

С 345е4

З-635

Зиновьев Л. П. и др.

Б-1-2859

+

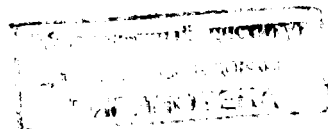
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория высоких энергий

Л.П.Зиновьев, И.М.Баженова, В.П.Рашевский,
М.И.Яцута.

С 34524
3-635

СТАТЬЯ

устройства для коррекции пучка системы
инжекции синхрофазотрона ЛВЭ и их
магнитные характеристики.



г. Дубна,
март, 1965 г.

С. Ф. 1475

В настоящей работе описан принцип действия магнитных корректоров, приведены методика измерения их магнитных характеристик и основные из них.

На участке ввода пучка в синхрофазотроне для точной юстировки пучка в ионопроводе применяется магнитная коррекция последнего. Схема действия корректирующей системы показана на рис. 1. Каждый из элементов корректирующей системы обеспечивает изменение направления пучка в пределах некоторого телесного угла; совместное действие обоих элементов корректирующей системы позволяет осуществлять как изменение направления (угла) пучка, так и параллельное смещение. На рис. 2 показан один элемент корректирующей системы. В качестве магнитопровода элемента использовано статорное железо электродвигателя А42-6, в пазы которого уложены две обмотки.

Результирующее магнитное поле в рабочем зазоре корректирующего элемента определяется сложением взаимно-перпендикулярных полей, создаваемых обмотками. Токи в обмотках регулируются независимо: изменение соотношения токов обмоток позволяет осуществить поворот результирующего поля в рабочем зазоре на 2π . Магнитное поле каждой обмотки в зазоре элемента определяется следующим выражением

$$H_{\max} = \frac{0,4 \pi j S}{d}$$

где j - максимальная плотность тока в обмотке ($j = 3 \text{ а/мм}^2$),
 d - внутренний диаметр зазора магнитопровода ($d = 112 \text{ мм}$),
 S - площадь сечения обмотки ($S = 360 \text{ мм}^2$)

$$S_{\text{обм}} = S_{\text{магн}} \sum_{k=0}^{\infty} \cos \Phi_k ; \quad \Phi_k = \frac{\pi}{18} \cdot k$$

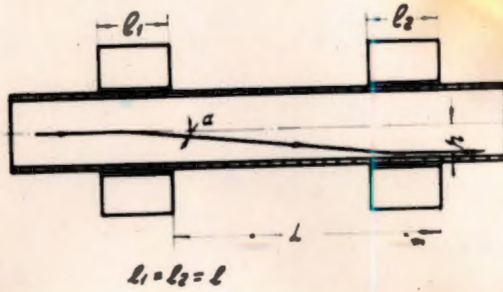


Рис.1 Схема действия магнитной корректирующей системы



рис. 2

Рис.2.

Один из элементов магнитной корректирующей системы.

$S_{\text{паза}} = 58 \text{ мм}^2$ определяется конструкцией выбранного магнито-провода.

Максимальный угол отклонения пучка одним корректирующим элементом равен

$$V_{\text{max}} = \frac{l H_{\text{max}}}{144 \sqrt{V}} = \frac{0,4 \pi l_j S_{\text{осл}}}{144 d \sqrt{V}}$$

где V - энергия пучка в Кэв, l - эффективная длина корректирующего элемента.

Величина максимального параллельного смещения пучка зависит от расстояния между элементами корректирующей системы и равна

$$h = V_{\text{max}} Z = \frac{0,4 \pi l_j S_{\text{осл}}}{144 d \sqrt{V}} \cdot Z$$

где Z - расстояние между элементами корректирующей системы.

Магнитные измерения производились для каждого из четырех корректоров, установленных на участке ввода пучка. Измерения производились с помощью холловского магнитометра [1], который был выбран из-за малых размеров датчика и удовлетворительной точности. Точность установки измерений 1-2% определяется в основном точностью установки тока подпитки датчика и температурным режимом окружающей среды. В качестве датчика Холла использовался кристалл германия, длиной 5 мм, и сечением $3 \times 3 \text{ мм}^2$. Перед началом измерений датчик был проградуирован в постоянном поле от "0" до 1700 э, величина поля измерялась с помощью ядерного резонанса. Градуировочная кривая приведена на рис.3.

