

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

Б 201

9-88-396

**СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ.  
РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ  
(III и IV кварталы 1987 года)**

**1988**

А.Н.Баландиков, А.А.Белушкина, В.Н.Булдаковский, А.И.Валевич,  
 Б.В.Василишин, В.И.Волков, Г.И.Гай, В.М.Горченко, В.П.Ершов,  
 И.В.Жигулин, В.П.Заболотин, А.С.Исаев, И.Б.Иссинский,  
Л.С.Котова, И.И.Куликов, М.В.Куликов, Л.А.Леонов, Л.Г.Макаров,  
 В.А.Мончинский, С.А.Новиков, В.Н.Перфеев, Ю.К.Пилипенко,  
 В.Н.Рамжин, С.В.Романов, И.Н.Семеновкин, В.Ф.Сиколенко,  
 В.В.Смелянский, В.Г.Тимофеев, В.Л.Тищенко, С.В.Федуков,  
 В.В.Фимушкин, А.П.Царенков, О.Н.Цисляк, В.И.Черников,  
 Д.И.Шерстянов, В.Б.Шутов.

## 1. РАБОТА И НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

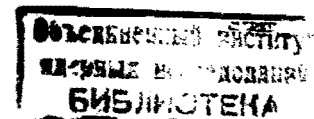
В III квартале 1987 г. синхрофазотрон работал 832 часа. На эксперимент отработано 776 часов /93,3%/, из них на экспериментальную физику использовано 679 часов /81,6%/, на совершенствование ускорителя - 97 часов /11,7%/. Потери времени по причине простоя оборудования составили 45 часов /5,4%/, технологические остановки заняли 11 часов /1,3%/.  
 В табл.1 приведена информация о виде ускоряемых ядер, величине рабочей и максимальной интенсивности в цикле ускорения и длительности работы в данном режиме /в часах/.

Таблица 1

Вид ядер	$N_p$	$N_{max}$	T, ч
p	$N_{ст}$	$N_{ст}$	400
$\bar{d}$	$3 \cdot 10^8$	$10^9$	187
${}^4\text{He}^{2+}$	$0,5 \cdot 10^{10}$	$4,2 \cdot 10^{10}$	245

Здесь  $N_{ст}$  - уровень рабочей интенсивности, определяемый санитарным паспортом или требованием эксперимента;  $\bar{d}$  - поляризованные дейтроны. Коэффициент использования ускорителя  $K=2,9$ .

В IV квартале синхрофазотрон работал 1508 часов. На эксперимент отработано 1368 часов /90,7%/, из них на физические эксперименты использовано 1280 часов /84,9%/, на совершенствование ускорительного комплекса 88 часов /5,8%/. Потери времени по причине простоя оборудования составили 109 часов /7,2%/, технологические остановки, экскурсии и т.п. - 31 час /2,1%/.  
 Соответственно характеристики работы в 1987 г.: полное время работы - 4054 часа, эксперимент - 3771 час /93,0%/, в том числе на физические эксперименты - 3374 часа /83,2%/, на совершенствование - 397 часов /9,8%/. Простой оборудования - 215 часов /5,3%/, технологические остановки, экскурсии - 68 часов /1,7%/.  
 Объединенный институт ядерных исследований Дубна. 1988



В табл.2 приведена информация о работе ускорителя в IV квартале 1987 г. и в течение 1987 г.

Таблица 2

	Вид ядер	$N_p$	$N_{max}$	T, ч
IV кв. 1987 г.	p	$N_{ст}$	$N_{ст}$	142
	$^{12}C^{6+}$	$4,7 \cdot 10^8$	$7,5 \cdot 10^8$	917
	$^{19}F^{9+}$	$0,7 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^5$	449
1987 г.	p	$N_{ст}$	$N_{ст}$	1322
	d	$N_{ст}$	$N_{ст}$	424
	$\bar{d}$	$2,0 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$	482
	$^4He^{2+}$	$0,6 \cdot 10^{10}$	$1,5 \cdot 10^{10}$	460
	$^{12}C^{6+}$	$4,0 \cdot 10^8$	$7,5 \cdot 10^8$	917

Коэффициент использования ускорителя в IV квартале  $K = 4,14$ ; в 1987 г.  $K = 3,71$ .

