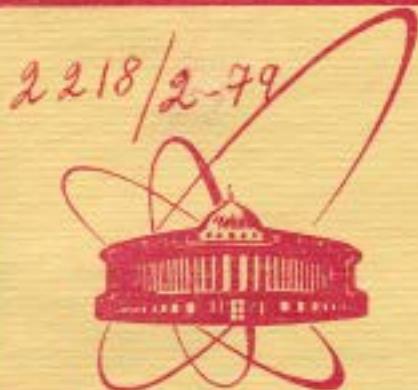


е



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

СЗЧБе

11/11-79

Б-907

9 - 12198

В.Н.Булдаковский, М.А.Воеводин, В.И.Волков,  
В.П.Заболотин, Л.П.Зиновьев, А.С.Исаев,  
И.Б.Иссинский, И.И.Карпов, А.Д.Кириллов,  
А.Д.Коваленко, Н.А.Коруков, В.И.Котов,  
Л.Г.Макаров, Р.Т.Малашкевич, С.А.Нежданова,  
С.А.Новиков, Б.Д.Омельченко, В.Н.Перфеев,  
А.Д.Рогаль, Ш.З.Сайфулин, И.И.Семенюшкин,  
С.В.Федуков, Д.И.Шерстянов, И.Н.Яловой,  
В.И.Черников

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ.  
РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ  
( III квартал 1978 г. )

1979

9 - 12198

В.Н.Булдаковский, М.А.Воеводин, В.И.Волков,  
В.П.Заболотин, Л.П.Зиновьев, А.С.Исаев,  
И.Б.Иссинский, И.И.Карпов, А.Д.Кириллов,  
А.Д.Коваленко, Н.А.Коруков, В.И.Котов,  
Л.Г.Макаров, Р.Т.Малашкевич, С.А.Нежданова,  
С.А.Новиков, Б.Д.Омельченко, В.Н.Перфеев,  
А.Д.Рогаль, Ш.З.Сайфулин, И.Н.Семеношкин,  
С.В.Федуков, Д.И.Шерстянов, И.Н.Яловой,  
В.И.Черников

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ.  
РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ  
( III квартал 1978 г.)

Физико-химический институт  
ядерных материалов  
БИБЛИОТЕКА

Синхрофазотрон ОИЯИ. Работа и совершенствование  
(III квартал 1978 г.)

Приводятся сведения о работе синхрофазотрона ОИЯИ в III квартале 1978 г., в основном качественные характеристики ускорителя. Осуществлен медленный вывод ускоренного пучка ядер в диапазоне энергий 200-400 МэВ/нуклон. Дается краткое представление о канале транспортировки пучка в размере изображения. Конструктивные изменения ионизационного датчика позволили использовать его в широком диапазоне энергий в диапазоне циркулирующих токов ускоренных частиц в камере ускорителя, отодвигнув верхний предел по величине  $10^{14}$  ед. эл. зарядов. Внесены изменения в электронную схему синхронизации системы коррекции характеристик магнитного поля синхрофазотрона, что привело к увеличению надежности работы системы. При помощи гидростатического нивелирования получены данные вертикальных перемещений квадрантов синхрофазотрона, что позволило провести расчеты и получить величины наклонов квадрантов в радиальном и азимутальном направлениях.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Budakovskiy V.N. et al.

9 - 12198

## The Dubna Synchrophasotron. Operation and Improvement (the 3rd Quarter of 1978)

Data are presented on the operation of the Dubna synchrophasotron in the 3rd quarter of 1978 during the acceleration of deuterons and  $\pi$ -particles. The beams of medium energy (several hundred MeV per nucleon) nuclei are of great interest for fundamental and applied studies. A brief description is given of the slow extraction system at an energy of 200-400 MeV/nucleon and of the transportation channel. This permits the currents of the circulating beam to be measured up to  $10^{14}$  units of electric charge. The reliability of the system is increased which corrects the characteristics of the accelerator main magnetic field. Using the data on geodetic measurements on the shifts of the accelerator quadrants, the calculation has been made which shows the slopes of these quadrants.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

© 1979 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Из запланированных в III квартале 1978 г. 1087 ч. работы синхрофазотрона на экспериментальные физические исследования и совершенствование ускорителя затрачено 1023 ч /94,1%/, в том числе на эксперимент - 732 ч /67,3%/, на совершенствование - 291 ч /26,8%/. Технологическая подготовка заняла 39 ч /3,6%/, потери времени по причине простоев составили 25 ч /2,3%/.

