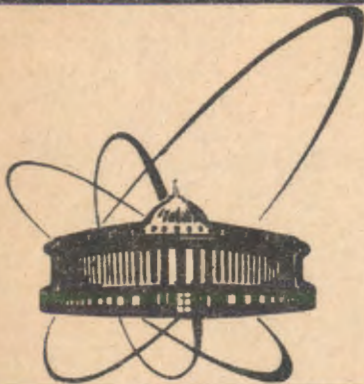


90-512



**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

1020/91

9-90-512

В. И. Волков, В. П. Заболотин, А. С. Исаев,  
И. Б. Иссинский, Л. Г. Макаров, В. А. Мончинский,  
С. А. Новиков, В. Н. Перфеев, Ю. К. Пилипенко,  
Е. В. Руднев, В. Ф. Сиколенко, С. В. Федуков,  
Д. И. Шерстянов

**СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ**

Работа и совершенствование

(III и IV квартал 1989 г.)

**1990**

## 1. РАБОТА И НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

В III квартале 1989 г. синхрофазотрон работал 671 ч. На экспериментальные работы использовано 558 ч (83,2%), в том числе на физический эксперимент 540 ч (80,5%), на совершенствование ускорителя 19 ч (2,8%). Потеряно по причине простоя систем ускорительного комплекса 103 ч (15,3%). Ускорялись протоны, дейтроны, в том числе поляризованные, и  $\alpha$ -частицы. Коэффициент использования ускорителя (количество одновременно работающих физических установок) составил  $K = 1,54$ .

В IV квартале 1989 г. синхрофазотрон работал 1659 ч. На экспериментальные работы использовано 1454 ч (87,7%), в том числе на физический эксперимент 1351 ч (81,5%), на совершенствование ускорительного комплекса 103 ч (6,2%). Простой систем ускорителя — 161 ч (9,7%). Ускорялись протоны и ядра гелия, лития, углерода и кислорода. Коэффициент использования ускорителя  $K = 2,32$ .

Результаты работы синхрофазотрона на протяжении всего 1989 г. характеризуются следующими показателями. Полное время работы — 4100 ч. На экспериментальные работы использовано 3716 ч (90,6%). Распределяются они следующим образом: на физический эксперимент было отведено 3392 ч (82,7%), на совершенствование ускорительного комплекса 324 ч (7,9%). Потери времени по причине неисправности систем ускорителя 310 ч (7,6%), технологическая подготовка, осмотры, экскурсии и пр. заняли 74 ч (1,8%). Ускорялись протоны, дейтроны, в том числе поляризованные, ядра гелия и его изотопа, лития, углерода, кислорода. Коэффициент использования ускорителя составил  $K = 1,95$ .

В сводной таблице показаны характеристики работы синхрофазотрона в III и IV кварталах и по итогам всего 1989 г.

## 2. БЕССТРУКТУРНЫЙ МЕДЛЕННЫЙ ВЫВОД

В конце 1989 г. — начале 1990 г. были завершены эксперименты по улучшению временной структуры тока выведенного пучка<sup>1/1</sup>. Исследовалась целесообразность применения независимого датчика для съема сигнала и использования его в системе обратной связи для подавления пульсаций в токе выведенного пучка. До настоящего времени для этой цели используется сигнал с многопроволочной ионизационной камеры

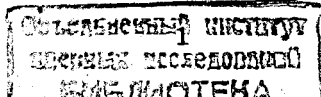


Таблица. Характеристики работы синхрофазотрона в III и IV кварталах 1989 г. и в 1989 г.

	Вид ядер	$N_{\text{раб.}}$	$N_{\text{макс.}}$	$T_{\text{ч}}$	$K$
III кв.	p	$N_{\text{ст.}}$	$N_{\text{ст.}}$	209	1,54
	d	$N_{\text{ст.}}$	$1,1 \cdot 10^{11}$	47	
	d†	$7,0 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^9$	237	
	a	$N_{\text{ст.}}$	$1,2 \cdot 10^{10}$	65	
IV кв.	p	$N_{\text{ст.}}$	$N_{\text{ст.}}$	52	2,32
	${}^4\text{He}^{2+}$	$2,0 \cdot 10^9$	$3,6 \cdot 10^9$	83	
	${}^7\text{Li}^{3+}$	$N_{\text{ст.}}$	$3,0 \cdot 10^9$	154	
	${}^{12}\text{C}^{6+}$	$4,0 \cdot 10^8$	$5,0 \cdot 10^8$	863	
	${}^{16}\text{O}^{8+}$	$1,0 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^7$	302	
1989 г.	p	$N_{\text{ст.}}$	$N_{\text{ст.}}$	950	1,95
	d	$N_{\text{ст.}}$	$N_{\text{ст.}}$	263	
	d†	$7,0 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^9$	623	
	${}^4\text{He}^{2+}$	$N_{\text{ст.}}$	$3,5 \cdot 10^{10}$	436	
	${}^3\text{He}^{2+}$	$N_{\text{ст.}}$	$2,0 \cdot 10^9$	192	
	${}^7\text{Li}^{3+}$	$N_{\text{ст.}}$	$3,0 \cdot 10^9$	154	
	${}^{12}\text{C}^{6+}$	$4,0 \cdot 10^8$	$5,0 \cdot 10^8$	863	
	${}^{16}\text{O}^{8+}$	$1,0 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^7$	302	

