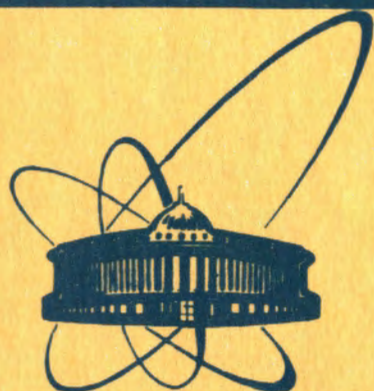


80-155

187.6105



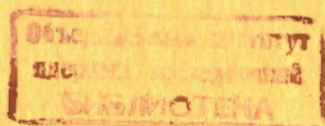
сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P13-80-155

С.А.Акименко, В.И.Белоусов, А.М.Блик, Ю.А.Будагов,
В.Б.Виноградов, А.Г.Володько, Т.С.Григалашвили,
С.А.Долгий, С.А.Зелепукин, А.Йорданов, А.В.Карпунин,
В.М.Королев, А.А.Кукушкин, Ю.В.Куликов, А.С.Курилин,
В.М.Кутьин, Ю.Ф.Ломакин, Г.П.Николаевский,
В.Г.Одинцов, А.А.Олейник, М.Н.Омельяненко,
Э.В.Осипов, В.С.Петров, В.Г.Рыбаков, Н.А.Русакович,
В.А.Сергеев, С.В.Сергеев, Ю.Н.Симонов,
А.С.Соловьев, А.А.Фещенко, В.Б.Флягин, М.И.Яцута

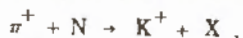
СПЕКТРОМЕТР ГИПЕРОН

I. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ
МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТА МС-12



1980

Для проведения экспериментальной программы исследований гиперзарядообменных процессов типа



на серпуховском ускорителе создается многоканальная автоматизированная установка ГИПЕРОН^{1/}. Одним из важных элементов этой установки является спектрометрический электромагнит МС-12^{2/}, с помощью которого определяются импульсы вторичных заряженных частиц.

Для обеспечения требуемой точности измерения импульсов вторичных частиц ($\Delta P/P \approx 0,5\%$) необходимо, чтобы вклад в величину $\Delta P/P$, обусловленный неточностью определения магнитного поля не превышал 0,1-0,2%. Для того, чтобы получить достаточную для выполнения экспериментальной программы^{1/} отклоняющую силу магнита /30 кГс·м/ при токе 6300 А*, увеличить апертуру магнита, расположить детектирующую аппаратуру возможно ближе к магниту, типовой электромагнит МС-12 был модифицирован. Эти модификации заключались в следующем /рис.1/: увеличен зазор между верхней /1/ и нижней /2/ катушками с 20 до 50 см с помощью железных вставок /6/ между стойками /7/ и балками /8/ и /9/, добавлены верхний полюс /3/ весом 20 т и вкладыш /4/ к нижнему полюсу /5/, спереди и сзади электромагнит оборудован магнитными экранами /10/.

ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Блок-схема измерительной аппаратуры приведена на рис.2. Измерение индукции магнитного поля производилось с помощью трехкомпонентного датчика^{3/}, изготовленного на основе трех пленочных преобразователей Холла. Чувствительность преобразователей Холла равна 10,5 мкВ/Гс для измерения компоненты напряженности H_x , 19,6 мкВ/Гс - для H_y и 7,7 мкВ/Гс - для H_z . Измерения компонент напряженности этим датчиком проводились с точностью $\pm 0,1\%$. Преобразователи были прокалиброваны с помощью ядерного магнитометра. Калибровочные кривые $H=f(U)$ /80 точек для H_x -компоненты и по 36 точек для H_y - и H_z -компонент/ были аппрок-

* Номинальный ток питания электромагнита МС-12 12000 А.

симированы методом наименьших квадратов полиномами пятой степени со среднеквадратичными погрешностями менее 6 Гс. Датчик индукции магнитного поля устанавливался на каретке, которая двигалась вдоль рамы, параллельно оси Z. Пуск, изменение направления движения, регулировка скорости, остановка каретки и выбор шага измерения осуществлялись с помощью блока управления⁴. Привязка рамы и датчика к системе координат установки /рис.1/ осуществлялась геодезическими методами с точностью не хуже ± 1 мм.

