

СЗ45с4

А-197

+ ✓

1565/2-76



АВЕРЬЯНОВ, Ю.М. и др.
БЗ-10-9590

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

БЗ-10-9590

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1976г.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

В.М.Аверьянов, А.Н.Алеев, В.П.Баладин, В.М.Горшков,
Т.С.Григалашвили, И.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко, А.Л.Кириллов,
Г.А.Кириллов, Л.И.Комолов, В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин,
А.И.Морозов, В.И.Саломатин, М.И.Шута.

БЗ-10-9590

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ МАГНИТОВ СМ-40А и СМ-94.

Непониманное сообщение ОИЯИ

4 марта 76

Дубна, 1976 г.

1. ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с проектом ^{10/} на нейтральном канале 4Н в ИФЭО (Серпухов) в качестве спектрометрических магнитов в экспериментах по исследованию редких распадов нейтральных каонов и поиску новых частиц используются магниты СП-40А и СП-94.

В данном сообщении представлены результаты измерения магнитного поля этих магнитов. Магнит СП-40А, находившийся в ИФЭО, ранее использовался в экспериментах с нейтральными каонами на канале ^{12/}. В новом варианте этот магнит используется с увеличенным зазором между полюсами до 290 мм. По физическим соображениям конфигурация полюсов магнита СП-94 выбрана в варианте, когда размеры прямоугольных полюсов $300 \times 130 \text{ мм}^2$ и зазор между ними 130 мм. Конфигурация полюсов СП-40А и СП-94 представлена на рис. 1 и 2. Для улучшения однородности поля проводилось шиммирование полюсов магнитов, набор шимм был выбран экспериментально. Измерение магнитных полей выполнены с помощью установки, аналогичной ^{13/}, на линии с ЭМ БЭСМ-3М с записью информации на магнитные ленты и последующей обработкой на ЭМ СРС 1604А.

II. Программа измерений.

Программа измерений была составлена в соответствии с техническим заданием (Приложение ¹).

1. Методом ядерного магнитного резонанса измерено абсолютное значение напряженности магнитного поля в центрах зашумированных магнитов в зависимости от тока в обмотках магнитов. Полученные в результате этих измерений кривые намагничивания магни-

тов СП-40А и СП-94 позволили установить линейный участок нарастания напряженности магнитного поля в зависимости от тока.

Величина тока в обмотках магнитов контролировалась по показаниям цифрового вольтметра, напряжение на вход которого подавалось с шунта магнита. Параметры шунтов следующие:

СП-40А - 1500а - 75 мВ

СП-94 - 1000а - 75 мВ

Результаты приведены в таблице 1 и на рис. 3.

2. Относительные измерения карты магнитных полей выполнены с помощью датчиков Холла, прокалиброванных методом ядерного магнитного резонанса. Результаты калибровки представлены в табл. 2.

3. Выполнены измерения напряженности полей СП-40А и СП-94:

а) для следующих значений токов в обмотках магнитов:

СП-40А - 7 и 10 КГС

СП-94 - 6 и 11 КГС

б) для каждого тока в магнитах и в плоскостях с

- координатами:

- СП-40А 8,5 см; -0,5 см; - 8,5 см;

- СП-94 4 см; - 2 см;

в) в каждой из плоскостей серии измерений с шагом по

X - координате для:

- СП-40А - 4 см;

- СП-94 - 2 см;

г) каждая серия в точках вдоль Z - координаты с интервалом для:

- СП-40А - 25 мм

- СП-94 - 20 мм

точность установки датчика Холла ± 1 мм .

Всего измерено для СП-40А и СП-94 24000 и 9000 точек соответственно.

Информация об измерениях записана на магнитные ленты.

4. По относительным измерениям напряжений датчиков Холла с помощью абсолютной калибровки восстановлены карты магнитных полей.

III. Методика измерения магнитного поля.

1. Измерение магнитных полей выполнено с помощью установки, подробно описанной в /3/. Напряжение с датчиков Холла регистрировалось цифровым вольтметром и передавалось в ЭЦМ БЭСМ-3М. Прием, контроль и запись информации на магнитную ленту осуществлялся с помощью специальной программы.

2. Измерение осуществлялось по следующей схеме.

На установку подавался сигнал о готовности ЭЦМ к приему информации и программа выходила на цикл ожидания информации. По сигналу прерывания начинался прием информации с установки.

Измерения выполнялись сериями. Каждая серия измерений содержала два служебных слова - слово с признаком "запись" или "дубль" и слово "тумблерный регистр" ; n - слов с информацией

о значениях напряжения датчиков Холла с цифрового вольтметра в следующих точках объема магнитного поля:

- $X, Y = \text{const}$

- $Z_i = -2088,5 + 25(i - 1)$ (мм) (в случае СП-40А),

где $i = 1, 2, \dots, 160$ ($n = 160$);

$Z_i = 1040 - 20(i - 1)$ (мм) (в случае СП-94),

где $i = 1, 2, \dots, 101$ ($n = 101$).

На "тумблерном регистре" набиралась вручную следующая информация:

- напряженность магнитного поля в кГс;
- номера серии и плоскости измерения, соответствующие определенным значениям координат X и Y (табл. 3, 4);
- признак "контрольная" серия;
- признак "повторная" серия.

Приём информации с установки осуществлялся по одному слову. Если первое слово было принято за время, не превышающее минуты, то прием информации продолжался, в противном случае программа выходила на заданный останов. После пуска ЭМ повторно проводился запрос первого слова. Каждое слово в серии после первого ожидалось не более четырех секунд. Если за это время оно не было принято, то программа выходила из приема и проверялось число принятых слов.

Для магнита СП-40А каждая серия передавалась дважды при прямом и обратном движении каретки.

В случае, когда серия была принята правильно, информация записывалась с контролем на магнитную ленту (МЛ).

