

8/11-74
СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗУУ.1к
жс-775

Р11 - 7685

1400 / 2-74

В.Н.Жмыров, Л.Н.Сомов

ИНТЕРПОЛЯЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

P11 - 7685

В.Н.Жмыров,* Л.Н.Сомов

ИНТЕРПОЛЯЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Съединенный институт
высших исследований
БИБЛИОТЕКА

* ЛВТА ОИЯИ

Summary

The magnetic field (Fig. 2-7) for magnet SP-130 was measured to an absolute precision of 0.1%. The magnetic field measurements were treated in two different ways by different analysis programs. The first program used only the values of the field on the boundary of the measurement volume, and then reconstructed the magnetic field throughout the volume (ref. 7).

The second analysis method used the volume measurements directly. The comparison of the two values of the magnetic field at the same points in the magnetic field provided a valuable check of errors in the measurements. The calculated field was found to be systematically larger than the measured field of the magnetic field by 0.1%.

To decrease the table of the field "weedence" had been performed with the help of the square interpolation.

That has allowed to decrease the volume of the table from 100 000 to about 7 000, while the accuracy of the restoration of the magnetic field has proved better than 0.1%.

© 1974 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

Шестиметровый магнитный искровой спектрометр, созданный на базе магнита СП-130, представляет собой универсальную установку, предназначенную для изучения неупругих процессов при высоких энергиях¹⁻²/12 восьми-зачерных блоков искровых камер расположены в магнитном поле спектрометра. Фотографирование основных камер производится одним фотоаппаратом с помощью оптической системы через отверстия в ярме магнита. Из-за наличия этих отверстий получается большая неоднородность магнитного поля, достигающая у верхней плоскости объема магнита 25%. Восстановление картины взаимодействия требует точного знания топографии магнитного поля внутри объема. В связи с этим необходимо измерять все три составляющие поля \vec{B} .

Проблема обработки магнитного поля приобретает все более актуальный характер в связи с пуском физических установок, использующих магниты, рабочий объем которых превышает 2 м^3 , и поле в которых существенно неоднородно. Действительно, для программ кинематической идентификации событий GRIND³ требуется знание магнитного поля с точностью не хуже 0,3%, что накладывает жесткие требования не только на качество, но и на количество измерений поля.

В результате измерения магнитного поля СП-130 были определены все компоненты B_x , B_y , B_z во всем объеме магнита в точках, отстоящих друг от друга по оси x /рис. 1/ на 2 см, по оси y при значениях $1 \div 15$ - на 10 см и по оси z при значениях $1 \div 13$ - на 5 см.

Таким образом, таблица компонент магнитного поля имеет около 100000 значений. Характерные картины поведения компонент \vec{B} в зависимости от координат x , y для разных z приведены на рис. 2-7. Как видно из этих рисунков, наблюдается большая неоднородность магнитного поля, особенно в верхней части магнита, которая достигает около 25%, и хорошая симметрия относительно плоскости xz с координатой $y = 7$. Степень асимметрии для B_z относительно этой плоскости не превышает 0,1%.

Современные вычислительные машины обладают памятью примерно 140000 слов /CDC-6200/ в восьмеричном исчислении, что, очевидно, явно недостаточно для хранения в программах FIELD и GRIND, которые содержат таблицу магнитного поля, так как сама система программ обработки экспериментальных данных занимает большую часть памяти ЭВМ.

Для уменьшения объема таблицы магнитного поля /4-5/ нашли широкое распространение методы фитирования трехкомпонентного поля трехмерным полиномом, удовлетворяющим уравнениям:

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 \\ \vec{\nabla} \times \vec{B} &= 0. \end{aligned} \quad /1/$$

Но этот метод имеет существенный недостаток, который связан с известной проблемой аппроксимацией полиномом функции, заданной в эквидистантных точках /6/.

