

индекс 3624


ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-262(55)-77

В. А. МЕЛКУМЯНЦ

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ НА ФОРМУ
РАССЕЯННЫХ ПОЛЕЙ МАГНИТА СП-57

АРՄՍ
ԵՐԵՎԱՆ 1977
ЕРЕВАН



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-262(55)-77

В.А.МЕЛКУМЯНЦ

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ НА ФОРМУ
РАССЕЯННЫХ ПОЛЕЙ МАГНИТА СП-57

Ереван 1977

Ереванский Физический
ИНСТИТУТ
Зал препринтов.

Введение

В результате реконструкции анализирующего магнита СД-57 зазор между его полюсами составил 20 см (вместо прежнего 10 см). Увеличение зазора магнита привело к появлению больших рассеянных полей, "хвост" которых простирается далеко от магнита. Так, на расстоянии 3-х полузазоров от полюсов поле упало только в 3 раза и при $B_0 = 7.6$ кГс (B_0 - поле в центре зазора магнита) составило 2.3 кГс (см.рис.1).

Большие рассеянные поля приводят к трудностям, возникающим как при измерении этих полей и последующей аппроксимации, так и при использовании их для вычисления импульса заряженных частиц, проходящих через эти поля.

Трудности при измерении и аппроксимации.

При измерении магнитного поля датчиком Холла последний выставляется перпендикулярно измеряемой компоненте. Если датчик Холла поместить в неоднородное магнитное поле, в котором, наряду с измеряемой, присутствует и тангенциальная составляющая, сравнимая с измеряемой (см.рис.2а,б), то в измерении компоненты поля появятся ошибки, обусловленные, в основном, неточной калибровкой датчика Холла (неперпендикулярность его измеряемой компоненте) и планарным эффектом [1,2]. Ошибки из-за неточной

юстировки датчика при $\alpha < 5^\circ$ (α - угол между измеряемой компонентой и нормалью к поверхности датчика)

$$\frac{\Delta B_z}{B_z} \approx \frac{\alpha^2}{2} + \frac{B_x}{B_z} \alpha.$$

Так, при $\alpha \leq 1^\circ$ ошибка в определении B_z -компоненты лежит в пределах $\pm 0.015\%$ (из-за вклада от B_z -составляющей) и $\pm 0.6\%$ - от B_x - составляющей (при $\frac{B_x}{B_z} \sim \frac{1}{3}$).

При измерении же B_x - компоненты в том же поле $\frac{\Delta B_x}{B_x} \sim 5\%$.

Главной же трудностью точных измерений в больших рассеянных полях является правильный учет планарного эффекта, пропорционального квадрату тангенциальной составляющей и синусу угла между этой составляющей и током питания датчика. Так, например, для датчика [3] при $B_z = It$ ($It = 10^4$ гаусс) и $B_x = 0,35t$ ошибка из-за планарного эффекта при измерении B_z - компоненты составляет 0.08%, при измерении же B_x -компоненты - 2%. Если же $B_x, B_y \approx B_z$, то ошибка в измерении B_z -компоненты из-за B_x -планарного составит (тем же датчиком) $\sim 0.7\%$ (при $B_z \sim It$).

Попытка экстраполяции рассеянных полей в виде разложения по собственным функциям уравнения Лапласа типа [4]

$$B_z(x, y, z) = \sum_{\ell, m} b_{\ell m} \sin \left\{ \frac{\pi \ell}{x_0} x \right\} \sin \left\{ \frac{\pi m}{y_0} y \right\} \times \\ \times \frac{\text{sh} \left\{ \left[\left(\frac{\ell}{x_0} \right)^2 + \left(\frac{m}{y_0} \right)^2 \right]^{1/2} (z_0 - z) \right\}}{\text{sh} \left\{ \left[\left(\frac{\ell}{x_0} \right)^2 + \left(\frac{m}{y_0} \right)^2 \right]^{1/2} \pi z_0 \right\}}$$

приводит к ошибкам, нарастающим при больших "хвостах" рассеянных полей, поскольку из-за возрастания гиперболических функций с ростом ℓ, m мы выбираем число коэффициентов разло-

жения, существенно меньше статистически значимых

При использовании же мультипольного приближения [5] в виде разложения по сферическим гармоникам типа

$$B_z(x, y, z) = \sum_m C_m z^{-m} P_n^m(\cos \theta) \frac{\sin(m\psi)}{\cos(m\psi)},$$

(где $P_n^m(\cos \theta)$ - полиномы Лежандра, $z = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$) ошибки экстраполяции увеличиваются при приближении к магниту.