На рис.4 приведена схема измерений, которая использовалась в данной работе. Так в датчик Холла подавался от батареи аккумуляторов (1), он измерялся прибором с точностью 0,5%. Напряжение на датчике Холла, пропорциональное магнитному полю, измерялось потенциометром Р-2 (класс точности 0,1%). Отпайка с одной стороны датчика (тока Б) произведена через потенциометр I2), чтобы избежать неэквипотенциальности подключения цепи измерения, которая проявляется в том, что при отсутствии поля напряжение на датчике отлично от нуля. Каждый раз перед включением поля напряжение на датчике потенциометра (2) выставлялось на нуль.

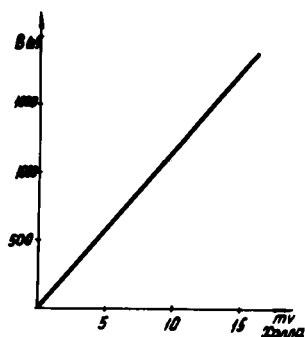


Рис.3

Рис.3. Градуировочная кривая датчика Холла.

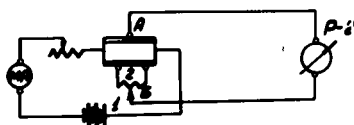


Рис. 4

Рис. 4.

Схема измерений.

- 1) Батарея аккумуляторов
- 2) Потенциометр.

Были измерены следующие характеристики магнитных корректоров:

а) эффективная длина корректоров определялась по следующей формуле

$$L_{эф} = \frac{1}{H_0} \int_{-\infty}^{+\infty} H(x) dx$$

Для определения $L_{эф}$ было снято распределение $H_y(x)$ для всех четырех корректоров. Начало координат было взято в центре поля $x = 0; y = 0$. Благодаря сильному краевому эффекту (из-за большей величины отношения внутреннего диаметра магнита к его длине) горизонтальное плато небольшое. Все измерения производились при токе в корректорах 3а.

Эффективные длины корректоров приводилась в таблицах.

Таблица I

№ корректора	L эффективная
1	19,927
2	21,7304
3	20,58

2) Измерено пространственное измерение поля в направлении x при $z = \pm 8,7$ см; $y = 0; z = 0, y = 0;$
 $y = \pm 2,5$ см; $z = \pm 8,7$ см; для всех четырех корректоров при включении I-ой (концы I.4) катушки II-ой (концы 2,3) катушки и обеих катушек вместе.

Из рассмотрения кривых видно, что неоднородность поля в вертикальном и горизонтальном направлениях на протяжении 30 мм не превышает 0,5%.

3) Измерена зависимость величины поля в центре IY корректора от тока питания.

Как видно из графика (рис. 5) до значения тока 6а зависимость остается линейной. Для остальных корректоров зависимость имеет аналогичный характер.

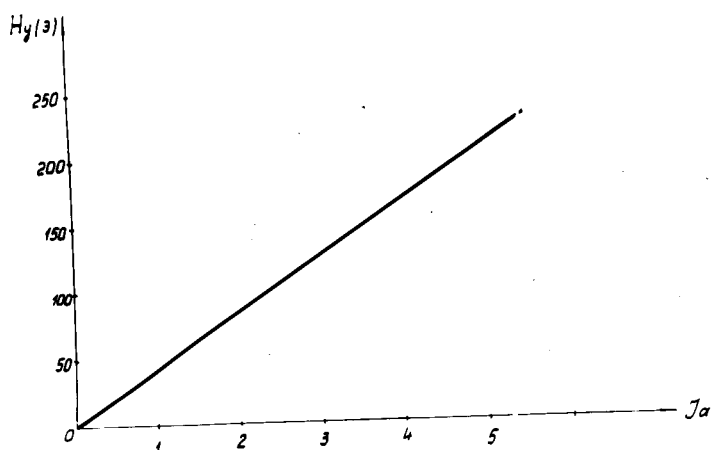


Рис 5 зависимость составляющей поля H_y от силы тока J для корректора № 4.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ.