На протяжении сеанса в синхрофазотроне ускорялись дейtronы и  $\pi$ -частицы. Длительность работы и значение интенсивности в импульсе при конечной энергии:

	$N_K$	$N_{K\max}$
дейтроны	$520$ ч	$1,3 \times 10^{11}$
$\pi$ -частицы	$567$ ч	$0,13 \times 10^{10}$

Среднее значение вакуума в камере ускорителя -  $p = 2,8 \times 10^{-6}$  Тор.

Коэффициент использования ускорителя для физических экспериментов  $K = 1,34$ .

Продолжались работы по дальнейшему использованию возможностей синхрофазотрона. В июле 1978 г. был осуществлен медленный вывод /МВ/ ускоренного пучка ядер в диапазоне энергий 200-400 МэВ на нуклон. Проведена наладка канала транспортировки и получены первые экспериментальные результаты на выведенном пучке ядер /1/.

Внесены изменения в конструкцию ионизационного датчика ИСД-2 - прозрачный датчик /2/ - с целью расширения диапазона его применения.

Практика четырех лет работы с электроникой системы управления и формирования токов для корректирования характеристи-

стик главного магнитного поля ускорителя - РЗМИ-2<sup>3/</sup> показала, что в схеме синхронизации, выполненной на элементах четырехслойной структуры, появилась нестабильность времени задержки и наблюдалось исчезновение выходного импульса. В систему коррекции характеристик магнитного поля внесены изменения, позволившие устранить эти недостатки, что привело к увеличению надежности системы.

В настоящее время синхрофазотрон ОИЯИ кроме системы высокоточного инвелирования оснащен и гидростатической системой инвелирования, позволяющей оперативно решать вопросы контроля положения электромагнита /ЭМ/ ускорителя по данным 24-х датчиков<sup>4/</sup>. Расчеты, выполненные на основании информации этой системы, позволили получить величины радиальных и азимутальных наклонов квадрантов ЭМ ускорителя.

## 2. ВТОРОЙ КАНАЛ МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА ПУЧКА УСКОРЕННЫХ ЧАСТИЦ ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА ДЛЯ ЭНЕРГИЙ 200-400 МэВ/нукла.

Существующее на ускорителе расположение оборудования позволило выделить для новой системы медленного вывода прямолинейный участок кольца, в который инжектируется пучок частиц из линейного ускорителя, и необходимые экспериментальные площадки в корпусе 1Б. Ранее это направление использовалось для вывода и транспортировки пучков ядер энергий несколько ГэВ на нуклон и длительностью вывода порядка 500 мкс в экспериментах с пузырьковыми камерами<sup>5/</sup>. Медленный вывод в диапазоне средних энергий выполнен следующим образом. Увеличение частоты бетатронных колебаний до резонансного значения происходит в результате включения тока в градиентные полюсные обмотки синхрофазотрона. В момент достижения током значения 5,5 А скорость его роста замедляется, и медленное нарастание до 13 А создает условия для полного вывода в резонанс всех ускоренных частиц. Для обеспечения достаточно быстрого прироста амплитуд колебаний и большей глубины заброса пучка частиц в септум-магнит значение тока в обмотках второй гармоники сектупольного возмущения должно быть 90 А. Септум-магнит расположен в прямолинейном

участке кольца ускорителя - участке инжектирования. Характеристики магнитного поля синхрофазотрона дают возможность осуществлять заброс пучка частиц в септум-магнит, расположенный вне рабочей области на расстоянии  $R_0 = 600$  мм от центральной орбиты. Это позволяет выполнить магнит неподвижным. Пучок частиц отклоняется септум-магнитом к наружной стенке вакуумной камеры и выходит из кольца ускорителя в конце первого квадранта /рис. 1/.

Канал транспортировки выведенного пучка частиц включает в себя 5 квадрупольных линз и 4 поворотных магнита. Головной дублет /лизы МЛ-15 и МЛ-16/ формирует изображение в горизонтальной плоскости перед магнитом СП-10 и в вертикальной плоскости - в центре линзы 9МЛ-17. Эта линза сжимает пучок частиц в горизонтальной плоскости так, чтобы он входил без потерь в концевой дублет /лизы МЛ-17/. Для получения более равномерного пространственного распределения частиц в пучке на экспериментальной установке в месте промежуточного изображения в горизонтальной плоскости установлен коллиматор. Концевой дублет линз формирует пучок для входа в экспериментальную установку. Размеры пучка в зависимости от условий проведения эксперимента могут быть изменены в пределах от 10x10  $\text{мм}^2$  до 150x150  $\text{мм}^2$ .