Трудности при вычислении импульсов.

При вычислении импульсов заряженных частиц, проходящих через анализирующий магнит с большими рассеянными полями, необходим правильный учет последних, поскольку они вносят существенный вклад в уравнение

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{ec}{m} [\vec{p}, \vec{B}]$$

определяющее импульс частицы. Кроме того, в случае, когда детекторы частиц расположены вне анализирующего магнита, действие рассеянных полей приводит к искривлению траектории частиц вне магнита, что существенно усложняет расчеты импульсов частиц методом параметризации треков [6-9], при этом увеличиваются время и память ЭВМ.

Помимо вышеизложенного, рассеянные поля влияют на близлежащие узлы аппаратуры, вызывая необходимость их экранировки.

Для уменьшения действия рассеянных полей и возможности их точного расчета устанавливаются на входе и выходе частиц отражательные магнитные экраны, [10-16] непосредственное назначение

которых состоит в шунтировании части магнитного потока на краях полюсов (поскольку их магнитная проводимость выше, чем у воздуха).

На рис.3а,б показан эффект экранировки (сбор экраном силовых линий). Стороны С,Д собирают силовые линии и проводят их к стороне В. Из-за эффектов конечной проводимости магнитных экранов, часть поля просачивается внутрь зазора экрана.

Устройство отражательных экранов.

Выбор конфигурации и конструкции экранов определяется конструктивными особенностями установки, для которой этот экран предназначен. Для магнита СП-57, не рассчитанного на магнитные экраны, оснащение его последними создает известные технические трудности, в основном обусловленные эффектами насыщения материала экрана, анализ которых весьма сложен. Поэтому окончательный выбор параметров экрана определяется экспериментально. На рис.4 приведены отражательные экраны магнита СП-57. Экраны изготовлены из стали Ст3 и имеют следующие размеры зазора: высота 22 см, ширина 100 см, глубина (длина экрана) 22 см.

Из $R_m = \frac{e}{\mu S}$ (R_m - магнитное сопротивление материала экрана, l - длина пути магнитного потока, S - сечение стенок экранов, μ - магнитная проницаемость экрана) следует, что, при ограничении на размеры зазора экрана, сечение его (длина и толщина боковых стенок) должны быть, по возможности, большими (\approx величины зазора в магните).

С целью получения оптимальной экранировки были проведены исследования, при которых варьировались такие параметры, как толщина стенок экранов и расстояние их до магнита.

Измерения полей рассеяния проводились тесламером типа ШТ-7 с точностью $\pm 2\%$. Датчик измерения поля перемещался в медианной плоскости магнита вдоль центральной оси Y , совпадающей с центральной осью экрана. Координаты датчика определялись с точностью ± 2 мм с помощью специального приспособления. Результаты измерений представлены на рис.5-7.

Измерения показали, что:

а) при положении экрана на расстоянии 3-х полузазоров от магнита поле просачивается внутрь зазора экрана (см.рис.5) и на расстоянии 7 полузазоров от магнита составляет 0.2-0.3 кгс (последнее может быть связано с тем, что экран насыщается намного раньше, чем полюса магнита);

б) при расстоянии от магнита больше 2-х полузазоров толщина экрана не оказывает существенного влияния на распределение поля: при увеличении толщины боковых стенок экрана вдвое остаточное поле практически не изменилось (рис.6);

в) при удалении экрана от полюсов на расстояние в 4 полузазора остаточное поле практически падает до нуля, составляя 30гс, для $B_0 = 7.6$ кгс и 5гс - для $B_0 = 5.2$ кгс (см.рис.7). Для сравнения на том же рисунке приведено распределение поля без экранов. Последнее было получено путем измерения поля на границе прямоугольного объема и реконструкции его внутри объема по методу [4].

Автор пользуется случаем поблагодарить В.М.Харитонову (ЕрФИ) за инициирование данной работы и полезные замечания, доктора Хенка Винда (ЦЕРН) за любезно предоставленные программы и помощь при внедрении их, сотрудника ОИЯИ С.Б.Ворожцова за полезные обсуждения, а также сотрудников ЕрФИ Л.В.Крмоян и Б.Б.Айрапетян, оказавших помощь в проведении измерений магнитного поля.

