

С34525

К-65

130/1-71

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна

9 - 5419



Г.Н.Конский, А.П.Царенков, В.А.Штыряев

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

**СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУЧКА
В КАМЕРЕ СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ**

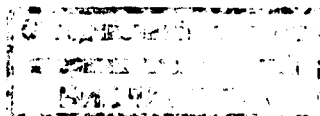
1970

345c

9 - 5419

Г.Н.Ковский, А.П.Царенков, В.А.Штырлев

**СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУЧКА
В КАМЕРЕ СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ**



Описываемая система регистрации положения пучка в камере синхροфазотрона предназначена для получения информации о положении замкнутой орбиты в различные моменты ускорительного цикла:

- 1) область потерь частиц (до 100 мсек);
- 2) область взаимодействия ускоренного пучка частиц с внутренними мишенями /1/ малого поперечного сечения ($\approx 3 \text{ мм} \times 3 \text{ мм}$).

Поскольку в настоящее время системы регистрации положения пучка в ускорителях широко известны /2,3 /, остановимся на некоторых особенностях данной системы. В принятой системе регистрируются и измеряются отклонения центра заряда сгустка ускоряемых частиц относительно геометрических центров вакуумной камеры Z_0 и R_0 в восьми точках азимута. Применены разностные сигнальные электроды, размещенные в магнитном поле ускорителя (рис. 1). Принятая конструкция является, пожалуй, единственной для данного профиля камеры и позволяет проводить измерения как вертикального, так и радиального отклонений пучка. Пластины электродов снабжены электростатическими экранами, имеющими по периметру охранное кольцо в виде тонкостенной трубки. Рабочие поверхности электродов полированы и "утоплены" на $\approx 1 \text{ мм}$ относительно уровня охранного кольца. Зазор между электродами и экранами 10 мм. Электроды и экраны выполнены из нержавеющей стали 1х18Н9Т 1,5 мм и представляют собой единую жесткую конструкцию. Для стабилизации емкости электродов каждый "треугольник" крепится к экранам с помощью 18 изоляторов. Чтобы не ограничивать вертикальную апертуру камеры и исключить прямое попадание частиц на электроды, в местах установки электродов произведена полная реконструкция обмоток коррекции и эле-

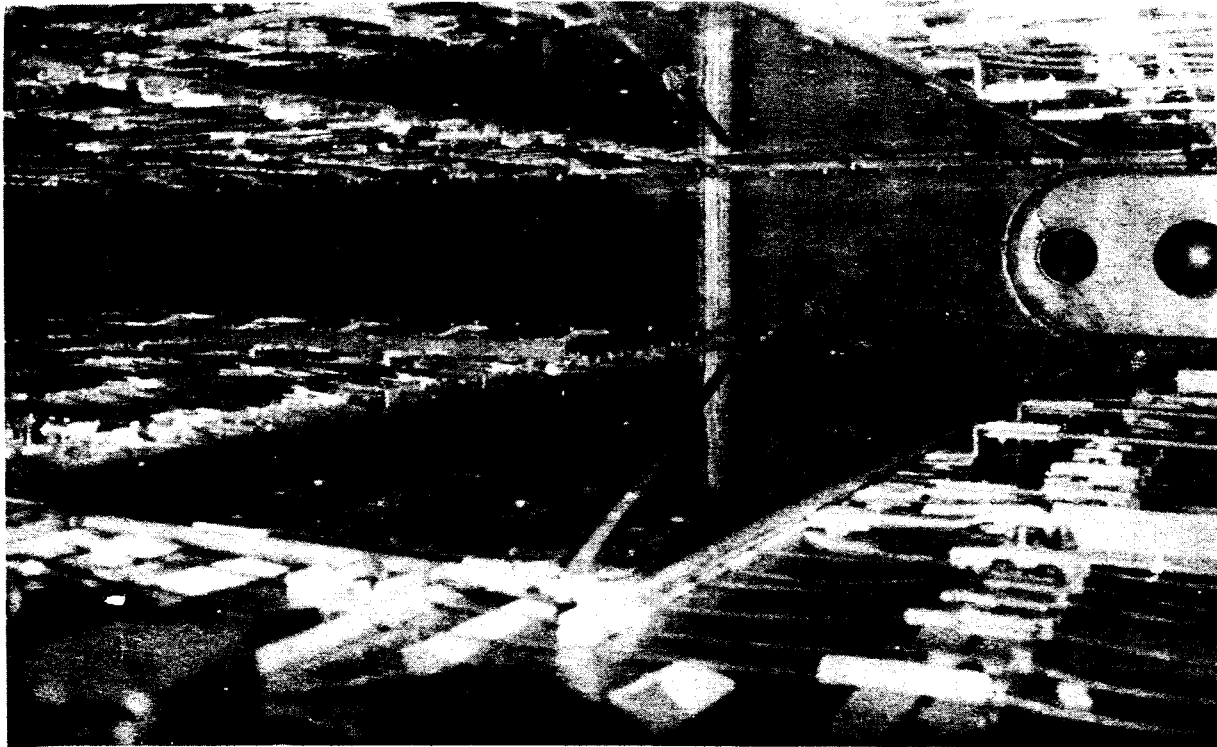


Рис. 1. Размещение сигнальных электродов в камере синхрофазотрона ОИЯИ.

