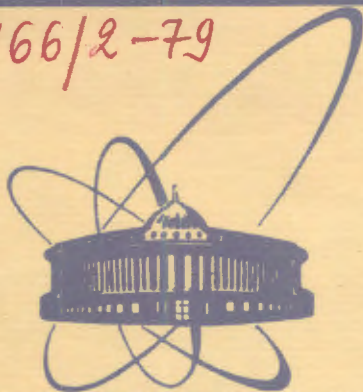


3/х-7

3466/2-79



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

034501

A-695

9 - 12361

В.Н.Аносов, В.А.Богач, В.И.Данилов, Е.И.Розанов

ИЗМЕРЕНИЕ ЭМИТТАНСА ПУЧКА
ИОННОГО ИСТОЧНИКА
НА ЛИНИИ С ЭВМ ЕС-1010

1979

9 - 12361

В.Н.Аносов, В.А.Богач, В.И.Данилов, Е.И.Розанов

ИЗМЕРЕНИЕ ЭМИТТАНСА ПУЧКА
ИОННОГО ИСТОЧНИКА
НА ЛИНИИ С ЭВМ **ЕС-1010**

Общество с ограниченной ответственностью
"Институт проблем механики"
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ

Аносов В.Н. и др.

9- 12361

Измерение эмиттанса пучка ионного источника
на линии с ЭВМ ЕС-1010

Разработано простое по конструкции устройство, устанавливаемое в ионопровод модели аксиального инжектора фазотрона. Датчиком размеров пучка являются две сетки, состоящие из параллельно натянутых проволок, установленные по ходу пучка друг за другом. Первая сетка вводится в кроссовер пучка. Считывание информации с датчика производится через блок УСО ЕС-1010 за 1,2 с, что существенно уменьшает влияние нестабильности режима источника ионов на результаты измерений. На ЭВМ определяются размеры пучка на первой и второй сетках и вычисляется эмиттанс в предположении, что фазовое представление пучка является прямым эллипсом. Время определения эмиттанса, включая вычисления и печатание результатов, около 30 с. Применение сеток и ЭВМ позволило значительно сократить затраты времени на измерения.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Anosov V.N. et al.

9 - 12361

Measurement of Ion Source Beam Emittance On-Line
with the EC-1010 Computer

A device is considered mounted in the ionoconductor of the model of the phasotron axial injector. To measure beam dimensions two grids are used which consist of wires stretched in parallel mounted along the beam motion one after another. The first grid is introduced into the beam crossover. Data readout from grids goes via the peripheral unit of the EC-1010 computer for 1,2 s. It decreases the influence of nonstability of the ion source regime on measurement results. Beam dimensions are determined by a computer on the first and second grids and the emittance is calculated under assumption that the beam phase representation is a direct ellipse. The emittance determination, including calculations and printing of results, takes about 30 s. The measurement of beam dimensions by means of grids connected on-line with the computer permits to decrease considerably time needed for measurements.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Существует ряд методов измерения эмиттанса, описанных в работах ¹⁻⁹. В общем случае измерения проводятся с помощью двух или четырех щелевых диафрагм, которые устанавливаются последовательно друг за другом по движению пучка и вырезают из него исследуемую часть. Прошедший через диафрагму пучок собирается детектором. Однако конструкция устройств, реализующих эти методы, получается достаточно сложной, т.к. возникает необходимость в дистанционном перемещении по заданной программе диафрагм, расположенных внутри вакуумного объема.

Поэтому в ряде случаев целесообразно применять более простые методы, позволяющие сравнительно легко определять значения эмиттанса. Как известно ¹, фазовое представление нормального пучка в дрейфовом промежутке является эллипсом /рис. 1/. Если пучок сходящийся, то ось наклонного эллипса

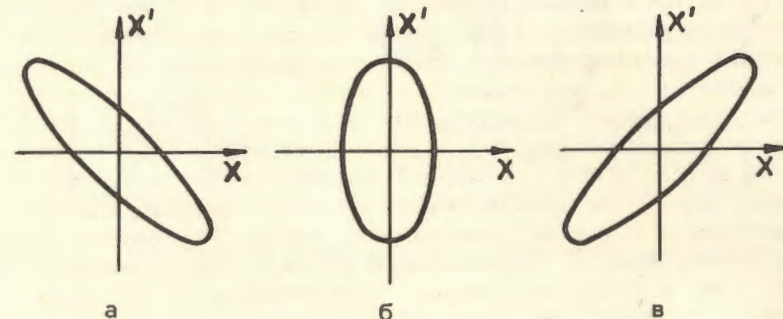


Рис.1. Фазовое представление нормального пучка: а/ сходящийся пучок, б/ пучок в районе кроссовера, в/ расходящийся пучок.

