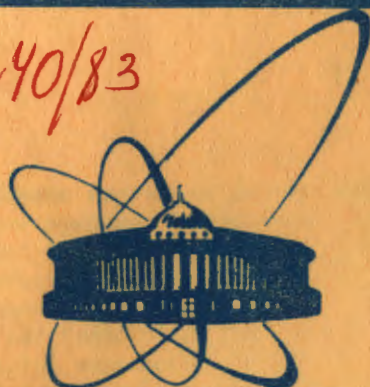


240/83



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

10/1-83

9-82-709

В.С.Александров, Г.В.Долбилов, Э.А.Перельштейн,  
В.Н.Разувакин, А.П.Сумбаев, С.И.Тютюнников,  
В.Н.Шаляпин, Г.Д.Ширков

ФОРМИРОВАНИЕ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ  
В ТОЧКЕ ИНЖЕКЦИИ  
В АДГЕЗАТОР ПРОТОТИПА КУТИ

1982

Целью настоящей работы являлось измерение пространственных характеристик /поперечных размеров, эмиттансов и расходимости/ пучка электронов ускорителя СИЛУНД<sup>1</sup>, изучение и оптимизация факторов, влияющих на эти характеристики при инжекции пучка в адгезатор прототипа коллективного ускорителя тяжелых ионов /КУТИ/ ОИЯИ<sup>2,3/</sup>. Требуемые параметры пучка при инжекции в адгезатор коллективного ускорителя с электронными кольцами<sup>4/</sup> определяются условиями компрессии и для прототипа КУТИ составляют: поперечные полуразмеры  $a_{x,y} \leq 2$  см, продольная скорость  $\beta = 0,97$  /в единицах скорости света/, релятивистский фактор  $\gamma = 4,3$ , величина тока /при длительности импульса  $\sim 10$  нс/  $I \geq 200$  А. Ограничения и величины поперечных эмиттансов  $E_{x,y}$  определяются значениями фазовых объемов бетатронных колебаний частиц в поле адгезатора<sup>4/</sup>:

$$\epsilon_{x,y} = \frac{a_{x,y}^2}{r_{in}} \nu_{x,y},$$

где  $r_{in}$  - радиус инжекции,  $\nu_{x,y}$  - относительные частоты бетатронных колебаний на первом обороте. Для характерных параметров прототипа КУТИ:  $\nu_x \cong 0,9$ ,  $\nu_y \cong 0,5$ ,  $r_{in} = 40$  см - предельные значения  $\epsilon_{x,y}$  составляют 90 см мрад и 50 см мрад соответственно.

## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Схема размещения экспериментального оборудования представлена на рис.1. Измерения производились в камере адгезатора 1 при инжекции пучка из СИЛУНДА через электропровод 2 и инфлектор 6.

Формирование и транспортировка пучка в СИЛУНДЕ осуществлялись продольным магнитным полем, формируемым соленоидальными катушками 3. В продолжение этого поля канал транспортировки пучка представлял собой непрерывный соленоид 4. В конце канала установлена фокусирующая линза 5 с независимой регулировкой тока. Основные параметры канала транспортировки составляли: апертура электропровода  $\varnothing 5,8$  см, длина соленоида  $L_1 = 83$  см, длина свободного промежутка  $L_2 = 2$  см, длина линзы  $L_3 = 15$  см, длина инфлектора  $L_4 = 35$  см, размер выходного окна инфлектора  $4,0 \times 4,0$  см. Величины полей подбирались в зависимости от настройки ускорителя в пределах  $500 \div 800$  Э, таким образом, чтобы на выходе из инфлектора в точке инжекции при заданном эмиттансе пучок обладал минимальной расходимостью. Ток пучка контролировался поясом Роговского 7. Для анализа использовалась щелевая диафрагма 8.