В течение второго полугодия 1987 г. на синхрофазотроне были продолжены исследования по изучению корреляционных эффектов в кумулятивном рождении частиц. Получен экспериментальный материал по  $\pi^+p$ - и  $\pi^-p$ -совпадениям в области рождения  $\Delta$ -изобар. Выполнены измерения реакции перезарядки  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 1,1 ГэВ/с на разных ядрах. Проведены исследования упругого рр-рассеяния в диапазоне энергий  $90 \div 220$  МэВ.

На пучке релятивистских ядер углерода измерены инклюзивные и корреляционные спектры частиц с отбором событий по множественности. Продолжены эксперименты по исследованию аномальных взаимодействий релятивистских фрагментов.

На установке ГИБС на пучках разных ядер набран экспериментальный материал по исследованию рождения релятивистских гиперядер.

На установке АЛЬФА-3С в эксперименте с пучком поляризованных дейтронов получены данные о тензорной асимметрии в реакции  $\bar{d} \rightarrow p$  фрагментации.

На двухметровой пропановой и однометровой жидководородной пузырьковых камерах на пучках углерода и поляризованных дейтронов получено более 100 тысяч фотографий. Выполнены методические исследования и эксперименты по радиобиологии.

## 2. ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ ПУЧОК ДЕЙТРОНОВ

Проведен сеанс с поляризованным пучком дейтронов от источника "Полярис"/1/. На поляризованном пучке работали однометровая жидководородная камера ВПК-100 и спектрометр "Альфа". Длительность сеанса 473 часа.

С целью контроля за работой установки создана система измерения токов в цепях высоковольтных электродов пеннинговой зоны ионизатора "Полярис" с использованием микропроцессора на высоком потенциале, передачей данных на "землю" и представлением их в аналоговом виде на дисплее. Это существенно облегчило контроль за режимом работы установки в процессе сеанса.

В период подготовки к работе проведены согласование и настройка резонаторов ВЧ-и СВЧ-ячеек ядерной поляризации источника, что позволило получить новые моды поляризации, менять ее знак каждый цикл.

В источнике осуществлялись следующие высокочастотные переходы состояний атомов:

	Переход	Частота, МГц	Степень поляризации
Векторная поляризация	1 $\rightarrow$ 4	$8,5 \div 8,6$	$P_z = -/0,33 \div 0,44/$
	3 $\rightarrow$ 6	345,6	$P_z = 0,42 \div 0,52$
Тензорная поляризация	3 $\rightarrow$ 5	321	$P_{zz} = -/0,3 \div 0,68/$
	2 $\rightarrow$ 6	384,4	$P_{zz} = 0,33 \div 0,67$

Измерение поляризации пучка после линейного ускорителя проводилось поляриметрами по рассеянию поляризованных дейтронов на мишенях из  $^3He$ ,  $^4He$ , используя реакции  $^4He(d, d)^4He$  и  $^3He(d, p)^4He$ .

В середине сеанса наблюдалось сначала слабое, а затем резкое снижение интенсивности пучка, по-видимому, связанное с ростом рекомбинации атомов дейтерия в сопле диссоциатора. Возможная причина - образование поверхностного слоя примесей /например, конденсация паров масла/. После промывки диссоциатора и сопла слабым раствором плавиковой кислоты, интенсивность пучка не только восстановилась, но даже существенно выросла.

Максимальная интенсивность пучка в конце цикла ускорения составляла  $10^9$  дейтр./имп.

### 3. ИЗМЕРЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫВЕДЕННОГО ПУЧКА В РАЙОНЕ МИШЕННОЙ СТАНЦИИ F3

Информация о пространственных характеристиках выведенного пучка в районе мишенной станции F3<sup>2/</sup> измерительного павильона /ИП/ играет важную роль при наладке и поддержании режимов транспортировки пучка к физическим установкам /главный потребитель пучка в F3 - установка ДИСК<sup>3/</sup>/. Еще большее значение она приобретает при транспортировке пучка в корпус № 205, поскольку указанный район является зоной стыковки системы медленного вывода пучка из ускорителя и канала ВП-1. Наличие в этой зоне одного профилометра ПИК-5<sup>4/</sup> не позволило при настройке режимов транспортировки в полной мере обеспечивать требуемые параметры пучка.

