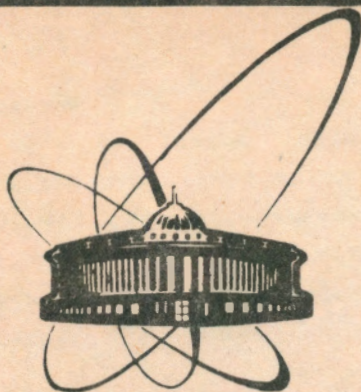


92-464.



сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

P13-92-464

Д.Н.Богословский, Ю.А.Будагов, Г.В.Велев*,
В.Б.Виноградов, А.Г.Володько, А.С.Курилин,
И.П.Либа, Ю.Ф.Ломакин, Л.К.Лыткин, В.М.Маниев,
И.А.Минашвили, А.А.Олейник, В.И.Романовский,
Н.А.Русакович, С.В.Сергеев, В.Б.Флягин, Г.А.Члачидзе

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ
МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТА
МС-12 С 90 см МЕЖПОЛЮСНЫМ ЗАЗОРОМ
УСТАНОВКИ ГИПЕРОН

*Компьютерный центр по физике, БАН, София, Болгария

ВВЕДЕНИЕ

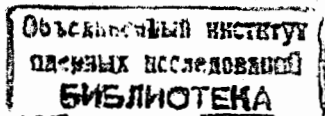
На 18 канале серпуховского ускорителя успешно функционирует спектрометр ГИПЕРОН^{/1/}. С его помощью был выполнен ряд экспериментальных исследований, таких, как: исследование гиперзарядообменных процессов^{/2/}, адрон-ядерных взаимодействий с образованием η -, K^0 - и $K^*(892)^0$ - мезонов^{/3,4/}, распадов $K_S^0 \rightarrow e^+e^-$ ^{/5/} и $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ ^{/6/} и др. В настоящее время спектрометр нацелен на изучение распадов K^+ -мезонов - $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$, $\pi^+ \pi^0 \pi^0$ и др.^{/7/}.

Одним из важных элементов установки является электромагнит МС-12^{/8/}, с помощью которого определяются импульсы вторичных заряженных частиц. В экспериментах^{/2-6/} электромагнит МС-12 имел 50 см зазор между полюсами. Характеристики магнитного поля такой модификации магнита опубликованы в^{/9/}.

В настоящей работе приведены результаты измерения магнитного поля модифицированного электромагнита МС-12, в котором расстояние между полюсами было увеличено до 90 см. Такая модификация магнита потребовалась для увеличения акцептанса установки при регистрации распадов K^+ -мезонов:

ЭЛЕКТРОМАГНИТ МС-12

На рис.1 схематически изображены разрезы модифицированного электромагнита МС-12. Модификации заключались в следующем: с помощью железных вставок 6 между стойками 7 и балками 8 и 9 увеличен зазор между верхней 1 и нижней 2 катушками сначала с 20 до 50 см, а потом до 90 см, добавлены верхний полюс 3 и вкладыш 4 к нижнему полюсу 5, спереди и сзади электромагнит оборудован магнитными экранами 10. Эти модификации были проведены для того, чтобы получить достаточную для выполнения экспериментальной программы^{/2-7/} отклоняющую силу магнита



при токе 6300 А и менее (номинальный ток питания магнита МС-12 составляет 12 кА), увеличить апертуру магнита, расположить детектирующую аппаратуру возможно ближе к магниту.

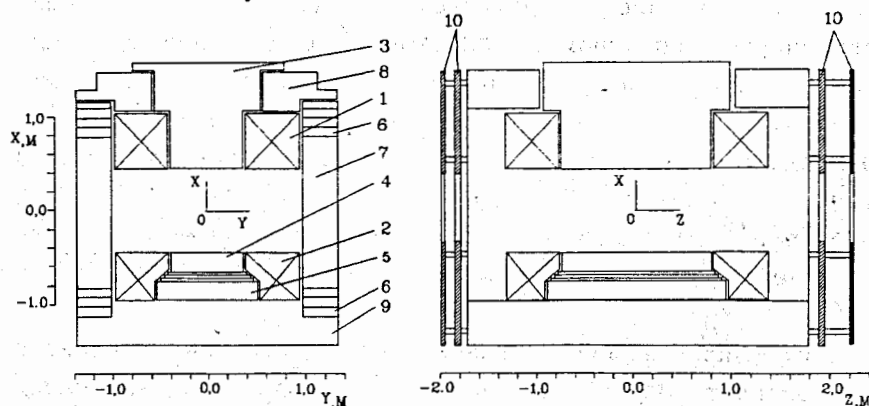


Рис. 1. Схематическое изображение разрезов модифицированного электромагнита МС-12.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Измерительная аппаратура состояла из следующих компонентов: датчика Холла, системы перемещения датчика Холла, системы сбора данных. Нами использовался датчик Холла и система его перемещения, применявшиеся ранее для измерения поля магнита 6-метрового спектрометра ИТЭФ^{10/}.

