

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



26/11-79

СЗ45е

748/2-79

9 - 11990

В-127

В.П.Вадеев, М.А.Воеводин, Е.Д.Донец, В.Г.Дудников,
В.П.Заболотин, Л.П.Зиновьев, А.С.Исаев, И.И.Карпов,
А.Д.Коваленко, Б.Н.Кузихин, А.А.Ларин, Л.Г.Макаров,
Н.В.Осипов, В.Н.Перфеев, А.И.Пикин, И.Н.Семенюшкин,
Ю.В.Смирнов, Ю.И.Тихомиров, С.В.Федуков
В.И.Черников, Д.И.Шерстянов, И.Н.Яловой

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ

РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

(II квартал 1978 г.)

1978

9 - 11990

В.П.Вадеев, М.А.Воеводин, Е.Д.Донец, В.Г.Дудников,
В.П.Заболотин, Л.П.Зиновьев, А.С.Исаев, И.И.Карпов,
А.Д.Коваленко, Б.Н.Кузихин, А.А.Ларин, Л.Г.Макаров,
Н.В.Осипов, В.Н.Перфеев, А.И.Пикин, И.Н.Семенюшкин,
Ю.В.Смирнов, Ю.И.Тихомиров, С.В.Федуков
В.И.Черников, Д.И.Шерстянов, И.Н.Яловой

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ

РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

(II квартал 1978 г.)



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

Приводятся сведения о работе синхрофазотрона ОИЯИ во II квартале 1978 г. при ускорении дейтронов, ядер углерода, кислорода и неона.

В качестве источника ядер использован электронно-лучевой источник с улучшенными характеристиками, что позволило значительно увеличить интенсивность пучков ядер на его выходе. Были ускорены ядра углерода, кислорода и неона. Впервые выведенным пучком ядер неона с энергией 4,1 ГэВ/нуклон облучена стримерная камера СКМ-200. Для получения информации об ускоряемых пучках ядер низкой интенсивности применены новые датчики. Во время остановки синхрофазотрона были продолжены исследования по улучшению качества рабочего магнитного поля. Для оперативного контроля положения электромагнита синхрофазотрона использовалась новая система геодезических измерений. Приводится информация, полученная в двух сеансах измерений, о вертикальных перемещениях электромагнита синхрофазотрона.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

The JINR Synchrotron Operation and Improvement
(the Second Quarter of 1978)

In this paper we present data on the operation of the Dubna synchrotron in the 2nd quarter of 1978 when accelerating deuterons, C, O and Ne nuclei. The KRION electron-beam source with improved characteristics was used as a source of nuclei. This permitted a marked increase of the nuclei intensity to be obtained at its output. The carbon, oxygen and neon nuclei were accelerated in the synchrotron. The СКМ-200 streamer chamber was first exposed to an extracted beam of Ne nuclei with an energy of 4.1 GeV/nucleon. In order to get information on the accelerated beams of low intensity nuclei, new transmitters of two types were used. To improve the characteristics of the operating magnetic field, the work was in progress during the synchrotron shutdown. A new system of geodetic measurements was used for more effective control of the position of the synchrotron electromagnet. Data on vertical motions of the electromagnet, obtained in two runs, are presented.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

1. ВВЕДЕНИЕ

Согласно расписанию на II квартал 1978 г. был запланирован 921 ч работы синхрофазотрона. В результате на эксперимент использовано 719 ч /78,1%/, из них для работы физиков-экспериментаторов - 545 ч /59,2%/, на совершенствование систем ускорителя - 174 ч /18,9%/. Технологическая подготовка ускорителя /запуск, осмотр и т.п./ заняла 124 ч /13,4%/, потери времени из-за простоя систем ускорителя составили 77 ч /8,3%/.

На протяжении 318 ч синхрофазотрон работал на дейтронах, 560 ч - на углероде, 31 ч ускорились ядра кислорода, 12 ч - ядра неона.

Коэффициент использования ускорителя на физический эксперимент составил: $K = 1,84$.