Можно сократить объем таблицы магнитного поля другим, более естественным способом, например, пользуясь симметрией магнита. Далее, замечая, что степень неоднородности поля зависит от z и в нижней части объема магнита равна приблизительно 0,5%, значения магнитного поля на каждой "нитке" /нитка определяется y - и z -координатами, а значения поля берутся по оси x /брались через 8 см, при этом ошибка при квадратичной интерполяции составила меньше 0,02%. Кубическая интерполяция не улучшает результата. Такое прореживание было сделано для "ниток" с координатами по z от 1 до

10 включительно с использованием линейной интерполяции для ускорения работы программы. Для "ниток" с координатами z , равными 11 и 12, прореживание проводилось через каждые 4 см. Ошибка при квадратичной интерполяции составила в среднем 0,02% при $z = 13$, при этом учитывались точки, измеренные через каждые 2 см. Для сравнения полученных результатов прореживание было сделано с использованием SPLINE фита вместо полиномиальной интерполяции. Улучшения точности интерполяции не наблюдалось. Это связано с тем, что магнитное поле интерполировалось полиномами низких степеней ($n \leq 3$).

Хорошей проверкой, а также способом сглаживания измеренного магнитного поля может служить свойство потенциальности поля. Действительно, компоненты поля удовлетворяют уравнениям /1/, и по измеренным на границе объема значениям нетрудно его восстановить во всем объеме /7/. Восстановленные по этому методу значения поля совпадают с измеренными в пределах измерительной ошибки.

Такое прореживание и сглаживание позволило снизить число слов в таблице поля до 35000. При дальнейшей упаковке в одну ячейку четырех значений поля таблица занимала около 7000 ячеек, причем точность восстановления магнитного поля оказалась не хуже 0,1%.

Авторы выражают благодарность Н.Н.Говоруну и И.М.Василевскому за полезные обсуждения.