Датчик Холла

Устройство трехкомпонентного датчика Холла показано на рис. 2. Холловские кристаллы 1, измеряющие отдельные компоненты вектора индукции магнитного поля, приклеены к медным полусферам корпуса 2. В нижней части корпуса расположен паз 3 для нагревательной обмотки термостата и термосопротивлений. Медный корпус помещен в кожух 4 из текстолита, служащий для теплоизоляции и крепления датчика к каретке. Стабилизированная температура датчика $40 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Стабилизированный ток питания протекал последовательно через все кристаллы. Калибровка датчика Холла была осуществлена с помощью ЯМР-магнитометра.

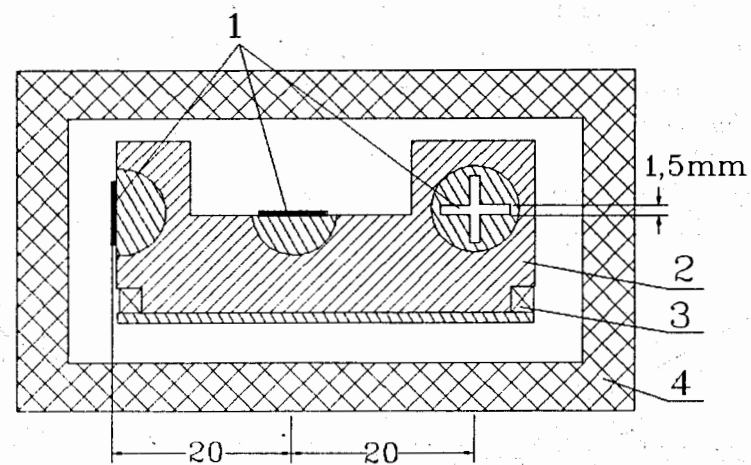


Рис. 2. Устройство датчика Холла.

Система перемещения датчика Холла

Система перемещения датчика Холла (рис. 3) между полюсами магнита 3 состояла из каретки 1, тянущей бронзовой ленты 2, электродвигателя 4.

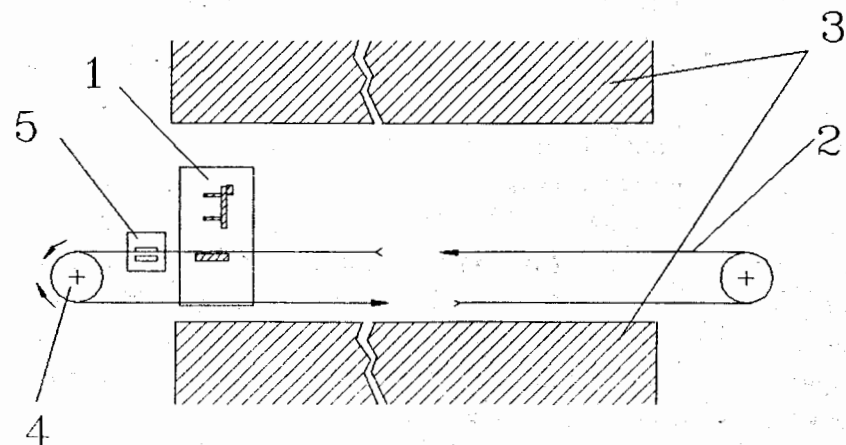


Рис. 3. Система перемещения каретки в магните.

Усилие от электродвигателя с помощью тянущей ленты передавалось каретке, на которой размещался датчик Холла. Каретка двигалась на колесах 5 (рис.4) вдоль магнита по рельсам 4.