ментов вакуумной камеры. Размеры электродов: по радиусу - 1400 мм, по азимуту - 550 мм. Полная емкость двух пластин электродов 2000 ± 40 пф.

В схеме измерения вертикального отклонения для числа частиц в пучке $N = 1 \times 10^{10}$ при смещении пучка на 1 см от оси камеры амплитуда разностного сигнала, соответствующая максимальной линейной плотности частиц в сгустке $\rho_{max}(l)$, составляет:

в начале ускорения (до 100 мсек) -	$\approx 1,5$ мв,
в конце ускорения -	≈ 2 мв.

Для радиального отклонения при тех же условиях, соответственно, $-0,3$ и $0,4$ мв.

На рис. 2 показано искажение градиента спада магнитного поля сигнальными электродами на поле инжекции 160 Гс. Здесь даны искажения, усредненные на длине полюса, равной 93 см, на котором симметрично установлены сигнальные электроды. Среднее по длине орбиты искажение мало и легко компенсируется коррекцией градиента. Дополнительные искажения радиальной проекции орбиты пучка не превышают 1 см.

Аппаратура регистрации (рис. 3) состоит из восьми идентичных каналов индикации, обработки и усиления сигналов пучка, устройства последовательного опроса информации датчиков $1+8$ в течение времени $t_{\text{регистр}} = 208$ мксек, регистрирующего устройства, контрольно-измерительных приборов. Вся аппаратура выполнена на полупроводниковых приборах. На рис. 3 показано также расположение сигнальных электродов по длине орбиты ускорителя. Часть аппаратуры - обработки и предварительного усиления сигналов ("датчики орбиты") - расположена по периметру ускорителя в непосредственной близости к сигнальным электродам. Датчики крепятся на патрубках высоковакуумных агрегатов ВА-5. В датчиках одновременно формируются сигналы отклонения пучка в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Это осуществляется с помощью восьми эмиттерных повторителей Уайта, четырех суммирующих устройств на сопротивлениях и двух вычитающих устройств на широкополосных разностных трансформаторах. Сигналы отклонения пучка подаются в зал электроники по линиям связи длиной ≈ 350 м (кабель РКТЗ-150) и дополнительно усиливаются широкополосными усилителями, стабилизированными обратной связью. Частотная характеристика каждого канала от сигнальных элект-

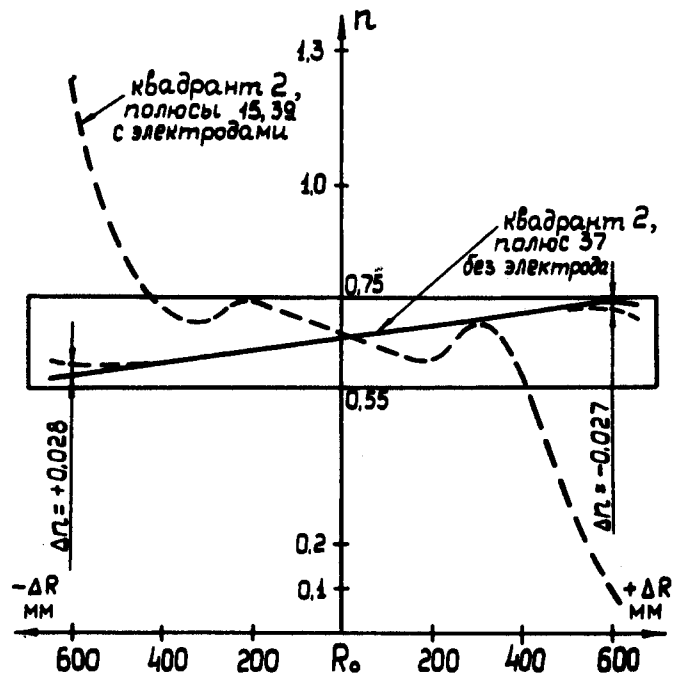
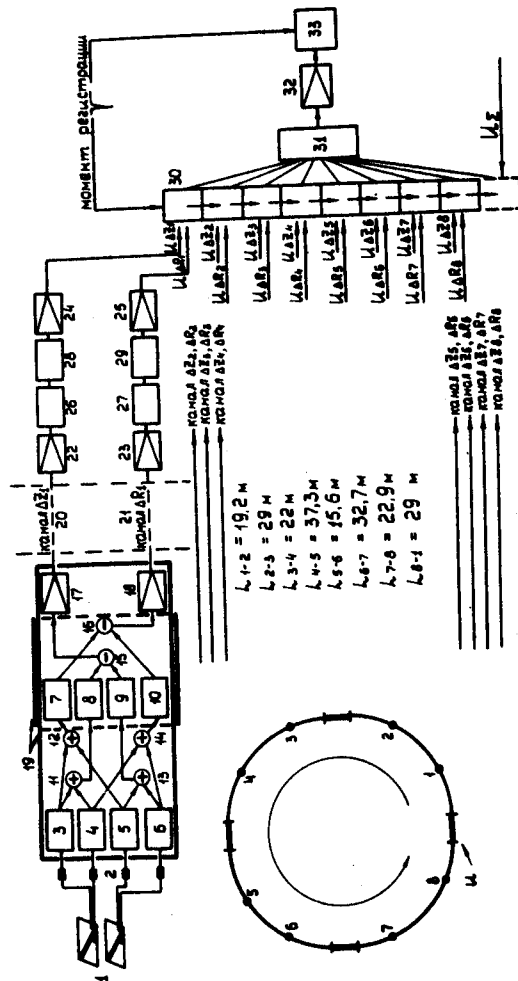


