

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Б 201

9-88-75

**А.Н.Баландиков, В.Н.Булдаковский, В.И.Волков,
В.М.Горченко, В.П.Заболотин, А.С.Исаев,
А.Д.Кириллов, Л.Н.Комолов, Л.А.Леонов,
Л.Г.Макаров, С.А.Новиков, В.Н.Перфеев,
В.Н.Рамжин, С.В.Романов, П.А.Рукояткин,
А.Л.Светов, И.Н.Семенюшкин, Г.Н.Тимошенко,
В.Л.Тищенко, С.В.Федуков, О.Н.Цисляк,
В.И.Цовбун, В.И.Черников, Д.И.Шерстянов**

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ.

РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

(I, II квартал 1987 г.)

1988

1. РАБОТА И НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

В I квартале 1987 г. синхрофазотрон работал 1419 ч. На эксперимент отработано 1345 ч. (94,8%), в том числе на физический эксперимент — 1229 ч (86,6%), на совершенствование ускорительного комплекса — 116 ч (8,2%). Потери времени по причине простоя оборудования составили 50 ч (3,5%), технологическая подготовка, экскурсии и т.п. заняли 24 ч (1,7%).

В табл. 1 приведена информация о виде ускоряемых ядер, величине рабочей интенсивности в цикле ускорения и длительности работы в данном режиме в часах.

Таблица 1

Вид ядер	$N_{\text{раб.}}$	$T_{\text{ч}}$
p	$5 \cdot 10^{10}$	797
d	$2,5 \cdot 10^{10}$	424
${}^4\text{He}^{2+}$	$1,0 \cdot 10^{10}$	215

Коэффициент использования ускорителя составил $K = 4,04$.

В I квартале 1987 г. выполнены исследования процесса кумулятивного рождения частиц при взаимодействии дейтронов и ядер гелия с разными мишенями, проведены эксперименты по изучению энергетической зависимости фрагментации ядер, изучению инклюзивного рождения π^0 -мезонов в ядро-ядерных взаимодействиях и др. Начат набор стереофотографий по поиску Δ^+ -гиперядер. На 2 м пропановой пузырьковой камере в пучках протонов и дейтронов получено более 130 тыс. стереофотографий.

Выполнены запланированные методические и медико-биологические исследования, а также исследования по радиационной обстановке на ускорительном комплексе.

Во II квартале 1987 г. синхрофазотрон работал 295 ч. На физический эксперимент было использовано 187 ч (63,4%), на настройку систем и каналов транспортировки — 99 ч (33,6%). Потери времени составили 9 ч (3%). На всем протяжении сеанса ускорялись поляризованные дейтроны. Максимальная интенсивность дейтронов достигала $1,8 \cdot 10^8$ ядер, а средняя составила $0,9 \cdot 10^8$ ядер в импульсе.

Во второй половине июня на выведенном из ускорителя пучке векторно-поляризованных дейтронов проведена отладка нового поляриметра и выполнены длительные измерения поляризации. В это же время на однометровой жидководородной пузырьковой камере получено 57000 фотографий в пучке поляризованных дейтронов с энергией 1 ГэВ/нуклон.

Выполнены намеченные исследования источника поляризованных дейтронов "Полярис".

2. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ БЫСТРОГО ВЫВОДА

На синхрофазотроне создана и введена в действие автоматизированная система контроля параметров быстрого вывода (БВ) на базе ЭВМ МЕНА-60, которая позволяет одновременно измерять и контролировать следующие основные характеристики БВ:

1) величины и формы импульсов токов в четырех магнитных элементах: резонансных обмотках (P1 и P2), магните-дефлекторе (МД), линзе быстрого вывода (ЛБ);

2) величину индукции и форму плато магнитного поля ускорителя во время вывода;

3) форму тока выводимого пучка;

4) амплитуду напряжения и форму импульса управления током P1 (УТР1);

5) зарядные напряжения конденсаторных батарей, питающих обмотки магнита и линзы;

6) длительности трех характерных временных интервалов для контроля синхронизации цикла работы системы вывода с циклом главного тока ускорителя;

7) интенсивность пучка в канале БВ.

В состав разработанной в ЛВЭ электронной аппаратуры, выполненной в стандарте КАМАК, входят: 2- и 4-канальные 10-разрядные аналого-цифровые преобразователи с буферной памятью 4К слов/канал; 2-канальные программируемые таймеры с возможностью независимого программирования режимов работы и запуска от внешних импульсов каждого из каналов; параллельные входной и тумблерный регистры, используемые для активизации и выбора режима работы программы обработки информации; 16-разрядные счетчики импульсов; интерфейс цветного телевизионного монитора^{1/}. Кроме того, используется ряд вспомогательных блоков, предназначенных для формирования необходимых электрических сигналов и временных интервалов.

Прием, обработка и представление информации в форме, приведенной на рисунке, осуществляется в каждом цикле работы синхрофазотрона.