Интенсивность ускоряемых ядер в импульсе равнялась:

	средняя	максимальная
дейтроны	$0,9 \cdot 10^{11}$	$1,4 \cdot 10^{11}$
ядра углерода	$0,6 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^6$

Увеличение интенсивности пучков ядер на выходе ионного источника КРИОН-1 позволило в ходе рабочего сеанса одновременно проводить два физических эксперимента. Впервые выведенным пучком ядер неона с энергией 4,1 ГэВ/нуклон была облучена стримерная камера СКМ-200.

Ускорение ядер более высокой зарядности наталкивается на сложность получения информации о пучке таких ядер по причине малого уровня их интенсивности. Было предложено несколько решений этой проблемы ^{1,2/}

В одном случае для получения информации о пучке ядер углерода в квазибетатронном режиме ускорения это решение представлено в виде специального датчика коллекторного типа с чувствительностью порядка 10^4 ядер углерода в импульсе.

В другом случае было найдено и более полное решение проблемы наблюдения за пучком с момента инжекции, включая и процесс ускорения, - это прозрачный для пучка датчик. Принцип работы его основан на ионизации атомов остаточного газа в камере ускорителя ядрами ускоряемого пучка. Диапазон чувствительности датчика охватывает область от $\sim 5 \cdot 10^5$ ед. эл. зар. до $\sim 10^{13}$ ед. эл. зар. ^{5/}.

Для дистанционного наблюдения за положением электромагнита синхрофазотрона применяется система гидростатического нивелирования. В настоящее время установлены все 24 датчика, по 6 датчиков на одном квадранте.

В апреле 1978 г. была продолжена работа по уменьшению площади металлических проводников, расположенных в области рабочего магнитного поля синхрофазотрона. Во всех квадрантах электромагнита шины сечением 12×12 мм, расположенные на радиусах $R_0 \pm 400$ мм и входящие в обмотку системы медленного вывода, замены шинами сечением $10,8 \times 6$ мм. Шины устанавливались так, чтобы в магнитной плоскости находилась сторона меньшей площади. Для полного завершения работы необходим поворот на 90° всех шин в III-ем квадранте за исключением расположенных на радиусах $R_0 \pm 400$ мм.

2. ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ИСТОЧНИК МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ КРИОН

В июне 1978 г. в качестве источника форинжектора /ФИ/ линейного ускорителя /ЛУ/ был вновь установлен КРИОН-1. Начался второй сеанс работы его по ускорению легких ядер: C^{+6} , O^{+8} и Ne^{+10} . Ионный источник КРИОН-1, его блоки питания и управления в основном остались такими же, как и в первом сеансе ^{3/}. Однако

предварительно на стенде был проведен подбор оптимального режима работы источника и модифицирована электронно-оптическая система. Это позволило в несколько раз увеличить интенсивность ядерных пучков на выходе ионного источника.

На протяжении сеанса ускорения ядер в синхрофазотроне КРИОН-1 имел следующие основные параметры:

Напряженность магнитного поля фокусирующего соленоида	$H = 1,52$ Т
Ток электронного пучка	$I_e = 95$ мА
Плотность тока ионизирующих электронов	$g = 60$ А/см ²
Энергия ионизирующих электронов	$E_e = 6$ кэВ
Время ионизации	$\tau = 150$ мс

Ионный заряд на выходе источника КРИОН-1

$$Q_i = 7 \cdot 10^9 \text{ эл. зар./имп}$$

Ширина импульса ионного заряда на полувысоте

$$\Delta t = 540 \text{ мкс}$$

Частота работы источника

$$f = 0,12 \text{ Гц}$$

Ядерные пучки после ускорения в ЛУ до энергии 5 МэВ/нуклон при включенном группирователе /ГР/ имели следующую интенсивность:

$$C^{+6} - 2 \cdot 10^8 \text{ ядер/имп.}$$

$$O^{+8} - 5,5 \cdot 10^7 \text{ ядер/имп.}$$

$$Ne^{+10} - 6,3 \cdot 10^6 \text{ ядер/имп.}$$

В конце цикла ускорения в синхрофазотроне был зарегистрирован пучок углерода интенсивностью $2,0 \cdot 10^6$ ядер/имп. Этот уровень уже позволял проводить настройку ускорителя при помощи сигнальных электродов. Доля примесей в ускоренном и выведенном из ускорителя пучке ядер углерода не превышала 2%, в пучке ядер кислорода - 20%.

