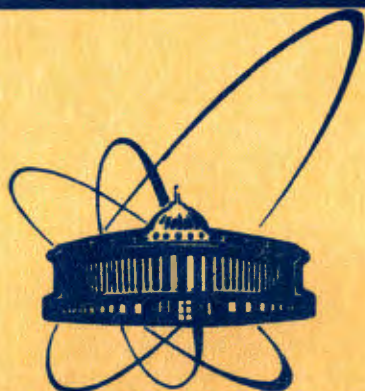


2805/84



**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

**P9-84-152**

**Ю.Г.Аленицкий, Н.Л.Заплатин, С.А.Ивашкевич,  
Н.А.Морозов, Л.М.Онищенко, С.И.Чеснова,  
П.Т.Шишлянников**

**ФОРМИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ  
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ФАЗОТРОНА ОИЯИ**

**1984**

В /1-3/ приведено описание магнитной системы фазотрона ОИЯИ /установка "Ф"/, данные по точности сборки и монтажа ее элементов, а также результаты первого и второго этапов шиммирования магнитного поля. На втором этапе шиммирования магнитное поле было сформировано с требуемой точностью /4/ и подготовлено к комплексной отладке систем ускорителя. В процессе установки лакировки ускорительной камеры проведена переборка элементов магнитной системы фазотрона, что привело к значительному изменению поля в центральной области ускорителя /рис.1/. Для увеличения допустимых значений  $\bar{B}_z$  предложен новый закон средней составляющей вертикальной компоненты магнитного поля - спадающее в области радиусов  $0 \leq r \leq 18$  см, далее растущее /вариант поля с бампом/. Этот вариант поля увеличивает допустимое значение для  $\bar{B}_z$  с /0,2 + 0,3/ мТл до /0,5 + 0,7/ мТл /5/ в центральной области ускорителя.

На рис.2 приведены характеристики средней вертикальной компоненты поля в центральной области фазотрона. Кривая 1 - требуемое магнитное поле на первых двух этапах его формирования, 2 - сформированное магнитное поле на втором этапе, 2' - изменение поля в результате переборки магнитной системы ускорителя, 3 - распределение сформированного магнитного поля, 4 - вариант требуемого поля с бампом в центре.

Переход от поля 2 к полю 3 был осуществлен при помощи доработки центрального цилиндра /1, рис.1/ магнитной системы ускорителя, установки в спиральных шиммах /4/ корректирующих заглушек

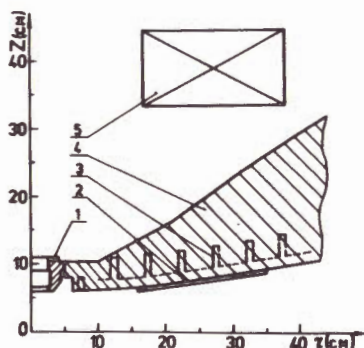


Рис.1. Схема магнитной системы центральной области ускорителя.

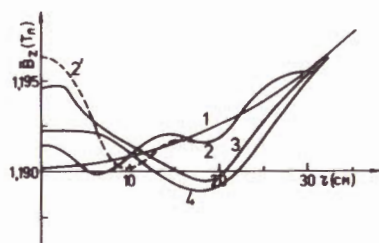


Рис.2. Характеристики средней составляющей вертикальной компоненты магнитного поля фазотрона в центральной области.

М8х20 мм и М16х20 мм на радиусах  $r = 6$  см,  $r = 10$  см на расстоянии от медианной плоскости  $h_1 = 6$  см, установки в пазах дюралевых плит /3/ корректирующих прутков  $\varnothing 10$  мм на радиусе  $r = 32,5$  см, угловой протяженностью  $\alpha = 30^\circ$ , снятия корректирующих прутков на радиусе  $r = 22,5$  см,  $\alpha = 30^\circ$ , а также при помощи использования концентрической обмотки /5/ при рабочем токе  $I_{k1} = -24$  А. Сформированный бамповый вариант среднего магнитного поля обеспечивает вертикальную устойчивость движения частиц ( $Q_z > 0$ ), начиная с центра ускорителя, что позволит ускорять пучок частиц без существенных потерь при величине  $\bar{B}_r \leq 0,6$  мТл в центральной области ускорителя.

На рис.3 представлены данные по шиммированию первой гармоники вертикальной компоненты магнитного поля. Кривая 2 - распределение первой гармоники по радиусу в центре ускорителя после второго этапа шиммирования магнитного поля. Кривая 1 - то же распределение после переборки магнитной системы. Кривая 3 характеризует результаты шиммирования первой гармоники поля, полученные на этапе формирования бампового варианта поля. Эти результаты достигнуты путем перераспределения корректирующих ферромагнитных прутков на радиусах  $r = 7,5; 12,5; 17,5$  и  $22,5$  см. Окончательное размещение корректирующих прутков приведено в табл.1.