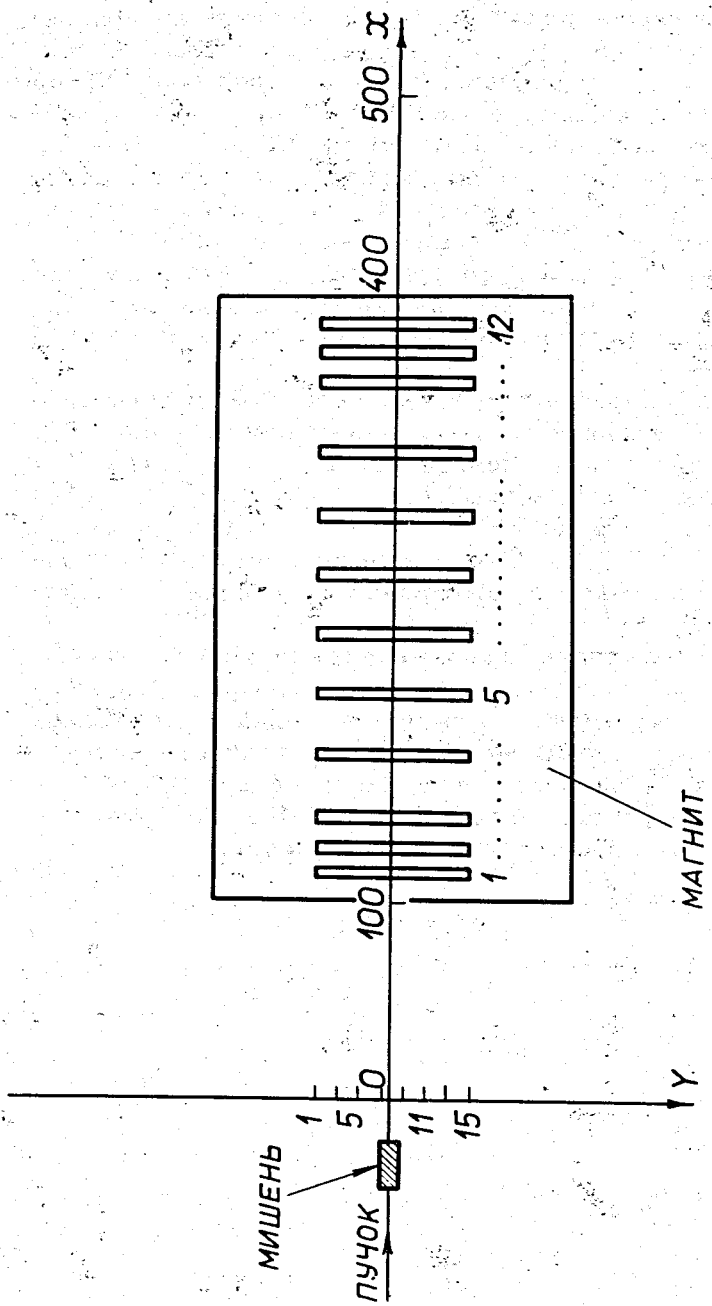


Рис. 1

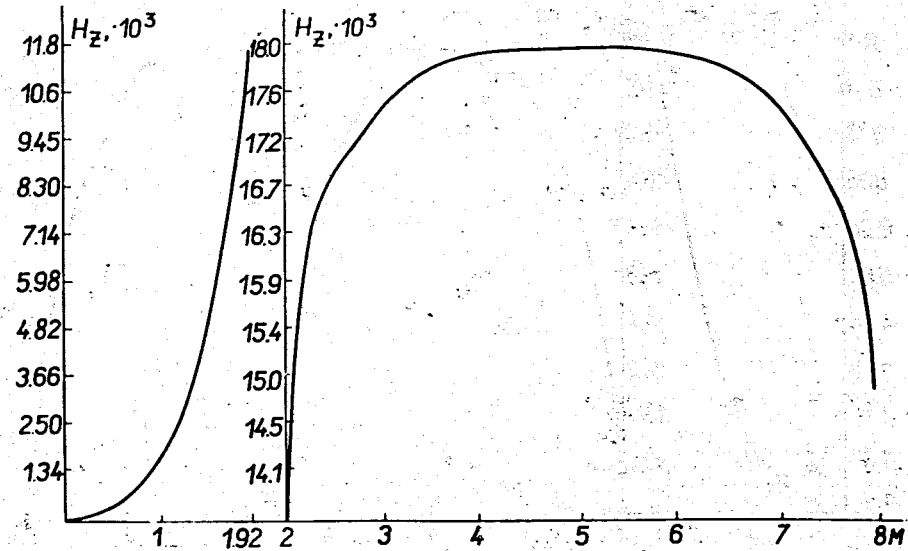
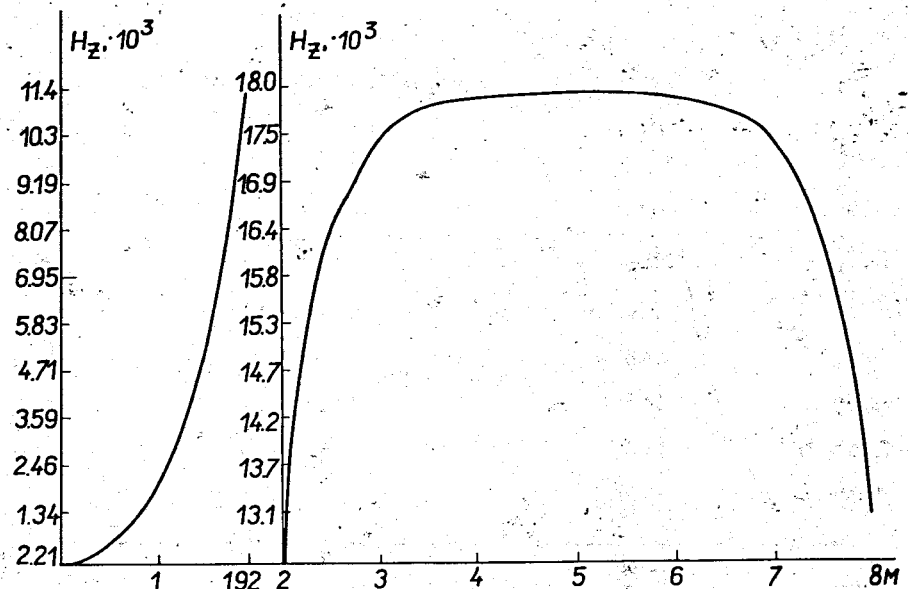
