

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

9-86-174

В.Н.Буддаковский, В.П.Заболотин, Л.П.Зиновьев,
А.С.Исаев, И.Б.Иссинский, И.И.Карпов,
Л.Г.Макаров, С.С.Нагдасев, С.А.Новиков,
Б.Д.Омельченко, В.Н.Перфеев, А.И.Пикин,
И.Н.Семенюшкин, С.В.Федуков, О.Н.Цисляк,
В.И.Черников, Д.И.Шерстянов

**СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ.
РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
(1 квартал 1985 г.)**

1986

1. РАБОТА УСКОРИТЕЛЯ И НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

В первом квартале 1985 г. было запланировано 1287 часов работы синхрофазотрона. Из них на физический эксперимент оказалось использовано 1000 часов /77,7%/, на совершенствование ускорителя - 160 часов /12,4%/. Затраты времени на технологическую подготовку составили 64 часа /5,0%/. Потери времени из-за простоя узлов оборудования были равны 63 часам /4,9%.

В табл.1 представлена информация о виде ускоряемых ядер, их максимальной интенсивности в импульсе и длительности работы ускорителя в соответствующем режиме на протяжении квартала в часах.

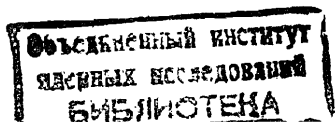
Таблица 1

Вид ядер	$N_{\text{макс}}$	T
p	*	601
d	$4,5 \cdot 10^{11}$	472
${}^4\text{He}^{2+}$	$9,0 \cdot 10^9$	214

Коэффициент использования ускорителя в физических исследованиях $K = 2,32$.

* Интенсивность пучка протонов ограничивается уровнем, определяемым санитарным паспортом.

В первом квартале продолжались исследования по изучению свойств кумулятивного образования частиц /получен экспериментальный материал по рождению протонов и легких ядер, изучен режим выделения антипротонов/, поиску высоковозбужденных состояний малонуклонных систем /измерены спектры фрагментации гелия в тритий и протон/. Выполнены планировавшиеся исследования и методические работы на установках СЯО, МАССЕР-130^{3/}, "Резонанс", двухметровой пропановой камере и др. Проведены медико-биологические эксперименты и исследования радиационной обстановки.



2. МЕДЛЕННЫЙ ВЫВОД ПУЧКА В КОРПУС 1Б /МВ-2/

В конце 1984 г. на синхрофазотроне были проведены подготовительные работы для осуществления медленного вывода по второму направлению /рис.1, табл.2/ - в корпус 1Б /ранее по этому направлению производился вывод пучка длительностью 1 мс для облучения пузырьковых камер/1/.

Таблица 2

Основные проектные параметры второго направления медленного вывода МВ-2

Направление	Корпус 1Б
Энергия частиц: протоны	0,65 ... 7,7 ГэВ
ядра	0,2 ... 3,5 ГэВ/нуклон
Длительность вывода	1 мс ... 1 с
Эффективность /коэффициент вывода/	50% /при максимальной энергии/
Эмиттанс пучка: горизонтальный	30 п мм.мрад
вертикальный	45 п мм.мрад
Размер пучка на внешней мишени /полный; $\pm 2\sigma$ /	от 7x6 мм ² до 160x160 мм ²
Внутренняя отклоняющая система:	
рабочее положение	$R_0 - 600$ мм
угол отклонения	42,3 мрад