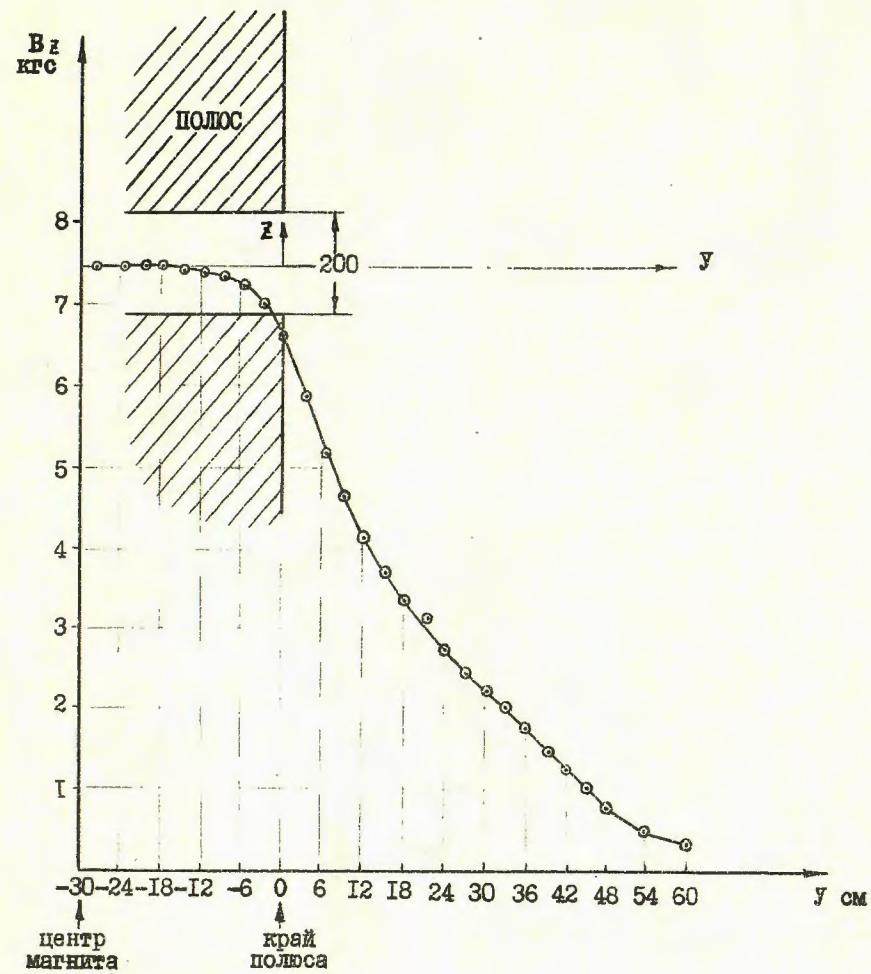
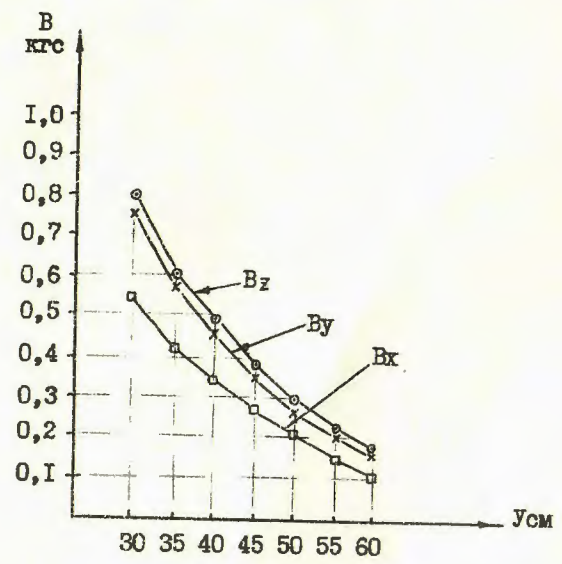
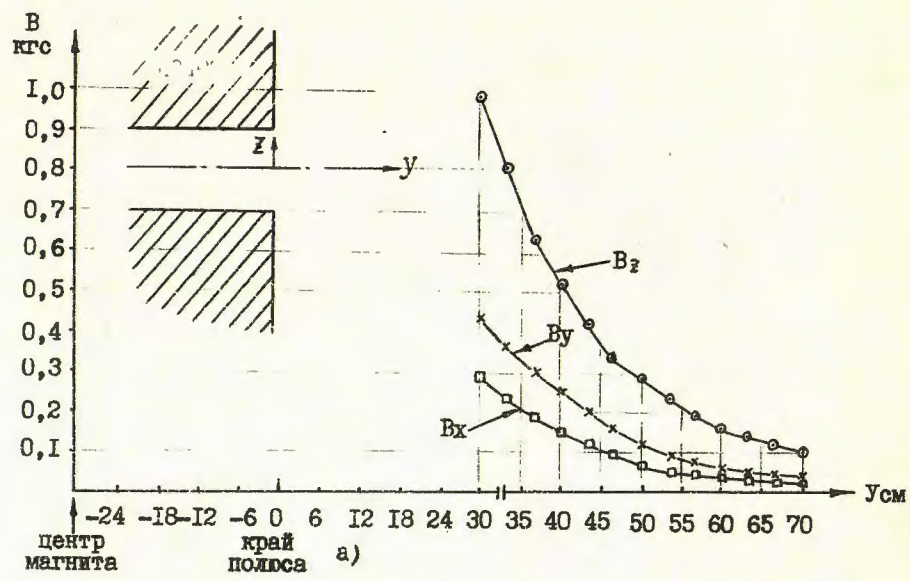