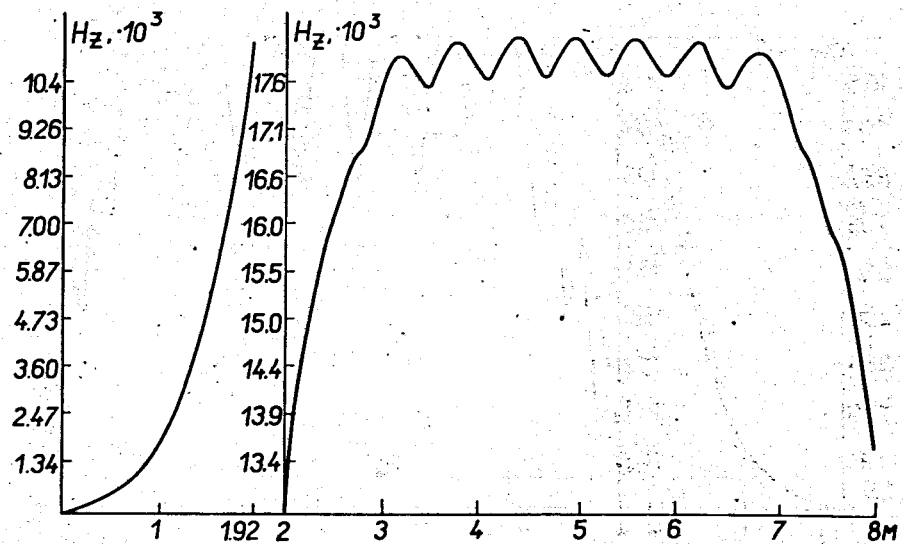
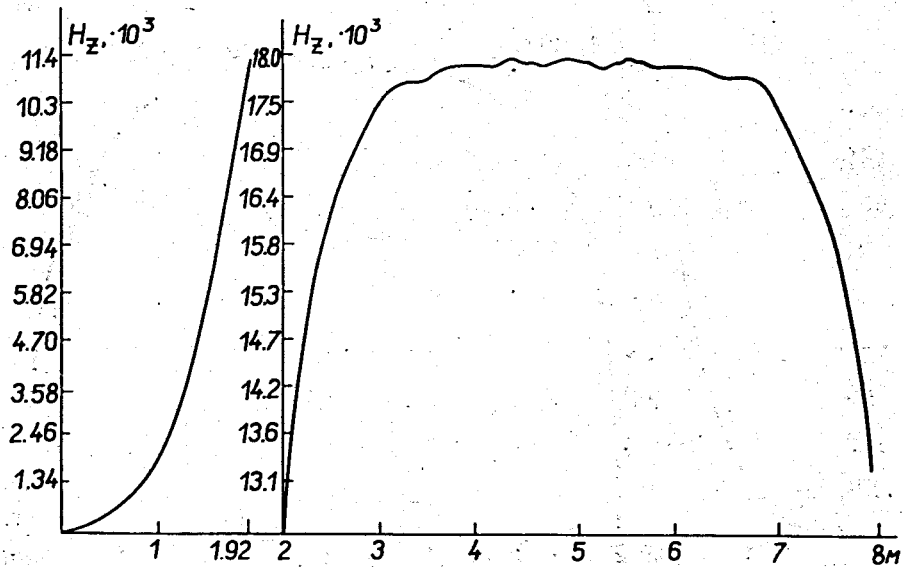
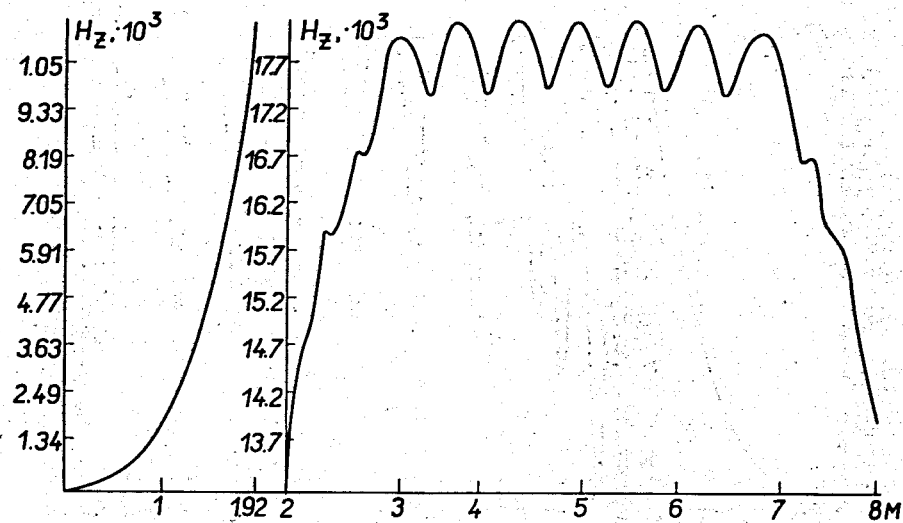
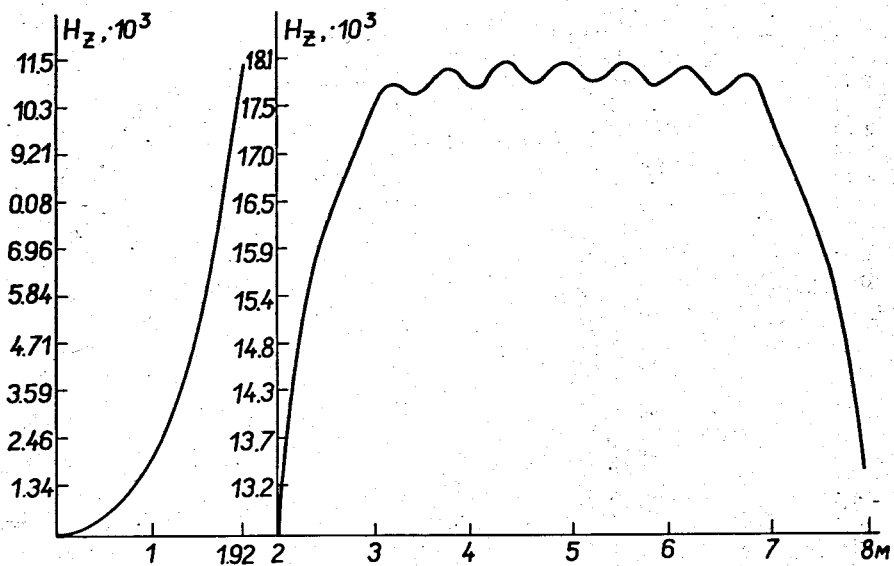