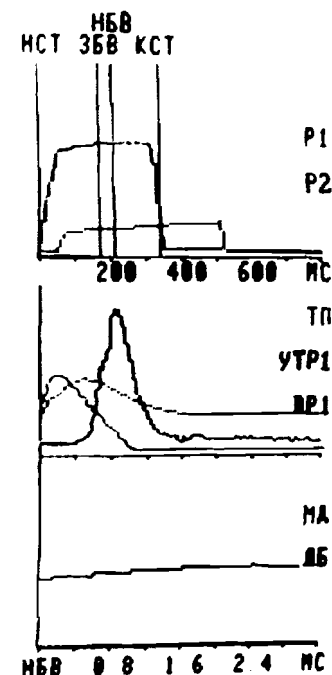
Предусмотрена возможность диалогового ввода в программу номинальных для данного режима работы значений токов (I0) в магнит-

ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ БЫСТРОГО ВЫВОДА

В0 = 5170 ГС
 ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СТОЛА: 341 МС
 ИНТЕРВАЛ НСТ-ЗБВ: 173 МС
 ИНТЕРВАЛ НСТ-НБВ: 214 МС

ТОКИ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМЫ (А):			
	I	DI	DI
P1	2.4	2	1
P2	110	110	5
DP1	4.8	5	1
МА	3400	3300	50
ЛБ	0	0	0

АМПЛИТУДА ИМПУЛЬСА УТР1: 58 В
 ЗАРЯДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ МА: 320 В
 МАКС. ЗНАЧЕНИЕ ТОКА МА: 4060 А
 ЗАРЯДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ЛБ: 2 В
 МАКС. ЗНАЧЕНИЕ ТОКА ЛБ: 0 А
 ИНТЕНСИВНОСТЬ ПУЧКА: $8.520 \cdot 10^5$



Представление информации о параметрах системы быстрого вывода.

ных элементах, их допустимых отклонений (DI) и цветовая индикация на экране телевизионного монитора в тех случаях, когда измеренное значение тока (I) отличается от номинального на величину, превышающую допуск.

Оперативность и наглядность представления основной информации о параметрах системы БВ позволяют сократить время ее настройки и улучшить параметры выводимого пучка.

3. ИЗУЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

В последние годы проведен ряд экспериментальных исследований для оптимизации режимов работы ускорительного комплекса синхрофазотрона по оценке состояния радиационного поля вокруг ускорителя. Проведено уточнение характеристик этого поля. Цель этих исследований — увеличить разрешенную интенсивность пучка ускоренных частиц, ограниченную по соображениям радиационной безопасности.

В состав автоматизированного измерительного комплекса входило до 32 дозиметров нейтронов с энергией регистрации $\lesssim 20$ МэВ. Комплекс давал визуальную информацию о состоянии радиационного поля, выдавал в отпечатанном виде обработанную дозиметрическую информацию, а также позволял получать временные спектры эквивалентной дозы нейтронов в течение трехсекундного цикла ускорения с шириной временного канала 20 мс. Датчики нейтронов располагались на местности вблизи ускорительного комплекса и в местах пребывания персонала при действующем ускорителе.

Работа системы стабилизации интенсивности ускоренного пучка частиц основана на сбросе значительной части неиспользованного пучка в процессе ускорения на стенки вакуумной камеры. Более раннее включение этой системы обеспечивает стабилизацию интенсивности пучка при меньших энергиях. Это позволяет уменьшить радиационное поле, т.к. сброшенные частицы имеют меньшую энергию. При этом стабильность интенсивности при застabilизированном уровне интенсивности пучка $5 \cdot 10^{10}$ протонов в цикле была не хуже 10%.

Следующим шагом было укорочение длительности инжектируемого пучка с $400 \div 500$ мкс до $80 \div 100$ мкс. Соответствующее уменьшение числа инжектируемых частиц сократило потери при инжекции, в бетатронном режиме и в процессе работы системы стабилизации интенсивности. В результате включение второй ступени системы стабилизации интенсивности после 155 мс вместо 300 мс и укорочение инжекции привело к тому, что на местности, удаленной от места выведения пучка, мощность эквивалентной дозы уменьшилась на одну треть. При этом застabilизированный уровень интенсивности оставался прежним и составил $5 \cdot 10^{10}$ протонов в цикле. Потери пучка при захвате в синхронный режим ускорения не измерялись.

Эффективным средством уменьшения радиационного фона на местности является использование мишени-перехватчика, расположенной внутри вакуумной камеры ускорителя. Введение для этой цели бетатронной мишени на радиус $R_0 = 600$ мм от равновесной орбиты уменьшает поле излучения на $15 \div 30\%$.

Дозиметры нейтронов с энергией регистрации менее 20 МэВ, расположенные на местности и входящие в систему радиационного контроля, имели 30%-ную поправку для учета адронов высокой энергии. Введение поправки основано на изучении состава поля излучения за защитой в местах пребывания персонала. В специальном сеансе при повышенной интенсивности ускоренного пучка до $N = 8 \cdot 10^{11}$ протонов в цикле, был измерен вклад в полную дозу адронов высокой энергии с помощью углеродного $^{12}\text{C}(h, h_n) ^{11}\text{C}$ детектора, имеющего чувствительность $-1 \text{ h} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Вклад высокоэнергетического компонента в полную дозу на местности составил $2 \div 8\%$. Это означает, что поле на местности сформировано в основном многократно рассеянными нейтронами, выходящими

из проемов в ярме магнита, защиты и через незащищенные сверху прямолинейные промежутки ускорителя и легкое перекрытие.

