

Воеводин М. А. и др.

345e +

754/2-78

СЗУСе

В-63

БЗ-11230.



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

БЗ-9-11230<sup>а</sup>

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

ОБЪЕДИНЁННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

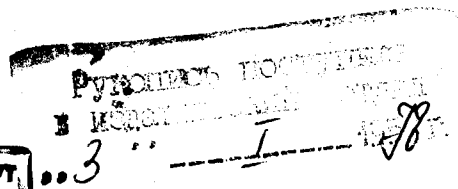
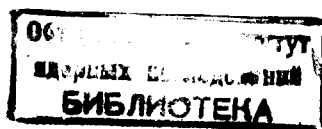
М. А. Воеводин, В. П. Заболотин, Л. П. Зиновьев, А. С. Исаев,  
И. И. Карпов, А. Д. Коваленко, Л. Г. Макаров, Р. Н. Перфеев,  
В. А. Попов, И. Н. Семенюшкин, Д. И. Шервашидзе, Л. И. Шликовой,  
С. В. Фецуков, В. И. Черников.

БЗ-9-11230

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ

РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

(III квартал 1977 г.).



Дубна, 1977 г.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

стр.

I. Введение.....	2
2. Резонаторный датчик параметров пучков ускоренных заряженных частиц.....	3
3. Геодезические измерения.....	6

## I. Введение.

В третьем квартале 1977 г. расписанием было запланировано 1716 ч работы синхрофазотрона. На эксперимент отработано 1540 ч, что составляет 89.7%, из них для работы физиков использовано 1355 ч (79.0%), на дальнейшее изучение и совершенствование ускорителя - 185 ч (10.7%). Остальное время затрачено на настройку, осмотр и пр.

Средняя интенсивность и длительность работы:

протоны	- $2.5 \times 10^{11}$	частиц в цикле	- 1340 ч,
дейтроны	- $0.8 \times 10^{11}$	- " -	- 256 ,
ядра гелия	- $0.3 \times 10^9$	- " -	- 120 ч.

Максимальная интенсивность достигала:

протоны	- $7.0 \times 10^{11}$	- " - ,
дейтроны	- $1.0 \times 10^{11}$	- " - ,
ядра гелия	- $1.35 \times 10^9$	- " - .

Коэффициент использования ускорителя  $K = 1.4$ .

Продолжается оснащение узлов ускорителя измерительными системами. Новый тип прозрачного датчика, представляющий собою тороидальный резонатор, существенно меньших размеров, чем цилиндрический, рассчитан, сконструирован и изготовлен для съёма информации с пучка линейного ускорителя. Датчик установлен на ионопроводе линейного ускорителя. Измерения проведены на пучках протонов, дейтронов и ядер гелия. Чувствительность датчика равняется 0.6 В/мА.

Представлены очередные результаты геодезических измерений положения электромагнита (ЭМ) ускорителя.

## 2. Резонаторный датчик параметров пучков ускоренных заряженных частиц.

Для измерения параметров пучка ускоренных частиц (протонов или тяжёлых ионов), получаемых на линейных резонансных ускорителях, предложено использовать тороидальный резонатор. Имея существенно меньшие размеры, нежели цилиндрический, этот резонатор обладает практически такой же чувствительностью. Экспериментально проверенный образец, настроенный на резонансную частоту 145 МГц, имеет максимальный размер 340 мм, продольный размер его - 80 мм и расстояние между стенками в емкостной части ~ 2 мм.

Объёмные резонаторы используются для измерения параметров пучков заряженных частиц, имеющих модуляцию плотности в продольном направлении. Они нашли широкое применение для диагностики пучков преимущественно электронных резонансных ускорителей, т.к. среди прозрачных датчиков обладают самой высокой чувствительностью и рядом других преимуществ /1, 2, 3, 4/. Поскольку электронные ускорители работают в сантиметровом диапазоне длин волн, то это определяет и небольшие габариты датчика. Диаметр цилиндрического резонатора, возбуждаемого на волне  $E_{010}$ , связан с длиной волны следующим образом:

$$D_0 = 0.764 \lambda_m$$

( $\lambda_m$  - длина волны гармоники с номером  $m$ ).