Одобрено  
руководителем

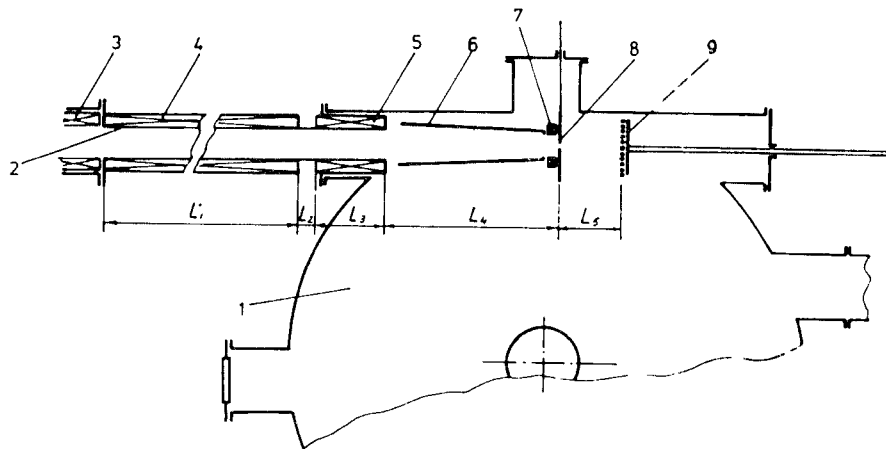


Рис.1. Схема экспериментального оборудования. 1 - камера адгезатора; 2 - электропровод; 3 - фокусирующие катушки ускорительного тракта ускорителя СИЛУНД; 4,5 - соленоид и линза канала транспортировки; 6 - инфлектор; 7 - пояс Роговского; 8 - щелевая диафрагма; 9 - ламельный датчик.

Измерение размеров поперечного сечения пучка в различных точках канала транспортировки и на участке дрейфа за точкой инжекции производилось передвижным /вдоль оси пучка/ двухкоординатным датчиком ламельного типа 9, работавшим в режиме интегрирования тока части пучка, попадавшего на поглощающие ламели. Размеры и количество ламелей изменялись в зависимости от условий измерения. Информация с ламелей в виде напряжения, пропорционального заряду остановившихся в них электронов, поступала на блок многоканального аналогового мультиплексора, считывалась при помощи стробируемых АЦП в буферную память и затем с помощью спецконтроллера направлялась в ЭВМ М-6000. Описание работы электронной аппаратуры приводится в [5]. В системе предусмотрена возможность вывода аналоговых сигналов с выхода мультиплексора на осциллограф. На рис.2 представлена типичная осциллограмма распределения сигналов по ламелям одной координатной группы.

При обработке результатов измерений плотность электронов в пучке аппроксимировалась двумерным распределением Гаусса

$$\frac{\partial^2 N}{\partial x \partial y} = \frac{N_e}{2\pi a_x a_y} e^{-\frac{1}{2} \left[ \left( \frac{x-x_0}{a_x} \right)^2 + \left( \frac{y-y_0}{a_y} \right)^2 \right]}$$

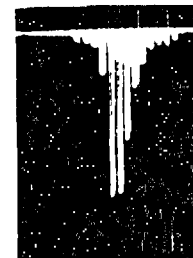


Рис.2. Типичная осциллограмма распределения напряжения по ламелям одной координатной группы датчика.

где  $a_x, a_y$  - среднеквадратичные размеры /дисперсии/ поперечного сечения,  $x_0, y_0$  - координаты "центра" пучка,  $N_e$  - полное число частиц. Изменение плотности частиц вдоль одной координаты описывалось одномерным распределением:

$$\frac{dN}{dy} = \frac{dN}{dx} = \frac{N_e}{a\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x-x_0}{a} \right)^2} \quad /1/$$

Ввиду аксиальной симметрии пучка  $a_x = a_y = a$ ,  $\epsilon_x = \epsilon_y = \epsilon$ . Тогда распределение заряда частиц, высадившихся на чувствительные элементы одной координатной группы дискретного датчика, должно иметь вид:

$$A(x_i) = A_0 e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x_i - x_0}{a} \right)^2} \quad /2/$$

где  $x_i$  - координата  $i$ -того элемента.