Рис. 2



Puc. 3

Puc. 4

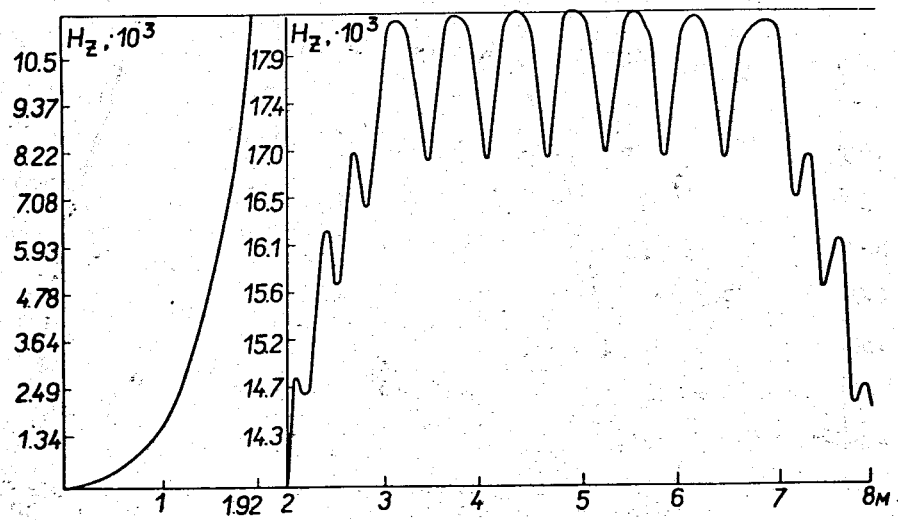
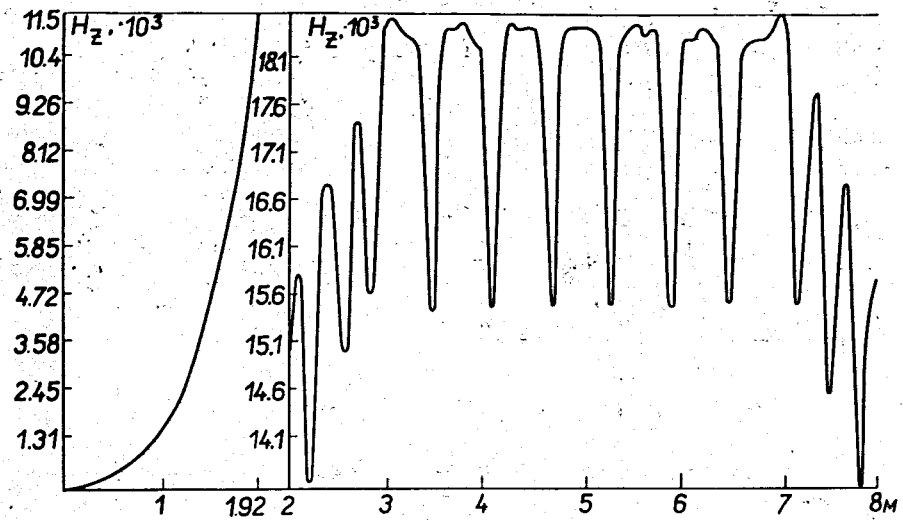