Для повышения надежности осуществлялось дублирование записи информации, то есть одна серия записывалась дважды (в две подряд идущие зоны). Формат записи № 5 представлен в таблице № 5.

В процессе измерений осуществлялся контроль принимаемой информации. Ошибочные серии измерялись повторно. Для контроля вычислялись относительные отклонения величин измеряемых в прямом и обратном направлениях по формуле:

$$\Delta_i = \frac{u_i^{\text{пр}} - u_i^{\text{об}}}{u_i^{\text{пр}}}$$

где $u_i^{\text{пр}}$ - значения напряжения датчика Холла при прямом измерении в i -ой точке серии,

$u_i^{\text{об}}$ - значение напряжения в той же точке при обратном измерении.

В программе была предусмотрена автоматическая выдача на печать этих данных или по требованию оператора.

При неудовлетворительных результатах измерения серии повторялись.

По окончании измерений в каждой плоскости проводился контроль работы аппаратуры. Сравнивались результаты измерений контрольных серий до начала и после окончания измерений в одной плоскости.

При этом контрольные измерения совпадали с точностью:

а) 0,1% в области, где магнитное поле практически постоянное;

б) ~ 1% - в области, где магнитное поле резко меняется.

Последнее легко объясняется, если учесть точность установки датчика Холла ± 1 мм.

IV. Процедура обработки данных измерений поля.

Для получения характеристик магнитных полей экспериментальные данные были обработаны на ЭММ СДС-1604А с помощью специально созданных программ. Процедура обработки состояла из следующих этапов:

1. Симметризация данных относительно центров магнитов. Для магнита СП-94 также все данные были выстроены в порядке возрастания Z - координаты. Эта процедура была выполнена с помощью программы "Magn 1". Скорректированная информация была записана на магнитную ленту (МД П170) и выведена на АЦПУ в виде карт магнитного поля. Формат записи на МД П170 приведен в таблице № 6.

2. Коррекция информации для измерений поля в СП-94 при $M = 6$ кгс, в которых произошел сбой при передаче информации. С помощью программы "Magn 2" было проведено сравнение между собой относительных значений полей в каждой точке для измерений при $M = 11$ кгс и $M = 6$ кгс. Если разность между этими двумя значениями превосходила определенную величину, значение поля при $M = 6$ кгс корректировалось.

3. Расчёт интегралов $I(y, x) = \int_z B_y(x, y, z) dz$ для различных значений поля магнитов СП-40А и СП-94.

4. Вычисление "эффективной длины" магнитного поля

$$L_{\text{эфф}} = \frac{\int_z B_y(x, y, z) dz}{B_y(0, 0, 0)}$$

Для выполнения пунктов 4 и 5 использовалась программа "Magn 3". Интегралы вычислялись по формуле Симпсона. Тексты программ приведены в Приложении. 2.

II. Результаты обработки измерений и выводы.

1. В таблице 1 и на рисунке 3 представлены данные измерения кривых намагничивания магнитов СП-40А и СП-94.

Измерения проводились для токов в обмотках магнитов:

а) СП-40А $I = 0 \pm 1200$ а

б) СП-94 $I = 0 \pm 700$ а

2. На рис. 4, 5 приведены кривые иллюстрирующие изменения магнитного поля вдоль оси X.

Видно, что при $y = 0.5$ см и $I_{0y} = 7$ кгс для магнита СП-40А неоднородность поля меньше 1% в пределах -39 см $< x < 39$ см.

Для магнита СП-94 при $y = -2$ см

$I_{0y} = 11$ кгс неоднородность поля $\frac{\Delta H_y}{H_y} < 1\%$ при

-8 см $< x < 8$ см.

3. На рис. 6 представлена кривая зависимости интеграла поля магнита СП-40А от x видно хорошая однородность поля в пределах -37 см $< x < 37$ см.

4. Оказалось, что эффективная длина магнитного поля магнитов СП-40А и СП-94 в широких пределах не зависит от y , y и I_{0y} (0.00).

Для СП-40А $L_{эф} = 204$ см

Для СП-94 $L_{эф} = 144$ см.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. К.Ф.Альбрехт и др. ОИЯИ, Б5-1-669, Дубна, 1972.
ОИЯИ, Б1-1-6826, Дубна, 1972.
В.Г.Кривохижин и др., ОИЯИ, Б2-1-9414, Дубна, 1975.
2. С.Г.Басиладзе и др., ОИЯИ, 1-5361, Дубна, 1970.
3. W.Gajewski et al., JINR, B13-6659, Дубна, 1972.

СРІВНІС НАМАГНІЩУЮЧІЯ ІЗМІНТОСІ СТ-40А, СТ-94.

СТ-40А		СТ-94	
U пунта [mV]	I _{amp} [kcs]	U пунта [mV]	I _{amp} [kcs]
4.79	1.249	9.62	2.975
9.3	2.155	14.7	5.97
10.6	2.76	17.2	6.976
13.32	3.466	21.4	8.615
15.42	4.071	25.1	9.946
17.18	4.644	28.70	11.1
19.8	5.282	33.00	12.26
21.18	5.825	35.30	12.902
26.28	7.25	41.78	13.871
29.98	8.272	44.72	14.994
43.38	11.69	46.96	14.673
46.19	11.757	51.20	15.334
49.56	12.542		
52.56	13.223		
55.84	13.924		
57.46	14.271		

Таблица 2

Калибровка датчика Вольт

U Вольт [mV]	$\frac{U}{\Delta T}$ [Kcs]
10.18	1.249
17.62	2.155
22.74	2.761
28.88	3.466
33.72	4.011
62.06	7.044
71.1	7.982
79.20	8.825
84.48	9.35
93.74	10.272
102.	11.09
108.6	11.757
116.6	12.512
123.38	13.223
130.6	13.914
134.0	14.271
139.32	14.775

Таблица 7

Информация, набирающаяся на тумблерном регистре при измерении магнитного поля СТ-40А.