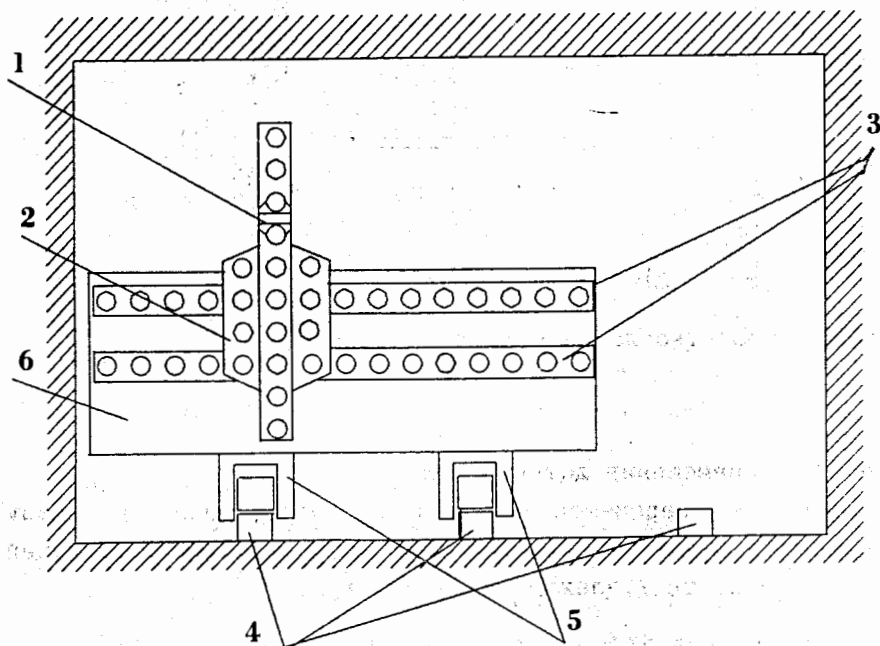


Рис. 4. Система перемещения датчика Холла на каретке.

Тянущая лента служила одновременно для определения Z-координаты. Для этого на ленте с шагом 20 мм имелись отверстия, кодирующие положение каретки. Код Z координаты считывался с помощью датчика 5 (рис.3), представляющего из себя блок из 9 светодиодов.

Датчик Холла 1 (рис.4) крепился к передвижной вертикальной планке 2 каретки 6. Для фиксирования датчика на каретке в определенном положении на вертикальной планке и горизонтальной направляющей 3 имела система отверстий,нанесенная с шагом 20 мм.

Привязка датчика к системе координат магнита была произведена с точностью ± 1 мм.

Система сбора данных

Структурная схема системы сбора данных приведена на рис.5. В состав аппаратуры входил персональный компьютер ПК "Правец-16",осуществлявший прием,контроль и запись на гибкие диски информации о магнитном поле (ЭДС Холла с трех кристаллов DX_x , DX_y , DX_z и X, Y, Z-координаты датчика Холла).

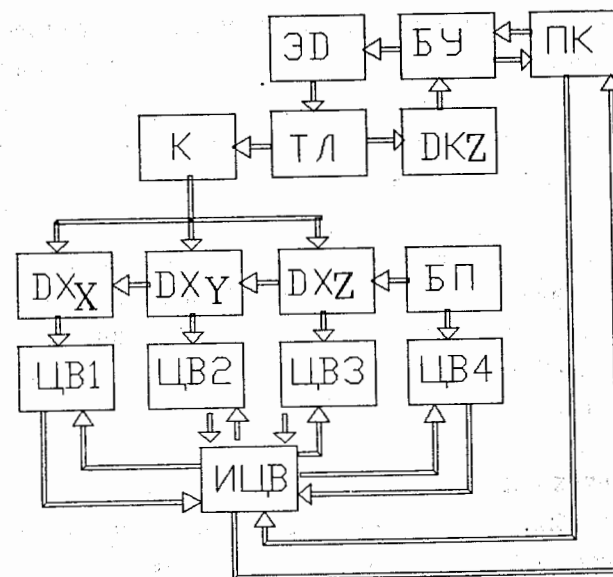


Рис.5. Структурная схема системы сбора данных.

ЭДС Холла измерялись цифровыми вольтметрами ЦВ1-ЦВ3. С помощью ЦВ4 измерялся ток питания датчика от блока питания БП. Цифровые вольтметры через интерфейс ИЦВ были связаны с персональным компьютером. Кроме того, с помощью ПК через блок управления БУ производились включение,выключение и изменение направления вращения электродвигателя ЭД. В блок управления от датчика координаты ДКЗ поступала информация о координате Z датчика.

Для измерения ЭДС Холла использовались семизначные цифровые вольтметры SOLARTRON 7055 с погрешностью измерений $\pm 0,005\%$. Эти вольтметры имеют встроенный микропроцессор, осуществляющий автоматически калибровку и установку нуля.

Специально для этих измерений были разработаны электронные блоки: интерфейс цифровых вольтметров, блок управления электродвигателем и блок согласования уровней сигналов.

