

С 345e
В-676

Волков В.И. и др.

2323 / 2-78



БЗ-9-11456,

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

БЗ-9-11456

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 19 78

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

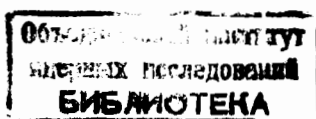
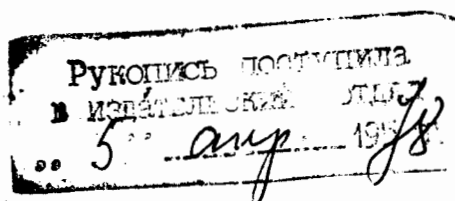
В.И. Волков, В.П. Заболотин, Л.П. Зиновьев, А.С. Исаев,
И.Б. Иссинский, Г.С. Казанский, И.И. Карпов, Б.Н. Кузихин,
Л.А. Леонов, Л.Г. Макаров, В.Н. Перфеев, В.А. Попов, И.Н. Семенюшкин,
В.Ф. Сиколенко, Ю.В. Смирнов, С.В. Федукон, А.П. Царенков,
О.Н. Цисляк, В.И. Черников, Д.И. Шерстянов, И.Н. Яловой.
К.В. Чехлов.

БЗ-9-11456

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ

РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

(IV квартал 1977 г).



Дубна, 1978 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Введение.....	2
2. Группирователь ЛУ-20.....	4
3. Измерение интенсивности ускоряемого пучка.....	6
4. Измерение пространственных характеристик выведенного пучка малой интенсивности.....	7
5. Динамика пучка в кольце ускорителя.....	8
6. Геодезия.....	9

I. Введение.

В IV квартале 1977 г. расписанием было запланировано 1193 ч работы синхрофазотрона. На эксперимент отработано 1066 ч (89.3%), из них для работы физиков-экспериментаторов использовано 964 ч (80.8%), на изучение и совершенствование ускорителя - 102 ч (8.2%). Технологическая подготовка систем (запуск, осмотр и т.п.) заняла 55 ч (4.6%), потери времени из-за простоя систем ускорителя составили 72 ч (6.1%).

Средняя интенсивность и длительность работы:

нейтроны - 1.4×10^{11} частиц в цикле - 195 часов,
ядра гелия - 3.5×10^9 ядер в цикле - 988 часов.

Соответственно, в 1977 г было запланировано расписанием 4149 ч. Из них на эксперимент отработано 3791 ч (91.4%), в том числе на физиков 3288 ч (79.3%), на совершенствование ускорителя - 503 ч (12.1%). Технологическая подготовка заняла 122 ч (3.0%), потери времени из-за простоя систем синхрофазотрона составили 232 ч (5.5%).

Средняя интенсивность и длительность работы в 1977 г:

протоны - 3.3×10^{11} ядер в цикле - 2073 ч,
нейтроны - 1.1×10^{11} - " - 451 ч,
ядра гелия - 3.0×10^9 - " - 1118 ч.

Достигнута максимальная интенсивность:

протоны - 7.0×10^{11} ядер в цикле,
нейтроны - 2.3×10^{11} - " - ,
ядра гелия - 2.5×10^{10} - " - ,
углерода - 3.0×10^4 - " - ,
кислорода - 5.0×10^3 - " - .

при ускорении до 150 мс было получено протонов 1.6×10^{12} в цикле.

Кoeffициент использования синхрофазотрона на физический эксперимент: в IV квартале $K = 1.6$, в 1977 г $K = 1.4$.

Рост интенсивности ускоряемых ядер явился следствием работы в двух направлениях.

Во-первых, за счёт установки на входе линейного ускорителя (ЛУ-20) группирователя (ГР) получен рост тока на выходе ЛУ-20 в два раза: при работе на дейтронах ток достигал 10 мА, а при работе на ядрах гелия - 650 мкА.

Во-вторых, в целях уменьшения влияния на основное магнитное поле магнитного поля вихревых токов, наводимых в медных шинах в зазоре электромагнита (ЭМ), продолжена работа по замене широких медных шин резонансных обмоток медленного вывода (МВ) сечением $25 \times 5 \text{ мм}^2$ в I и IV квадрантах ЭМ на шины сечением $10.8 \times 6 \text{ мм}^2$ с установкой их на ребро. К настоящему времени заменены широкие и повернуты на ребро более узкие шины на следующих радиусах:

I кв. $R_0 \pm 100 \text{ мм}$, $R_0 + 200 \text{ мм}$, $R_0 + 300 \text{ мм}$

II кв. $R_0 \pm 100 \text{ мм}$.