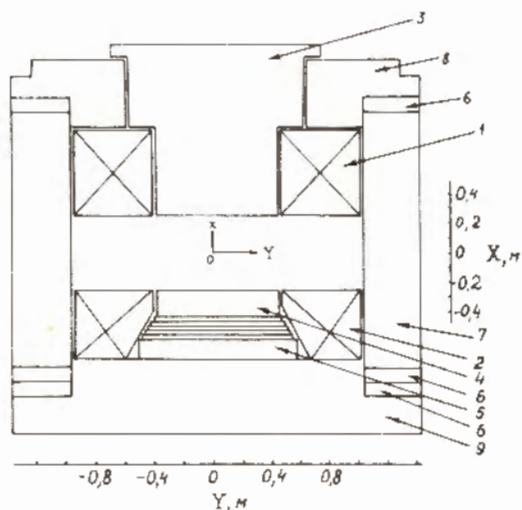


Рис.1. Схематическое изображение разрезов электромагнита МС-12.

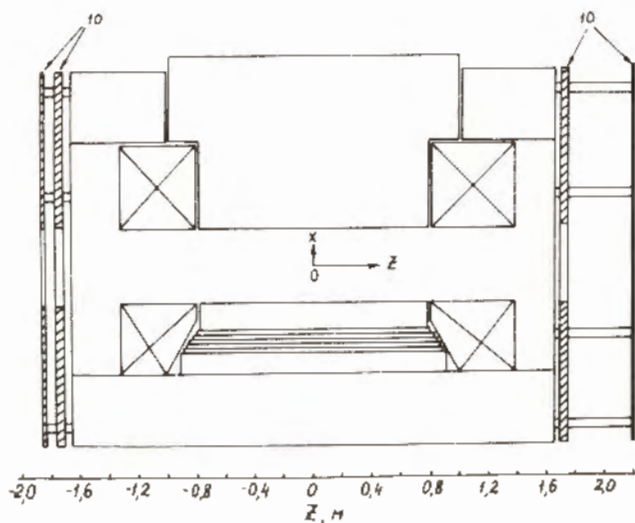
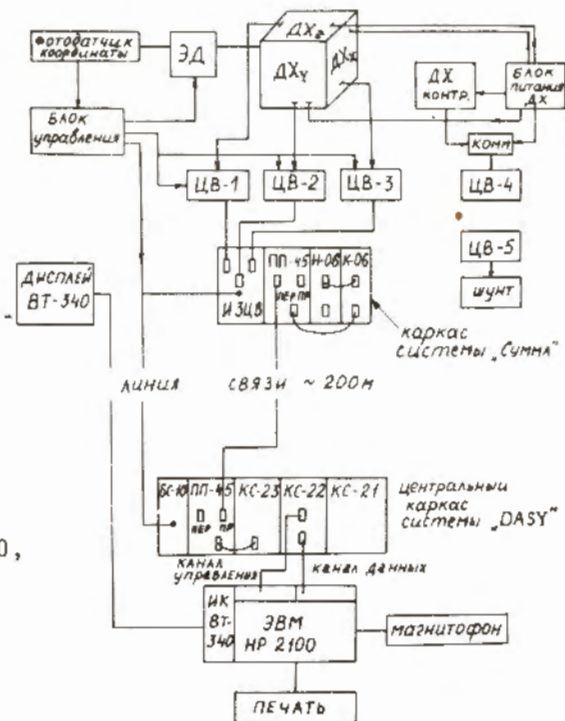


Рис.2. Блок-схема аппаратуры: ДХ - преобразователь Холла, ЭД - электродвигатель, ЦВ - цифровой вольтметр, комм. - коммутатор, ИЗЦВ - интерфейс трех цифровых вольтметров, ПП-45 - блок приемников - передатчиков магистрали ветви, Н-06 - блок нагрузки канала стойки, К-06 - каркасный контроллер, БС-10 - блок управления запросами, КС-21 - КС-23 - блоки контроллера связи КС-20^{5/6} аппаратуры с ЭВМ НР-2100, ИК ВТ-340 - интерфейсная карта для дисплея ВТ-340.



ЭДС преобразователей Холла /ДХ/ регистрировалась пятизначными цифровыми вольтметрами TR-1652 в диапазоне 20 мкВ - 0,1 В, работающими в триггерном режиме /погрешность измерения $\pm 0,01\%$ по отношению к верхнему пределу/. Информация с ЦВ поступала на расположенный в корпусе системы СУММА интерфейс трех цифровых вольтметров /ИЗЦВ/. Блок управления⁴ формировал импульс для запуска цифровых вольтметров, передавал в интерфейс цифровых вольтметров ИЗЦВ сигнал разрешения, сигналы об измерении точки и о начале и конце измерения линии. Аппаратура была связана он-лайн с ЭВМ НР-2100. Использовалась программно-аппаратная система сбора данных⁵, модифицированная в аппаратной части вследствие удаленности /200 м/ стойки СУММА от центрального каркаса системы. Для обеспечения помехозащитности передачи данных и команд использовались блоки с оптоэлектронными разъемами ПП-45^{6/7}.