Общее время работы ионного источника в ходе сеанса работы ускорителя и подготовки к нему составило 570 ч. За это время не возникала необходимость останавливать и вскрывать источник. Как и в первом сеансе, работа КРИОНа характеризовалась высокой

стабильностью. Колебание интенсивности пучка ядер, после ускорения их в ЛУ, не превышало 20%.

Увеличение интенсивности пучка ядер на выходе ионного источника позволило провести в рабочем сеансе одновременное облучение двух камер: 2-метровой пропановой и стримерной СКМ-200. Впервые удалось провести пробное облучение стримерной камеры ускоренными до энергии 4,1 ГэВ/нуклон ядрами неона, при этом вакуум в камере синхрофазотрона в ходе сеанса был $\sim 3,0 \cdot 10^{-6}$ Тор, что несколько хуже предельного.

3. АППАРАТУРА ДИАГНОСТИКИ ПУЧКА

Для определения параметров низкоинтенсивного пучка ядер углерода в квазибетатронном режиме на кольце синхрофазотрона был установлен датчик. Этот коллекторный датчик специальной конструкции был размещен в прямолинейном выводном участке с внутреннего радиуса. Два канала датчика, измерительный и вспомогательный, включают в себя два идентичных электрометрических усилителя, чувствительных к заряду измеряемого пучка. Сигналы с зарядовых усилителей поступают на операционный усилитель с дифференциальным входом. Путем подбора величин внешних элементов операционного усилителя удалось получить ослабление синфазных помех по измерительному каналу, равное 50 дБ. Благодаря этому предел чувствительности при измерении сигнала с бетатронной мишени для ядер углерода равен 10^4 ядер/имп. и определяется величиной собственных шумов зарядового усилителя. В результате использования зарядового усилителя с последующим дифференцированием появилась возможность измерять одновременно заряд, накопленный на мишени, и форму импульса тока, возникающего в цепи бетатронной мишени. Новая система наблюдения за поведением пучка в бетатронном режиме показала хорошие эксплуатационные свойства. При необходимости она может быть использована для работы с пучками протонов, дейтронов и α -частиц.

Для контроля за ускоряемым пучком ядер во втором прямолинейном промежутке синхрофазотрона был установлен прозрачный для пучка датчик, использующий принцип ионизации первичным пучком атомов остаточного газа и последующего сбора электронной компоненты ионизационного процесса. Ускоренные электроны, собранные из объема, охватывающего всю рабочую область камеры в районе датчика в радиальном и вертикальном направлениях, попадают на поверхность сцинтиллятора. Образующийся световой поток регистрируется фотоумножителем.

С помощью этого датчика осуществляется непрерывный контроль за интенсивностью пучка, начиная с момента инжекции частиц в камеру ускорителя. Тем самым достигается возможность наблюдать как квазибетатрон-

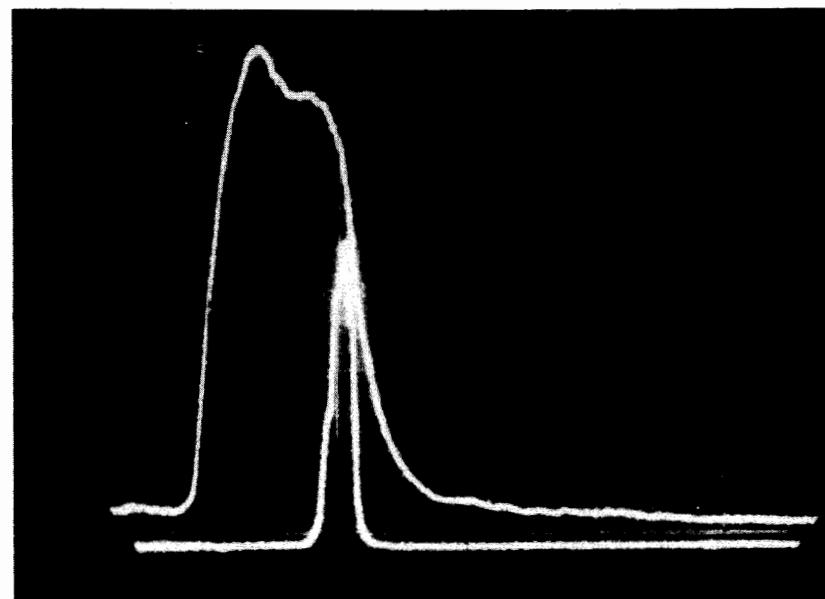


Рис.1. Сигналы с датчиков в режиме без ускорения. Верхний луч - сигнал накачки с прозрачного датчика. Нижний луч - сигнал с коллекторного датчика. Чувствительность усилителя по вертикали - 2,0 В/см. Скорость горизонтальной развертки - 0,5 мс/см.