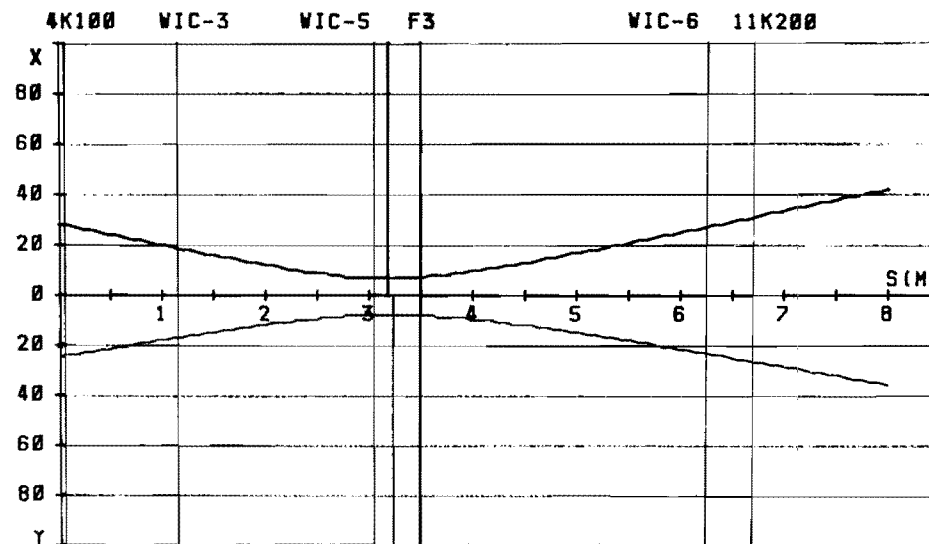
С целью получения полного набора данных о характеристиках пучка в районе F3, ограниченном квадрупольными линзами 4K100 и 11K200 /обозначения в соответствии с оперативной технической документацией/, в дополнение к имевшейся здесь установлены две проволочные аналоговые пропорциональные камеры /ПИК-3 и ПИК-6/. Детекторы подключены к ЭВМ СМ-4, расположенной на центральном пульте управления ускорителем. Измеряемыми и вычисляемыми параметрами являются горизонтальные и вертикальные профили, положение оси пучка, расстояния от кроссоверов до F3, эмиттансные характеристики пучка. Расчеты производятся в предположении об эллиптической форме фазового портрета пучка. На начальном этапе для каждой из плоскостей находятся величины полуосей /а, б/ фазового эллипса в кроссовере и расстояние от точки F3 до кроссовера. Указанные параметры определяются из трех уравнений огибающей пучка в свободном пространстве, имеющих вид

$$x^2 = a^2 + b^2 \ell^2,$$

где x - значение огибающей на расстоянии  $\ell$  от кроссовера. Последующий расчет пространственных огибающих в обеих плоскостях производится с шагом 4 см для участка канала длиной 8 м, начиная от выхода линзы 4K100.

Для оперативного отображения результатов измерений и расчетов используется цветной телевизионный монитор. Документирование информации производится с помощью графопостроителя. На рис.1 показана форма выдачи информации на графопостроитель.

### BEAM SPACE PARAMETERS AT F3 REGION



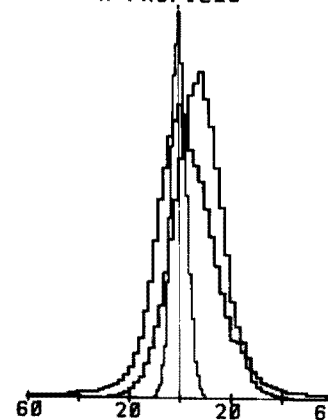
LX= -311MM      VXC= 7.1MM  
LY= -263MM      VYC= 8.3MM

VIC-3: WX= 19.2MM    VY= 17.6MM  
X0= 8.2MM    Y0= 2.4MM

VIC-5: WX= 7.3MM    VY= 8.5MM  
X0= 0.6MM    Y0= 2.5MM

VIC-6: WX= 27.6MM    VY= 23.8MM  
X0= 4.1MM    Y0= 0.2MM

X-PROFILES



Y-PROFILES

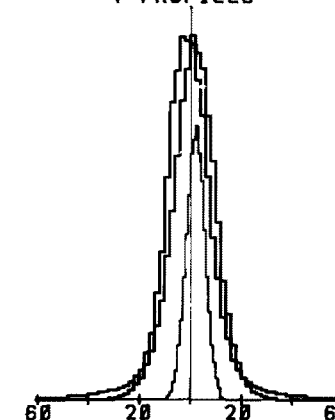


Рис.1. Форма выдачи информации о параметрах пучка в районе F3 на графопостроитель.