Y-координата серии (см)	49	45	41	...	5	1	-1	-5	-7	...	-45	-49	-53
серии на тумб. регистре	17	19	21	...	39	41	42	44	46	...	64	66	68
Y-координата плоскости (см)	0.5	0.5	-0.5	значение поля в магните				10	7				
плоскости на тумб. регистре	1	2	3	значение поля на тумб. регистре				10	7				

Таблица 8

Информация, набирающаяся на тумблерном регистре при измерении магнитного поля СТ-24

Y-координата серии (см)	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10		
серии на тумб. регистре	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Y-координата плоскости (см)	0	-0.5	значение поля в магните				10	6					
плоскости на тумб. регистре	1	2	значение поля на тумб. регистре				10	6					

Таблица 5

Формат записи на МП

№	Содержание	Структура слова	
1	Служебное слово	43 разряд	- запись
		44 -"-	- дубль
2	Тумблерный регистр	12-18 разряды	- магнитное поле
		25-33 -"-	- номер серии
		37-40 -"-	- номер плоскости
		34	- контрольная серия
		35	- повторение контрольной серии
3	Информация с датчиков холла (показание цифрового вольтметра)	1-4 разряды	- 1-ая цифра
		11-14 -"-	- 2-ая -"
		21-24 -"-	- 3-ая -"
		25-28 -"-	- 4-ая -"
		31 -"-	- 5-ая -"
н)		33 -"-	- знак поля

н) для магнита СТ-40А н = 300
 для магнита СТ-04 н = 103.

Таблица 6

Формат записей на УТ-1170.

Номера записей	Магнит	Голов (кес)	ПЛОСКОСТЬ (см)
1-52	СТ-40А	10	0.5
53-104	-"-	-"-	0.5
105-156	-"-	-"-	0.5
157-208	СТ-40А	7	0.5
209-260	-"-	-"-	0.5
261-312	-"-	-"-	0.5
313-364	СТ-0А	11	4
365-356	-"-	-"-	0
357-378	-"-	6	-"
END FILE 401-800	-"- ДУБЛЬ	-"-	4

Для СТ-40А запись - 170 слов.
 Для СТ-0А запись - 167 -"-

Рис. 1

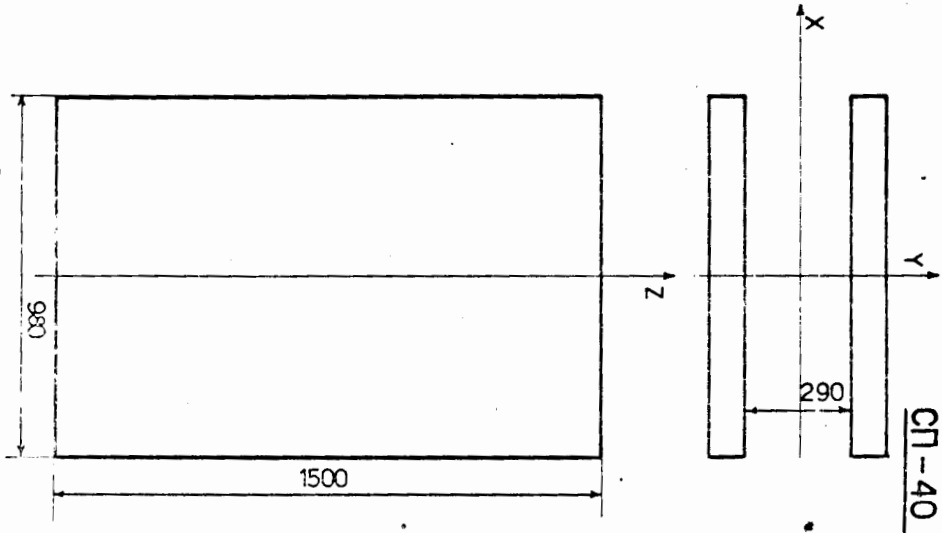
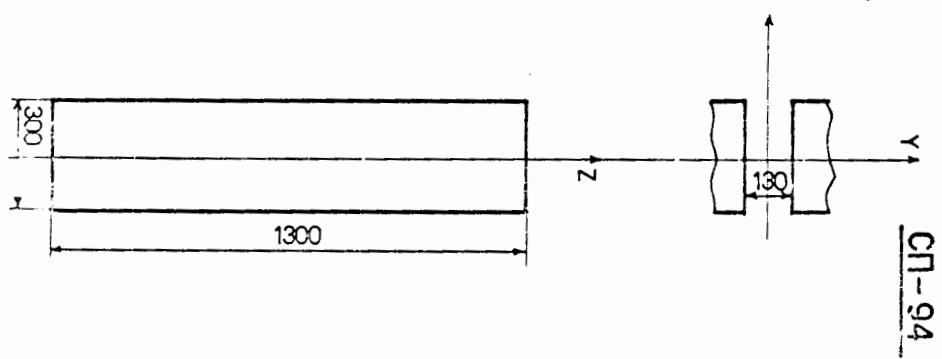