Рис. 2. Искажение "n" сигнальными электродами.



1 - индукционные электроды, 2 - свободные электроды, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 - суммирующие устройства, 11, 12, 13, 14 - суммирующие устройства, 15, 16 - балансирующие устройства, 17, 18, 22, 23, 24, 26, 32 - широкополосные усилители, 25, 27 - аттенуаторы, 28, 29 - устройства коррекции частотных характеристик, 30 - устройство последовательного отбора данных об орбитах, 31 - сумматор, 35 - регистрирующее устройство, 19 - магнитная защита, 20, 21 - выключатель. Круговыми показана расположение электродов. Нумерация - по ходу пучка.

Рис. 3. Скелетная схема аппаратуры регистрации положения пучка.

тродов до входа регистратора - 40 кгц + 10 мгц. Точность вычитания при формировании сигналов отклонения в указанной полосе частот - не хуже $\pm 0,5\%$. Ёмкости "треугольников" всех электродов симметрированы с точностью не хуже $\pm 0,2\%$; многократные измерения давали совпадающие результаты. Все каналы регистрации идентичны: в полосе частот 40 кгц + 2 мгц - не хуже $\pm 1,5\%$. На частоте 10 мгц - не хуже $\pm 5\%$.

Сравнительно малое число датчиков позволило регистрировать их информацию последовательно ("датчик за датчиком" по ходу пучка) в течение 208 мксек и таким образом наблюдать замкнутую орбиту в одном цикле измерения. Время опроса каждого датчика - 10 мксек.

Проверка показала, что такие изменения параметров за время регистрации, как потеря интенсивности пучка, уход измеряемого параметра малы и не влияют на результаты измерений. В качестве регистрирующего устройства используется запоминающий осциллограф. Высокочастотные наводки от ускоряющей станции имеют сложный резонансный характер и сильно возрастают с ростом частоты. Как установлено, основная часть наводок распространяется по обмоткам коррекции. В ближайшее время эти наводки будут снижены шунтированием каждого проводника коррекции ёмкостными фильтрами. На участке ускорения от 3 до 50 мсек наводки малы, что позволяет проводить измерения с пучком в $1 \times 10^{10} \frac{p}{\text{имп}}$. Здесь надежно регистрируются отклонения пучка от оси камеры: по вертикали - на ± 3 мм, по горизонтали - на ± 5 мм.

Проводились предварительные измерения искажений орбиты пучка на начальном этапе ускорения. Без коррекции Z-плоскости полный размах отклонения пучка по вертикали составляет 6 см и слабо меняется во времени. В начальный момент ускорения статической коррекцией легко удается снизить отклонения пучка от оси камеры до ± 5 мм. Отклонения растут во времени и к 100 мсек достигают величины 4 см с четко подчеркнутой 1-ой гармоникой и постоянной составляющей. На пачке 40 мсек от начала ускорения пучок смещался по радиусу до ± 400 мм от геометрического центра R_0 . Дополнительные вертикальные искажения в этой зоне не превышают 2 см. Правильность показаний сигнальных электродов проверялась на мишени с люминофором. Мишень устанавливалась на радиу-

се R_0 - 400 мм в районе максимального отклонения пучка по вертикали. Пучок ускорялся до 100 мсек и сбрасывался на мишень. Телевизионная установка регистрировала свечение люминофора. Получено совпадение результатов измерений.