- Рис.6. Распределение $H_y(z)$ вдоль оси I корректора (включена первая катушка, концы 1,4).
- Рис.7. Распределение $H_y(z)$ вдоль оси I корректора (включена вторая катушка, концы 2,3)
- Рис.8. Распределение $H_y(z)$ вдоль оси I-го корректора (включено две катушки, концы 1,2,3,4) для I-го корректора.
- Рис.9. Распределение H_y в направлении X для значений $y = \pm 2,5$ см; $z = \pm 8,7$ см.
- Рис.10. Распределение $H_y(z)$ вдоль оси II-го корректора (включена первая катушка, концы 1,4)
- Рис.11. Распределение $H_y(z)$ вдоль оси II-го корректора (включена вторая катушка, концы 2,3)
- Рис.12. Распределение $H_y(z)$ вдоль оси II-го корректора (включено две катушки, концы 1,2,3,4)
- Рис.13. Распределение H_y в направлении X для различных значений y и z .
- Рис.14. Распределение $H_y(z)$ вдоль оси III-го корректора (включена первая катушка, концы 1,4).

Рис.15. Распределение $H_y(z)$ вдоль оси III-го корректора
(включена вторая катушка, концы 2,3).

Рис.16. Распределение $H_y(z)$ вдоль оси III-го корректора
(включено две катушки, концы 1,2, 3, 4)

Рис.17. Распределение H_y в направлении χ для
различных значений χ и φ .

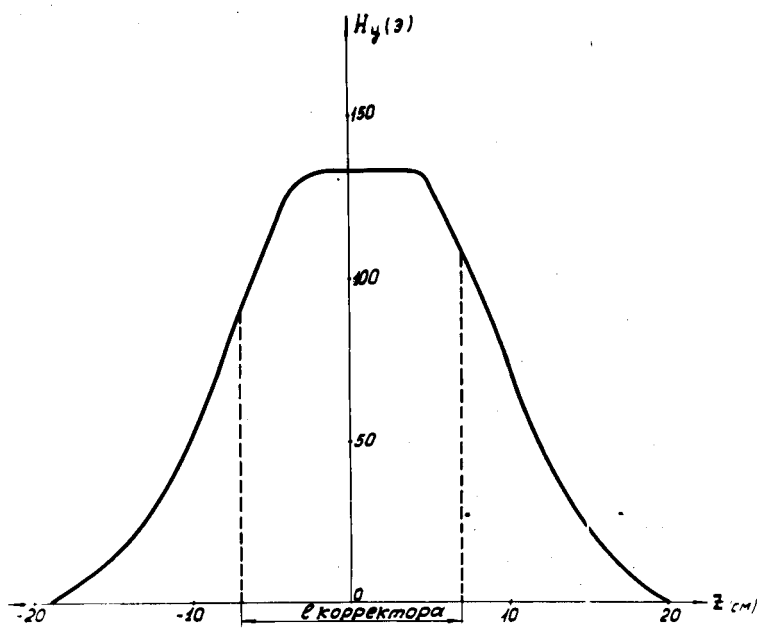


Рис. 6 1 корректор (концы 2,4)

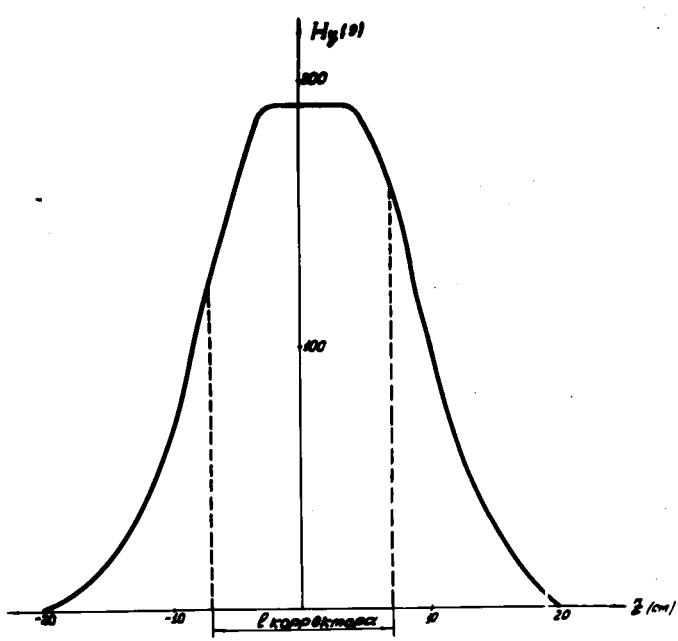


Рис. 7 корректор 1 (концы 1,2,3,4)