Измеренное на  $i$ -том элементе ламельного датчика напряжение  $U_i$  должно складываться из двух величин  $U_i = A_i + U_{\text{фн}}$ , где  $A_i$  - напряжение, обусловленное высадившимся на ламель зарядом,  $U_{\text{фн}}$  - уровень "фона", т.е. вклад в измеренное значение вторичных электронов, емкостной связи ламелей между собой и аппаратурных пьесталов. Для получения достоверных значений параметров распределения  $A_0, a, x_0$  необходимо иметь информацию о вкладе всех указанных факторов, либо измерить значения  $U_{\text{фн}}$  для каждой ламели. Часто [6,7] уровень фона принимается постоянным по всей чувствительной области датчика. Контрольные измерения, выполненные на отдельных ламелях, показали, что уровень фона не превышал 20 процентов величины максимального сигнала, измеренного с ламелей данной координатной группы. Таким образом, было принято  $U_{\text{фн}} = U_{\text{ф}} = 0,2 U_{\text{max}}$ .

Параметры распределения  $A_0$ ,  $a$ ,  $x_0$  находились методом минимизации квадратичного функционала, построенного из отклонений вычисленных значений  $A(x_i)$  от измеренных  $A_i = U_i - U_{\phi}$ :

$$F = \frac{1}{N \cdot (\Delta A)^2} \sum_{i=1}^N (A_i - A(x_i))^2,$$

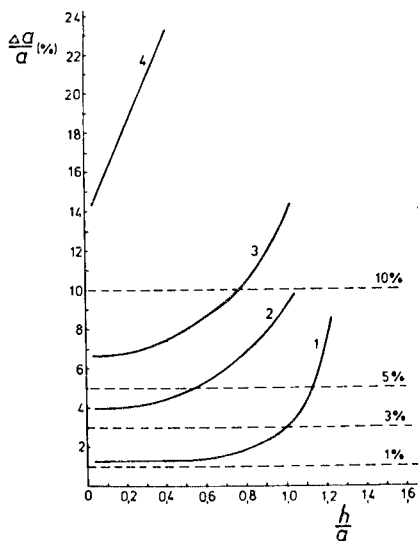
где  $N$  - число ламелей с сигналом, превышающим уровень фона,  $\Delta A$  - погрешность измерений, изменяющаяся для различных измерений в пределах  $1/3 \div 7 \cdot 10^{-2} A_{\max}$ .

Система нелинейных уравнений для определения искоемых параметров решалась методом последовательных приближений. В качестве начального приближения использовались:  $A_{\max}$ , координата "центра тяжести" пучка  $x_c = (\sum_{i=1}^N A_i x_i) / \sum_{i=1}^N A_i$  и среднеквадратичный взвешенный размер  $\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - x_c)^2 A_i / \sum_{i=1}^N A_i}$ .

Для анализа погрешностей определения параметров распределения плотности пучка непрерывные распределения заменялись дискретными и для различных ошибок измерения  $\Delta A$  и отношения шага ламелей к среднеквадратичному размеру  $\frac{h}{a}$  выявлялись максимальные ошибки  $\frac{\Delta A_0}{A_0}$ ,  $\frac{\Delta a}{a}$ ,  $\frac{\Delta x_0}{a}$ . Зависимости  $\frac{\Delta a}{a}(\frac{h}{a})$  приведены на рис.3. Прямыми пунктирными линиями показаны экспериментальные погрешности  $\frac{\Delta A}{A_{\max}}$ ; кривыми - соответствующие им погрешности параметров. В реальных условиях значения отношения  $\frac{h}{a}$  находятся в диапазоне

$0,4 \div 0,9$ . При обработке измеренных распределений вычисления прекращались при значениях функционала  $F \leq 0,5$ , что приводило к погрешностям в определении  $\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta x_0}{a} \approx 1,4 \div 2 \cdot \frac{\Delta A}{A_{\max}}$ . В эту ошибку входят погрешность

Рис.3. Зависимость ошибки определения среднеквадратичного размера  $\frac{\Delta a}{a}$  от отношения шага ламелей  $h$  к среднеквадратичному радиусу для различных погрешностей измерения  $\frac{\Delta A}{A}$ : 1% - кривая 1, 3% - кривая 2, 5% - кривая 3, 10% - кривая 4.