Рис. 2

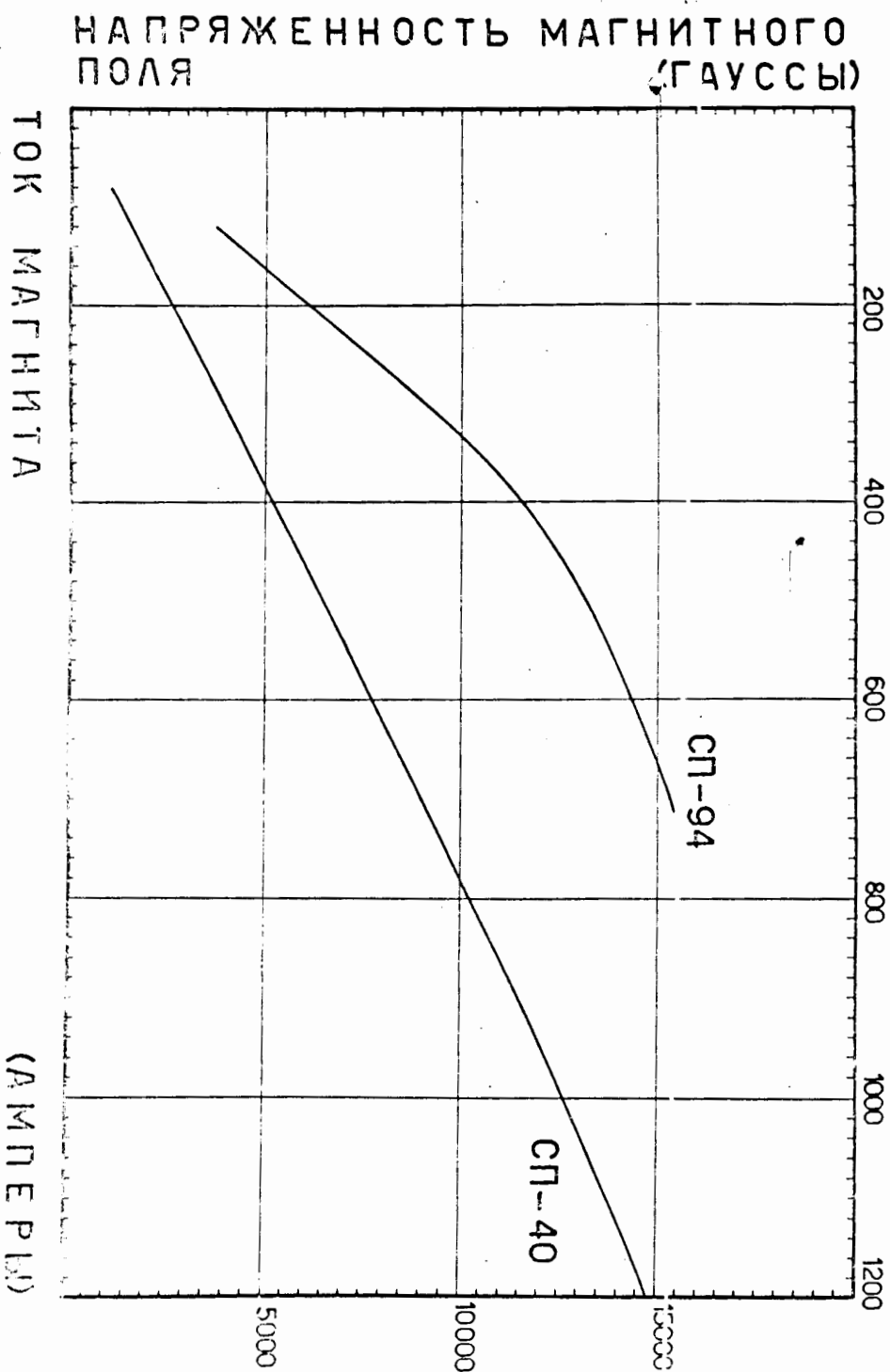


РАЗМЕРЫ ПОЯСОВ МАТЕРИАЛ (mm)

РИС 3

Кривые намагничивания магнитов

СП-40А и СП-94



НАПРЯЖЕННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ
МАГНИТА СП-40 (ГАУССЫ)