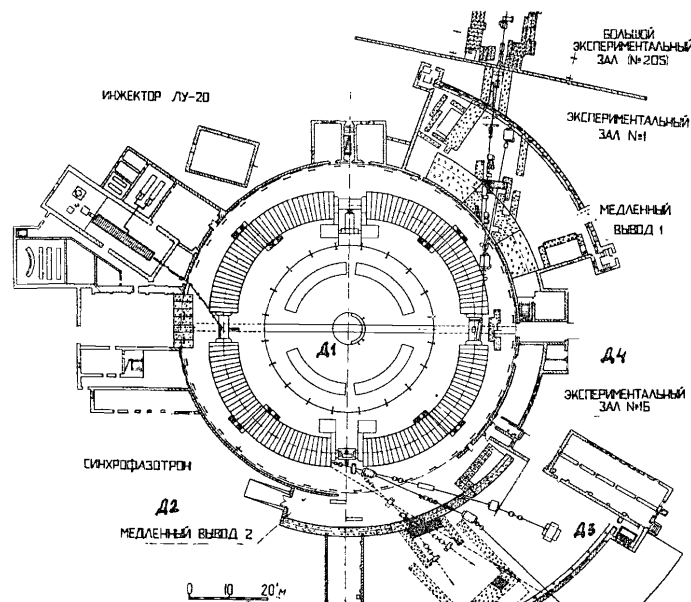


Рис.1. Общий план синхрофазотрона ОИЯИ: Д1...Д4 - дозиметрические датчики.

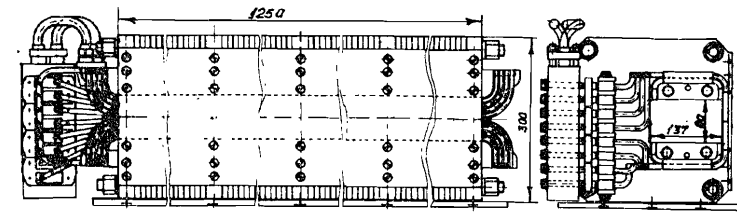


Рис.2. Конструкция магнита МД.

В первом прямолинейном промежутке была установлена новая отклоняющая система, состоящая из дипольного магнита МД и квадратной линзы ЛД, которые позволяют увеличить длительность вывода по этому направлению до 1 с. Было подготовлено электропитание и кабельные трассы. Мощность кабельных трасс, проложенных к настоящему времени, позволяет поднять ток в магните МД до 7 кА, что соответствует энергии выводимых здесь ядер 2,5 ГэВ/нукл. /5,6 ГэВ для протонов/.

Конструкция магнита и линзы с водяным охлаждением /рис.2,3, табл.3/ дает возможность отклонить пучок, ускоренный до максимальной энергии, однако для большинства каналов корпуса 1Б энергия будет ограничиваться величиной 3,5 ГэВ/нуклон /7,7 ГэВ для протонов/, что связано с предельными углами отклонения пучка в поворотных транспортировочных магнитах СП-12.

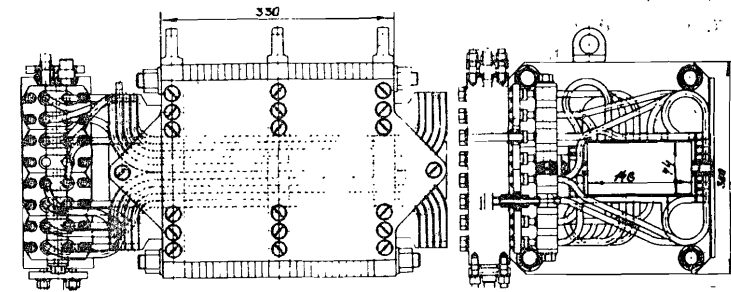


Рис.3. Конструкция линзы ЛД.

В первом квартале 1985 года начаты работы по наладке режимов работы на этом направлении медленного вывода. Пучок дейтронов с энергией 2,5 ГэВ/нуклон проведен через внутреннюю отклоняющую систему и выведен из камеры ускорителя /рис.4/. Время вывода составило около 0,4 с. В следующих сеансах работы планируется отладка режимов вывода на низких энергиях - до 200 ... 500 МэВ/нуклон при увеличении длительности до 1 с, а также настройка режимов работы каналов внешней транспортировки в корпус 1Б.