расположена во втором и четвертом квадрантах фазовой плоскости /рис.1а/, а если расходящийся, то в первом и третьем квадрантах /рис.1в/. В этих двух случаях для измерения эмиттанса необходимо применять классические методы с использованием щелевых диафрагм.

Однако область пучка в районе кроссовера характеризуется прямым фазовым эллипсом, оси которого совпадают с осями координат /рис.1б/. В этом случае, как следует из работы ^{1/}, оказывается возможным определить значение нормализованного эмиттанта по формуле:

$$E_N = \frac{d_1 \cdot (d_2 - d_1)}{4\ell} \cdot \sqrt{U}, \quad //$$

где: d_1 - поперечный размер пучка в кроссовере /см/, d_2 - поперечный размер пучка в конце пролетного промежутка /см/, ℓ - длина пролетного промежутка /см/, U - энергия пучка /эВ/.

Необходимые для данного случая параметры пучка могут быть измерены с помощью датчика упрощенной конструкции без подвижных щелевых диафрагм.

Такой датчик был разработан для измерения эмиттанта пучка ионного источника модели аксиального инжектора поляризованных протонов в фазотрон ^{10/}. Датчик устанавливался в ионном проходе модели без переделки последнего. Процесс измерений был автоматизирован путем реализации режима работы на линии с ЭВМ ЕС-1010.

На рис. 2 показана конструкция датчика. Он включает две сетки из 19 параллельно натянутых /с шагом $S = 3$ мм/ медных проволок диаметром 1 мм, концы которых через проходной изолятор 2 выведены наружу. Проволоки закреплены на кольцевом изоляторе 3, установленном внутри стакана 4. Изоляторы можно при сборке переставлять по длине стакана, меняя тем самым пролетное расстояние, и поворачивать друг относительно друга на $\pm 90^\circ$. Стакан 4 насажен на шток 5, который через вакуумное уплотнение во фланце 6 выведен наружу. Узел датчика в сборе устанавливается внутри вакуумного кожуха ионного прохода 7. Перемещением штока 5 можно вводить первую сетку в зону кроссовера и поворачивать датчик на угол $\pm 90^\circ$, переходя тем самым от измерений в плоскости X к измерениям в плоскости Y и обратно. Датчик с помощью 38-жильного кабеля подключается к ручному коммутатору, переключая который, можно во время отладки измерять микроамперметром ток в каждой проволоке отдельно, а также суммарный ток нескольких или всех проволок.

Блок-схема электрических соединений аппаратуры приведена на рис. 3. Каждый электрод на коммутаторе заземлен через два параллельно включенных сопротивления, с которых снимается сигнал для ЭВМ. Наличие двух сопротивлений уменьшает вероятность появления высокого напряжения на входе УСО ЭВМ.

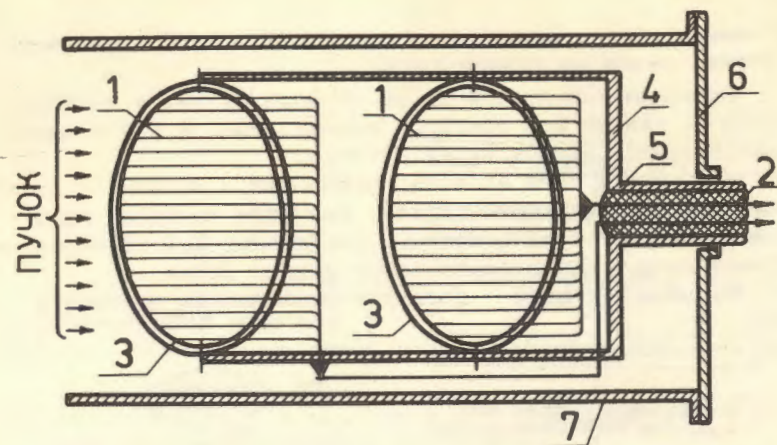


Рис.2. Конструкция датчика: 1 - медные проволоки, 2 - проходной изолятор, 3 - кольцевой изолятор, 4 - стакан, 5 - шток, 6 - фланец, 7 - вакуумный кожух ионного прохода.