Контроль измерений, диалог с ЭВМ и управление операционной системой производились с помощью алфавитно-цифрового дисплея ВТ-340, установленного рядом с измерительной аппаратурой. Дисплей был подключен к ЭВМ НР-2100 как системный телетайп. Временная стабильность напряженности магнитного поля контролировалась с помощью дополнительного преобразователя Холла.

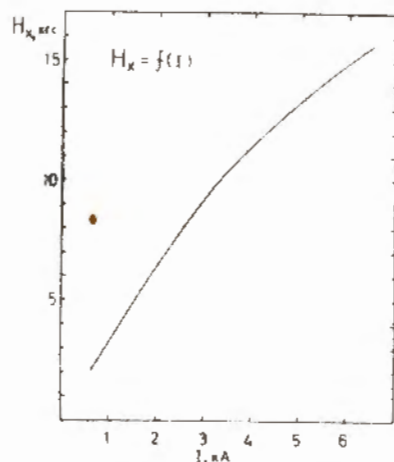


Рис. 3. Кривая намагничивания $H_x = f(I)$.

Кроме того, с помощью ЦВ-5 контролировалось напряжение на шунте, по которому протекал ток питания магнита. Стабильность тока питания магнита была не хуже $\pm 0,05\%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения были выполнены в объеме $470 \times 135 \times 41 \text{ см}^3$ в 112 тысячах точек магнита

/с шагом 3 см по трем осям/ при полном токе /6300 А/ и в 32 тысячах точек /с шагом 6 см/ при токе 3000 А. В каждой точке дважды измерялись три компоненты напряженности магнитного поля при движении каретки в прямом и обратном направлениях. Записанные на магнитной ленте ЭВМ HP-2100 показания ЭДС Холла были переписаны на магнитную ленту ЭВМ CDC-6500 и переведены в напряженности магнитного поля H .

На рис. 3 приведена кривая намагничивания - зависимость вертикальной составляющей напряженности магнитного поля H_x в центре магнита от величины тока питания магнита. При токе 6300 А напряженность поля составляет около 16 кГс. В электромагните ИК-3-4 такого же типа, но без верхнего полюса, при токе питания 13200 А напряженность поля равна 16,1 кГс при зазоре в 20 см и 13,7 кГс - при зазоре в 40 см.

На рис. 4 и 5 показаны зависимости компонент напряженности H_x , H_y , H_z от координат X , Y , Z . Зависимости $H_x = f(Z)$ имеют плато в интервале по Z от -75 до +75 см, резкое падение от 15 кГс до 1 кГс в интервалах от -75 до 140 см и 75-140 см, изменение полярности при $Z = +170$ см. За экранами величины напряженности поля меньше 10 Гс, что позволяет размещать вблизи магнита искровые проволочные камеры с ферритовым съемом информации^{17/}. Отметим, что у электромагнита ИК-3-4 без экранов величина напряженности магнитного поля в этих областях составляет 50-100 Гс. Компоненты напряженности H_y и H_z малы в центральной области и резко возрастают между катушками.

На рис. 6 представлены зависимости отклоняющей силы магнита /интеграла поля/ $S_x = \int H_x dZ$ от X и Y . Область изменения Y /ширина магнитной дорожки/, в которой интеграл поля S_x имеет величину 30 ± 3 кГс м, составляет ≈ 70 см. Значения интегралов поля

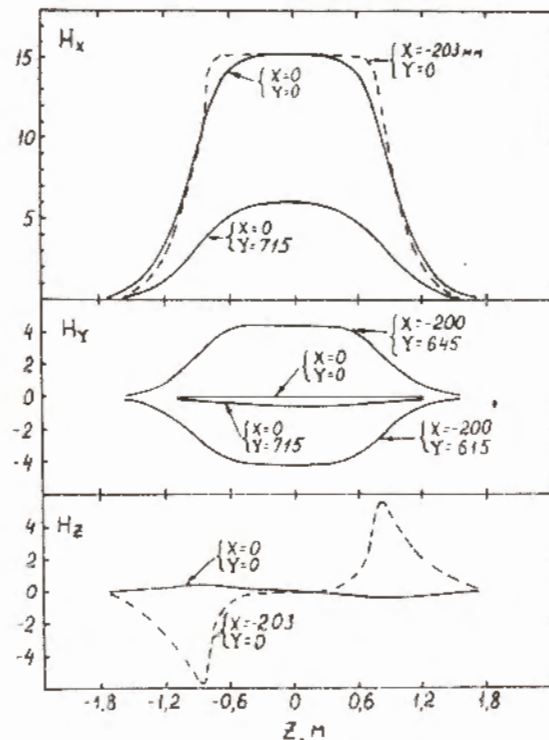


Рис. 4. Зависимости величин напряженности H_x , H_y , H_z от Z при фиксированных X и Y .