Таблица 3

Характеристика отклоняющей системы МВ-2

Магнит МД	
апертура	80x137 мм ²
эффективная длина	1300 мм
длина сердечника	1220 мм
толщина септума	16 мм
максимальная индукция	1,13 Т
количество витков	8
максимальный ток	9 кА
стабильность тока	± 0,02%
изменение тока в течение вывода /не менее/	- 10%
длительность "стола" тока /не менее/	1 с
время фронта тока /не более/	0,3 с
активное сопротивление обмотки	10 ⁻² Ом
Линза ЛД	
апертура	80x140 мм ²
эффективная длина	410 мм
длина сердечника	330 мм
толщина септума	32 мм
максимальный градиент	1,5 Т/м
количество витков на полюс	4
максимальный ток	1,2 кА
стабильность тока	± 0,5%
длительность "стола" тока /не менее/	1 с
время фронта тока /не более/	0,3 с
активное сопротивление обмотки	5·10 ⁻³ Ом

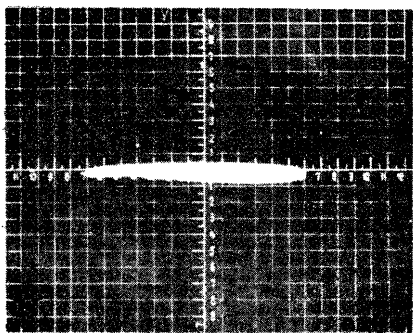


Рис.4. Пучок МВ-2 на выходе из камеры синхрофазотрона: "автограф" пучка на фотошленке, шкала в см.

3. СТЕПЕНЬ РАДИАЦИИ ВОКРУГ СИНХРОФАЗОТРОНА

Проведены измерения радиационной обстановки вокруг ускорителя в двух режимах его работы: при включенной и отключенной системе первого направления медленного вывода /в корпус 205/.

Результаты измерений четырьмя радиационными датчиками /2/, расположенными вокруг синхрофазотрона /см.рис.1/, показали значительное снижение радиации при выводе пучка в корпусе 205. Их общие показания уменьшаются в 12,7 раза, что в соответствии с методикой работы /3/ дает эффективность вывода 92%.

Таблица 4

Показания дозиметрических датчиков

	Датчики /см.рис.1/			
	Д1	Д2	Д3	Д4
Показания датчиков при включенном МВ-I ($N_{\text{вкл.}}$)	2015	12	8	11
Показания датчиков при выключенном МВ-I ($N_{\text{выкл.}}$)	15198	243	104	148
Отношение показаний датчиков /коэффициент потерь/ $N_i \text{ вкл.} / N_i \text{ выкл.}$	0,13	0,04	0,077	0,074
Усредненный коэффициент потерь	0,08			
Эффективность /коэффициент/ вывода	0,92			

Меньшее значение измеренной эффективности в данном случае по сравнению с /3/ объясняется малым количеством датчиков и, соответственно, большей погрешностью измерений, а также менее тщательной проводкой пучка в корпусе 205, что, как видно из табл.4, дает повышенные показания датчика Д4.

4. СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕРКИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ СЕКЦИЙ КРИОГЕННОЙ ОТКАЧКИ ПРИ РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В связи с тем, что к герметичности создаваемой системы криогенной откачки /СКО/ вакуумной камеры синхрофазотрона /4,5/