Проведенные исследования позволяют повысить интенсивность ускоренного пучка в два раза при тех же контрольных уровнях на местности.

4. ПОТЕРИ ПУЧКА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ В КАНАЛЕ ВП-1

Измерение потерь частиц при транспортировке пучка протонов с импульсом $p = 9,0$ ГэВ/с (вывод пучка происходил на поле $B = 1,07$ Тл) проводилось при помощи двух наполненных аргоном ионизационных камер (ЦИК-1 и ЦИК-2). Были проведены относительные измерения. Поправочный коэффициент $K = (n_2/n_1)$, где n_2 и n_1 — соответствующие показания камер, был получен при установке преобразователей одна за другой в районе фокуса F_3 . В качестве преобразователей ток — напряжение использовались электронные интеграторы, установленные в непосредственной близости от камер. Сигналы с интеграторов передавались по кабелям на пульт управления каналами и измерялись цифровыми вольтметрами. Поправочный коэффициент был измерен при различных величинах интенсивности выводимого пучка. Оказалось, что при изменении интенсивности на порядок коэффициент изменяется не более чем на 0,2%.

Для определения потерь в канале ВП-1 камера ПИК-2 с тем же интегратором и кабелями была установлена в конце канала ВП-1 в районе фокуса F_6 . В магнитооптических элементах канала был установлен паспортный режим значений токов для транспортировки пучка частиц с импульсом $p = 9,0$ ГэВ/с и интенсивностью $10^9 \div 10^{10}$ частиц в цикле. Измерения показали, что полные потери на трассе канала от F_3 до F_6 составили 6%. В эту величину входят потери вследствие выбывания частиц из транспортируемого пучка за счет взаимодействия его с веществом по трассе канала (воздушные промежутки, диафрагмы ионопровода, ионизационные проволочные камеры внутри и вне ионопровода). Эти потери составляют около 3%.

5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В течение первого квартала 1987 года были проведены три цикла высокоточных геодезических измерений за стабильностью "куста" реперов. Данные текущих и абсолютных осадок "куста" реперов в мм представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ пикета	Дата измерения	№ перера	S сек,	S sec,	Средн. кварр. погрешность,	№ 147 январь-87				№ 148 февраль-87				№ 149 март-87							
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
			-0,03	-0,19	-0,01	1	-0,03	-0,03	-0,19	± 0,015	1	0,00	-0,02	-0,19	1	-0,02	-0,19	1	-0,02	-0,19	± 0,026
			+0,03	+0,06	-0,01	3	+0,03	+0,06	-0,01	± 0,015	3	+0,02	+0,08	+0,12	3	+0,04	+0,01	3	+0,04	+0,12	± 0,026
						4	+0,03	-0,01	-0,03		4	-0,02	-0,03	-0,06	4	-0,02	-0,03	4	-0,03	-0,06	

ЛИТЕРАТУРА

1. Рам Х. ОИИИ, 10-80-125, Дубна, 1980.

Руккопись поступила в издательский отдел
28 января 1988 года.Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были за-
казаны ранее.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Труды XI Международного симпозиума по ядерной

электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.

4 р. 50 к.

Труды VII Международного семинара по проблемам

квантовой теории поля. Алушта, 1984.

4 р. 30 к.

Труды III Международного симпозиума по избранным

проблемам статистической механики. Дубна, 1984.

7 р. 75 к.

Труды Международного совещания по аналитическим

вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической

физике. Дубна, 1985.

4 р. 00 к.

Труды XII Международного симпозиума по ядерной

электронике. Дубна, 1985.

4 р. 80 к.

Труды Международной школы по структуре ядра.

Алушта, 1985.

3 р. 75 к.

ДЗ,4,17-86-747

Труды V Международной школы по нейтронной физике

Алушта, 1986.

4 р. 50 к.

Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям

заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)

13 р. 50 к.

Труды VIII Международного семинара по проблемам

физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)

7 р. 35 к.

Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям

заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)

13 р. 45 к.

Труды Международной школы-семинара по физике

тяжелых ионов. Дубна, 1986.

7 р. 10 к.

Труды Совещания "Реномгруппа - 86". Дубна, 1986.

4 р. 45 к.

Труды Международного совещания по теории

малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.

4 р. 30 к.

Труды VIII Международного совещания по проблемам

квантовой теории поля. Алушта, 1987.

3 р. 55 к.

Д14-87-799

Труды Международного симпозиума по проблемам

взаимодействия мюонов и пионов с веществом.

4 р. 20 к.

Дубна, 1987

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва,
Лавпочтамт, п/я 79, Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.