Прямые опыты по возможному попаданию ускоряемых частиц на электроды не проводились. Изменялся, однако, вертикальный угол влета инжектируемых частиц настолько, что это приводило к трехкратной потере пучка. На пачке 3 мсек при вертикальных и радиальных измерениях не было замечено отклонений ни в характерах сигналов, ни в значениях отклонений. Показания электродов не зависят также от сокращения области устойчивости захватываемых в режим ускорения частиц, что указывает на отсутствие нелинейных эффектов из-за профиля пучка. На рис. 4 показано отклонение пучка в вертикальной плоскости на пачке 20 мсек, на рис. 5 - отклонение в радиальной плоскости.

Авторы выражают глубокую благодарность Г.С. Казанскому, Л.П. Зиновьеву, К.В. Чехлову, С.В. Федухову и сотрудникам группы электроники радиотехнического отдела за постоянное внимание и помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. Г.С. Казанский и др. Препринт ОИЯИ, Р-849, 1961г.
2. А.А. Кузьмин. ПТЭ, 1№4, 121, 126, 1962.
3. И.П. Карабеков, М.А. Мартиросян. ПТЭ, №5, 36, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел

27 октября 1970 года.

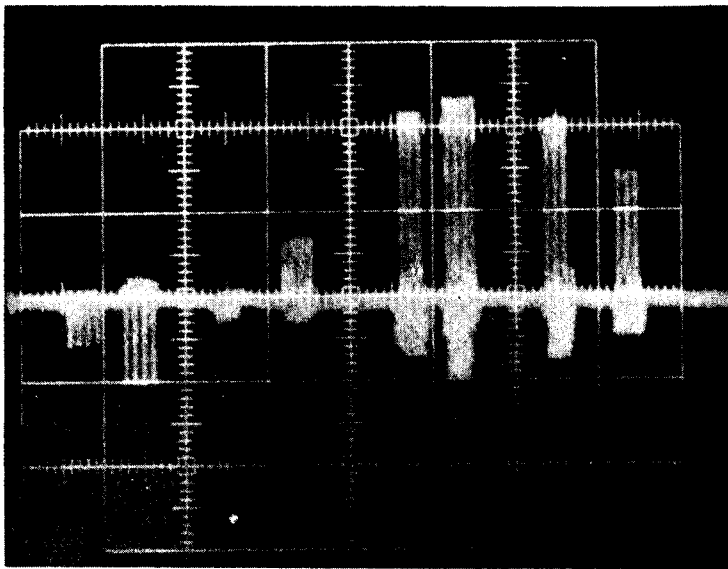


Рис. 4. Вертикальная проекция орбиты пучка на пачке 20 мсек. Отклонение пучка с датчика №6 - +2 см.

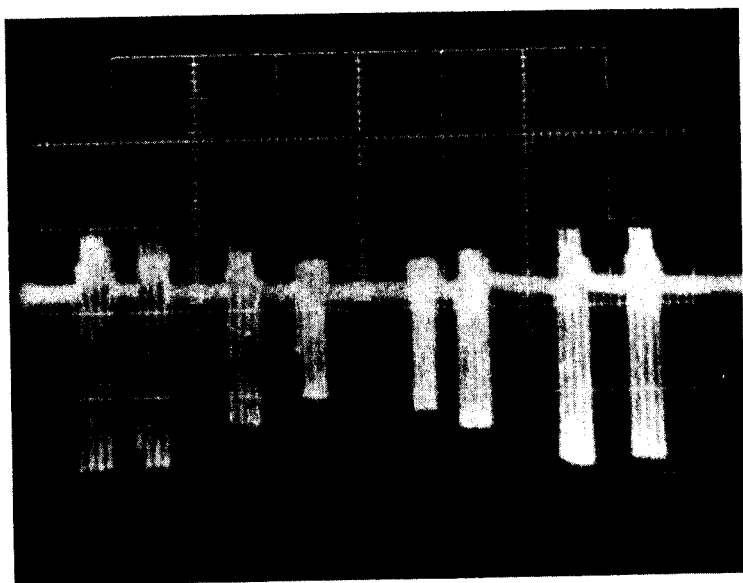


Рис. 5. Радиальная проекция орбиты пучка на пачке 20 мсек. Отклонение пучка с датчика №1 - -12 см.