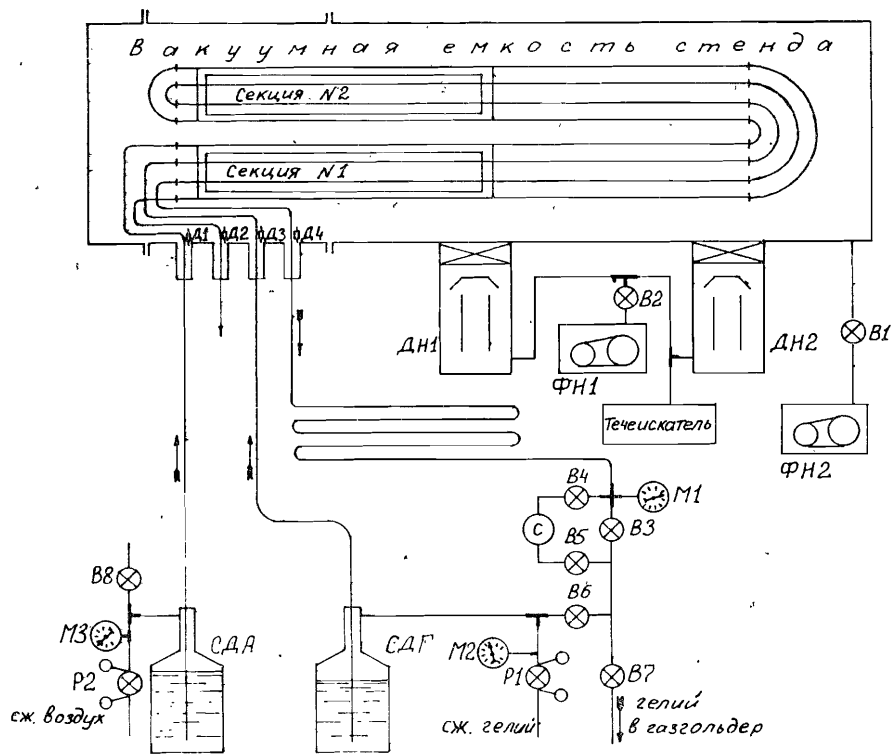


Рис.5. Технологическая схема стенда: Д1 - Д4 - температурные датчики, ДН1, ДН2 - диффузионные паромасляные насосы, ФН1, ФН2 - форвакуумные механические насосы, СДА - сосуд Дьюара с жидким азотом, СДГ - сосуд Дьюара с жидким гелием, Р1, Р2 - радиаторы, М1-М3 - манометры, В1-В8 - вентили, С - ротаметр.

предъявляются высокие требования, было решено перед установкой в камеру ускорителя проверить секции второй очереди СКО на вакуумную плотность в рабочих условиях. Ожидалось, что это уменьшит вероятность появления течей после сборки секций в камере. Был создан специальный стенд, который позволил создать рабочие условия для секций с возможностью регистрации течей из криогенных магистралей в вакуум.

Технологическая схема стенда показана на рис.5. Основным элементом стенда является вакуумная емкость длиной 4,5 м и диаметром 0,9 м. Емкость смонтирована из имеющихся элементов установок, выведенных из эксплуатации. Откачка емкости проводилась при помощи двух вакуумных агрегатов ВА-5 до предельного давления $\approx 1,0 \cdot 10^{-5}$ Тор.

Испытываемые секции /№№ 1,2/ целиком помещались внутрь вакуумной емкости. Для питания криоагентами они были соединены последовательно. Криопанели секций охлаждались посредством продувки через них жидкого гелия, а радиационные экраны - путем продувки через их трубы жидкого азота. Жидкий гелий для охлаждения криопанелей поступал по сифону из сосуда Дьюара СДГ, а жидкий азот - из сосуда Дьюара СДА. Сифоны подсоединялись к емкостям с помощью штыковых разъемов. Газообразный азот после его использования для охлаждения экранов выбрасывался в атмосферу, а гелий с выхода магистрали охлаждения криопанели поступал сначала в змеевик, где он нагревался за счет теплообмена с воздухом, а затем в газгольдер через ротаметр или минуя его.

Измерение температуры на входе и выходе криогенных магистралей внутри вакуумной емкости стенда производилось при помощи датчиков сопротивления на основе резисторов ТВ0-0,125^{1/6,77}.

Вакуумная плотность в секциях контролировалась с помощью гелиевого течеискателя ПТИ-7А, подключенного к выходу вакуумных агрегатов. Контроль герметичности азотной магистрали проводился после охлаждения ее азотом до температуры ≈ 80 К и подачи в нее газообразного гелия.