#### 4. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ ВТОРОГО МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА

В настоящее время в Лаборатории высоких энергий ведутся работы по проекту "Второй медленный вывод пучка из синхрофазотрона /ВМ-2/", реализация которого позволит приступить к проведению физических экспериментов с электронной методикой в корпусе 1Б. В 1987 г. выполнен важный этап проекта - созданы и введены в действие аппаратура и программное обеспечение для контроля параметров пучка и режимов работы элементов головной части ВМ-2. В рамках созданной системы, базирующейся на ЭВМ "МЕРА-60", решаются следующие основные задачи.

1. Контроль токов резонансных обмоток P1 и P2, выводного магнита ВМ-2 и линзы ВЛ-2. Погрешность измерения указанных параметров составляет 0,1%. С целью контроля стабильности токов в процессе вывода и оптимальной привязки импульсов токов к плато главного магнитного поля ускорителя осуществляется измерение форм сигналов от датчиков токов.

2. Измерение интенсивности выведенного пучка. При интенсивности выше  $10^5$  однозарядных частиц/цикл измерения производятся с помощью восьмизарядной плоскопараллельной ионизационной камеры, наполненной аргоном<sup>57</sup>. Погрешность регистрации не превышает 13%. При интенсивности пучка менее  $10^5$  частиц/цикл измерения осуществляются сцинтилляционным счетчиком.

3. Измерение пространственных характеристик выведенного пучка при интенсивности более  $10^7$  однозарядных частиц/цикл. В качестве детекторов используются проволочные двухкоординатные /30x30 нитей/ пропорциональные камеры в аналоговом режиме. Диагностическая аппаратура и программные средства обеспечивают многократные /десятки раз/ измерения профилей, положения центра тяжести и размеров пучка в процессе вывода. Цель указанной операции - регистрация возможных нестабильностей пучка и дальнейшее устранение вызвавших их факторов. На основании измерений определяются интегральные характеристики пучка за время вывода. Погрешность определения координат центра тяжести пучка не более  $\pm 1$  мм, размеров пучка - 5%. Аппаратура и программное обеспечение позволяют производить прием, обработку и отображение информации от 8 пропорциональных камер.

4. Регистрация формы тока выведенного пучка и отклонений центра тяжести пучка в горизонтальном направлении от заданного положения в начальной части канала транспортировки. В качестве датчика используется специальная секция одной из пропорциональных камер /ПИК-В/2/, сигнальная плоскость которой разделена на две части. Сумма сигналов от них характеризует ток пучка; разность сигналов, поделенная на сумму, - отклонение центра

тяжести пучка. Обработка информации производится в цифровом виде после фиксации сигналов /с периодом 1 мс/ аналого-цифровыми преобразователями.

5. Регистрация нестабильностей главного магнитного поля ускорителя в процессе вывода, измерение длительности плато магнитного поля.

Форма отображения информации о параметрах второго медленного вывода на экране цветного телевизионного монитора показана на рис.2.

Ввод в действие на синхрофазотроне системы контроля параметров ВМ-2 позволил значительно сократить время настройки режимов, повысить стабильность параметров выводимого пучка.