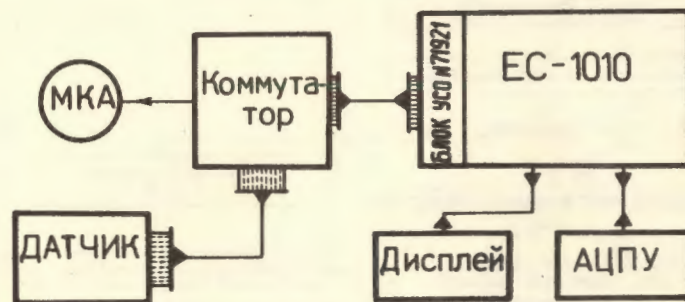


Рис.3. Блок-схема электрических соединений установки.

Кабелями с 38 жилами датчик соединен с входом блока УСО ЭВМ ЕС-1010 с номером 71910/911 и 71921. Диалог с ЭВМ ведется оператором через АЦ дисплей. Результаты измерений выводятся либо на дисплей, либо на АЦПУ.

Методика проведения одной серии измерений сводится к следующему:

1. Устанавливается заданный режим работы источника.
2. Перемещается датчик вдоль ионного прохода, и по всей его длине, либо вручную, с помощью коммутатора, либо посредством

ЭВМ, измеряется, в заданной плоскости X или Y, поперечный размер пучка на первой сетке.

3. Определяется положение кроссовера пучка, в котором поперечный размер его является минимальным, и в это место устанавливается первая сетка датчика.

4. Измеряются токи во всех проволоках и находится диаметр пучка на первой и второй сетках, при этом крайними полагаются электроды, ток в которых составляет 0,2 от величины максимального тока среди проволок данной сетки.

5. По нижеследующим формулам вычисляются параметры пучка:

а/ поперечное сечение пучка на сетке

$$d = S \cdot |N_1 - N_2| \text{ см,} \quad /2/$$

где S - шаг проволок в см, N_1, N_2 - номера проволок, соответствующие краям пучка на данной сетке,

б/ расходимость пучка

$$R = \frac{d_2 - d_1}{2l} \text{ рад,} \quad /3/$$

в/ эмиттанс

$$E = R \cdot \frac{d_1}{2} \text{ см·рад,} \quad /4/$$

г/ нормализованный эмиттанс

$$E_N = E \cdot \sqrt{U} \text{ см·рад·эВ}^{1/2}. \quad /5/$$

6. Полученные результаты сводятся в таблицу и выдаются на печать ЭВМ.

В соответствии с вышеизложенной методикой были разработаны следующие программы для ЭВМ ЕС-1010:

1. Главная программа EMITT.
2. Подпрограммы IZMEMI и GISTO.

Программа EMITT и подпрограмма GISTO написаны на ФОРТРАНе, подпрограмма IZMEMI - на АССЕМБЛЕРЕ ЕС-1010. Блок-схемы программ приведены на рис. 4 и 5.

Программы работают следующим образом:

1. Перед каждой серией измерений с клавиатуры АЦ дисплея вводятся исходные данные: дата и время проведения измерений, порядковый номер серии, угол наклона проволок сетки к горизонтали, расстояние первой сетки от выходного окна