## 3. ДИАГНОСТИКА ПУЧКА ЧАСТИЦ

Проведено исследование работы ионизационного датчика ИСД-2, установленного в 1-м прямолинейном промежутке кольца синхрофазотрона, при ускорении пучков протонов и дейтронов, т.е. при величине циркулирующего тока до  $10^{14}$  ед.эл.заряда. Для расширения динамического диапазона датчика без изменения режима работы системы осуществлялось ослабление светового потока путем установки между световодом и ФЭУ набора темных пленок с калиброванным ослаблением. При работе на протонах величина коэффициента ослабления была выбрана равной 1000, при этом напряжение коллектора - 25 кВ, а напряжение ФЭУ - 1100 В. При переходе на дейтроны напряжение ФЭУ было увеличено до 1350 В при сохранении остальных параметров.

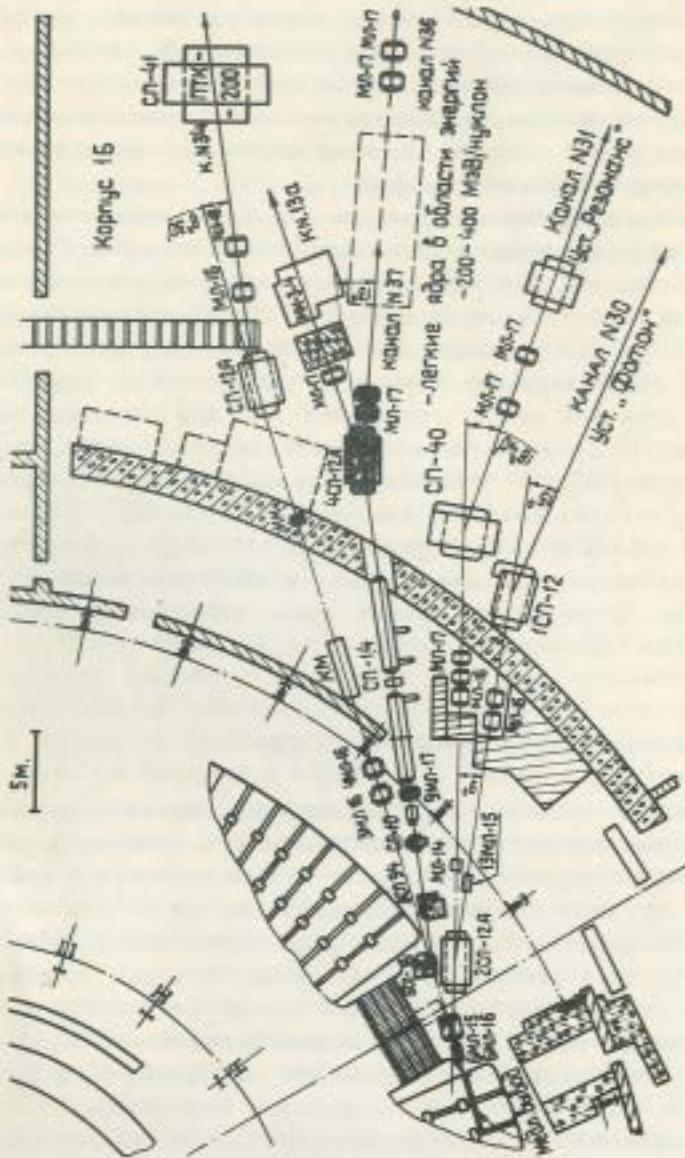


Рис. I. Размещение каналов транспортировки в корпuse I-Б.

На рис. 2 приведена осциллограмма с информацией о циркулирующем пучке дейtronов. Форма сигнала от ионизационного датчика /б/ показывает, что при данной настройке до взаимодействия пучка дейtronов с бетатронной мишенью имели место потери интенсивности пучка - 20%.

Проведенный сеанс показал высокую помехоустойчивость системы, особенно в области низких энергий, что связано с хорошей экранировкой коллектора от теряемых частиц и продуктов их взаимодействия.