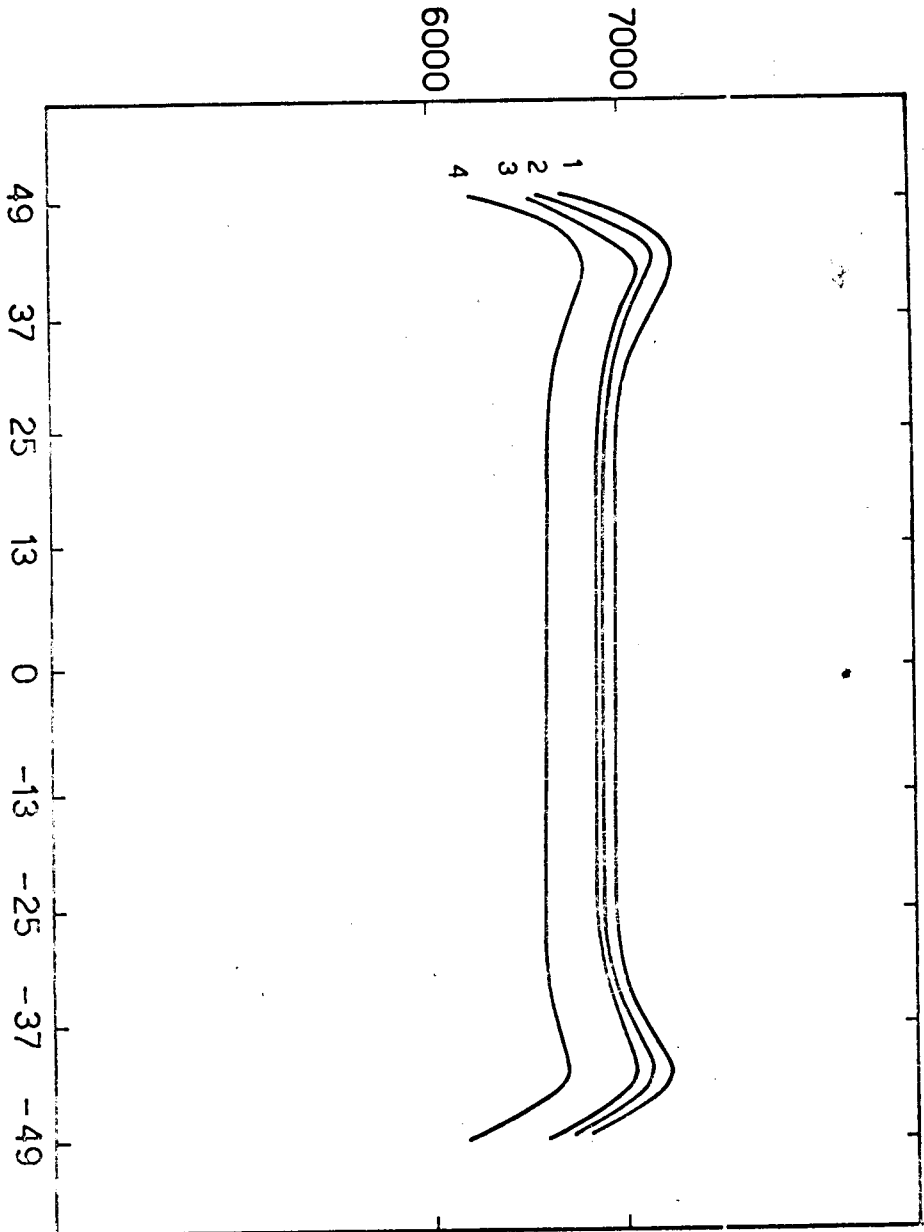


РИС. 4. Напряженность поля
в зависимости от X.

СП-40А

$Y = 0.5 \text{ см}$ (1 - $Z = 1.15 \text{ см}$, 2 - $Z = -58.85 \text{ см}$)

(3 - $Z = 61.15 \text{ см}$, 4 - $Z = 68.85 \text{ см}$)

ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ КООРДИНАТА X (см)

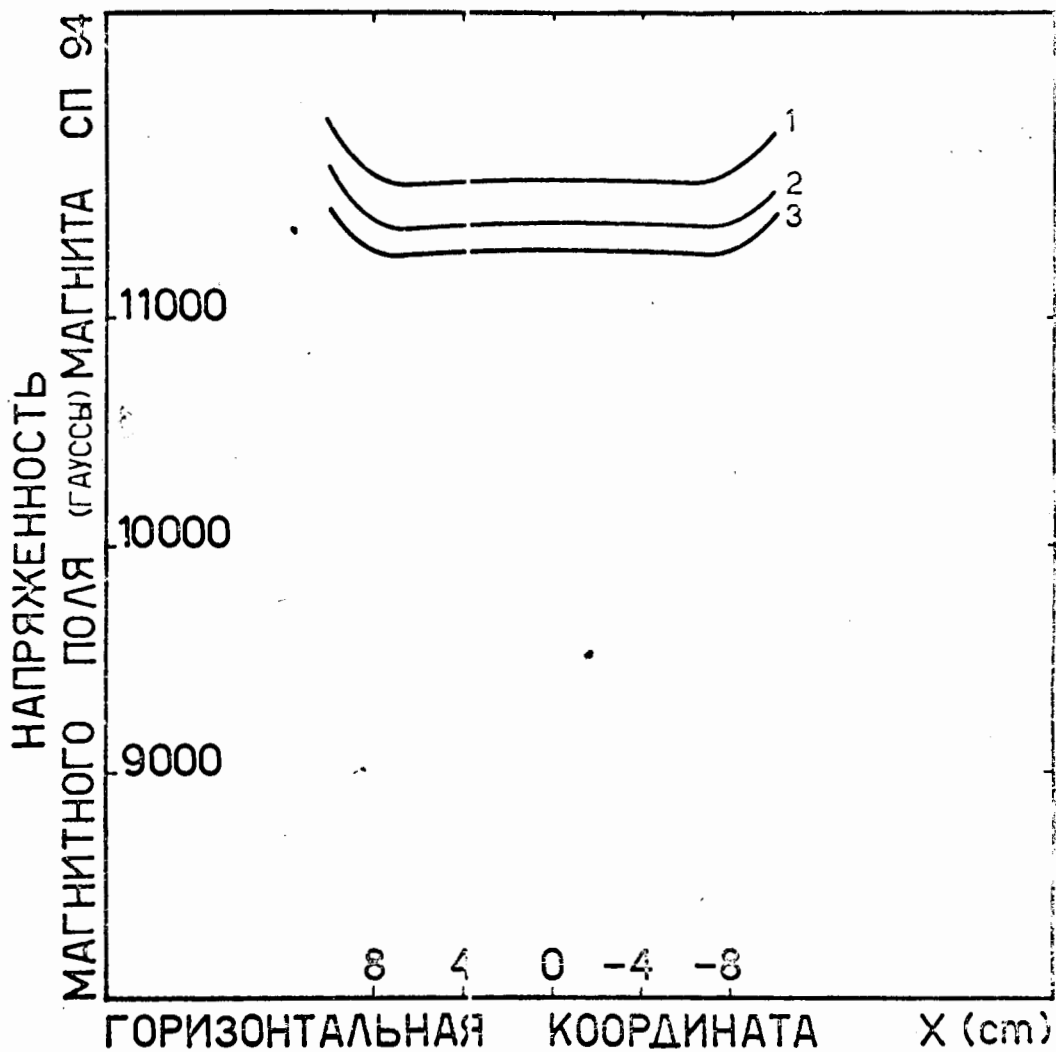


Рис. 5 Напряженность поля

СП-94 в зависимости от X

$$Y = -2 \text{ см}$$

(1 - $z = 0 \text{ см}$, 2 - $z = 42 \text{ см}$)

3 - $z = 48 \text{ см}$)

ИНТЕГРАЛ ОТ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВДОЛЬ ПУЧКА (KG x m)