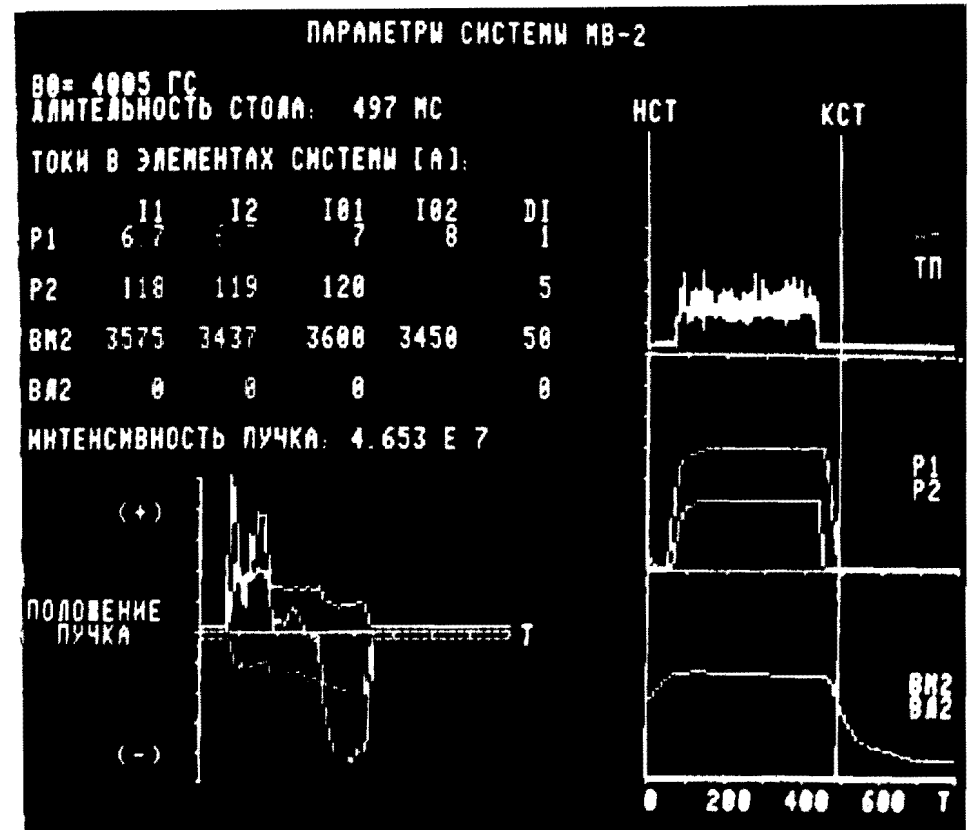


Рис.2. Форма отображения информации о параметрах второго медленного вывода.

## 5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В течение апреля-декабря 1987 г. продолжались геодезические измерения. Были проведены высокоточные измерения на кусте реперов. Результаты измерений приводятся в табл.3.

Таблица 3

№ цикла	Дата проведения измерений, 1987 г.	Номера реперов	Осадки, мм		Средне-квадратич. погрешность измерений, мм
			S <sub>тек.</sub>	S <sub>абс.</sub>	
150	апрель	1	-0,06	-0,27	±0,016
		2	-0,04	-0,03	
		3	-0,02	+0,10	
		4	+0,12	+0,06	
151	май	1	0,00	-0,27	±0,019
		2	+0,05	+0,02	
		3	+0,04	+0,14	
		4	-0,11	-0,03	
152	июнь	1	-0,04	-0,31	±0,013
		2	+0,01	+0,03	
		3	+0,04	+0,10	
		4	-0,07	+0,04	
153	июль	1	+0,02	-0,29	±0,009
		2	-0,03	0,00	
		3	-0,02	+0,08	
		4	+0,01	+0,05	
154	август	1	0,00	-0,29	±0,014
		2	-0,03	-0,03	
		3	-0,02	+0,06	
		4	-0,05	0,00	
155	сентябрь	1	0,00	-0,29	±0,017
		2	+0,00	+0,06	
		3	+0,10	+0,16	
		4	-0,07	-0,07	

Таблица 3 /продолжение/

156	октябрь	1	-0,01	-0,30	±0,005
		2	+0,01	+0,07	
		3	-0,06	+0,10	
		4	+0,05	-0,02	
157	ноябрь	1	+0,02	-0,28	±0,008
		2	0,00	+0,07	
		3	+0,06	+0,16	
		4	-0,08	-0,08	
158	декабрь	1	-0,04	-0,32	±0,013
		2	-0,04	+0,03	
		3	+0,07	+0,23	
		4	-0,01	-0,09	

Был проведен анализ стабильности куста реперов с января 1983 г. по сентябрь 1987 г. по измерениям в 56 циклах. Результаты показали, что наиболее стабильным является репер № 2. В период строительства нового здания /компрессорной/ /сентябрь 1986 г. - декабрь 1987 г./ репер № 1 дал осадку 0,16 мм.

В декабре 1987 г. через территорию куста реперов была проложена траншея. Есть вероятность, что после весеннего /1988 г./ оттаивания почвы это может привести к ухудшению стабильности положения куста реперов. Следствием этого может явиться нарушение высотной основы геодезической сети.

Проведен также цикл наблюдений за стабильностью положения электромагнита синхрофазотрона /табл.5/ и колонн здания ускорителя /табл.4/.