вдоль оси Z от составляющих $S_y = \int H_y dZ$ и $S_z = \int H_z dZ$ невелики: величины $R_z = S_z / S_x$ менее 1% во всем измеренном объеме, величины $R_y = S_y / S_x$ менее 1% при $Y=0$ - составляют /1-8/% в плоскости $X=0$ и возрастают до 80% на краях измеренного объема / $X = \pm 200$ мм, $Y = \pm 700$ мм/.

Авторы благодарны дирекции Института физики высоких энергий и серпуховскому научно-экспериментальному отделу ОИЯИ за выполненные работы по дооборудованию и вводу в эксплуатацию электромагнита, а также за содействие в проведении измерений; дирекции Лаборатории высоких энергий ОИЯИ за содействие в проведении измерений; И.Хернешеу и Н.Н.Хованскому за консультации; В.П.Баландину, С.П.Жунину, Н.Н.Кузнецову, Н.П.Мошкову, П.В.Симонову за помощь в работе.

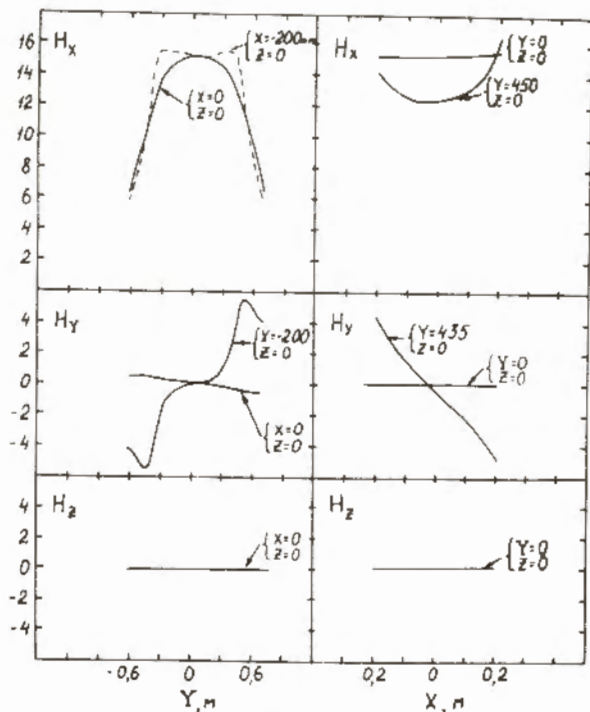


Рис. 5. Зависимости величин напряженности H_x , H_y , H_z от X и Y .

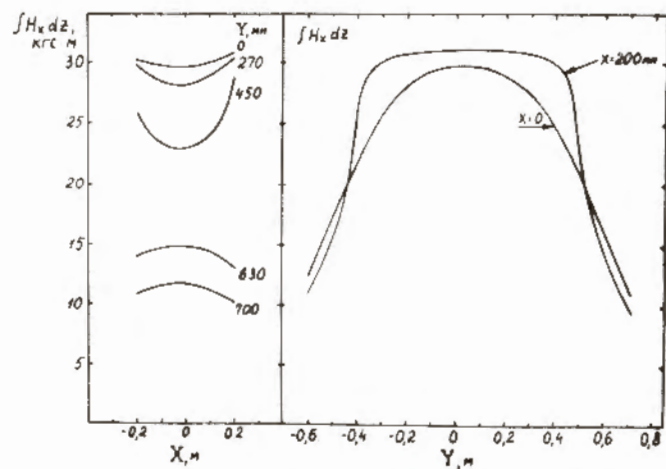


Рис. 6. Зависимость отклоняющей силы магнита $\int H_x dz$ от X и Y .

ЛИТЕРАТУРА

1. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 1-8948, Дубна, 1975.
2. Электрофизическая аппаратура промышленного изготовления /справочник/. Госатомиздат, 1963, с.64.
3. Долгий С.А. и др. ОИЯИ, 13-11603, Дубна, 1978.
4. Кукушкин А.А., Николаевский Г.П. ОИЯИ, 13-11662, Дубна, 1978.
5. Елин А.П. и др. Унифицированная система сбора данных и управления аппаратурой физических экспериментальных установок. Материалы II Всесоюзного семинара по обработке физической информации. Изд-во Ереванского физического института, Ереван, 1978, с.128.
6. Балдин Б.Ю., Рыбаков В.Г. ИФВЭ, ОЭА 78-24, Серпухов, 1978.
7. Карпеков Ю.Д. и др. ПТЭ, 1973, № 5, с.50.
8. Зелепукин С.А. и др. ИФВЭ, ПЭФ 76-107, Серпухов, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 февраля 1980 года.