Рис. 5

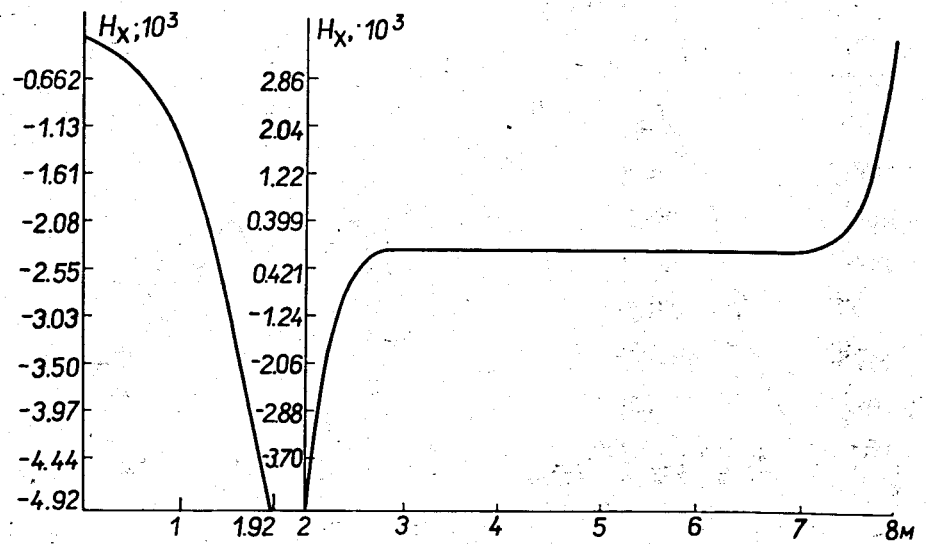
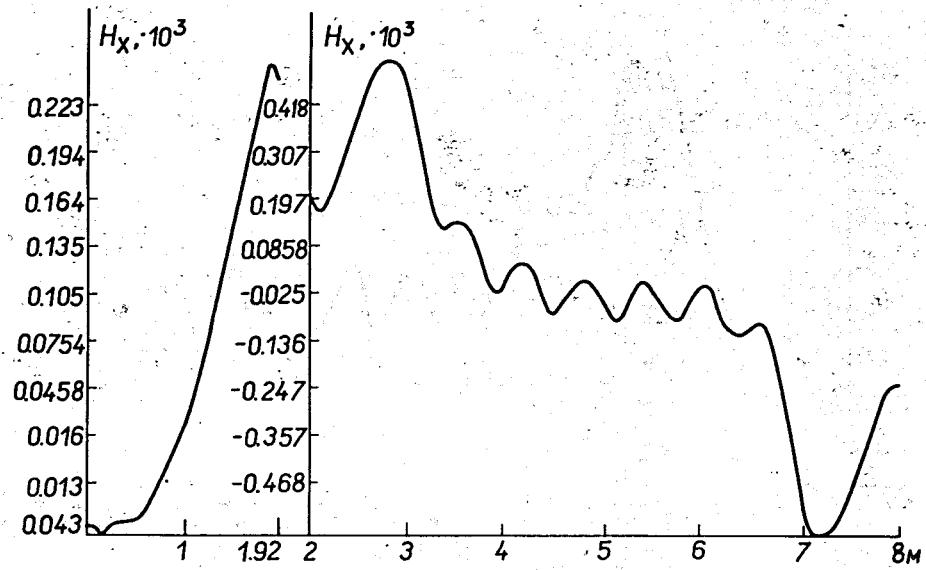