Интерфейс цифровых вольтметров имел 4 последовательных порта (USART) на одной плате IBM/PC. Интерфейс не использовал прерывания, поэтому данные принимались в режиме сканирования статусных регистров USART. Управление вольтметрами, их инициализация, запуск оцифровки выполнялись посредством выдачи соответствующих команд также через регистры USART.

Блок управления содержал восьмиразрядный дуплексный регистр на микросхеме 580BV55 (PP18255). Два порта программировались на ввод (для приема информации с координатного датчика), один - на вывод (для управления движением каретки).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения были выполнены при трех значениях тока питания магнита 6,293 кА; 2,998 кА и 0,949 кА в объеме $80(X) \times 144(Y) \times 444(Z)$ см³ с шагами 4 см по осям X и Y и 2 см по оси Z в 161 тыс. точек. При токе 0,949 кА шаг по оси Z был увеличен до 4 см.

На рис. 6 приведены кривые намагничивания - зависимости вертикальной составляющей напряженности магнитного поля H_x в центре магнита от величины тока питания магнита - для магнита с 50 см зазором (кривая 1)^{9/} и с 90 см зазором (кривая 2). При увеличении зазора с 50 до 90 см напряженность магнитного поля в центре магнита при токе 6,3 кА уменьшилась в 1,7 раза. На этом рисунке приведены также величины напряженности магнитного

поля электромагнита ИК-3-4 такого же типа, как и МС-12, но без верхнего полюса, при токе питания 13,2 кА - с 20 см зазором между катушками (точка 3) и 40 см зазором (точка 4)^{11/}. Этот рисунок демонстрирует - какие величины напряженности магнитного поля могут быть получены для различных модификаций магнита - с разным расстоянием между катушками, с верхним полюсом и без него. В частности, для магнита МС-12, дополненного верхним полюсом, при половинном от номинального (13,2 кА) токе питания и одинаковом зазоре между катушками получается не меньшая напряженность, чем у магнита ИК-3-4 при номинальном токе питания^{9/}.

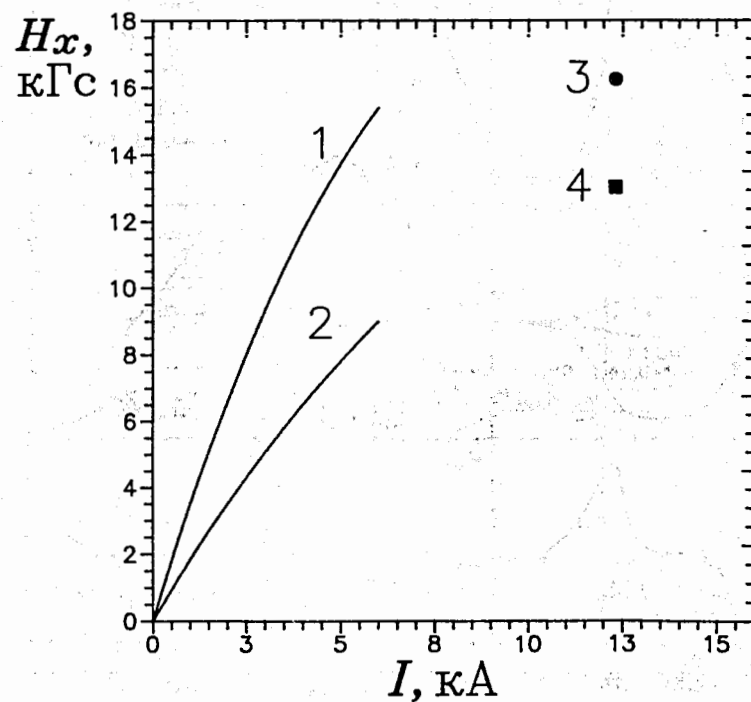


Рис. 6. Кривые намагничивания.

На рис. 7 и 8 показаны характерные зависимости величин напряженностей H_x, H_y, H_z от координат X, Y, Z при двух значениях тока питания магнита 6,3 и 3 кА. Зависимости $H_x=f(Z)$ и $H_x=f(Y)$ для медианной плоскости имеют колоколообразный вид, а для плоскостей, близких к полюсам, — отчетливо выраженный седловидный характер. При этом оказалось, что глубина "седла" зависит от величины тока питания. Так, для зависимости $H_x=f(Z)$ при $X=-0,356$ м и $Y=0$ величина отношения $H_{x\max}/H_x(Z=0)$ составляет 1,07 при токе 6,3 кА и 1,4 при токе 3 кА. Неосновные компоненты H_y и H_z невелики в медианной плоскости в области полюсов и резко возрастают в районе катушек и становятся сопоставимыми с основной компонентой H_x .