Рис. I



o)
Рис.2
-10-

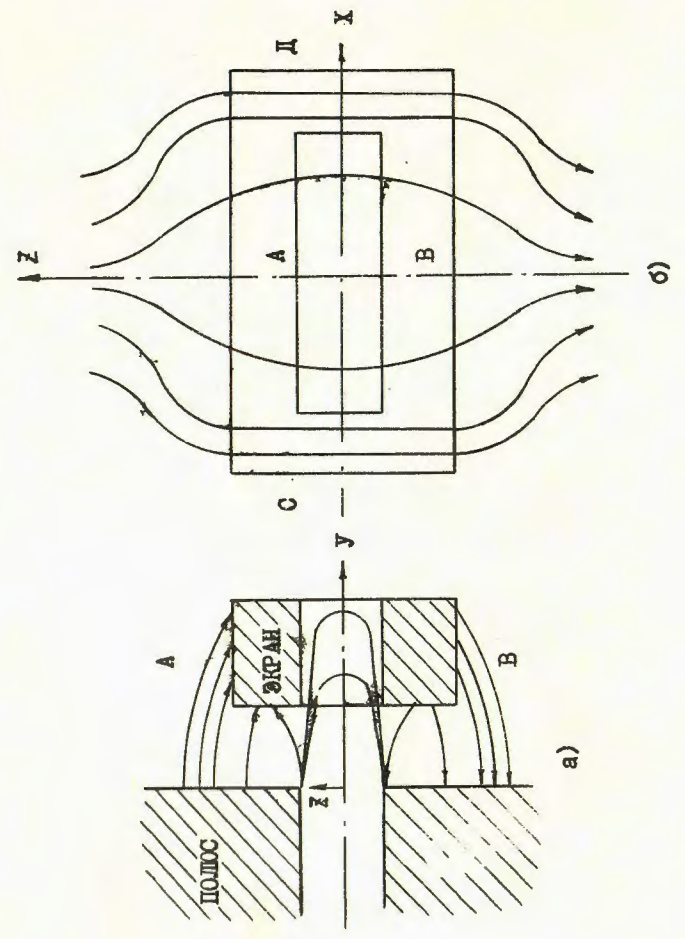


Рис.3

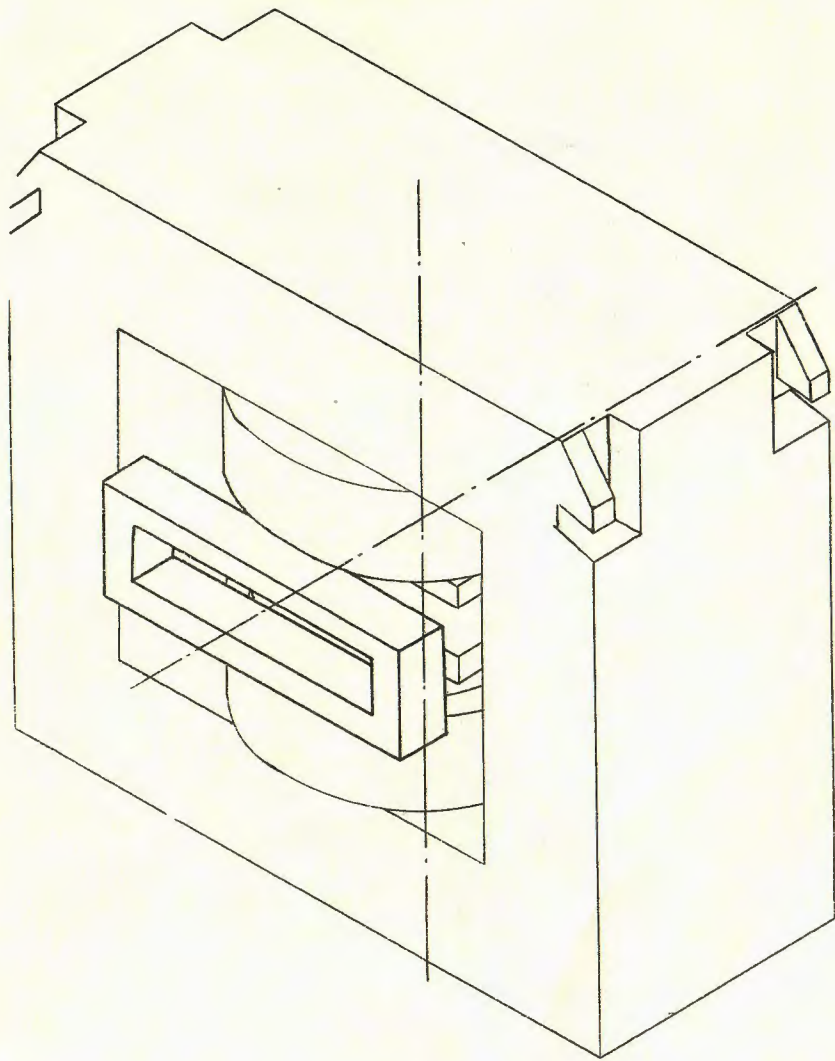


Рис. 4

-12-

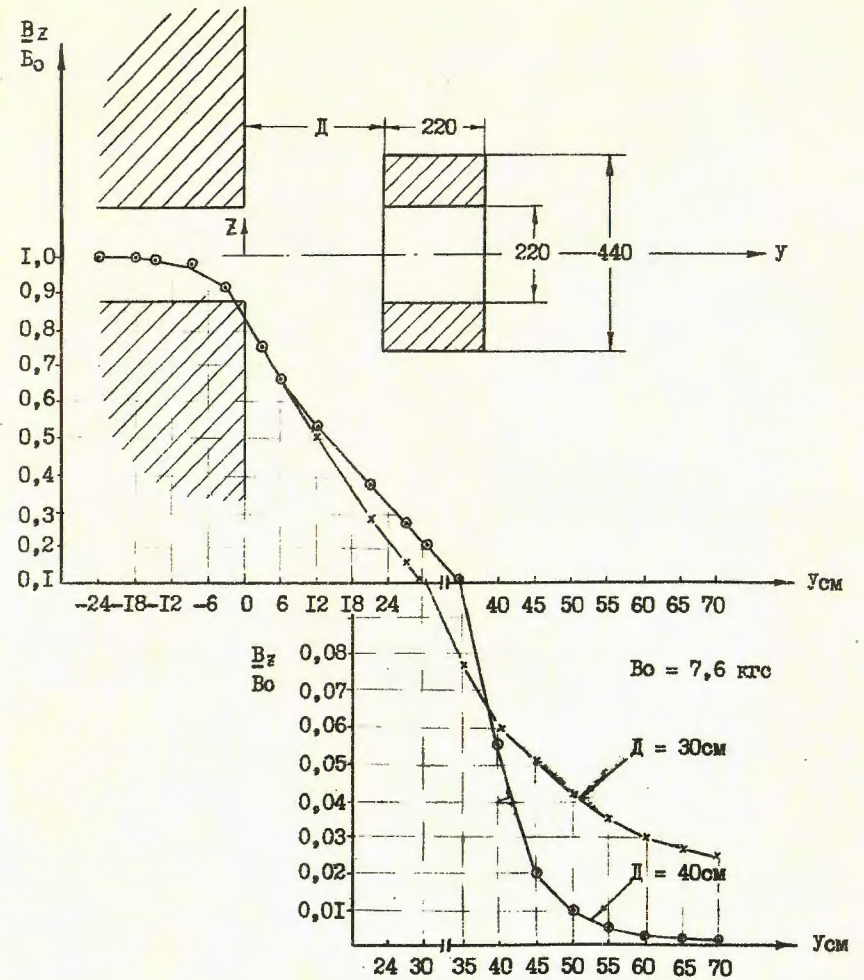


Рис. 5

-13-

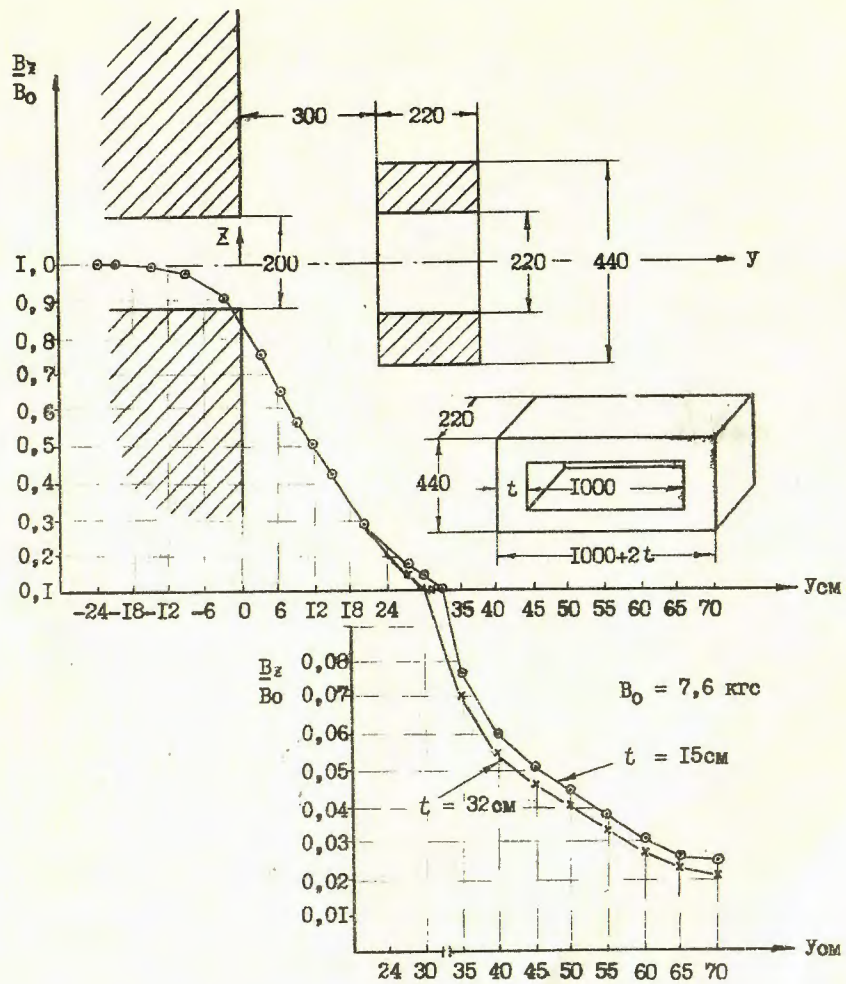


Рис.6

-14-

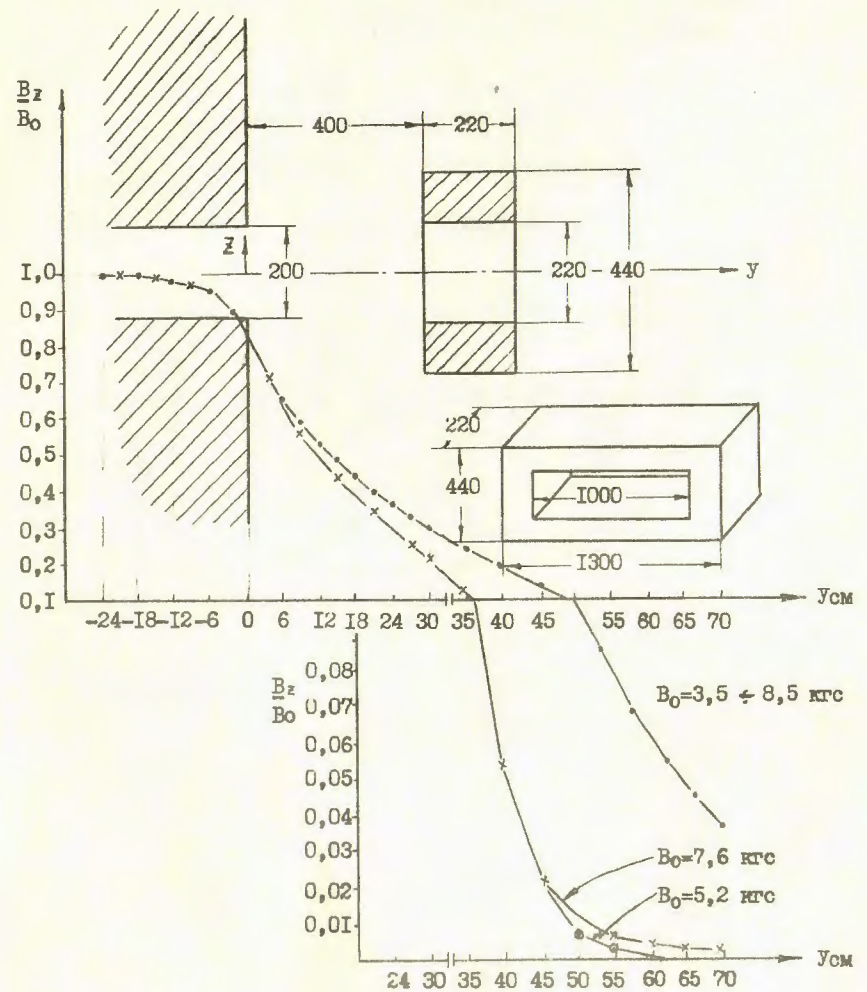


Рис.7

-15-

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

- Рис.1 Конфигурация магнитного поля вдоль Y (в медианной плоскости)
- Рис.2 Распределение рассеянных полей вне магнита в направлении а) вдоль линии $x=50$ см, $z = 7,5$ см