Рис. 6

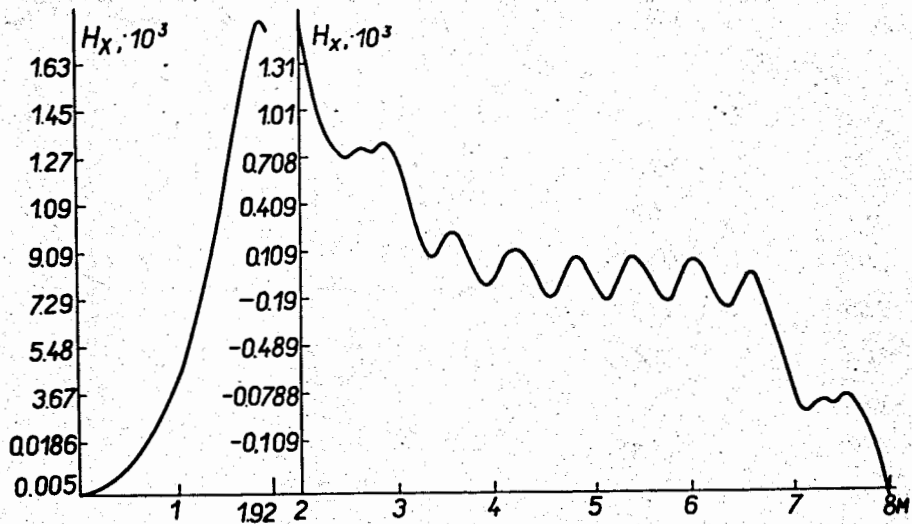
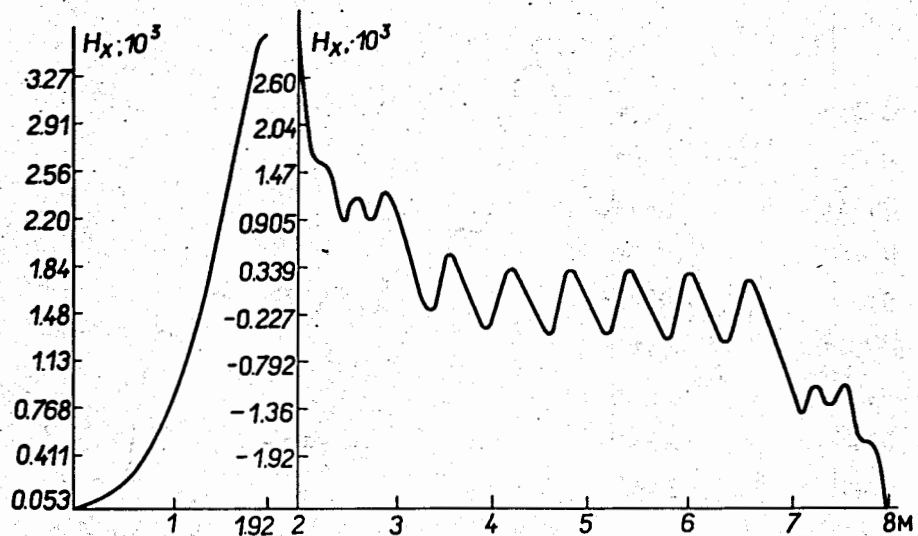