измерений и погрешность, вызванная дискретностью измерения распределения плотности пучка.

Сравнение определенных описанным выше способом параметров пучка  $a$  и  $x_0$  с вычисленными прямым суммированием по ламелям  $\sigma$  и  $x_c$  показало, что отличия не превышают половины ошибки  $\Delta a$  и  $\Delta x_0$  для узких пучков, полностью вписывающихся в апертуру лямельного датчика. Преимущество примененной здесь методики очевидно в случае усеченных распределений с максимумом, расположенным близко к краю датчика, когда прямое суммирование неприменимо /ошибка в определении  $\sigma$  приближается к 100%/.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПУЧКА

В первоначальных экспериментах использовался вариант транспортирующего канала, состоящий из соленоида и линзы, разделенных небольшим промежутком  $L_2=2$  см/. Измерение в канале размеров поперечного сечения пучка с током  $300 \div 350$  А и энергией, соответствующей  $\gamma=4,3$ , показало, что в области соленоида и линзы пучок сохраняет размеры сечения такие же, как и на выходе СИЛУНДА  $a = 0,9 \pm 0,1$  см/, а затем без явно выраженного кроссовера расходится: на входе в инфлектор  $a = 0,9 \pm 0,1$  см, а на его выходе  $L_4 = 35$  см - точка инъекции/  $1,5 \pm 0,1$  см. На рис.4а пунктиром представлено поведение огибающей  $a(z)$  пучка с током 350 А, измеренное датчиком. Пучок в точке инъекции расходящийся, и через  $30 \div 35$  см достигает размеров  $2,5 \div 3,0$  см.

С целью улучшения формирующих свойств канала транспортировки был проведен численный расчет огибающей  $a(z)$  по уравнению работы [8] для среднеквадратичного радиуса пучка, распространяющегося в продольных магнитных полях, моделирующих канал.

Результаты расчета показали, что при указанных параметрах пучка и заданной геометрии элементов  $L_1=83$  см,  $L_2=2$  см,  $L_3=15$  см/ вариациями полей соленоида и линзы не удастся сформировать пучок с кроссовером на выходе инфлектора, что позволило бы получить минимальную расходимость в точке инъекции. На рис.4а сплошной кривой представлены результаты расчета огибающей для данного варианта канала.

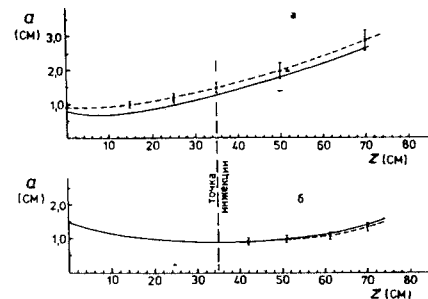


Рис.4. Поведение огибающей при распространении пучка в пространстве дрейфа до и за точкой инъекции для двух вариантов транспортирующего канала. Сплошные кривые - расчет, пунктирные - результаты измерений.

Моделирование огибающей пучка на ЭВМ СМ-4 в режиме диалога ЭВМ - оператор с использованием графического дисплея показало, что изменением длины участка без поля ( $L_2$ ) между соленоидом и линзой можно повысить эффективность линзы и сформировать кроссовер вблизи точки инжекции /сплошная кривая на рис.4б/. Пунктиром на рис.4б представлена огибающая, измеренная при распротранении пучка на выходе из инфлектора после прохождения канала с измененным распределением полей / $L_1=70$  см,  $L_2=15$  см,  $L_3=15$  см/. В этом случае пучок на выходе инфлектора имеет меньшие размеры / $a = 0,9 \pm 0,1$  см/ и его расходимость существенно меньше. После прохождения участка дрейфа длиной 35 см среднеквадратичный радиус сечения пучка не превышает  $1,5 \pm 1,6$  см.

### ИЗМЕРЕНИЕ ФАЗОВОГО ОБЪЕМА ПУЧКА

Для определения эмиттанса  $\epsilon = \frac{1}{\pi} \int dx dx'$  и углового расхождения пучка в точке инжекции  $a'_0 = \left. \frac{da}{dz} \right|_{z=0}$  использовались два метода: восстановление  $\epsilon$  и  $a'_0$  по измеренным в нескольких точках участка дрейфа среднеквадратичным размерам пучка и аналог метода "двух щелей" /9/.