IV кв. $R_0 + 100 \text{ мм}$, $R_0 + 300 \text{ мм}$.

На всех квадрантах на $R_0 \pm 400 \text{ мм}$ остаются пока шины сечением $12 \times 12 \text{ мм}^2$, на $R_0 \pm 500 \text{ мм}$ - рельсы (дуралюминий, уголок $30 \times 30 \times 3 \text{ мм}$) и на некоторых радиусах расположены шины сечением $10.8 \times 6 \text{ мм}^2$, уложенные на сторону большей площади.

Проводится работа по использованию ускорителя в качестве источника пучков малой энергии: осуществлён МВ в измерительный павильон дейтронов и ядер гелия с энергией 200 и 400 МэВ на нуклон. Цель работы - использовать в дальнейшем пучки с такой энергией для медико-биологических исследований.

Средний вакуум в кольце ускорителя - 2.6×10^{-6} Торр.

Ускоритель оснащается новой аппаратурой съёма информации с ускоряемого пучка в кольце и выводимого в измерительный павильон. Диапазон измерений интенсивности в кольце расширен и в настоящее время охватывает диапазон 5.0×10^6 - 8.0×10^{13} ед. зар./цикл.

Многопроволочная камера, установленная на входе в выводной магнит (ВМ), позволила получить пространственные характеристики пучка ядер, выводимого из ускорителя, интенсивностью 10^5 частиц/импульс. Камера включена в общую систему диагностики на базе ЭВМ IOIO, результаты измерений выводятся на графический дисплей.

Продолжаются геодезические наблюдения за поведением ЭМ синхрофазотрона. Результаты измерений приводятся.

2. Группирователь. ЛУ - 20.

Для более полного использования пучка частиц источника (это особенно важно при ускорении ядер элементов тяжелее водорода) применяют группирователи, которые устанавливаются на входе линейных ускорителей.

Группирователь, установленный на входе ЛУ-20, конструктивно аналогичен группирователю ИТЭФ /I/. Он имеет увеличенную апертуру 100 мм и две дополнительные боковые стенки. При этой апертуре фактор времени пролёта на оси ГР ~ 0.1 , а на краю апертуры возрастает до ~ 0.8 . Для увеличения фактора времени пролёта на оси ГР в пролётном отверстии были установлены сетки с прозрачностью 0.99. Две дополнительные торцевые стенки увеличили жёсткость конструкции резонатора, что дало улучшение стабильности работы. Деформация ионопровода при откачке на вакуум и при работе фокусирующих линз, расположенных возле резонатора, была значительно уменьшена за счёт установки сиффона. Кольцо, установленное между

настроечными дисками, на которое подаётся смещение -4.5 кВ, позволило подавить высокочастотный разряд. ВЧ мощность отбирается от основного резонатора ЛУ-20 петлёй связи через вакуумную диафрагму и по кабелю с фазовращателем передаётся в резонатор ГР. Петля ввода мощности согласована на КБВ $- 0.8$. Уровень мощности в ГР регулируется поворотом петли связи. Для группирования ядер и протонов требуемый диапазон $10-30$ кВт. Работа ГР позволила увеличить ток на выходе ЛУ-20 в два раза.