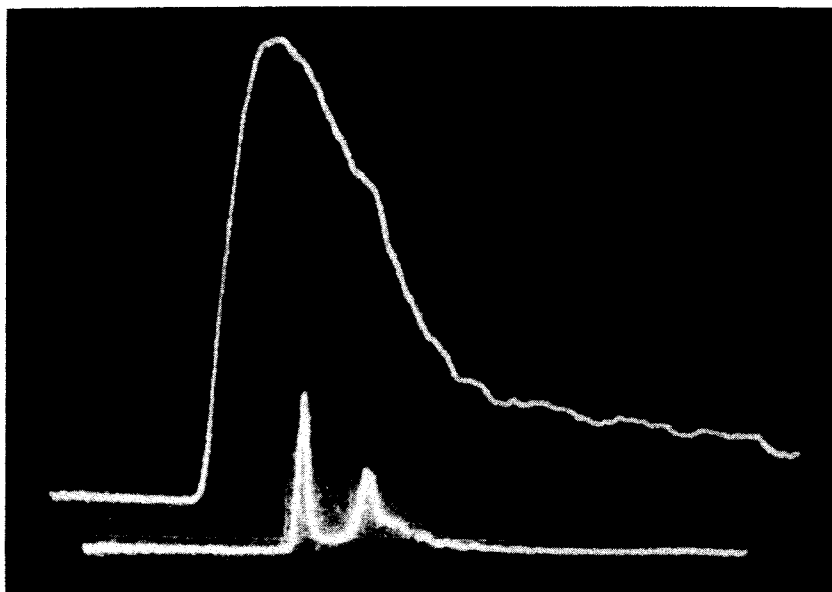


Рис.2. То же при включенной ускоряющей станции. Нижний луч - разрушенный бетатронный импульс.

ный режим, так и захват в режим ускорения. Дополнительная информация, полученная с данного устройства, позволяет улучшить оперативный контроль качества настройки режима инъекции и начальных условий ускорения в диапазоне интенсивности $\sim 5 \cdot 10^5 - 10^{13}$ эл.зар./имп.

На рис. 1 показаны сигналы, поступающие с прозрачного датчика - так называемый "импульс накачки" - и со специального коллекторного датчика /бетатронная мишень установлена на радиусе $R_0 - 600$ мм/ в режиме без ускорения. В камеру синхрофазотрона инжектируется $\sim 10^8$ ядер углерода в импульсе, вакуум $\sim 2,8 \cdot 10^{-6}$ Тор. Длительность фронта импульса накачки соответствует длительности инъекции, плоская часть - времени сворачивания в растущем магнитном поле циркулирующего в пространстве от инфлектора до бетатронной мишени пучка, а спад - времени высадки пучка на бетатронную мишень /в этот период мы наблюдаем так называемый "бетатронный импульс"/. Некоторое затягивание среза

импульса накачки связано с наличием интегрирующей емкости в измерительной цепи и может быть легко устранено.

При включении ускоряющей станции /рис. 2/ мы наблюдаем захват пучка в синхротронный режим ускорения, в данном случае с коэффициентом $\sim 1/6$.

4. ГЕОДЕЗИЯ

С апреля 1978 г. при помощи гидростатической системы нивелирования, предназначенной для дистанционного наблюдения за высотным положением электромагнита /ЭМ/ синхрофазотрона, ведутся систематические измерения вертикальных перемещений квадрантов ЭМ^{4/}. Схема расположения датчиков, установленных на квадрантах, представлена на рис. 3.