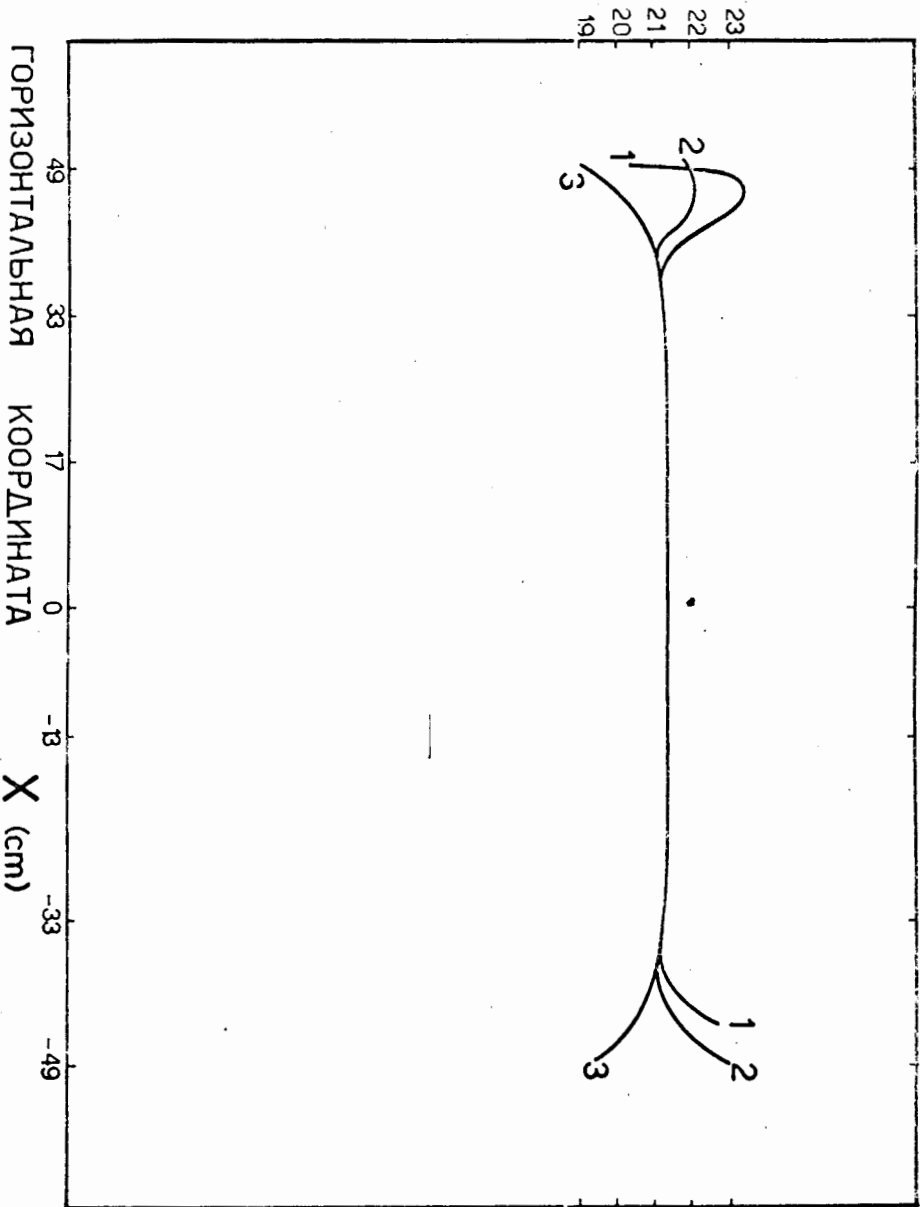


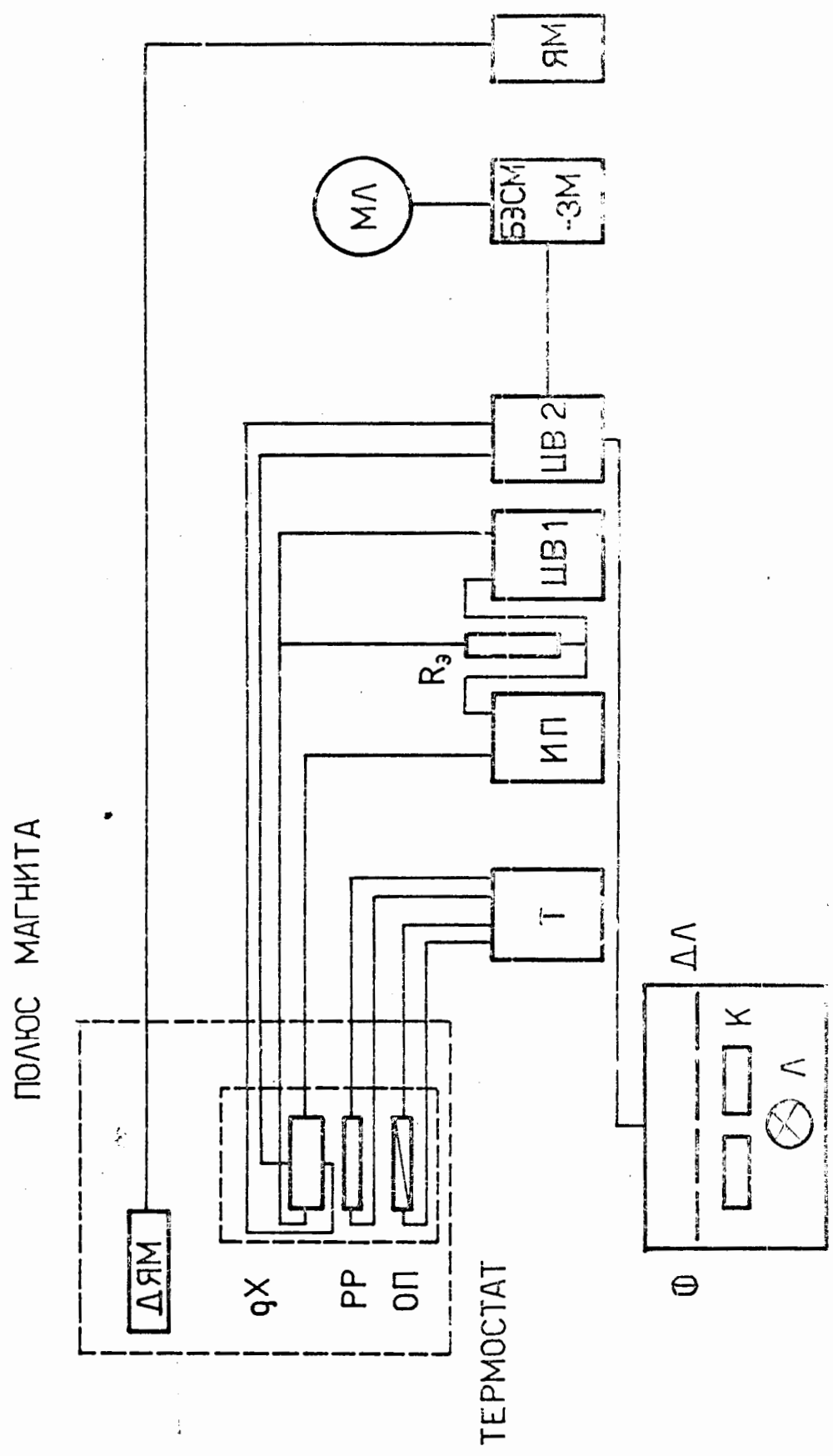
РИС 6

Зависимость $I(x, y)$ от X .

(1 - $Y = 8.5 \text{ см}$, 2 - $Y = -8.5 \text{ см}$, 3 - $Y = 0.5 \text{ см}$)

$$B_y(0,0,0) = 10 \text{ кгс}$$

Рис 7 Блок - схема установки



ГХ ДАТЧИК ХОЛЛА;
РР ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМОСТАТА;
ОП ОБМОТКА ПОДОГРЕВА ТЕРМОСТАТА;
Т ТЕРМОРЕГУЛЯТОР;
НП ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДАТЧИКА ХОЛЛА;
Р ЭТАЛОЧНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ;
ЦВ1 ЦВ2 ЦИФРОВЫЕ ВОЛЬТМЕТРЫ;
МА МАГНИТНАЯ ЛЕНТА;
Ф ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ;
Л ЛАМПА;
К КОАЛЛИМАТОР;
ДА ДВИЖУЩАЯ ПЕРФОРИРОВАННАЯ ЛЕНТА;
ДЯМ ДАТЧИК ЯДЕРНОГО МАГНИТОМЕТРА;
ЯМ ЯДЕРНЫЙ МАГНИТОМЕТР;

ЗАДАНИЕ

на измерение поля магнита СП-40А
и СП-94 в Серпухове.

СОСТАВИЛИ: КРИЗОВИЧНИН В.Г.
КУХТИН В.В.
САВИН И.А.

I. В соответствие с проектом нового нейтрального канала в Серпухове в качестве спектрометрических магнитов в Экспериментах с нейтральными каонами ^{1/1} предполагается использовать магниты СП-40А и СП-94.

Магнит СП-40А, находящийся в ИФЭО, ранее использовался в экспериментах с нейтральными каонами на канале ИК ^{2,3/}. В новом варианте предполагается использовать этот же магнит с увеличенным зазором между полюсами до 300 мм. Форма верхней части полюсов магнита СП-40 показана на рис.1. По физическим соображениям конфигурация полюсов магнита СП-94 выбрана в варианте II, когда размеры прямоугольных полюсов 300 x 1300 мм² и зазор между ними - 130 мм. Конфигурация полюсов магнита СП-94 показана на рис.2 и 3.

II. Условия проведения Эксперимента требуют:

- 1) точность измерения поля на уровне 0.1%;