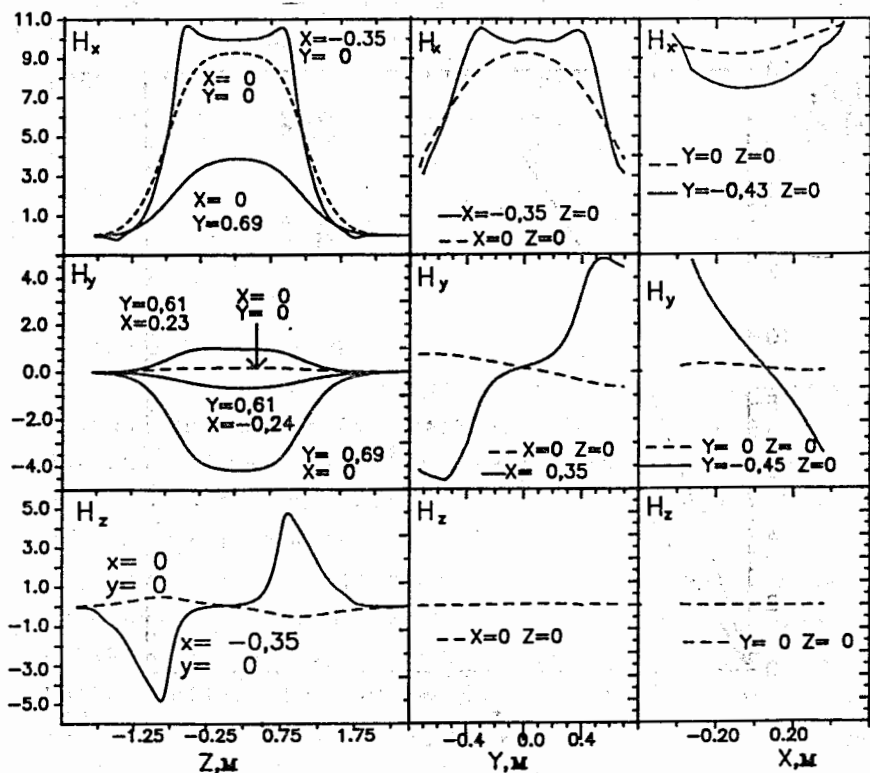


Рис. 7. Зависимости величин напряженностей H_x, H_y, H_z от X, Y, Z для тока питания 6,3 кА.

Качественное сравнение зависимостей величин напряженностей H_x, H_y, H_z от координат X, Y, Z для магнита с 90 см зазором с соответствующими характеристиками для магнита с 50 см зазором (см. рис. 4 и 5 из работы^{9/}) показывает, что топография магнитного поля существенно не изменилась. Об этом свидетельствует также рис. 9 и 10, на которых приведен ряд зависимостей $H_x, H_y, H_z=f(Z)$ и интеграл магнитного поля $S_x = \int H_x dZ = f(X, Y)$ для двух конфигураций магнита (90 см зазор — сплошные линии, 50 см зазор — пунктирные линии).