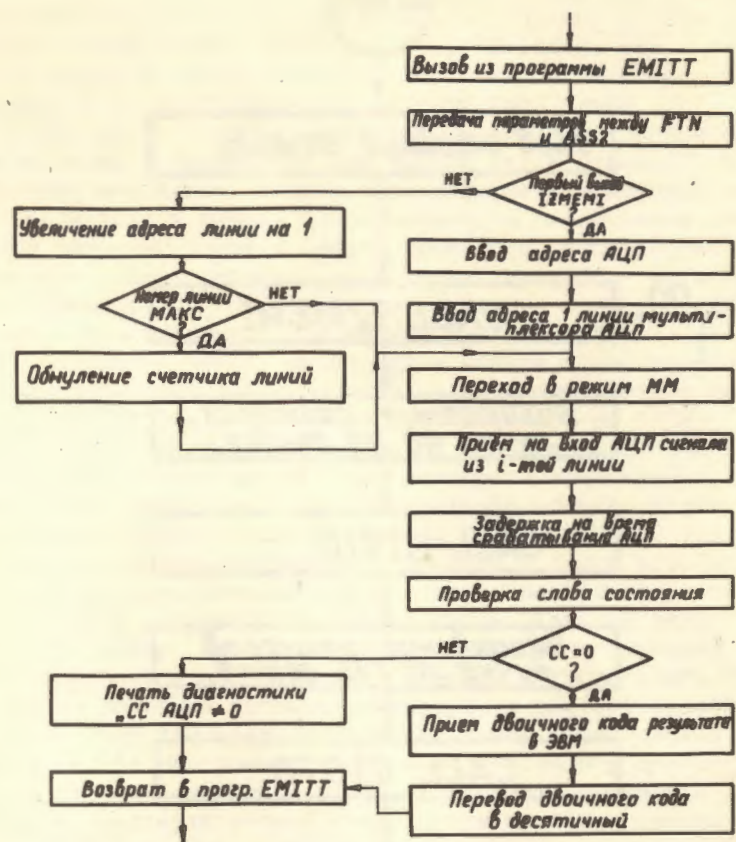


Рис. 4. Блок-схема программы EMITT.

источника ионов, величина ускоряющего напряжения, после чего дается команда на проведение измерений.

2. Программа EMITT /см. рис. 4/ в цикле вызывает подпрограмму IZMEMI /см. рис. 5/, с помощью которой производится ввод в ЭВМ кодируемых в АЦП аналоговых сигналов с каждой проволоки датчика. Время опроса всех 38 проволок составляет около 1,2 с.

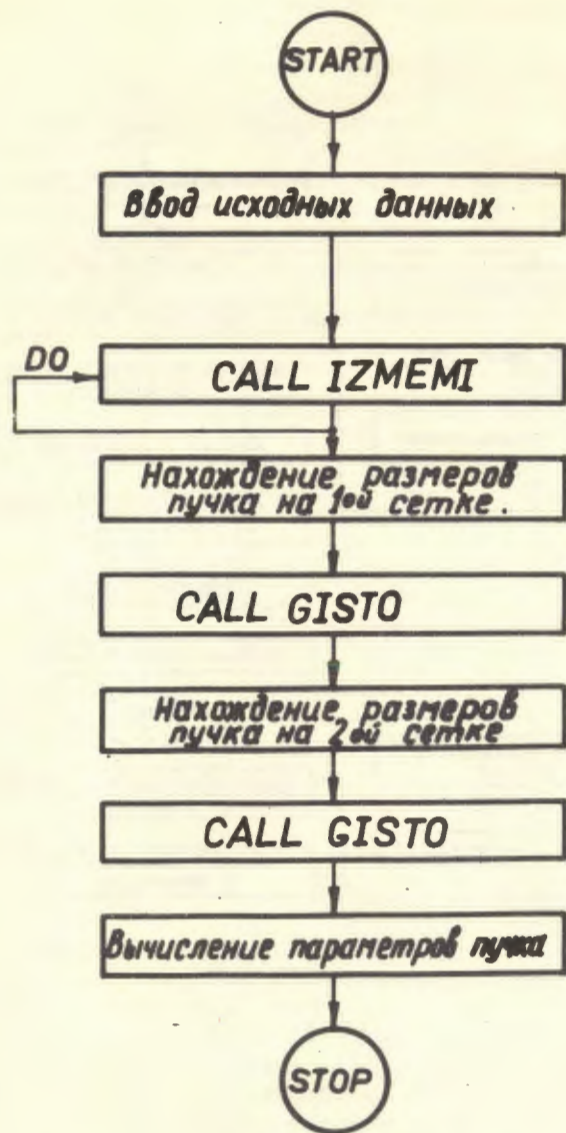


Рис.5. Блок-схема подпрограммы IZMEMI.

3. Программа EMITT производит определение поперечного размера пучка на первой и второй сетках. Для этого вначале находится нить с максимумом тока, которая соответствует центру пучка. Затем путем перебора проволок, идя от центра пучка к обоим краям до проволоки со значением тока меньше 0,2 от максимального, находят край пучка.

4. На АЦПУ с помощью подпрограммы GISTO строятся гистограммы токов в проволоках для каждой сетки отдельно, что позволяет визуально оценить пространственное распределение плотности тока в пучке. Одновременно на гистограмме печатаются величины токов в каждой проволоке. Масштаб гистограмм для каждой сетки во всех сериях замеров устанавливался заново, для того чтобы максимальное значение измеренного тока заполняло всю ширину листа в АЦПУ.

5. Программа EMITT вычисляет в каждой серии замеров расходимость, простой и нормализованный эмиттансы и выводит полученные результаты либо на дисплей, либо на АЦПУ.