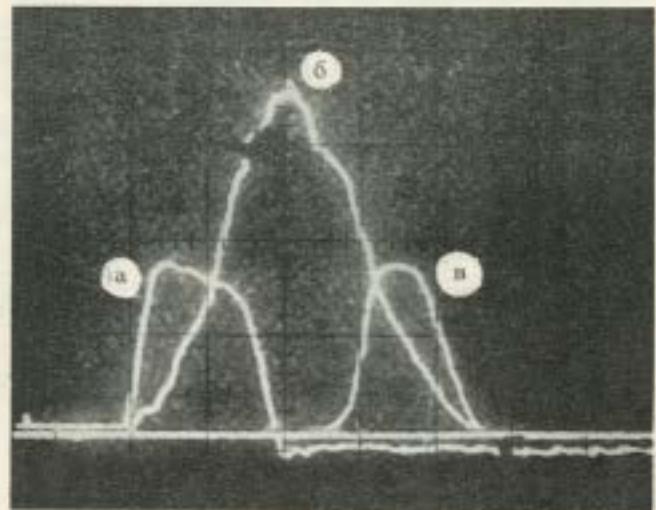


Рис. 2. Осциллограмма квазибелатронного режима ускоренных дейtronов. а - ток после второго поворотного магнита, б - циркулирующий ток в камере синхрофазотрона /сигнал с прозрачного датчика - ИСД-2/, в - сигнал с белатронной мишени.

#### 4. СИНХРОНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОРРЕКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СИНХРОФАЗОТРОНА

Применение микросхем 155-й серии, транзисторов и тиристоров позволило создать схему высокой надежности для управления и формирования токов в системе РЗМИ-2, предназначенной для корректирования магнитного поля синхрофазотрона

/рис. 3/. На микросхеме D1 и транзисторе T1 собран внутренний генератор, работающий с частотой цикла, что дает возможность вести наладочную работу во время остановки ускорителя.

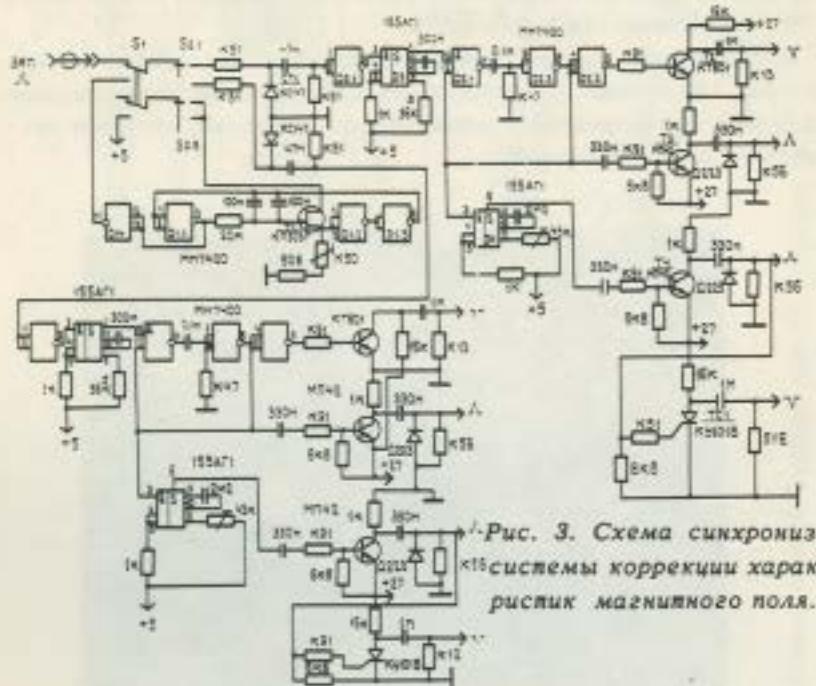


Рис. 3. Схема синхронизации системы коррекции характеристик магнитного поля.

В схеме имеется два одинаковых канала /рабочий и резервный/. Опишем работу одного из них. Сигнал запуска через схему ограничения и инвертор /D2.1/ поступает на одновибратор разрешения /D3/, где вырабатывается сигнал блокировки входа длительностью 7 с. Это сделано для того, чтобы поступающие помехи не могли воздействовать на работу системы коррекции - осуществить вторичный запуск. Сигналы с выхода D2.2 и D2.3 поступают на усилители мощности /T2 и T3/ и на вход одновибратора задержки /D4/. Усилители мощности необходимы для формирования коротких импульсов напряжения 20 В на низкоомных нагрузках. По времени они совпадают с импульсом начала цикла работы ускорителя и могут быть использованы для запуска нескольких устройств: индукционного магнитометра, ЭВМ, измерителя токов коррекции и др. одновременно. Одновибратор задержки /D4/ вырабатывает им-

пульс, длительность которого может регулироваться в пределах 60 мс. Задержанный импульс одновибратора усиливается транзистором T4 и триистором TС1. Использование триистора продиктовано необходимостью одновременного запуска 32-х регулируемых источников тока системы коррекции показателя и азимутальной асимметрии магнитного поля синхрофазотрона.