 - 2) вследствие использования конфигурации магнитов с максимальными зазорами между полюсами, исследования возможности улучшения однородности поля на краях магнита методом шпаймирования наконечников полюсов;
 - 3) измерение карты магнитного поля с шагом по осям X, Y, Z через 2,5 см + 3 см (т.е. измерение около 10 тыс. точек);
 - 4) датчиками Холла снять кривую зависимости величины поля в зазоре полюсов магнита от тока в обмотках магнита.
- Измерения проводить до максимального значения тока допустимого для СП-40А и СП-94 (~ 1300А).

5) исследовать возможности улучшения однородности поля на краях магнита методом шиммирования наконечников полюсов. Подбирая профиль шиммированных наконечников полюсов, произвести измерения в средней плоскости в центре магнитов ($Z = 0$), вдоль оси :

а) в магните СП-40А - с шагом 5 см от $Y = 0$ до $Y = 100$ см

б) в магните СП-94 - с шагом 2 см от $Y = 0$ до $Y = 30$ см.

Необходимо, чтобы неоднородность поля была не более 1% на расстояниях по оси Y от центра магнита для:

а) магнита СП-40А - 45 см;

б) магнита СП-94 - 15 см.

Измерение проводить на линейном участке нарастания напряженности магнитного поля в зависимости от тока.

6) после выбора окончательного профиля наконечников полюсов с шимами произвести измерение карты магнитного поля в магнитах СП-40А и СП-94 по траекториям (по оси X) с шагом по осям X, Y 2.0 ± 3 см: в пределах:

а) для СП-40А : $|X| \geq 150$ см; $|Y| \geq 100$ см;

б) для СП-94 : $|X| \geq 130$ см; $|Y| \geq 30$ см.

7) необходимо произвести в нескольких точках измерения карты магнитного поля:

а) для СП-40 в точках: 6000 гаусс, 8000 гаусс, 12000 гаусс;

б) для СП-94 в точках: 6000 гаусс; 8000 гаусс; 10000 гаусс.