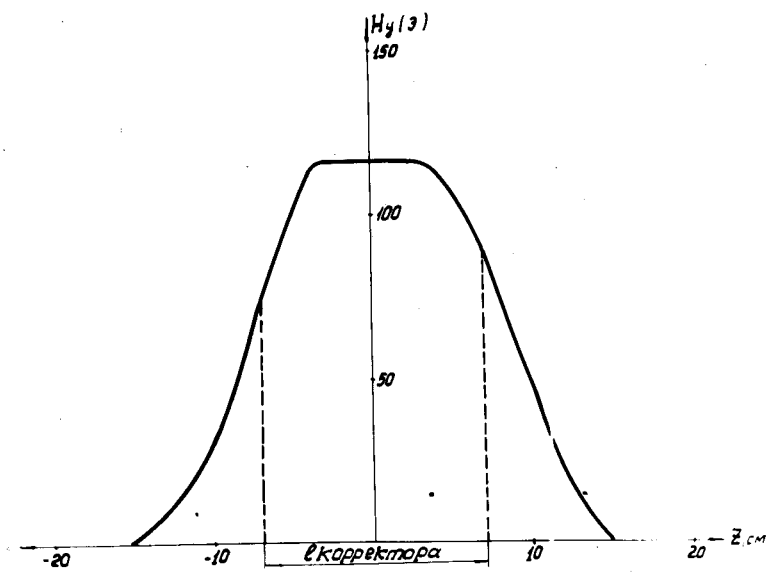


Рис 8 1 корректор (концы 1,3,1)

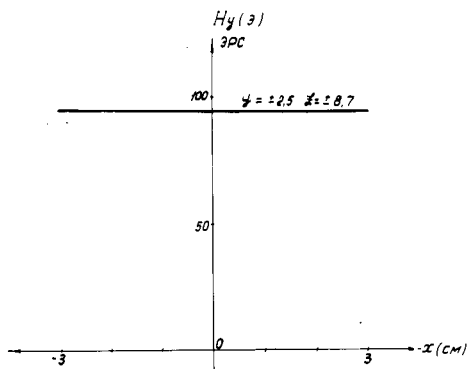


Рис 9 1 корректор (концы 1,2,3,4)