В качестве примера на рис.6 и 7 приведены отпечатанные на АЦПУ результаты одной серии замеров и вычисленные значения параметров пучка высокочастотного ионного источника модели аксиальной инъекции. На рис. 6 помещена первая половина отпечатанной таблицы. Верхние 6 строк содержат исходные данные. Начиная с 7-й строки, печатается гистограмма токов в проволоках первой сетки. Крайний левый столбец - номер проволоки. Второй столбец - значение тока в микроамперах. Остальная площадь - гистограмма токов.

Вторая половина таблицы приведена на рис. 7. Строки с 1-й по 20-ю занимает гистограмма токов в проволоках второй сетки. Ее построение аналогично описанному для рис. 6. Нижние строки содержат информацию о работе программы /номера проволок, соответствующих краям пучка на обеих сетках, токи в них и др./ и вычисленные значения параметров пучка - поперечный размер на первой и второй сетках, расходимость и эмиттанс.

Полученные с помощью описанной системы значения эмиттанса пучка для высокочастотного источника ионов хорошо согласуются с принятыми в работе^{/10/} величинами.

Время, затрачиваемое на проведение одной серии замеров, включая считывание, вычисление и печатание таблицы, составляет примерно 30 с. Существенное упрощение конструкции и применение ЭВМ позволили в сотни раз ускорить съем информации с датчика, что сильно уменьшило влияние нестабильности режима источника ионов на результаты измерений.

Авторы приносят благодарность Ю.А.Плису за обсуждение полученных результатов.

ВВОДИТЕ D,NI,B

ДАТА=12.07.1978 NI=8 ВРЕМЯ=10.55

ВВОДИТЕ ALFA,P,E

ALFA=0 P=150 E=8000

НАЧ.АДР.АЦП= 040D

ВВОДИТЕ АДРЕС 1-Й ЛИНИИ АЦП: 0C00

NK TOK/MKA/

1	0.000
2	00.000
3	0.000
4	0.000
5	0.000
6	0.000
7	0.000
8	0.000
9	10.200 00000000000000000000000000000000
10	1.600 00000
11	0.000
12	0.000
13	0.000
14	0.000
15	0.000
16	0.000
17	0.000
18	0.000
19	0.000

Рис.6. Первая часть таблицы результатов.

NK TOK/MKA/

1	0.000
2	0.000
3	0.000
4	0.000
5	0.000
6	0.000
7	0.800 000000
8	0.900 000000
9	4.100 00000000000000000000000000000000
10	2.200 00000000000000
11	0.300 00
12	0.100
13	0.000
14	0.000
15	0.000
16	0.000
17	0.000
18	0.000
19	0.000

NITMH1=9 TMAX1=10.2 TMAX2=2.04 JMIN1=8
TMIN1=0.1 JMIN2=10 TMIN2=1.6 D1=6.0000
NITMX2=28 TMAX3=4.1 TMAX4=0.82 JMIN3=26
TMIN3=0.800 JMIN4= 30 TMIN4=0.3 D=12.0000
R=0.0283E+00 EM=0.0849 -01 EMN=7.59-01

Рис.7. Вторая часть таблицы результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бенфорд А. Транспортировка пучков заряженных частиц. Атомиздат, М., 1969.
2. "Линейные ускорители ионов", т. 2, под ред. Б.П.Мурина. Атомиздат, М., 1978.
3. Лихтенберг А. Динамика частиц в фазовом пространстве. Атомиздат, М., 1972.
4. Баталин В.А., Коломоец А.А., Кубийда Р.П. Измерение эмиттанса пучка на выходе ЛУИ-2. В сб.: "Вопросы атомной науки и техники", вып. 5/7/, Изд. Харьковского физ. техн. ин-та, 1973.
5. Баталин В.А., Кубийда Р.П., Шерман В.Е. Измерение эмиттанса пучка на выходе линейного ускорителя И-2. Препринт ИТЭФ, 1973.
6. Баталин В.А., Могучев В.И. ПТЭ, 1966, № 5.
7. Иванов Н.Ф., Сивков Ю.П., Солнышков А.И. ПТЭ, 1965, №5.
8. Зинченко Н.С., Лопатин И.В. ПТЭ, 1967, № 3.
9. Rose P.H. et al. "Quantitative measurements of ion beam properties". Nucl.Instr. & Meth., 1961, vol. 14, No 1, pp. 79-82.
10. Данилов В.И., Плис Ю.А., Сороко Л.М. ОИЯИ, Б1-9-6889, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 апреля 1979 года.