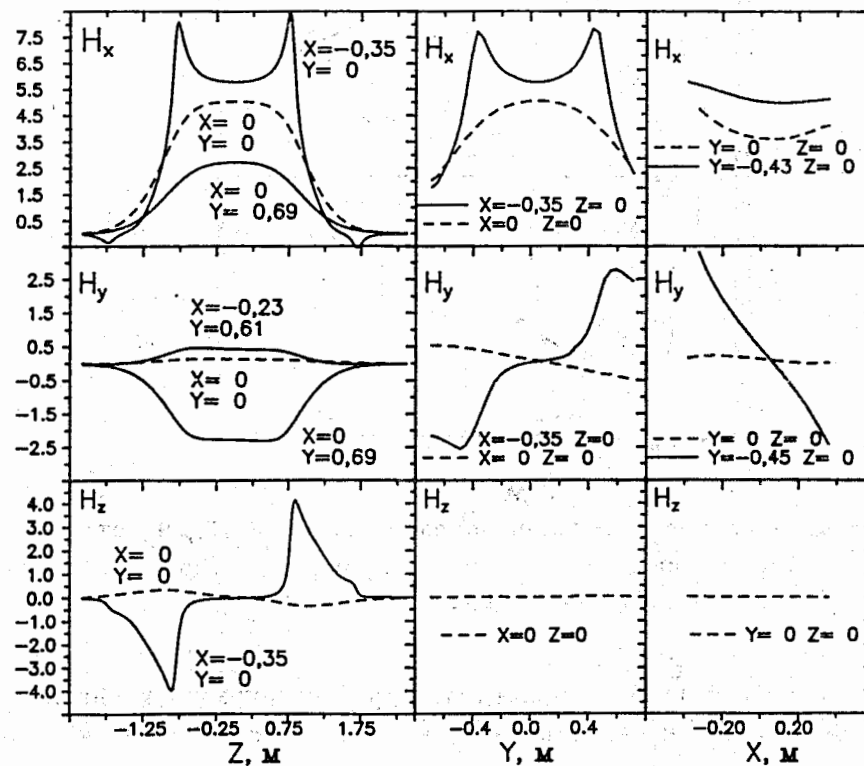


Рис. 8. Зависимости величин напряженностей H_x, H_y, H_z от X, Y, Z для тока питания 3 кА.

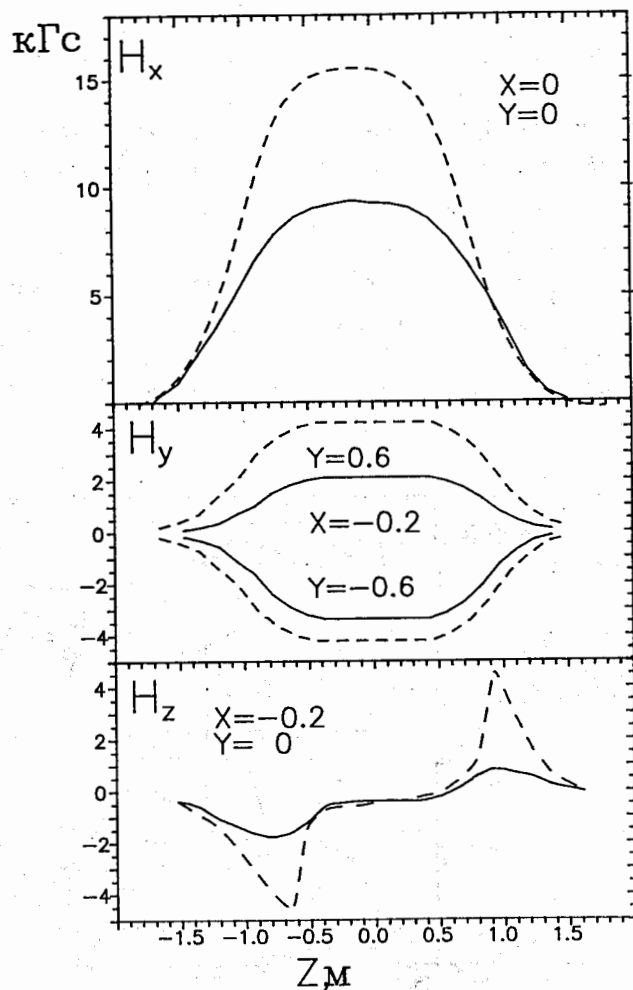


Рис. 9. Зависимости величин напряженностей H_x, H_y, H_z от Z для магнита с 50 см зазором (пунктир) и 90 см зазором (сплошная линия).

На рис. 11 и 12 приведены карты интегралов магнитного поля S_x и $S_y = \int H_y dz$ зависимости от X и Y для $I=6,3$ кА и 3 кА. Кривые — линии фиксированных величин этих интегралов. Апертура магнита, в которой интеграл S_x не ниже 30% от максимальной величины, составляет по Y -координате 1,2 м.

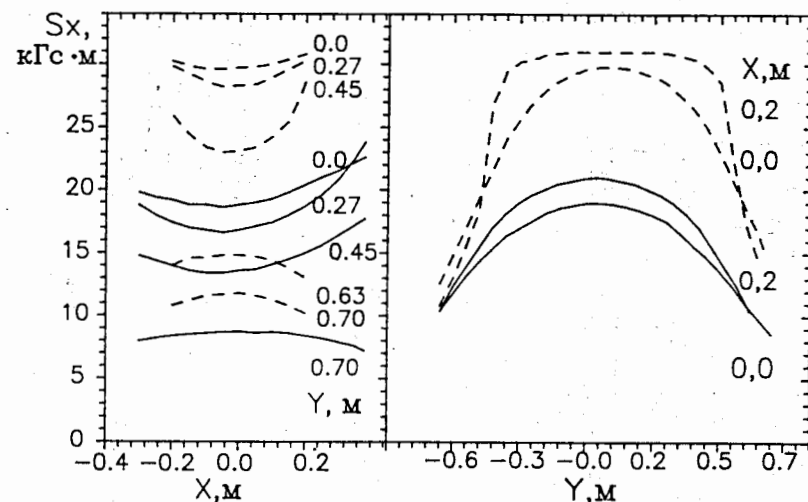


Рис. 10. Зависимости интеграла магнитного поля S_x от X и Y для магнита с 50 см зазором (пунктир) и 90 см зазором (сплошная линия).

