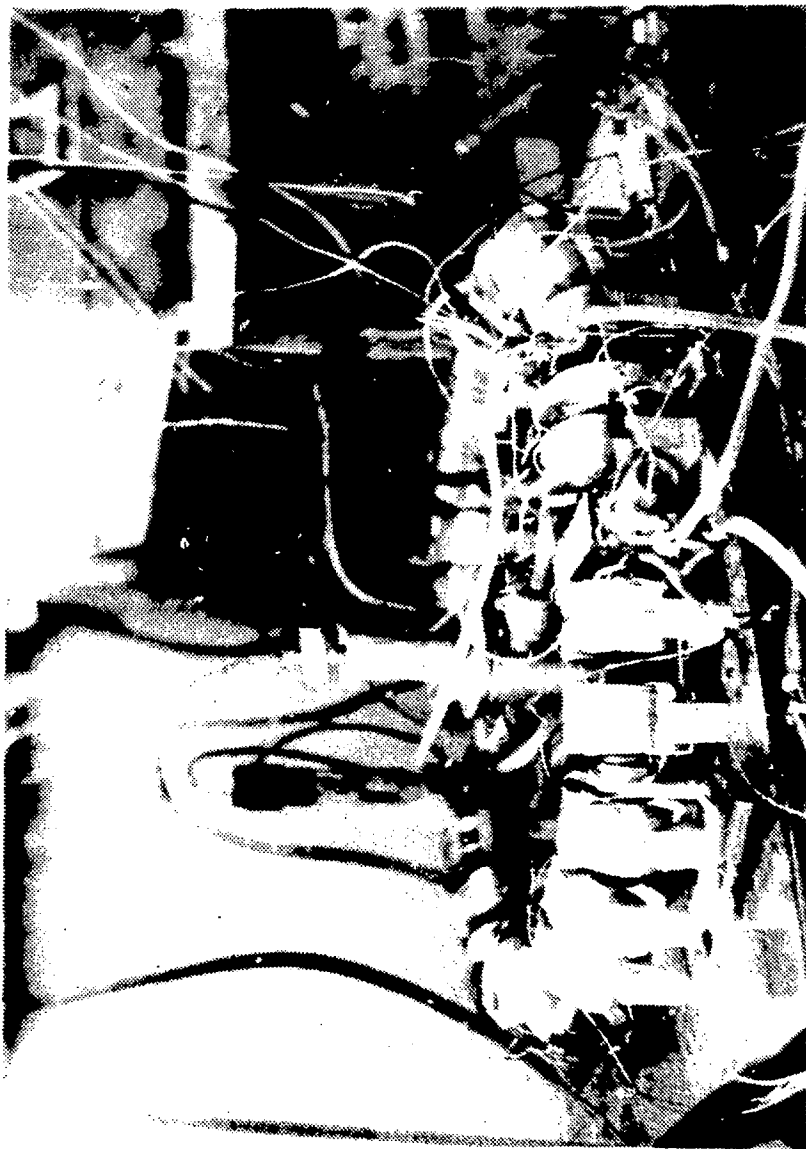


FIG. 2

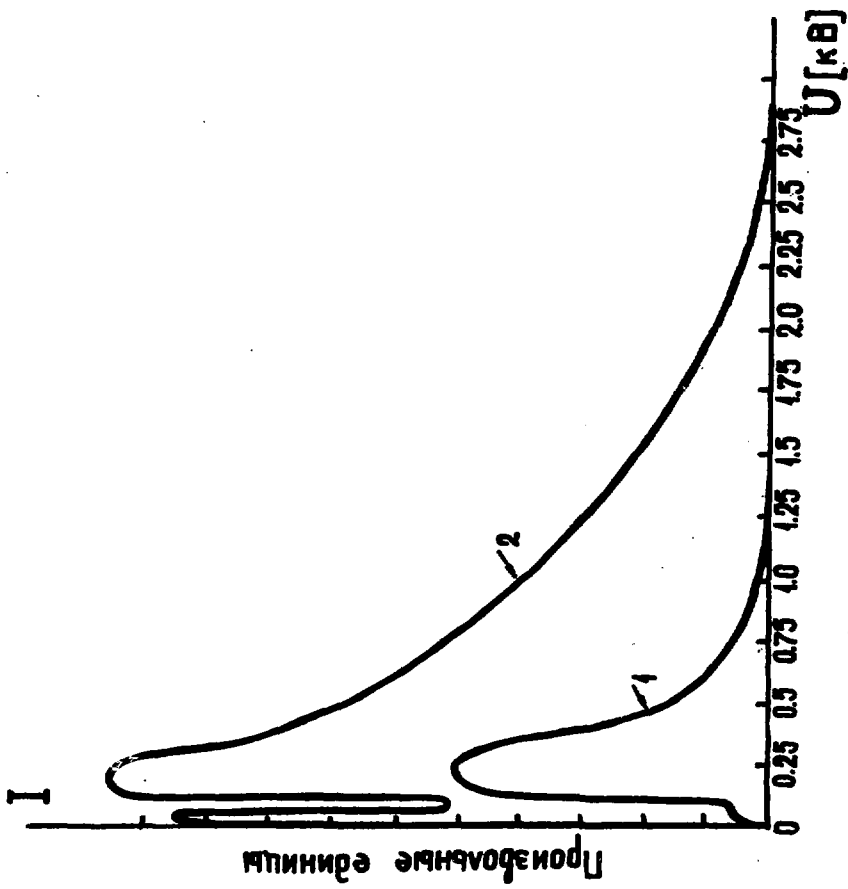


Рис.3

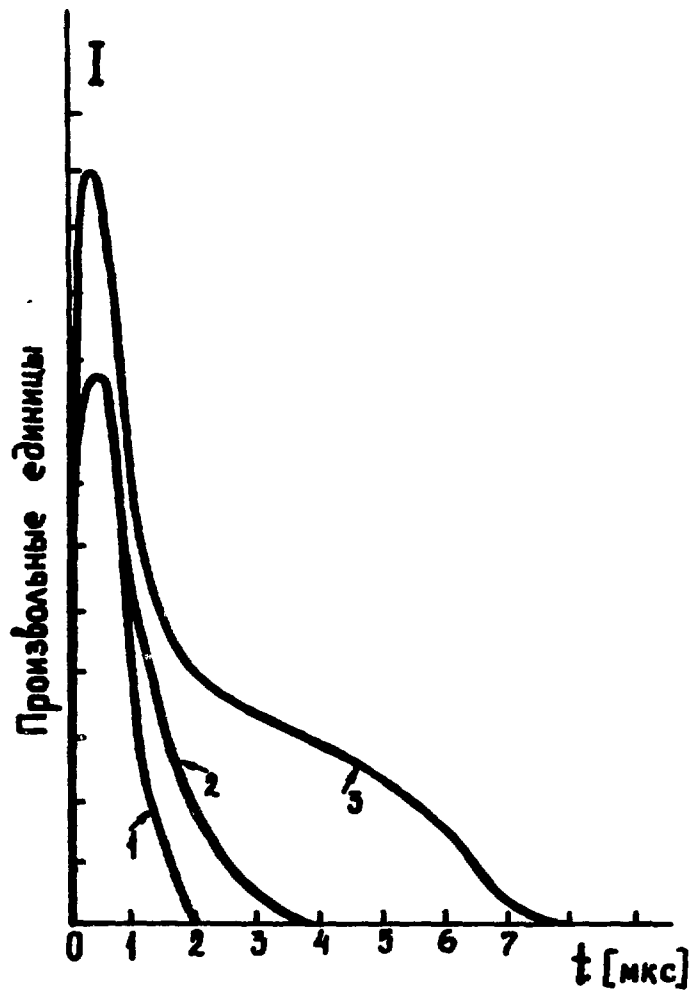


Рис.4

## ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Схема экспериментальной установки.

Рис.2 Внешний вид экспериментальной установки.

Рис.3 Зависимость тока в кольце от энергии пучка при постоянном напряжении катода.

1. Поле 200 э.

2. Поле 600 э.

Рис.4 Зависимость тока в кольце от времени.

1. Ток первого оборота.

2. Ток без включения линз.

3. Ток с включенными линзами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Мартиросян Ю.Л., Петросян М.Л. Препринт ЕФИ-414(21)-80.
- [2]. Б.И.Рамеев. "Устройство для ускорения движения заряженных частиц". Авторское свидетельство СССР № 74398, ежемесячный бюллетень изобретений 3, 1949.

Рукопись поступила 20-го февраля 1981 г.

Редактор Л.П.Мукаян

Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 378

ВФ-04877

Тираж 299

Препринт ЕФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 16/VI-81г. 1,0 уч.изд.л.ц. 7 к.

Издано Отделом научно-технической информации  
Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Маркаряна 2



индекс 3624