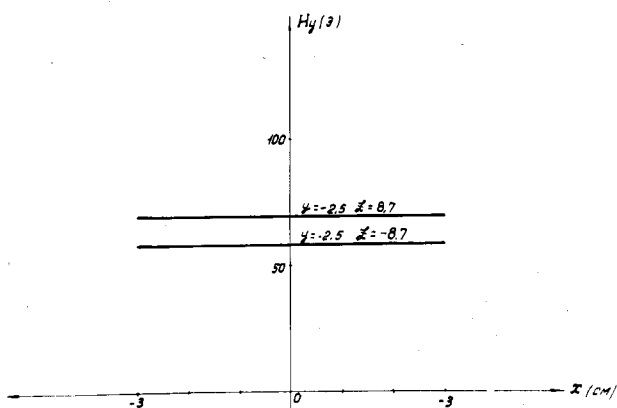
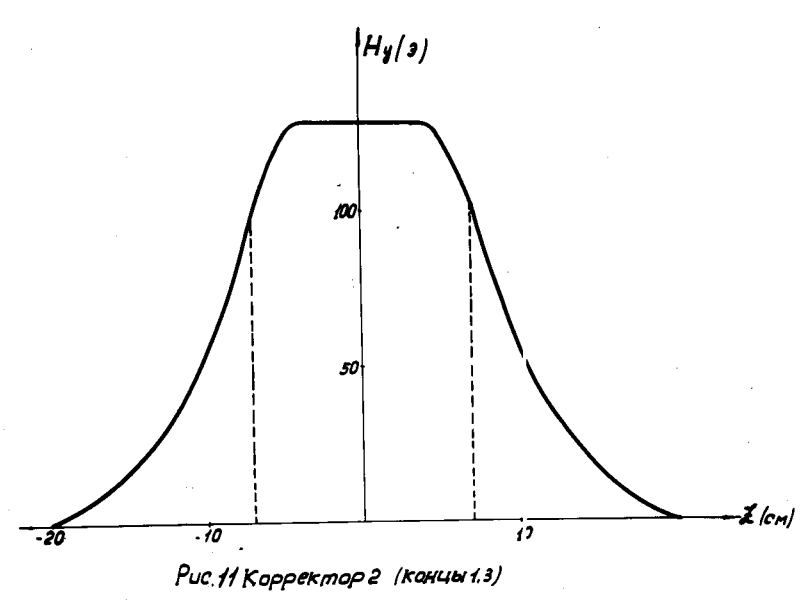
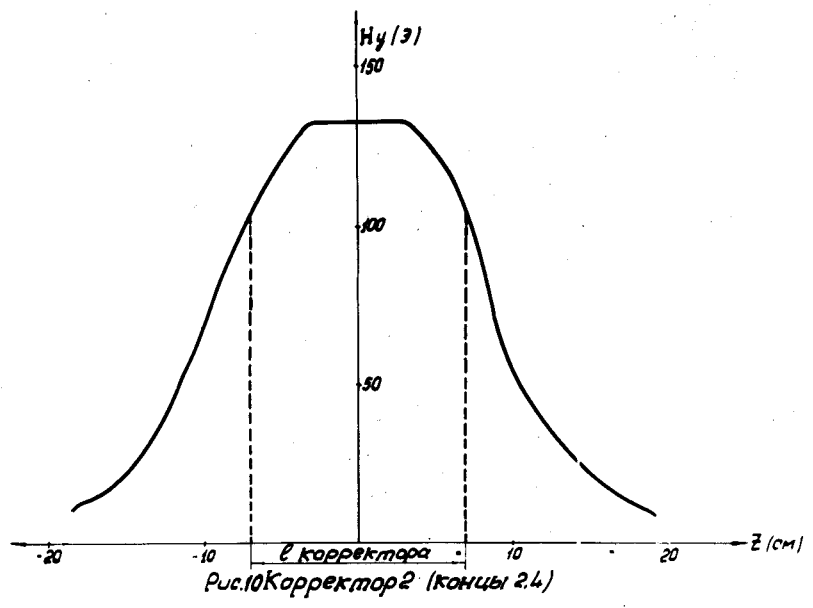
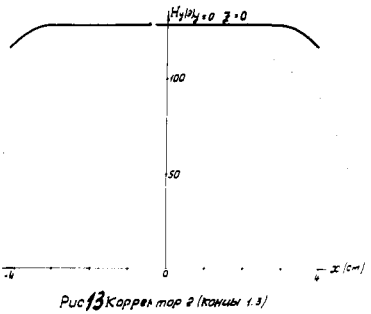
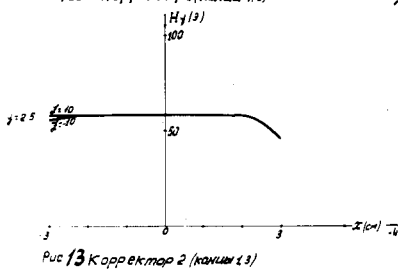
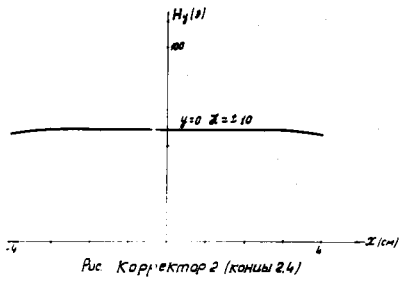
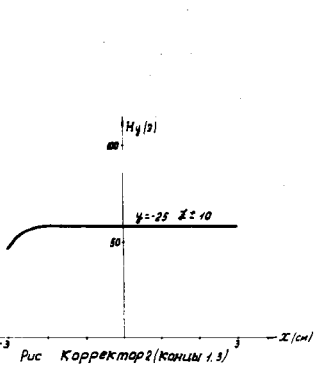
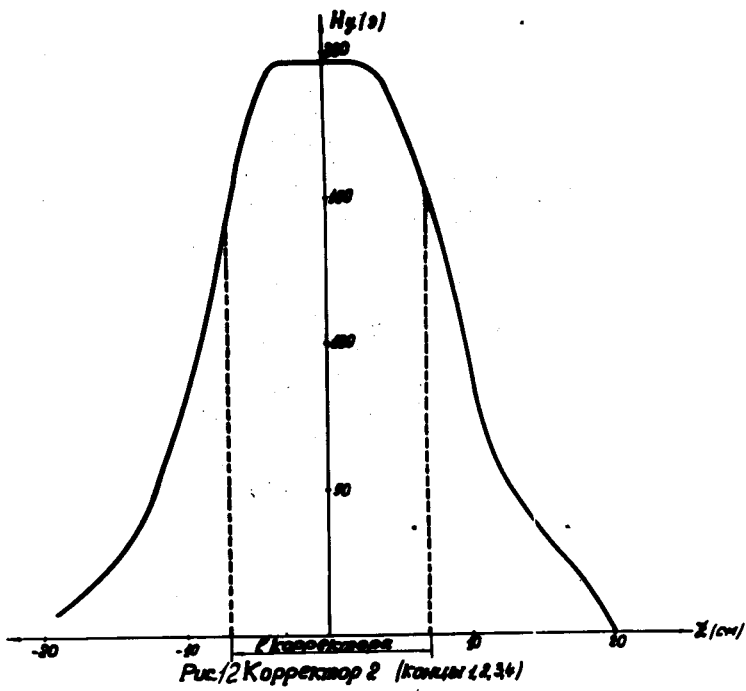