Для линейных ускорителей тяжёлых ионов (заряженных частиц) используется метровый диапазон длин волн. Так, длина волны ускоряющего поля в линейном ускорителе ЛУ - 20 - инжекторе синхрофазотрона ОИЯИ - равняется ~ 2 м, и поэтому цилиндрический резонатор, настроенный на первую гармонику тока пучка, имел бы диаметр ~ 1.5 м. Использование высших гармоник, 3-й, 6-й и т. д. ведёт к уменьшению габаритов датчика, однако

при этом уменьшается и его чувствительность /5/. Уменьшение чувствительности связано с уменьшением амплитуды гармоник с ростом их номера. Кроме того появляются осложнения в связи с использованием более высокой частоты.

Существует другой способ уменьшения габаритов датчика, он заключается в применении для измерений не цилиндрического, а тороидального резонатора.

На рис. I изображён такой резонатор.

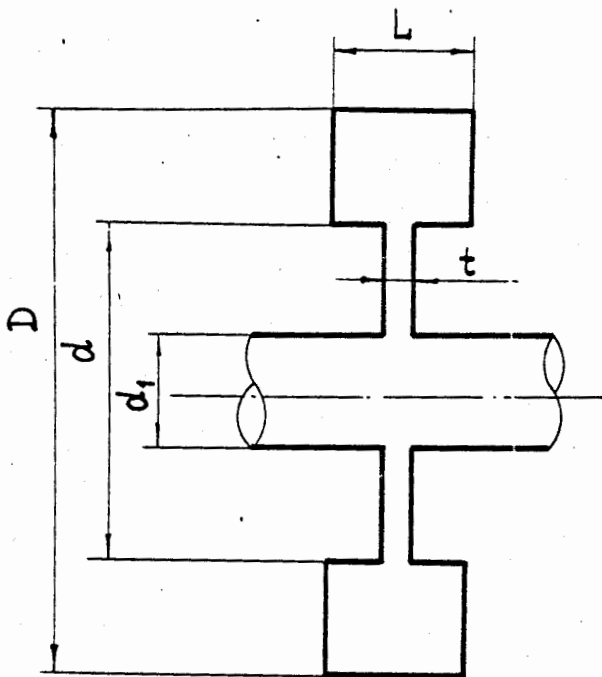


Рис. I. Тороидальный резонатор с отверстием в емкостной части.

В выбранном варианте он имеет следующие габаритные размеры:  $D = 340$  мм,  $d = 230$  мм,  $L = 80$  мм,  $d_1 = 100$  мм (отверстие). Расстояние между стенками резонатора в емкостной части  $\sim 2$  мм, величина добротности  $Q_0 = 5000$ . Особенность конструкции - резонатор находится в атмосфере. Это существенно упрощает изготовление резонатора и облегчает задачу подстройки резонансной частоты и съёма информации.

На рис.2 показана конструкция датчика. В нашем случае резонатор сделан разъемным, он надет на керамическую трубу, которая фланцевыми соединениями сочленяется с концами ионопровода и уплотняется на вакуум резиновыми уплотнениями. Плавная подстройка частоты осуществляется дистанционно.

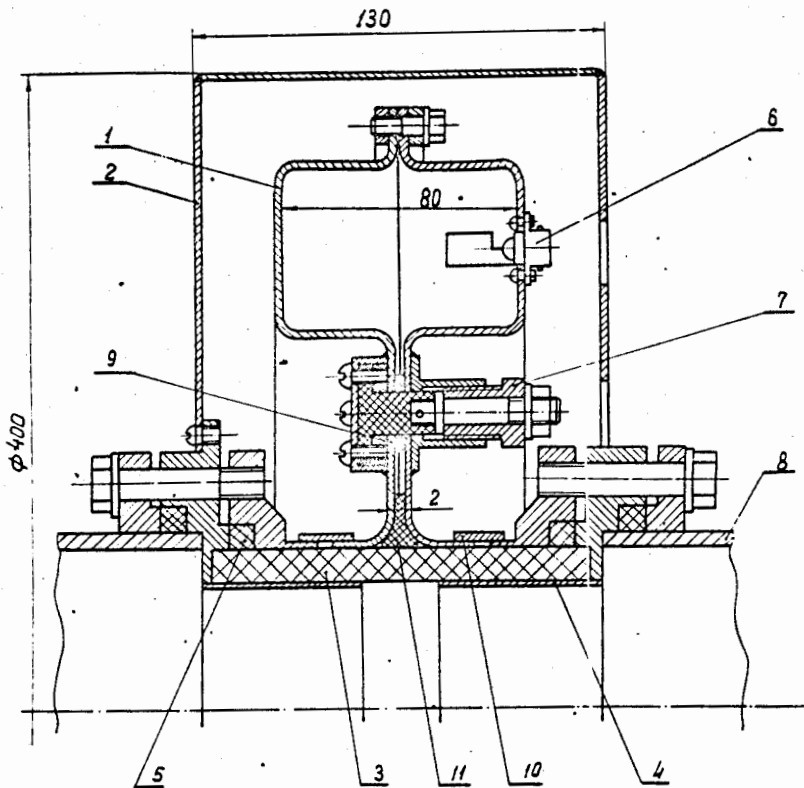


Рис.2. Общий вид датчика со снятой половиной кожуха.