На рис.4 показаны зависимости средней радиальной компоненты от радиуса после второго этапа шиммирования /кривая 2/ и этой же компоненты - после переборки магнитной системы и формирования бампового варианта для вертикальной компоненты /кривая 1/. Кривые 3 и 4 характеризуют результаты измерений  $\Delta \bar{B}_z$  /разность  $\bar{B}_z$  для плоскостей измерения, отстоящих от средней плоскости /6/ на +8 мм/ для этих этапов формирования поля при определении  $\bar{B}_r$  /6/.

Расчетный анализ динамики движения пучка заряженных частиц для сформированного бампового варианта магнитного поля показал, что такой вариант обеспечивает возможность комплексной наладки систем фазотрона.

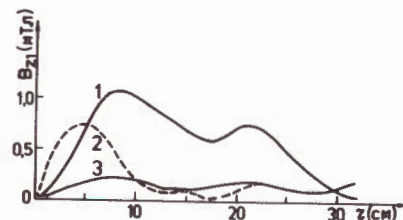


Рис.4. Характеристики средней составляющей радиальной компоненты магнитного поля.

Рис.3. Амплитуда первой гармоники вертикальной компоненты магнитного поля.

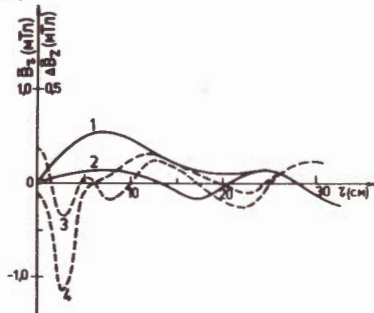


Таблица 1

$r$ (см) / № ПЛИТ	Нижние плиты $h_2$ (см); $\alpha$ (град.)	Верхние плиты $h_1$ (см); $\alpha$ (град.)
7,5	I 7,0; 60°	
	2 7,0; 30°	
	3 7,0; 60°	
	4 6,0; 30°; 7,0; 60°	
12,5	I 9,0; 10°; 10,0; 50°	
	2 9,0; 16°; 10,0; 50°	
	3 10,0; 40°	
	4 9,0; 33°	
17,5	I 8,5; 32°; 9,5; 60°; 10,5; 12°	
	2 8,5; 32°; 9,5; 60°; 10,5; 8°	8,5; 24°; 9,5; 60°
	3 8,5; 32°; 9,5; 60°; 10,5; 4°	
	4 8,5; 32°; 9,5; 60°; 10,5; 8°	
22,5	I 9,0; 30°; 10,0; 7°	
	2 9,0; 30°; 10,0; 27°	9,0; 23°
	3 9,0; 30°; 10,0; 7°	
	4 10,0; 17°	
32,5	I-4 11,0; 30°	11,0; 30°
42,5	I-4 12,0; 41°	12,0; 19°

\* Нумерация плит по часовой стрелке от оси ускорительной камеры, направленной в сторону высокочастотной системы.

Для расширения возможностей оперативной настройки ускорителя по качеству пучка в центральной области были установлены дополнительные концентрические корректирующие обмотки, изготовленные из медного провода  $\varnothing 1,6$  мм и размещенные по поверхности спиральных шимм на плакировке ускорительной камеры в медном каркасе /2, рис.1/. Максимальный ток в обмотке - 10 А. Параметры обмоток приведены в табл.2. Основное назначение обмоток - коррекция средней радиальной компоненты поля.

Таблица 2

№ обмотки	1	2	3	4	5	6	7
$r_1$ /см/	16,5	19,2	21,9	24,6	27,3	30	32,7
$r_2$ /см/	18,6	21,3	24,0	26,7	29,4	32,1	34,8
$h_{ср.}$ /см/	6,26	6,65	7,05	7,45	7,85	8,25	8,65
Число витков $w$	13	13	13	13	13	13	13

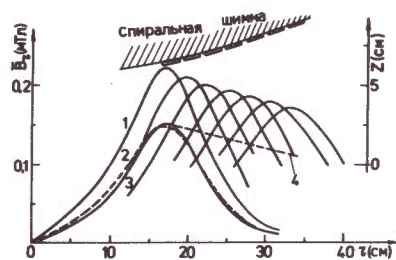


Рис.5. Радиальные компоненты магнитного поля concentрических обмоток.

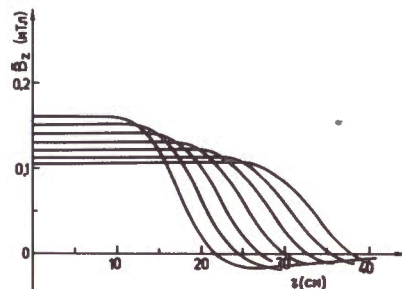


Рис.6. Вертикальные компоненты магнитного поля concentрических обмоток.

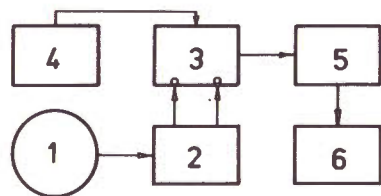


Рис.7. Функциональная схема измерительного стенда.