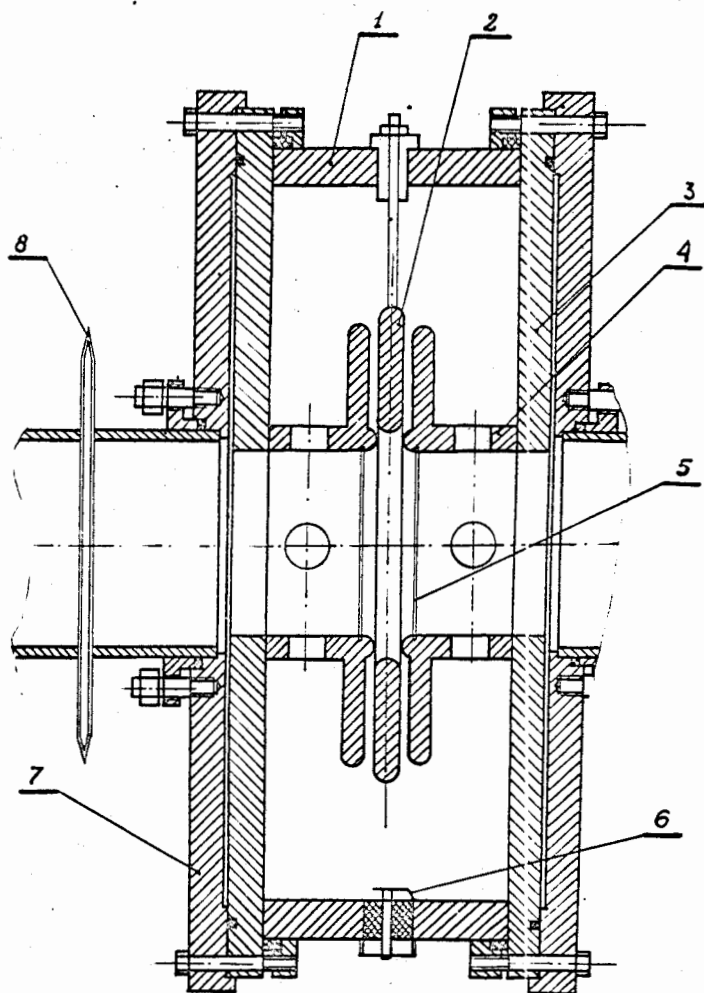


Рис.1. Группирователь ЛУ-20.

- 1- цилиндрическая стенка резонатора,
- 2- диск для подавления резонансного ВЧ разряда,
- 3,7- дополнительные торцевые стенки, 4 - полутрубка с настроечным диском, 5 - сетка для увеличения фактора времени пролёта,
- 6 - петля ввода мощности, 8 - катод в ионопроводе.

3. Измерение интенсивности ускоряемого пучка.

Действующая до декабря с.г. система измерения интенсивности внутри кольца синхрофазотрона разрешала производить надёжные и достоверные измерения интенсивности в пределах от $\sim 2 \times 10^8$ до 5×10^{12} (в единицах элем. заряда).

Рост зарядности ускоряемых ядер привёл к проблеме измерения малых уровней интенсивности ядерных пучков при ускорении и дозировке на физический эксперимент. До сих пор нижний предел измерения уровня определялся наводками от ускоряющей станции и систем коррекции магнитного поля, а также токами растекания по "землям". Задача снижения нижнего уровня измеряемой интенсивности потребовала специальной разработки электроники, нового датчика, прокладки одноадресных кабельных коммуникаций между корпусами 1 и 2. В настоящее время система включает в себя датчик - индукционные электроды "плавающего" типа, установленные внутри камеры ускорителя, электронный блок предварительной обработки информации о заряде пучка - предусилитель с применением нувисторов и с малым уровнем собственных шумов, выходной блок регистрации и преобразования, включающий устройство компенсации наводок в широком диапазоне частот. Создана надёжная магнитная и электростатическая защита аппаратуры съёма сигнала. Осуществлена оптимальная фильтрация сигнала пучка.

В результате принятых мер, связанных с защитой и компенсацией наводок и шумов, ограничивающих нижний предел измерения, 6 декабря с.г. была введена в работу система, которая разрешает измерять уровни интенсивности от 5×10^6 до 8×10^{13} ед. элем. заряда. Первые результаты исследования системы показали, что, в связи с отсутствием наводок на "плавающие" электроды, появляется возможность дальнейшего

снижения нижней границы измеряемой интенсивности до $\sim 1 \times 10^6$. Дальнейшее увеличение чувствительности ограничивается уровнем тепловых шумов и флуктуацией параметров элементов схем съёма и обработки сигнала. Рассматривается задача о применении криогеники для системы измерения.

Разработанная и созданная аппаратура находится в нормальной эксплуатации и показала высокую надёжность и достоверность измерений.

4. Измерение пространственных характеристик выведенного пучка малой интенсивности.

Ускорение в синхрофазотроне ядер элементов тяжелее водорода выдвинуло на первое место проблему измерения пространственных характеристик пучка ядер в канале МВ с интенсивностью в диапазоне $10^4 - 10^8$ ядер/цикл.