Рис. 7

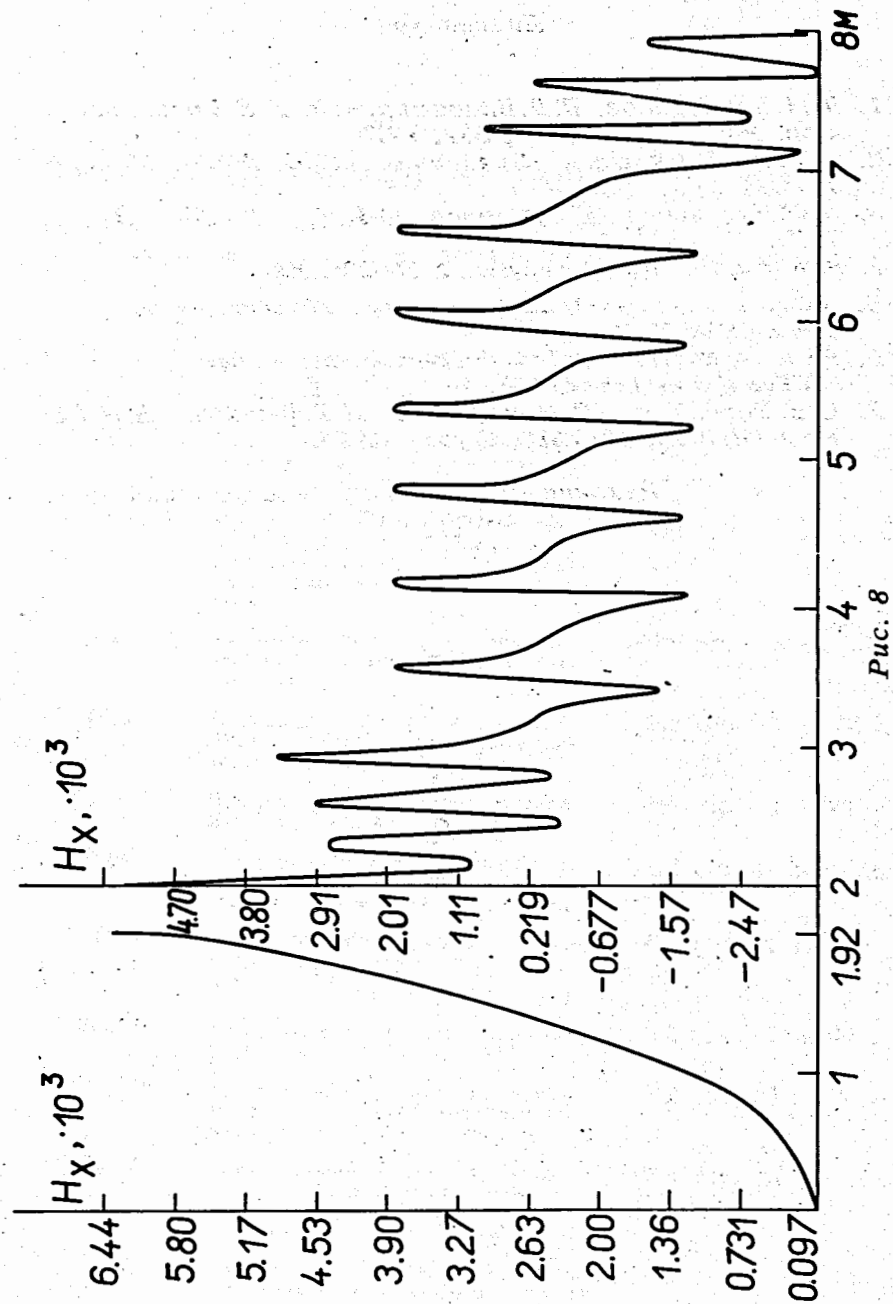


Рис. 8

Литература

1. Л.М.Благородов, В.В.Владимирский, В.К.Григорьев и др. ЯФ, т. 18, вып. 3, 542, 1973.
2. В.В.Владимирский. Препринт ИТЭФ №793, Москва, 1970.
3. А.Ф.Лукьянцев, И.С.Саитов. ОИЯИ, 10-5840, Дубна, 1972.
4. H.Wind. J. of Computation Physics, 2, 274-278 (1968).
5. H.Wind. Proc. of the 1972 CERN Computing and Data Processing School, CERN, 72-21.
6. F.S.Acton. Numerical Methods that Work (Harper and Row, N.Y.Evanston and London, 1970).
7. С.Б.Ворожцов, Р.М.Лебедев, Л.К.Лыткин, Л.Н.Сомов. ОИЯИ, P13-7610, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 января 1974 года.