- I - разъемная половина резонатора (индуктивная часть),
- 2 - металлический кожух,
- 3 - керамическая труба,
- 4 - медные экраны,
- 5 - вакуумные резиновые уплотнения,
- 6 - вывод одной из двух симметрично расположенных петель связи,
- 7 - механизм грубой подстройки частоты,
- 8 - ионопровод (металлический),
- 9, II - электрические шайбы,
- 10 - обжимы для электрического контакта резонатора с ионопроводом.

Датчик был установлен на расстоянии  $\sim 21$  м от резонатора ЛУ-20 на тракте инъекции в синхрофазотрон после выравнивателя и модулятора энергии. Он был использован для контроля параметров пучков протонов, дейтронов и ядер гелия. В нашем случае датчик чувствителен не только к изменению тока пучка, но и к изменению мгновенного энергетического спектра, поскольку амплитуда основной гармоники тока пучка, на которую настроен резонатор, зависит от фазовой протяженности сгустков, определяемой в нашем случае энергетическим разбросом  $\frac{\Delta W}{W}$  /6/. Таким образом чувствительность  $S_0$  соответствует определенной фазовой протяженности сгустков  $\varphi_0$  в месте установки датчика.

При варьировании тока пучка в пределах от 20 мкА до 20 мА измерения показали  $S_0 = 0.6$  В/мА в режиме с минимальной  $\varphi_0$ .

Работа датчика на протяжении длительного времени имела хорошую стабильность.

### 3. Геодезические измерения.

На протяжении квартала было проведено три цикла высокоточных геодезических измерений по кусту реперов и по одному циклу по рабочей и осадочной сетям в здании ускорителя. Результаты измерений представлены в таблицах, где указаны средние абсолютные осадки.

#### Результаты измерений стабильности "Куста" реперов.

Время проведения цикла измерений	Средняя абсолютная осадка (мм) реперов				Средняя квадратическая погрешность измерений
	I	2	3	4	
VII.77.	- 0.14	+ 0.02	+ 0.06	+ 0.07	$\pm 0.014$
VIII.77.	+ 0.15	+ 0.01	+ 0.07	+ 0.02	$\pm 0.074$
IX.77.	- 0.10	+ 0.02	+ 0.04	+ 0.01	$\pm 0.039$

Доверительный интервал определения осадок (мм)  $0.3 \leq \Delta \leq 0.4$



Рабочая сеть (на колоннах) - IX.77.

№ квadrанта	Средняя абсолютная осадка (мм)		Средняя квадратическая погрешность измерения
	Внутренний радиус	Наружный радиус	
I	- 0.31	- 0.25	
II	- 0.24	- 0.50	
III	- 0.81	- 0.72	± 0.080
IV	- 0.93	- 1.04	

Доверительный интервал измерений (мм)  $0.2 \leq \Delta S \leq 0.4$

Осадочная сеть.

(Стойки электромагнита синхροфазотрона).

№ квadrанта	Радиус измерения (мм)		Средняя квадратическая погрешность измерения
	$R_0 - 800$	$R_0 + 800$	
I	+ 0.17	- 0.13	
II	+ 0.07	- 0.75	
III	- 0.36	- 1.83	± 0.060
IV	- 0.36	- 1.36	

Доверительный интервал измерений (мм)  $0.2 \leq \Delta S \leq 0.4$

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Berger et al., RSI, 1962, 33, I44I-I449.
2. E.V. Farinholt et al., IEEE - Trans Nucl Sci 1967, NS-14, II27.
3. Z.D. Farkas et al., Proc. of the 1976 Proton Linear Accel. Conf., November 1976, Chalk River, p. 300.
4. Z.D. Farkas et al., SLAC - PUB -- 1970, July 1977.
5. В.Н. Каллагов и др. Труды радиотехнического института АН СССР, 1973, №16, 246-260.
6. Ю.Д. Безногих, М.А. Воеводин, ОИЯИ, 9-5253, Дубна, 1970.