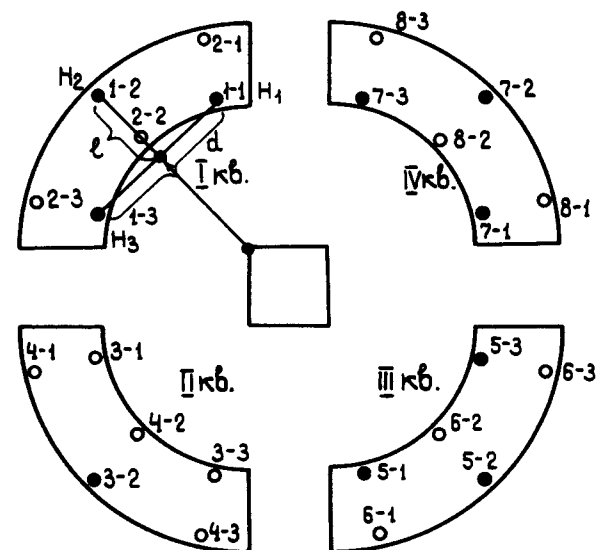


Рис.3. Схема расположения гидростатических датчиков на квадрантах синхрофазотрона. • - 10 датчиков 1-ой очереди, установленные в 1977 г.

Таблица 1

Положение ЭМ синхрофазотрона по показаниям 10 датчиков 1-ой очереди системы нивелирования от 10 февраля 1978 г.

№ датч	I-1	I-2	I-3	3-2	5-1	5-2	5-3	7-1	7-2	7-3
ИЗМ., мм	2,54	2,10	2,32	1,96	2,48	2,30	2,10	3,83	2,10	2,22

Таблица 2

Положение ЭМ синхрофазотрона по показаниям 24 датчиков системы нивелирования от 7 мая 1978 г.

№ датч	I-1	I-2	I-3	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3
ИЗМ., мм	4,30	3,90	4,00	3,66	4,08	3,52	3,64	4,36	3,88	4,44	4,66	4,20
№ датч	5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3	7-1	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3
ИЗМ., мм	4,30	3,96	4,04	3,74	3,66	3,92	5,86	4,18	4,12	4,62	3,40	3,78

Таблица 3

Положение ЭМ синхрофазотрона по показаниям 24 датчиков системы нивелирования от 28 июня 1978 г.

№ датч	I-1	I-2	I-3	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3
ИЗМ., мм	3,98	6,10	5,04	6,38	-	4,16	-	5,20	4,88	3,00	3,10	4,74
№ датч	5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3	7-1	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3
ИЗМ., мм	5,12	2,98	4,42	3,94	4,60	3,96	6,38	4,66	4,66	5,88	4,24	3,02

Таблица 4

№ датчика	I-1	I-2	I-3	3-2	5-1	5-2	5-3	7-1	7-2	7-3
H(07.05)	0	-0,04	+0,08	-0,64	-0,06	+0,10	-0,18	-0,27	-0,32	-0,14
H(28.06)	0	-2,56	-1,28	-1,80	-1,20	+0,76	-0,88	-1,11	-1,12	-1,00

В *таблице 1* представлены показания датчиков 1-ой очереди автоматизированной системы нивелирования, характеризующие положение ЭМ по измерениям, проведенным 10 февраля 1978 г. 1-ая очередь системы измерений была введена в эксплуатацию в 1977 г. В *таблицах 2* и *3* - результаты измерений, проведенных в мае и июне 1978 г. после окончания монтажа всех остальных датчиков /24/.

В *таблице 4* приведена обработанная информация, характеризующая изменение высотного положения ЭМ синхрофазотрона в мае и июне относительно первого цикла измерений, проведенного 10.02.78. За базовый датчик принят датчик 1-1 первого квадранта ЭМ. Из *таблицы 4* видно, что максимум вертикальных искажений ЭМ в мае по абсолютной величине был равен 0,74 мм. В июне эта величина составила 3,32 мм. Данные о радиальных и азимутальных наклонах квадрантов проходят стадию математической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.Ф. и др. ОИЯИ, 9-11389, Дубна, 1978.
2. Волков В.И. и др. ОИЯИ, 10-11390, Дубна, 1978.
3. Вадеев В.П. и др. ОИЯИ, Р7-10823, Дубна, 1978.
4. Васютинский И.Ю. и др. ОИЯИ, 9-11329, Дубна, 1978.
5. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, Р9-11858, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 октября 1978 года.