Изменение среднеквадратичных размеров аксиально-симметричного пучка на участке дрейфа описывается уравнением

$$\frac{d^2 a}{dz^2} - \frac{E^2}{a^3} - \frac{Q^2}{a} = 0, \quad /3/$$

где  $Q^2 = \frac{2I}{\beta^3 \gamma^3 I_0}$ ,  $I$  - ток пучка,  $I_0 = 4\pi \epsilon_0 \frac{m_0 c^3}{e} = 17 \cdot 10^3$  А - стандартная величина тока,  $E = \frac{\epsilon}{4}$  - среднеквадратичный эмиттанс. Известен первый интеграл этого уравнения /9/

$$\left( \frac{da}{dz} \right)^2 = \left( \frac{E}{a_0} \right)^2 \left( 1 - \frac{a_0^2}{a^2} \right) + Q^2 \ln \left( \frac{a}{a_0} \right)^2 + (a'_0)^2. \quad /4/$$

Если ток пучка  $I$  и  $u$  известны, параметр  $Q^2$  вычисляется, и для численного определения эмиттанса  $E$  и угловой расходимости  $a'_0$  необходимо измерить величину среднеквадратичного размера, по крайней мере, в трех точках по  $z$ .

Величины  $E$  и  $a'_0$  находились методом минимизации квадратичного функционала, составленного из отклонений измеренных значений среднеквадратичного размера в различных точках участка дрейфа от вычисленных в результате численного решения уравнения /3/. Для нахождения начального приближения использовалось частное решение уравнений /3,4/ для случая пренебрежимо малого тока

пучка ( $Q \ll \frac{E}{a_0}$ ):

$$\frac{a}{a_0} = \sqrt{\left( 1 + \frac{a'_0 z}{a_0} \right)^2 + \left( \frac{E}{a_0^2} \right)^2 z^2}.$$

Полный эмиттанс  $\epsilon = 4E$ , полученный из измерений размеров пучка в 3 ÷ 4 точках участка дрейфа после точки инжекции при различных настройках ускорителя, составил  $80 \pm 100$  см мрад. Этот способ имеет несколько большую по сравнению с классическим методом последовательного диафрагмирования погрешность измерения эмиттанса, однако позволяет более оперативно получать достоверные значения параметров пучка. В случае, когда значения среднеквадратичного размера известны в трех точках, относительная ошибка определения  $\epsilon$  и  $a'_0$  составляет  $\sim 5 \cdot \frac{\Delta a}{a}$ . При большем числе точек определенный таким образом эмиттанс отличался от измеренного классическим способом не более, чем на 25%.

Второй метод - метод "двух щелей" - является классическим методом для определения эмиттанса, позволяющим исключить влияние кулоновского поля пучка диафрагмированием. Диафрагма со щелью шириной 0,3 см устанавливалась на расстоянии 1,0 см от инфлектора /рис.1/. Роль анализирующей щели выполнял датчик с апертурой 7,8x7,8 см. Датчик состоял из двух групп ламелей /14 по  $x$ -координате и 14 по  $z$ -координате, равноотстоящих с шагом  $h = 0,6$  см/ и устанавливался, в зависимости от условий измерений, на расстоянии  $L_5 = 15 \div 34$  см от щелевой диафрагмы.