IV. При проведении измерений по аналогии с /4/ предусматривается возможность передачи информации с цифровых вольтметров в ЭВМ БЭСМ-3М для обработки и записи на магнитные ленты с последующей обработкой для получения интегралов поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. К.Ф.Альбрехт и др. Поиски распадов короткоживущего нейтрального каона на два мюона (проект Эксперимента). Депонированное сообщение ОЯЯИ, Б5-1-668, (1972 г.).
2. С.Г.Гасиладзе и др.Магнитный искровой спектрометр для исследования $K_L^0 - K_S^0$ регенерации при высоких энергиях. Сообщение ОЯЯИ, В Р1-5361 (1970 г.).
3. А.С.Ровенко и др. Измерение магнитного поля магнита ОП-40. Депонированное сообщение ОЯЯИ, Б4-1-7039 (1970 г.).
4. W. Rajewski, et, all. В13-6659 (1972).

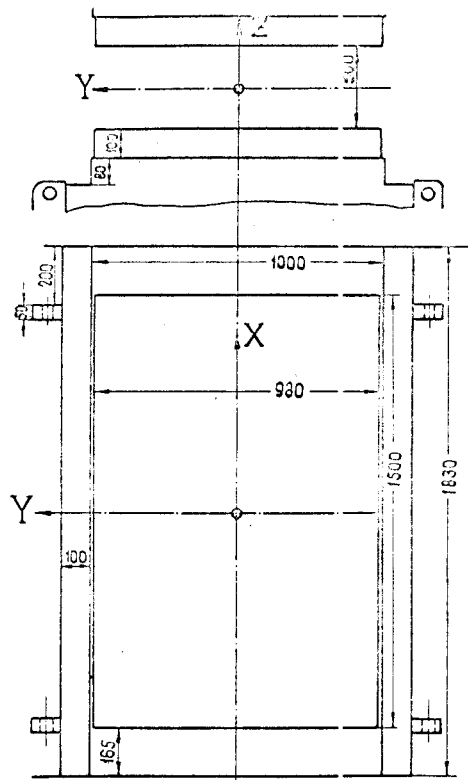


Рис.1
Форма верхней части полюса магнита СП-40.

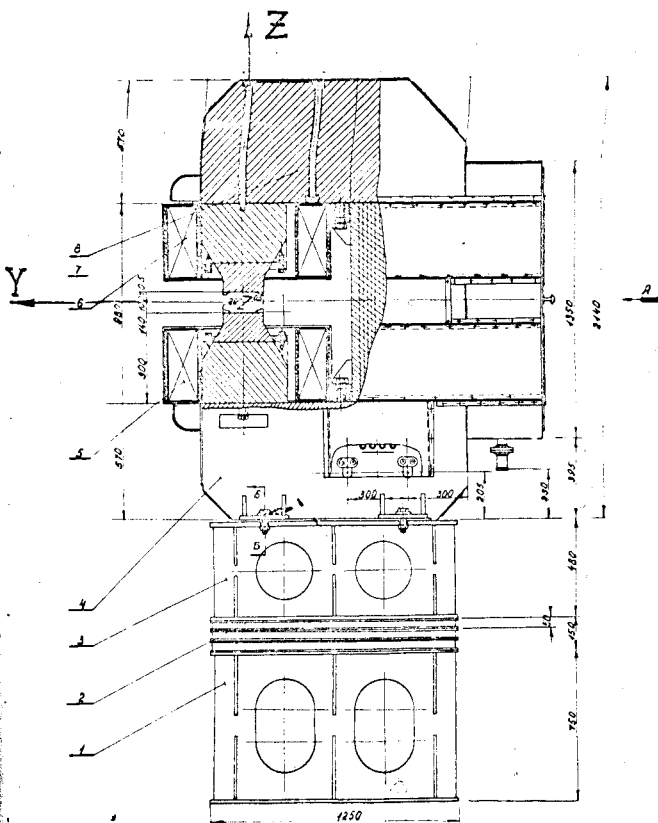


Рис.2

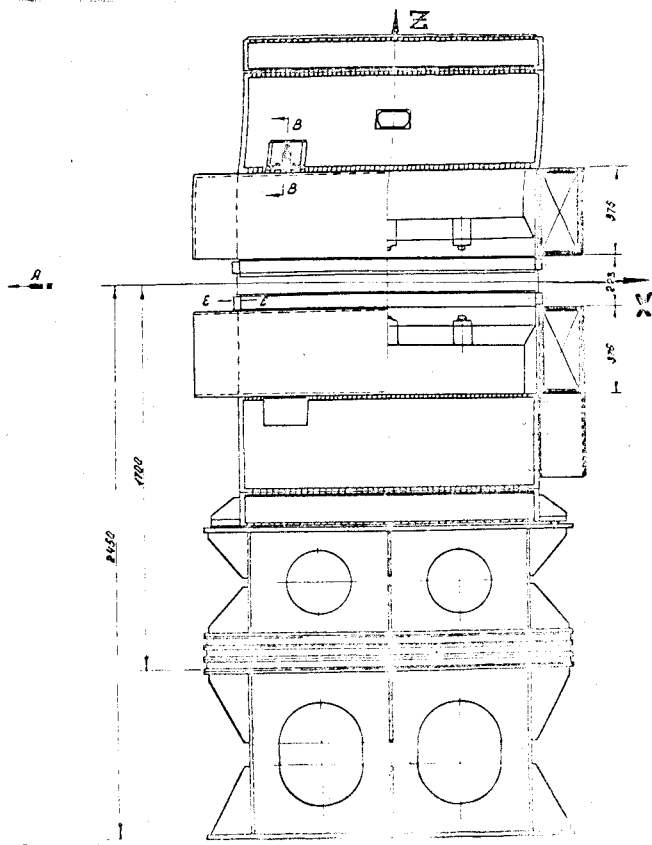


Рис.3