## 5. ГЕОДЕЗИЯ

При помощи системы гидростатического нивелирования было проведено 3 цикла измерений, приходящихся на сезонные изменения уровня грунтовых вод, которые были предварительно определены системой высокоточного нивелирования. По данным измерений сделан численный расчет и получены величины радиальных и азимутальных наклонов квадрантов ЭМ. За базовый датчик принят датчик I-1 /рис. 4/, расположенный в горизонтальной плоскости, которая принимается за базовую. Все вычисления в каждом цикле измерений проводятся относительно первого датчика /I-1/, отметка которого принимается за нулевую, а оси координат базовой плоскости поворачиваются

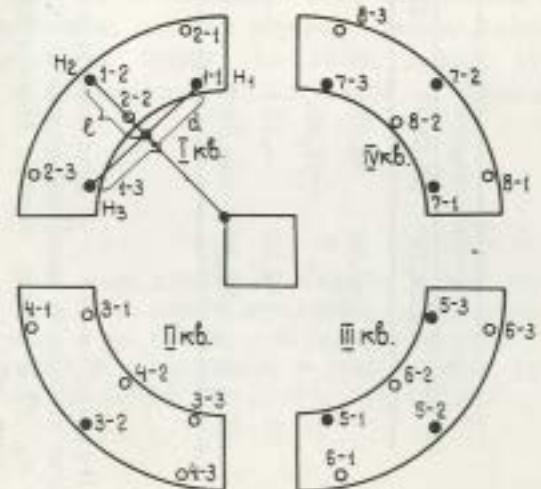


Рис. 4. Схематическое изображение квадрантов синхрофазотрона и расположение гидростатических датчиков.

Таблица

№ кв-та	$\alpha_R$ - ради. наклон (°)			$\alpha_A$ - азим. наклон (°)		
	10,02,78*	07,05,78	28,06,78	10,02,78*	07,05,78	28,06,78
I	-7,40	-5,60	+13,24	+1,30	+1,80	-17,80
II	-	+13,50	-	-	-1,40	-
III	+5,20	-4,70	-40,20	+2,20	+1,50	+4,10
IV	+20,80	-18,20	+38,60	+5,70	+8,10	+10,00

Примечание: \* - цикл измерения по 10 датчикам 1-й очереди, для  $\alpha_R$  (-) - наружный радиус квадранта ниже внутреннего, (+) - внутренний радиус квадранта ниже наружного, для  $\alpha_A$  (+) - начало сектора выше конца (по ходу пучка), (-) - конец сектора выше начала (по ходу пучка).

так, чтобы ось  $x$  совпадала с радиальным направлением наклона квадранта, а ось  $y$  - с азимутальным.

Радиальный наклон квадранта вычисляется по формуле

$$\alpha_R = \frac{H_2 - (H_1 + H_3)/2}{r} \cdot \rho^{\circ}.$$

азимутальный наклон - по формуле

$$\alpha_A = \frac{H_1 - H_3}{d} \cdot \rho^{\circ}.$$

Здесь  $H_1$  и  $H_3$  - показания датчиков на торцах квадранта на внутреннем радиусе ускорителя /мм/,  $H_2$  - показания среднего датчика, находящегося на наружном радиусе квадранта /мм/.  $r = 9200$  мм - перпендикуляр к прямой, проходящей через датчики  $H_1$  и  $H_3$ ,  $d = 3250$  мм - расстояние между датчиками  $H_1$  и  $H_3$ . При определении радиальных и азимутальных наклонов квадрантов условились считать, что каждый квадрант ведет себя как единое целое.

Нумерация датчиков на квадрантах произведена по ходу пучка.

Примечание. В предыдущем сообщении о работе и совершенствовании синхрофазотрона ОИЯИ /Безногих Ю.Д. и др., ОИЯИ, 9-11765, Дубна, 1978/ были приведены результаты измерений магнитного поля во II квадранте ЭМ, полученные с помощью двух типов датчиков, один из которых /датчик Холла/ подробно описан в препринте ОИЯИ, 13-11603, Дубна, 1978, авторы С.А.Долгий, А.А.Кукушкин, Ю.В.Кулников, Г.П.Николаевский, М.И.Яцута.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, Р13-11872, Дубна, 1978.
2. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, Р9-11858, Дубна, 1978.
3. Воеводин М.А. и др. ОИЯИ, 9-9625, Дубна, 1976.
4. Васютинский И.Ю. и др. ОИЯИ, 9-11329, Дубна, 1978.
5. Боков Г.А. и др. ОИЯИ, Р9-10399, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 января 1979 года.