В этом случае эмиттанс всего пучка представлялся суммой эмиттансов отдельных частей пучка, выделяемых диафрагмой в каждом

$k$ -том положении щели:  $\epsilon = \frac{\delta}{\pi} \sum_{k=1}^n \Delta x'_k$ . Здесь  $\delta$  - ширина щели,

$x'_k$  - поперечная скорость частиц пучка, усредненная по всем частицам, выделенным щелью, определяемая из отношения уширения пучка к величине базы:

$$x'_k = \frac{x_0 + a_A - x_k - \delta/2}{L_5}.$$

Здесь  $x_0$  и  $a_A$  - параметры выделенной части пучка, измеренные ламельным датчиком в конце участка дрейфа на длине базы  $L_5$ :  $x_0$  - координата центра тяжести,  $a_A$  - размер на заданном уровне интенсивности  $A$ ,  $x_k$  - координата  $k$ -того положения щели. На рис.5 приведены фазовые эллипсы пучка, полученные на различных уровнях плотности пучка:  $A/A_{\max} = 0,1; 0,6; 0,9$ . Здесь же приведены соответствующие значения эмиттансов. Из рисунка видно, что при данной настройке пучок на выходе инфлектора имеет смещение относительно оси системы и когерентную поперечную скорость. Наклон эллипса фазовые эллипсы пучка, построенные на уровнях плотности 0,1; 0,3; 0,6; 0,9 и соответствующие им значения эмиттансов. В скобках на рис.5 и 6 приведены значения эмиттансов, полученные методом восстановления из среднеквадратичных размеров в четырех точках участка дрейфа. По виду эллипсов на рис.6 можно

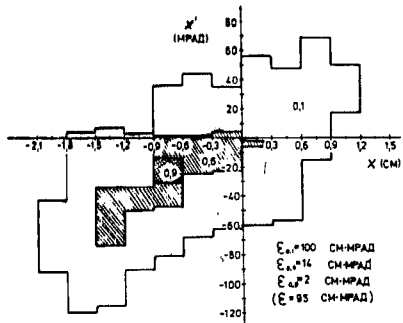


Рис.5. Фазовый эллипс расходящегося пучка.

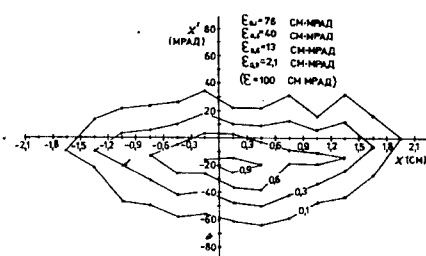


Рис.6. Фазовый эллипс пучка в окрестности кроссовера.

сделать вывод о том, что пучок идет по оси без смещения с небольшой когерентной поперечной скоростью вниз. Отсутствие наклона эллипсов указывает на существование кроссовера вблизи данной точки, т.е. говорит о том, что расходимость пучка в точке инжекции близка к нулю.

На рис.7 кривой 1 представлена эммиттансная характеристика пучка - распределение частиц пучка по фазовому объему, показывающая, какому количеству частиц пучка /в процентах/ соответствует данный эммиттанс. Ошибки, отложенные на кривой, соответствуют максимальным значениям, полученным из приближенного

выражения  $\frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} \approx \frac{\delta \sum_{k=1}^n (\Delta a_A + \Delta x_0)_k}{\pi L_5 \epsilon}$ , где  $\Delta a_A$  и  $\Delta x_0$  - ошибки в измерении соответствующих величин.

Из рисунка следует, что требованиям, предъявленным к пучку по эммиттансу, удовлетворяет значительная часть /до 90%/ пучка, что должно составлять 270 ÷ 320 А.

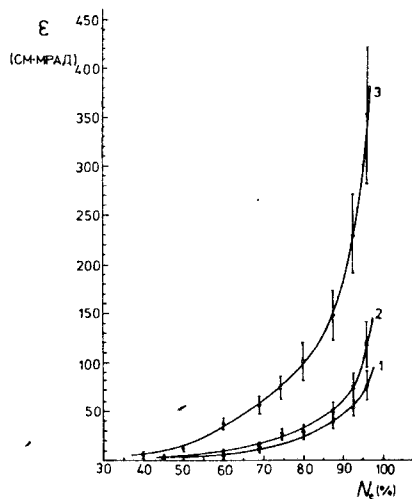


Рис.7. Распределение частиц пучка по фазовому объему: 1 - пучок в свободном пространстве, 2,3 - пучок после прохождения пленок: 2 - лавсан 10 мкм, 3 - титан 20 мкм.