Рис 9 1 корректор (концы 2,4)





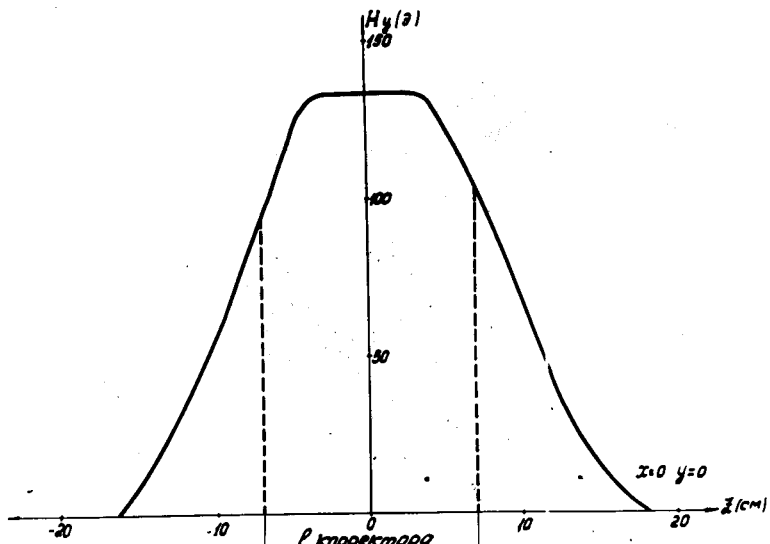


Рис.14 Корректор 3 (концы 1.4)

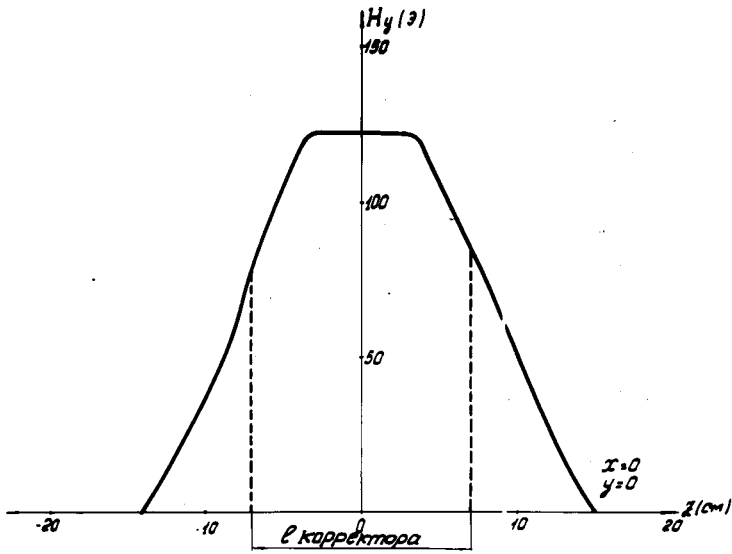


Рис.15 Корректор 3 (концы 2.4)