Здесь  $N_{\text{раб.}}$  и  $N_{\text{макс.}}$  — рабочая и максимальная интенсивности,  $N_{\text{ст.}}$  — интенсивность, определяемая условиями эксперимента,  $T_{\text{ч}}$  — время работы в часах в данном режиме.

ПИК-В, которая выполняет одновременно и ряд функций индикации и управления.

Новый датчик представляет собой камеру, аналогичную ПИК-В, расположенную в канале внешней транспортировки пучка. Камера была включена в цепь обратной связи и не несла никаких иных функциональных нагрузок.

Критерием оценки работы системы подавления служит коэффициент однородности во времени тока  $i_{\text{в}} = i(t)$  выведенного пучка  $K_0$ . В соответствии с  $^{1/2}$   $K_0$  рассчитывается по формуле

$$K_0 = \frac{t_{\text{эфф}}}{T_{\text{в}}}$$

где  $t_{\text{эфф}}$  — величина эффективной длительности вывода,  $T_{\text{в}}$  — время вывода пучка. При этом эффективная длительность вывода определяется отношением квадратов среднего и среднеквадратичного тока:

$$t_{\text{эфф}} = \frac{T_{\text{в}} \left[ \int_0^{T_{\text{в}}} i(t) dt \right]^2}{\int_0^{T_{\text{в}}} i^2(t) dt}$$

Эксперименты показали, что оба варианта используемых датчиков не меняют величину  $K_0$ . Коэффициент  $K_0$  остается неизменным в пределах статистического разброса результатов измерений и составляет:  $K_0 = 0,84-0,94$  (при отключении обратной связи  $K_0 = 0,24-0,35$ ).

Эти значения  $K_0$  определяются режимом вывода, сортом ускоряемых (выводимых) частиц (тяжелые — легкие ядра) и т.п. Эксперименты также подтвердили, что для данной системы полученные значения  $K_0$  являются предельными и улучшить их вряд ли удастся.

Завершая работы, проводимые по теме улучшения временной структуры тока выведенного пучка, можно сделать такой вывод: чтобы получать оптимальные значения коэффициента однородности, необходимо обязательное выполнение целого ряда технических условий.

1. Работа схем подавления пульсаций в аппаратуре формирования стола магнитного поля основного магнита должна обеспечивать подавление пульсаций основной частоты питающего напряжения и его высших гармоник, чтобы выполнялось условие

$$\frac{\Delta B}{B} \leq 10^{-6}$$

где  $B$  — значение индукции магнитного поля стола, где осуществляется вывод пучка частиц.

2. Пульсации в токах резонансных обмоток РОМ-1 и РОМ-2 должны находиться в пределах, достигнутых и принятых на сегодняшний день в качестве рабочих значений:

$$\frac{\Delta I}{I} \sim 10^{-6}$$

3. Напряжение на ионизационной камере (ПИК-В) должно быть  $U_{\text{н}} \geq 800$  В, чтобы обеспечить достаточную подвижность носителей зарядов.

4. Постоянная времени в цепи питания ионизационной камеры не должна превышать  $\tau \leq 0,1$  мс.

5. Помехи на линии передачи данных в аппаратуре обратной связи не должны превышать  $u_n = 10-20$  мВ.

При выполнении этих условий система обратной связи подавляет пульсации в токе выведенного пучка, содержащие частоты  $F = 0 \div 600$  Гц. Степень подавления зависит от глубины обратной связи и степени демпфирования, значения которых для каждого режима вывода подбираются оператором экспериментально.

В процессе работы обратной связи сама система вносит в спектр тока пучка частоты модуляции до 2500 Гц. Их появление связано с обработкой импульсных возмущений, поступающих в цепь обратной связи. Величина этих вносимых высокочастотных возмущений составляет 3-5% от величины постоянной составляющей тока пучка.

Длительная (более двух лет) экспериментальная эксплуатация системы показала, что достигнутые значения коэффициента однородности (при измерении в процентах его называют коэффициентом заполнения)  $K_0 = 0,84-0,94$  вполне приемлемы для проведения физических экспериментов. Полученный режим подавления пульсаций в токе выведенного пучка рекомендован как эксплуатационный.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Булдаковский В.Н. и др. — ОИЯИ 9-89-370, Дубна, 1989.
2. Cappi R., Steinbach Ch. — Proc. 1981 Particle Accelerator Conf. IEEE Trans Nucl. Sci., NS-28, No.3, 1981, p.2806.

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 ноября 1990 года.