## УВЕЛИЧЕНИЕ ФАЗОВОГО ОБЪЕМА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ПУЧКА ЧЕРЕЗ ТОНКИЕ ПЛЕНКИ

Накопление ионов и их ускорение в электронных кольцах коллективного ускорителя накладывает жесткие требования на вакуум в камере адгезатора. Это требование состоит в обеспечении давления остаточного газа на уровне  $1 \div 2 \cdot 10^{-8}$  Тор /10,11/. Конструктивные особенности ускорителя СИЛУНД позволяют получить в конце ускорительного тракта давление  $2 \div 5 \cdot 10^{-8}$  Тор. Таким образом, в транспортирующем канале СИЛУНД - адгезатор при длине электропровода ~1,5 м требуется обеспечить перепад давления в два порядка, что требует осуществления специальных мер. Одним из вариантов решения этой задачи является использование тонких пленок для разделения вакуумных объемов линейного ускорителя - инжектора и адгезатора. С целью выбора оптимального варианта пленки на прототипе КУТИ было исследовано прохождение электронного пучка через пленки различных материалов /лавсан, полиамид, титановая фольга, алюминиевая фольга/.

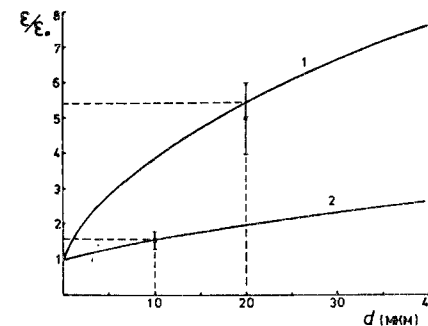
При прохождении электронного пучка через тонкие мишени /пленки/ происходит увеличение поперечного фазового объема за счет рассеяния электронов на ядрах твердого тела. Если толщина пленки относительно невелика, и уменьшение продольной энергии частиц пучка незначительно, то можно пренебречь изменением поперечных размеров пучка и определить прирост эммиттанса пучка:  $\epsilon = \sqrt{\epsilon_0^2 + \Delta \epsilon^2}$ , где  $\epsilon_0^2$  - квадрат эммиттанса пучка до пленки,

$\Delta \epsilon = \left( \frac{32 a^2 S d}{\beta^3 c^3} \right)^{1/2}$  - его увеличение, d - толщина пленки, S - опре-

деляется выражением /12/

$$S = \frac{2 \pi c^3 r_0^2 n z^2}{\gamma^2 \beta} \ln \frac{137 \gamma}{z^{1/3}}$$

Здесь  $r_0 = 2,82 \cdot 10^{-13}$  - классический радиус электрона, z - заряд ядра элементов, из которых состоит пленка, n - число атомов в единице объема.



На рис.8 приведены результаты расчета относительного увеличения эммиттанса  $\epsilon/\epsilon_0$  пучка с параметрами: a = 1,0 см,  $\gamma = 4,3$  при прохожде-

Рис.8. Изменение эммиттанса при прохождении пучка через тонкие пленки различных материалов: кривая 1 - титан 20 мкм, кривая 2 - лавсан 10 мкм.

нии через титановую фольгу /кривая 1/ и лавсановую, пленку /кривая 2/ в зависимости от толщины пленок.

На рис.7 кривыми 2 и 3 представлены эмиттансные характеристики пучка, измеренные после прохождения пучка через пленки в точке инжекции. Из рисунка видно, что происходит увеличение эмиттанса после прохождения лавсановой пленки толщиной 10 мкм в полтора раза /кривая 2/ и после прохождения Ti фольги толщиной 20 мкм почти в пять раз /кривая 3/. Точки, соответствующие этим измерениям, представлены на рис.8, где видно удовлетворительное согласие с расчетами. Таким образом, при выборе материала разделительных пленок следует отдавать предпочтение пленкам из легких полимерных материалов, обладающих механической, тепловой и радиационной стойкостью под пучком.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы:

1. В результате изменения системы фокусировки транспортирующего канала улучшены характеристики электронного пучка в точке инжекции в адгезатор. При токе пучка  $300 \div 350$  А в точке инжекции сформирован кроссовер со среднеквадратичным радиусом  $0,9 \div 1,0$  см.