Известно, что до уровня интенсивности 10^6 ядер/сек. успешно используются пропорциональные камеры в режиме счёта. Однако уровни $10^7 - 10^8$ ядер/сек. трудно зарегистрировать пропорциональной камерой в таком режиме по причине высокой скорости счёта. Не меньшие трудности возникают и при попытке использовать ионизационную камеру для измерений малой интенсивности по причине малого уровня сигнала. И далее, для перекрытия диапазона $10^5 - 10^{11}$ ядер/сек. для многопроволочной камеры необходимо было бы иметь два комплекта электронной аппаратуры, которую можно включать по выбору, в зависимости от режима использования датчика — ионизационного или пропорционального. При этом два комплекта аппаратуры могут существенно усложнить эксплуатацию.

Перечисленные трудности были успешно разрешены созданием аппаратуры, которая оказалась способной работать в обоих режимах многопроволочной камеры. В этих условиях работы камера

устанавливается в токовом режиме, и съём информации с проволок осуществляется при помощи электрометрических усилителей с входным сопротивлением 20 МОм. В пропорциональном режиме многопроводочная камера заполняется стандартной газовой смесью ($A_2 + CO_2$), а перевод в ионизационный режим осуществляется изменением высокого напряжения и заменой газовой смеси на атмосферу.

В декабре с.г. в таком совмещённом режиме был введён в опытную эксплуатацию измеритель профиля выводимого пучка ядер на прямолинейном выводном участке кольца ускорителя. По предварительным данным при работе камеры в пропорциональном режиме путём регулирования коэффициента газового усиления удаётся получить перекрытие рабочего диапазона от 10^5 до нескольких единиц $\times 10^9$ ядер в импульсе. При более высокой интенсивности камеру необходимо переводить в ионизационный режим. Информация с измерителя профиля после обработки на ЭВМ выводится на графический дисплей /2/.

Результаты опытной эксплуатации такого измерителя показали перспективность его применения. Принято решение после необходимой доработки оснастить подобного рода датчиками всю трассу канала МВ.

5. Динамика пучка в кольце ускорителя.

Экспериментальные работы по исследованию эффективности режима ускорения на второй кратности частоты обращения частиц в синхрофазотроне показали, что выигрыш в захвате в синхронный режим и дальнейшем ускорении достигает более 2 раз. После 200 мс ускорения был получен пучок дейтронов интенсивностью 5.0×10^{11} ядер/цикл.

Исследовалась возможность получения азимутального размытия "банча" ускоряемого пучка на "столе" магнитного поля. Резуль -

таты показали, что эффект может быть достигнут при помощи адиабатического уменьшения амплитуды ускоряющей частоты при одновременном прерывании процесса ускорения во время "размытия" "банча" на "столе" магнитного поля за счёт энергетического разброса. Работа по осуществлению такого режима продолжается.

6. Геодезия.

В IV квартале с.г. было проведено три цикла высотных измерений по кусту реперов и один цикл по шкалкам рабочей и осадочной сети синхрофазотрона.

Результаты измерений стабильности куста реперов.

Время проведения цикла измерений	Средняя абсолютная ссадка (мм) №№ реперов				Средняя квадратическая погрешность измерений
	I	2	3	4	
31.10.77.	- 0.08	+ 0.02	+ 0.08	- 0.03	$\delta_{\Delta} = \pm 0.030 \text{ мм}$
30.11.77.	- 0.04	+ 0.02	+ 0.07	- 0.06	
27.12.77.	- 0.02	+ 0.04	+ 0.03	- 0.06	

Доверительный интервал измерений $0.2 \leq \Delta S \leq 0.4$

Рабочая и осадочная сеть ЭМ.

№ квадранта	Абсолютные осадки (мм)				Средняя квадратическая погрешность измерений
	⌞ внутр.		⌞ внешн.		
	колонны	магнит	колонны	магнит	
I	- 0.01	- 1.25	+ 0.03	- 0.06	$\delta_{\Delta} = \pm 0.054 \text{ мм}$
II	- 0.24	- 1.22	- 0.80	- 0.23	
III	- 0.54	- 1.25	- 1.72	- 0.92	
IV	- 0.60	- 1.60	- 1.22	- 0.93	

Доверительный интервал измерений $0.2 \leq \Delta S \leq 0.5$

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.А.Баталин. Линейный ускоритель протонов И-2 на энергию 25 МэВ, ПТЭ, №5, 18,26, 1967 г.
2. В.И.Волков и др. ОИЯИ, 9-10104, Дубна, 1976 г.