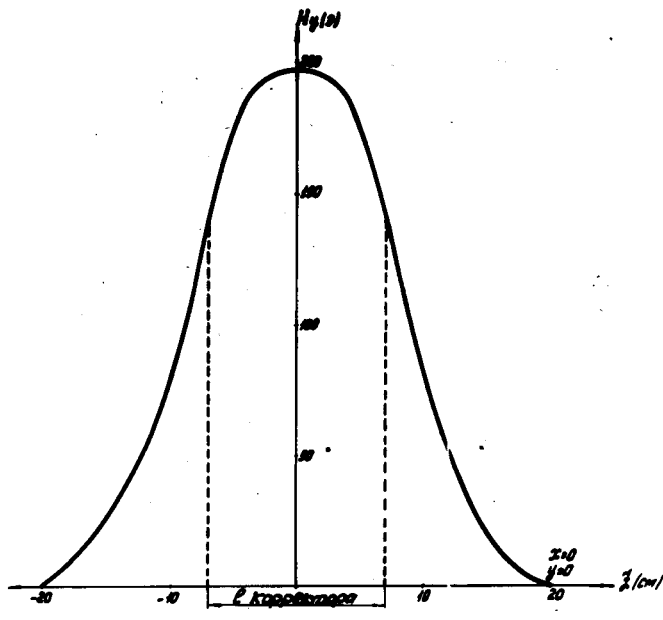


Рис.16 Корректор 3 (концы 1,2,3,4)

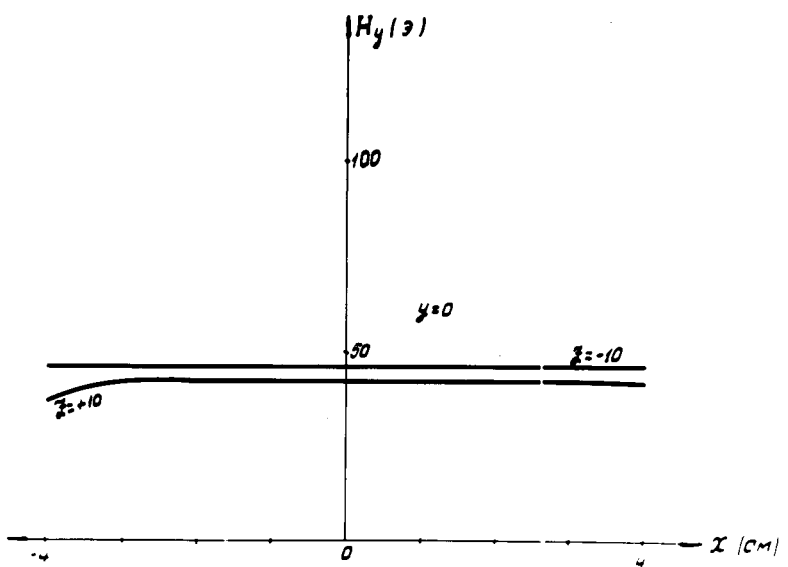


Рис.17 Корректор 3 (концы 2,4)

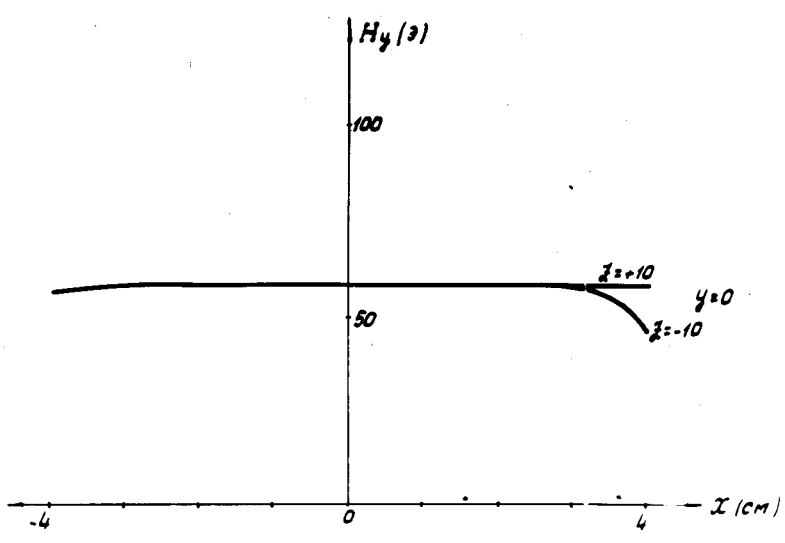


Рис.17^а Корректор 3 (концы 1,4)