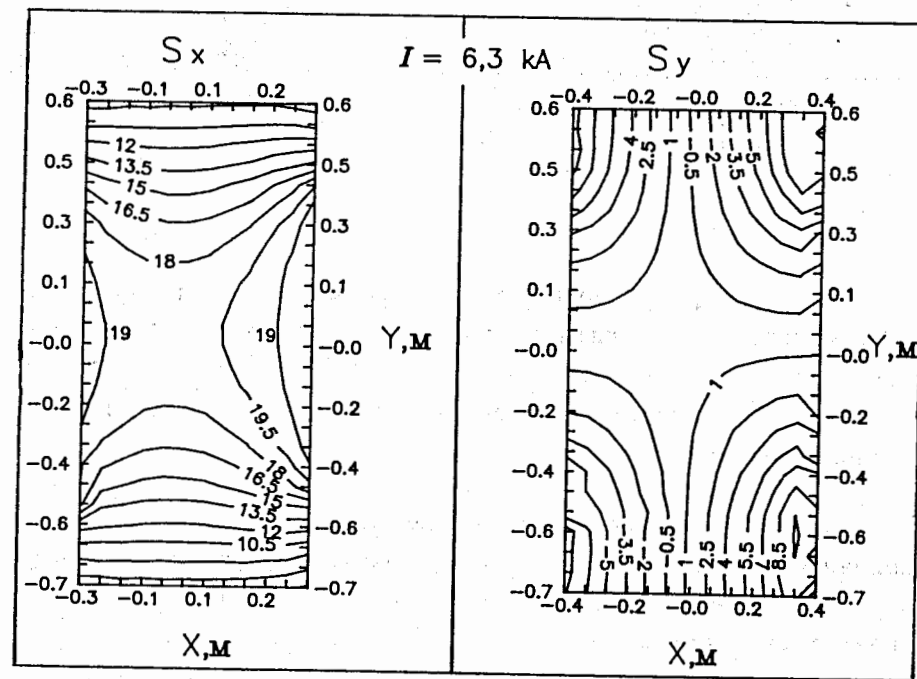


Рис. 11. Карты интегралов магнитного поля S_x и S_y для $I=6,3$ кА.

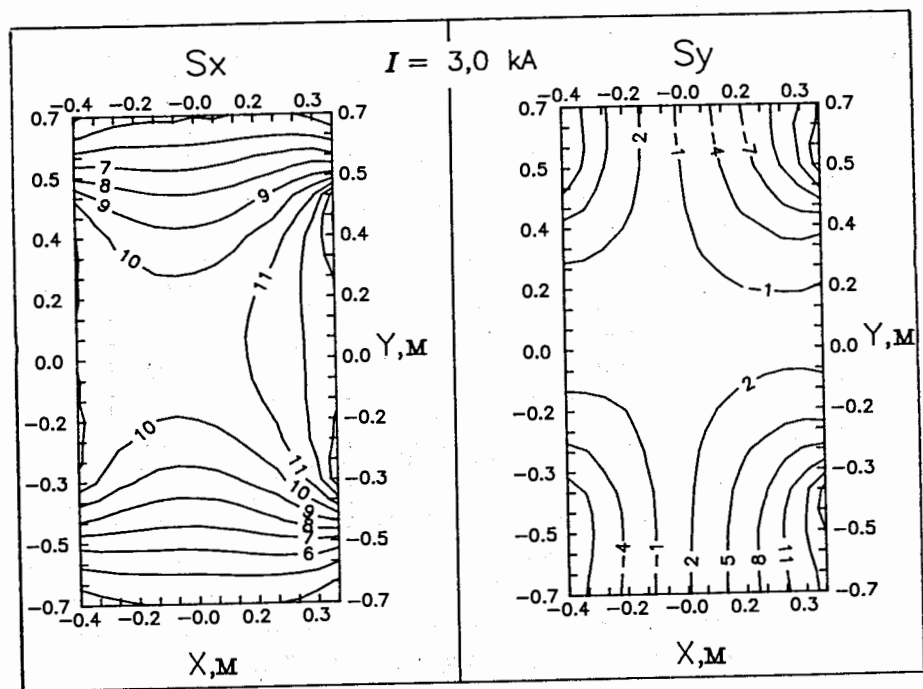


Рис. 12. Карты интегралов магнитного поля S_x и S_y для $I=3$ кА.