Для понижения давления до $1,0 \cdot 10^{-5}$ Тор было достаточно откачивать емкость стенда вакуумными агрегатами в течение ≈ 2 -х часов. Затем начиналось охлаждение СКО. Время, необходимое для охлаждения секций до рабочих температур /80 К на выходе магистрали азота и 4,5 К на выходе магистрали гелия/, составляло $\approx 2,5$ часа. После охлаждения секций давление в емкости уменьшалось в 10-12 раз.

Высоковакуумная откачка, охлаждение и отепление секций проходило на протяжении одной смены. Полный цикл испытаний, включая демонтаж предыдущей пары секции и монтаж новой, занимал 1 сутки. Всего на стенде при рабочих температурах было испытано 48 секций криогенной откачки. В результате испытаний течей не было обнаружено, это характеризует высокое качество изготовления СКО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боков Г.А. и др. ОИЯИ, Р9-10399, Дубна, 1977.
2. Будяшев Ю.Г., Шишкин А.Л. ОИЯИ, 13-82-743, Дубна, 1982.
3. Гвоздев В.Я. и др. ОИЯИ, 9-7127, Дубна, 1973.
4. Баландиков Н.И. и др. ОИЯИ, Р8-80-172, Дубна, 1980.
5. Василишин Б.В. и др. ОИЯИ, 9-84-281, Дубна, 1984.
6. Дацков В.И. ПТЭ, 1984, 4, с.253.
7. Дацков В.И. ОИЯИ, 8-83-717, Дубна, 1983.
8. Архипов В.А. и др. ОИЯИ, 1-1302, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 марта 1986 года.

Принимается подписка на препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований.

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

ИНДЕКС	ТЕМАТИКА	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	10 р. 80 коп.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	17 р. 80 коп.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	4 р. 80 коп.
4.	Теоретическая физика низких энергий	8 р. 80 коп.
5.	Математика	4 р. 80 коп.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	4 р. 80 коп.
7.	Физика тяжелых ионов	2 р. 85 коп.
8.	Криогеника	2 р. 85 коп.
9.	Ускорители	7 р. 80 коп.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	7 р. 80 коп.
11.	Вычислительная математика и техника	6 р. 80 коп.
12.	Химия	1 р. 70 коп.
13.	Техника физического эксперимента	8 р. 80 коп.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	1 р. 70 коп.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	1 р. 50 коп.
16.	Дозиметрия и физика защиты	1 р. 90 коп.
17.	Теория конденсированного состояния	6 р. 80 коп.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	2 р. 35 коп.
19.	Биофизика	1 р. 20 коп.

Подписка может быть оформлена с любого месяца текущего года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79.

Булдаковский В.Н. и др.

9-86-174

Синхрофазотрон ОИЯИ. Работа и совершенствование / I квартал 1985 г. /

Приводятся сведения о работе синхрофазотрона ОИЯИ, в частности об интенсивности ускоренных частиц и научной программе, выполненной в I квартале 1985 г. Началась наладка режима медленного вывода на втором направлении. Пучок дейтронов с энергией 2,5 ГэВ/нукл. выведен из камеры ускорителя. Проведены измерения радиационной обстановки вокруг ускорителя. Полученные данные позволяют оценить эффективность медленного вывода на первом направлении на уровне 92%. Создан стенд для проверки герметичности секций криогенной откачки, 48 секций проверены в условиях рабочих температур.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Buldakovskij V.M. et al.

9-86-174

Dubna Synchrophasotron. Operation and Improvement (Quarter 1, 1985)

Information is presented on the operation of the Dubna synchrophasotron, in particular, on the intensity of accelerated particles, and the scientific program implemented in the first quarter, 1985. A new regime of slow extraction is being aligned in the second direction. A beam of deuterons with an energy of 2.5 GeV/nucleon is ejected out of the accelerator chamber. Measurements of the radiation around the accelerator are being carried out. The data obtained make it possible to estimate the efficiency of slow extraction in the first direction at a level of 92%. To check the tightness of cryopumping sections, a stand has been constructed. 48 sections are checked at operating temperatures.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986