Таблица 4. Текущие и абсолютные осадки колонн здания синхрофазотрона

Номер цикла измерения, дата	Номер квадранта	№ пп	Внутренний радиус, мм		Внешний радиус, мм		Средне-квадратич. погрешн. измерений, мм
			S <sub>тек.</sub>	S <sub>абс.</sub>	S <sub>тек.</sub>	S <sub>абс.</sub>	
I		1	0,00	0,00	-0,20	-0,13	±0,015
		2	-0,08	+0,19	-0,13	+0,12	
		3	-0,27	+0,28	-0,21	+0,16	
		4	-0,20	+0,29	-0,27	+0,54	
		5	-0,37	+0,02	-0,31	+0,76	

Таблица 4 /продолжение/

II	1	-0,31	+0,38	-0,07	-0,77	±0,018	
	2	-	-	-0,11	-0,94		
	3	-0,49	-0,16	-0,06	-0,73		
	4	-0,34	-0,38	-0,07	-0,25		
XXX, май 1987 г.	III	1	-0,07	+0,83	-0,19	-2,64	±0,016
		2	+0,02	+0,89	-0,26	-2,97	
		3	-0,08	+0,31	+0,03	-1,94	
		4	-	-	-	-	
		5	+0,16	0,27	-0,03	-1,69	
IV	1	+0,07	-1,30	-0,09	-1,39	±0,015	
	2	-0,04	-0,71	-0,07	-1,16		
	3	-0,03	-0,67	-0,08	-1,45		
	4	+0,05	-0,38	-0,05	-1,68		

Средние текущие осадки колонн внутреннего радиуса: I кв.: -0,18 мм; II кв.: -0,38 мм; III кв.: +0,08 и IV кв.: +0,01 мм.  
Средняя текущая осадка колонн внешнего радиуса: I кв.: -0,22 мм; II кв.: -0,08 мм; III кв.: -0,11 мм и IV кв.: -0,07 мм.

Таблица 5. Текущие и абсолютные осадки электромагнита синхрофазотрона относительно цикла измерений в 1985 г.

Номер цикла измерения, дата	Номер квадранта	№ пп	Внутренний радиус, мм		Внешний радиус, мм		Средне-квадратич. погрешн. измерений, мм
			S <sub>тек.</sub>	S <sub>абс.</sub>	S <sub>тек.</sub>	S <sub>абс.</sub>	
I		1	-0,02	-1,14	+0,06	+0,20	0,015
		2	-0,40	-2,60	-0,12	-0,82	
		3	-0,17	-2,04	-0,38	-1,08	
		4	-0,23	-1,84	-0,47	-0,76	
		5	-0,24	-1,30	-0,01	-1,03	
II		1	-0,61	-1,05	+0,77	+0,52	0,015
		2	-0,79	-1,85	+0,63	-0,30	
		3	-0,90	-1,84	+0,57	-0,36	
		4	-0,60	-1,08	+0,56	-0,15	

Таблица 5 /продолжение/

XXX май 1987 г.	III	1	-0,15	-0,58	-0,30	-0,47	±0,015
		2	+0,07	-1,84	-0,30	-2,20	
		3	-0,14	-2,28	-0,22	-2,30	
		4	+0,15	-2,38	-0,10	-1,96	
		5	+0,09	-2,26	+0,02	-1,76	
IV	1	-0,11	-2,21	-0,10	-1,48	±0,016	
	2	0,00	-2,92	-0,14	-1,74		
	3	+0,07	-2,74	-0,25	-2,19		
	4	-0,10	-1,59	-0,14	-1,16		

Максимальные величины смещений отдельных блоков магнита синхрофазотрона в квадрантах по внутреннему и внешнему радиусам соответственно составили: I кв.: -0,40 мм; -0,47 мм; II кв.: -0,90 мм; +0,77 мм; III кв.: +0,15 мм; -0,30 мм; IV кв.: -0,11 мм; -0,25 мм.

В заключение авторы выражают благодарность Л.А.Ефимовой за подготовку материалов работы к публикации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Belushkina A.A. et al. JINR, E13-80-500, Dubna, 1980.
2. Василишин Б.В. и др. ОИЯИ, Б2-9-85-162, Дубна, 1985.
3. Аверичева Т.В. и др. ОИЯИ, 1-11317, Дубна, 1978.
4. Волков В.И., Куликов И.И. ОИЯИ, 10-12498, Дубна, 1979.
5. Баландиков А.Н. и др. ОИЯИ, 9-87-364, Дубна, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел  
3 июня 1988 года.