На рис. 13 приведены трехмерные изображения карт интегралов магнитного поля $S_x=f(X,Y)$ и $S_y=f(X,Y)$ для токов питания магнита 6,3 кА (рис. 13а,б) и 3 кА (рис. 13в,г), наглядно демонстрирующие топографию отклоняющей силы магнита.

Авторы благодарны сотруднику ИТЭФ Ю.Д.Алешину за полезные консультации и помощь, сотрудникам ИФВЭ В.Г.Заручейскому и В.И.Спиркову за предоставление аппаратуры и помощь в проверке калибровки датчика Холла магнитометром ЯМР, Н.П.Мошкову за выполнение механических работ.

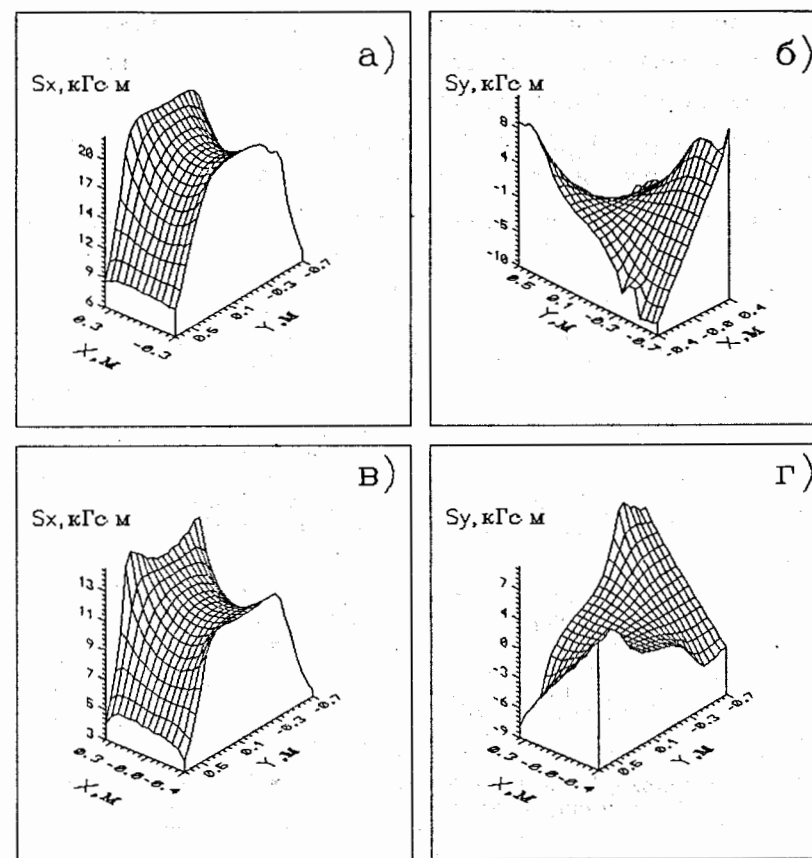


Рис. 13. Трехмерные изображения $S_x=f(X,Y)$ и $S_y=f(X,Y)$ для токов питания 6,3 кА(а,б) и 3 кА(в,г).

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Антюхов и др. ПТЭ, 1985, №5, с. 35.
2. G.S.Bitsadze et al. Nucl. Phys., 1985, v. B260, p. 497.
3. G.S.Bitsadze et al. Nucl. Phys., 1987, v. B279, p. 770.
4. С. А. Акименко и др. ЯФ, 1991, т. 53, с. 429.
5. G.S.Bitsadze et al. Phys. Lett., 1986, v. 167B, p. 138.
6. S.A.Akimenko et al. Phys. Lett., 1991, v. 259B, p. 225.

7. Л. Б. Литов. Сообщение ОИЯИ, Р15-87-288, Дубна, 1987.
8. Электрофизическая аппаратура промышленного изготовления (справочник). Госатомиздат, М., 1963, с. 64.
9. С. А. Акименко и др. Сообщение ОИЯИ, Р13-80-155, Дубна, 1980.
10. Б. В. Болонкин и др. Препринт ИТЭФ-4, Москва, 1983.
11. В. Б. Виноградов и др. Сообщение ОИЯИ, 13-80-77, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел

16 ноября 1992 года.