2. Разработана методика и аппаратура для измерения пространственных характеристик пучка. Ошибка измерения среднеквадратичных размеров  $\Delta a/a$  составляет не более 10%. Точность определения эмиттанса  $\frac{\Delta \epsilon}{\epsilon}$  не хуже 25%.

3. Измерены эмиттансные характеристики пучка, инжектируемого в камеру адгезатора. Эмиттанс основной доли пучка удовлетворяет требованиям, предъявляемым к пучку при инжекции: для 90% частиц пучка  $\epsilon \approx 50$  см мрад.

4. Исследовано изменение эмиттанса пучка при прохождении через тонкие пленки, что позволяет сделать выбор пленки для разделения вакуумных объемов инжектора и компрессора. Полимерные пленки /лавсан, полиамид/ толщиной не более 20 мкм ухудшают эмиттанс пучка не более, чем в  $1,2 \div 1,5$  раза.

Авторы выражают признательность В.Ф.Шевцову и Б.Г.Щинову за помощь в программном обеспечении расчетов, а также Н.Ю.Казакину и Ю.А.Яценунко за полезные обсуждения результатов работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш Л.С. и др. ОИЯИ, Р9-7697, Дубна, 1974.
2. Саранцев В.П. и др. ОИЯИ, Р9-10053, Дубна, 1976.
3. Саранцев В.П. и др. ОИЯИ, Р9-10054, Дубна, 1976.
4. Саранцев В.П., Перельштейн Э.А. Коллективное ускорение ионов электронными кольцами. Атомиздат, М., 1979.

5. Беспалова Т.В. и др. В кн.: Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. ОИЯИ, Д13-7616, Дубна, 1974, с. 11.
6. Allison R.W., et al. IEEE Trans. on Nucl. Sei., 1969, V. NS-16, No. 3, p. 1055.
7. Аносов В.Н. и др. ОИЯИ, 9-12361, Дубна, 1979.
8. Kazarinov N.Yu., Perelstein E.A., Shevtsov V.F. Part. Acc., 1980, Vol.10, p. 181-195.
9. Капчинский И.М. Динамика частиц в линейных резонансных ускорителях. Атомиздат, М., 1966.
10. Долбилов Г.В. и др. ОИЯИ, Р9-11191, Дубна, 1978.
11. Александров В.С. и др. ОИЯИ, Р9-80-368, Дубна, 1980.
12. Перельштейн Э.А., Ширков Г.Д. ОИЯИ, 9-80-124, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 сентября 1982 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Александров В.С. и др. 9-82-709  
Формирование пучка электронов в точке инжекции в адгезатор прототипа КУТИ

Исследованы характеристики пучка электронов ускорителя СИЛУНД с током 300-350 А и релятивистским фактором  $\gamma=4,3$ . Измерение пространственных характеристик пучка в точке инжекции в адгезатор коллективного ускорителя тяжелых ионов производилось двухкоординатным датчиком ламельного типа. Выбором величин и геометрии фокусирующих полей транспортирующего канала сформирован кроссовер пучка со среднеквадратичным радиусом 0,9-1,0 см. Методом двух щелей и восстановлением по параметрам огибающей измерены эммитансные характеристики пучка. Эмиттанс основной доли частиц пучка не превышает 50 см мрад. Исследовано изменение эмиттанса при прохождении пучка через тонкие пленки различных материалов.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Alexandrov V.S. et al. 9-82-709  
Forming of Electron Beam in Injection Point in KUTI Prototype Adhezator

Electron beam parameters are studied on the SILUND accelerator with the 300-350 A current and 1.7 MeV electron energy. The space characteristics of the beam are measured in the adhezator injection point by the two-coordinate discrete probe. The beam crossover with the r.m.s. radius of 0.9-1.0 cm is formed by changing the strength and geometry of focusing fields. The beam emittance is obtained (50 cm mrad) by the slit method and envelope analysis. The emittance changing following the beam propagation through thin foils was studied.

The investigation has been performed at Department of New Methods Acceleration, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.