На рис.5 приведены расчетные распределения компоненты поля всех обмоток при  $Iw = 50$  А /кривая 1/. Расчет проводился по формулам для токового слоя с учетом отражений. Кривая 3 - экспериментально выделенное распределение поля для обмотки № 1. Сравнение эксперимента с расчетом показывает, что вклад отражений в данной конфигурации магнитной системы ускорителя составляет всего 5-6%, в то время как по расчету этот вклад ~30%. Такое различие связано с существенным удалением полюса от спиральных шимм, а также с тем, что шиммы в области расчета имеют незначительную толщину и угловую протяженность. Кривая 2 - расчетное распределение поля обмотки с привязкой к эксперименталь-

ной кривой, 4 - огибающая максимумов вкладов всех обмоток, полученная экспериментально. На этом же рисунке показана схема расположения корректирующих обмоток в магнитной системе ускорителя. На рис.6 показаны расчетные распределения полей всех обмоток для вертикальной компоненты поля с привязкой к эксперименту на радиусе  $r = 0$ .

При выделении полей корректирующих катушек в качестве датчика поля как для вертикальной, так и для радиальной компонент, использовалась измерительная катушка. Функциональная схема измерительного стенда приведена на рис.7. Сигнал с измерительной катушки 1 интегрируется электронным интегратором 2/6/, регистрируется цифровым вольтметром 3, запуск которого осуществляется таймерным устройством 4 с интервалом 3,5 с. Информация с вольтметра через устройство сопряжения поступает на перфоратор. Чувствительность схемы измерений составила 0,042 В/мТл. Сигнал в измерительной катушке индуцировался посредством изменения тока на 5 А в соответствующей корректирующей обмотке.

К достоинствам этого способа выделения полей корректирующих обмоток следует отнести:

1. Полное отсутствие влияния на выделяемый полезный сигнал рабочего уровня магнитного поля ускорителя.
2. В несколько сотен раз более высокая чувствительность по сравнению, например, с методом использования датчиков Холла.
3. Низкая ошибка измерений, которая, в основном, определяется нелинейностью дрейфа электронного интегратора и питания основной обмотки магнита за время измерения полезного сигнала, равного 3,5 с, и составляет единицы мкТл.

Все эти обстоятельства позволяют измерить поля корректирующих обмоток уже на уровне 0,1-0,2 мТл с точностью не хуже 1% как для вертикальной, так и для радиальной компонент магнитного поля. Это может оказаться полезным при выборе параметров и моделировании системы корректирующих обмоток ускорителей, так как ее модель может быть изготовлена из простейшего проводника и с источником питания на несколько ампер.

Авторы благодарят профессора В.П.Дмитриевского за постоянное внимание к работе и полезные дискуссии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аленицкий Ю.Г. и др. ОИЯИ, Р9-81-664, Дубна, 1981.
2. Заплатин Н.Л. и др. ОИЯИ, Р9-82-925, Дубна, 1982.
3. Заплатин Н.Л. и др. ОИЯИ, Р9-83-123, Дубна, 1983.
4. Vorozhtsov S.B., Dmitrievsky V.P. JINR, E9-81-54, Dubna, 1981.
5. Ворожцов С.Б. и др. ОИЯИ, Р9-84-25, Дубна, 1984.
6. Морозов Н.А., Шишляников П.Т. ОИЯИ, Р9-82-926, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел  
12 марта 1984 года

Аленицкий Ю.Г. и др.

P9-84-152

Формирование магнитного поля в центральной области фазотрона ОИЯИ

Работа посвящена формированию магнитного поля фазотрона ОИЯИ. Ее целью являются получение заданной зависимости от радиуса среднего магнитного поля, спадающего в центральной области ускорителя, и коррекция амплитуд низших гармоник поля до величин меньше допустимых. Дана информация о проведенных изменениях в магнитной системе фазотрона. В результате шиммирования амплитуда первой гармоники поля не превышает 0,3 мТл для области радиусов  $r \leq 30$  см. Приведены распределения магнитного поля токовых корректирующих обмоток ускорителя. Выделение магнитного поля обмоток величиной  $\sim 0,1$  мТл проведено индукционным методом с точностью не хуже 1%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Alenitsky Yu.G. et al.

P9-84-152

The Central Magnetic Field Shaping for the JINR Phasotron

The shaping of the magnetic field of the JINR phasotron is described. The purpose of this investigation was to obtain the required dependence of the average central magnetic field on radius with bump and required accuracy for the field harmonics amplitudes. The magnetic system changes performed are described. The shaping of the magnetic field resulted in the first harmonic amplitude less than 0.3 mT for  $r < 30$  cm region. The data obtained for the trim coils of the magnetic field are presented. Magnetic field contributions of the trim coils of about 0.1 mT were measured by means of the induction method with 1% accuracy.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984