б) вдоль линии $x=70$ см, $z = 15$ см
- Рис.3 Шунтирование отражательным экраном магнитного потока на краю полюсов.
- Рис.4 Магнит СП-57 с отражательными экранами (второй аналогичный экран расположен на входе в магнит)
- Рис.5 Распределение рассеянного поля в функции от расстояния D до магнитных полюсов.
- Рис.6 Распределение рассеянных полей в функции от толщины боковых стенок экрана.
- Рис.7 Конфигурация магнитного поля вдоль оси Y (в медианной плоскости)
- - без экрана
 - , × - с экраном

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.Т.Киселёв, Н.А.Бургов, С.А.Герзон и др. Препринт ИТЭФ-13, Москва 1974.
2. В.А.Мелкумянц . Препринт ЕФИ-196(42)-76.
3. M.Turin. NIM 91, 621, 1971
4. H.Wind, NIM, 84, 117, 1970
5. P.A.Smith CERN NP-DHG/75/4
6. C.Lechanoine, M.Martin and H.Wind, NIM, 69, 122, 1969
7. M.J.O'Connell. COMP. Phys. Comm. 8, 49, 1974.
8. H.Wind, CERN, 72-21, 81, 1972.
9. J.J.Aubert and C.Broll. NIM, 120, 137, 1974
10. H.Brechna, SLAC-PUB-739, June 1970
11. H.Hubner and H.Wollnik, NIM, 86, 141, 1970.
12. C.M.Braams, NIM, 26, 83, 1964
13. Эндж. ПНИ, 3, 19, 1964.
14. Дрейпер. ПНИ, 6, 67, 1963.
15. В.П.Козин, А.Е.Толстой. ИТФ, 40, 8, 1594, 1970.
16. В.А.Гольдштейн. АН УССР, Физико-технический институт, Харьков, 1966 (диссертация).

Рукопись поступила 4-го июля 1977 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех. редактор А.С.Абрамян

Заказ ИИ61 ВФ- 03406 Тираж 299

Подписано к печати 7/ХП-77г. Формат издания 30 х 40

0,7уч.изд.л. Ц. 5 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института Ереван-36, пер.Маржаряна 2