

С 345е

е+✓

Заболотин В. П. и др.

2036/82



Б2-9-82-45

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б2-9-82-45

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

• Дубна 1982

Объединенный институт ядерных исследований

Лаборатория высоких энергий

52-9-82-45

В.П.Заболотин, А.С.Исаев, В.Н.Перфеев, С.В.Федуков,
Д.И.Шерстянов, И.Н.Яловой

Распределение показателя неоднородности магнитного
поля в магните синхрофазотрона ОИЯИ.

Вуз. код: 100
21. 0. 82.

Дубна, 1981.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

I. Цель работы.

Устойчивость движения частиц в синхрофазотроне определяется показателем неоднородности магнитного поля n . При некоторых значениях n устойчивость движения может нарушаться. Это явление связано с наличием резонансов, которые могут привести к сильной раскачке колебаний и потерям частиц на стенках камеры ускорителя.

Для синхрофазотрона ОИЯИ значение n выбрано в интервале $0,55 < n < 0,75$ ^{/1,2/}, который снизу ограничен резонансом $\nu_r = \nu_z$ при $n = 0,5$, а сверху - резонансом $\nu_r = 1/2$ при $n = 0,79$, где ν_r и ν_z - частоты радиальных и вертикальных колебаний. Внутри интервала также имеются резонансные значения, и особенно опасным является резонанс $\nu_r = 2/3$ при $n = 0,625$.

Рабочее значение n следует выбирать на достаточно большом удалении от опасных резонансов и поддерживать выбранное значение во всех точках зазора магнита, где в процессе ускорения могут оказаться частицы. Поэтому в рабочей области ускорителя n и поддерживается постоянным.

При нелинейной зависимости магнитного поля от координат бетатронные колебания при достаточно больших амплитудах могут стать неустойчивыми и вдали от резонансов ^{/3/}. Это положение наглядно подтвердилось на синхрофазотроне в 1978 г. после устранения малопротяженных искажений, вносимых в n вихревыми токами, развивающимися в медных шинах обмоток резонансного вывода ускоренного пучка ^{/4/}.

В связи с заниженным захватом пучка в режим ускорения и повышенными потерями его при ускорении в 1974-77 г.г. были исследованы характеристики магнитного поля синхрофазотрона.

В данной работе представлены результаты исследований распределения показателя неоднородности магнитного поля n на полях 230+550 Гс ^{/5/} и 9+12 кГс и магнитного поля по радиусу вне рабочей области ускорителя на поле 11,5 кГс. Для этого измерено распределение n по радиусу в области $r = R_0 \pm 65$ см :
- на поле 230 Гс на 90 полюсах магнита (из 184) в плоскости Z_0 .

с шагом 10 см и на четырех полюсах в плоскостях z_0 и $z_0 \pm 8$ см с шагом 5 см ;

- на полях 160, 230, 310, 390 и 550 Гс на шести полюсах ;

- на полях 9 ; 10 ; 11 ; 11,6 ; 11,8 ; 12 ; 12,2 кГс на четырех полюсах.

2. Методика и точность измерений.

Показатель неоднородности магнитного поля n измерялся с помощью двух катушек и баллистического гальванометра. Длина катушек равна длине полюса в азимутальном направлении. Катушки жестко соединены, расстояние между их осями 5 см. Постоянные катушек (произведение числа витков на площадь в см^2) одинаковы с точностью 0,05 %. При включении катушек встречно измеряется величина разности полей ΔH на расстоянии 5 см, а при отключении одной из катушек - величина поля H . ΔH измеряется дважды : при втором измерении катушки меняются местами поворотом на 180° вокруг вертикальной оси для уменьшения ошибки измерений. Гальванометр отключается от измерительной схемы специальным устройством в момент подачи импульса от цифрового компаратора магнитного поля ускорителя. Шаг измерения n при радиальных перемещениях был принят 5 см на четырех полюсах в плоскостях z_0 и $z_0 \pm 8$ см с целью выяснения наличия малопротяженных (менее 10 см) искажений в распределении n по радиусу. После установления их отсутствия измерения проводились с шагом 10 см. Ошибка в измерении n определяется как

$$\frac{\delta n}{n} = \frac{\delta \frac{\Delta H}{H}}{\frac{\Delta H}{H}} + \frac{\delta \Delta z}{z}$$

где

$$\frac{\delta \frac{\Delta H}{H}}{\frac{\Delta H}{H}} = \frac{\delta \alpha_{\text{ср}}}{\alpha_{\text{ср}}} + \frac{\delta \alpha_{\text{зр}}}{\alpha_{\text{зр}}} + \frac{\delta K}{K}$$

$\alpha_{\text{ср}}$ - показания гальванометра, соответствующие ΔH ,

$\alpha_{\text{зр}}$ - показания гальванометра, соответствующие H ,

K - коэффициент шунтировки гальванометра.

$$\frac{\delta \Delta \alpha_{cp}}{\alpha_{cp}} = \pm 0,2 \% ; \quad \frac{\delta \alpha_{cp}}{\alpha_{cp}} = \pm 0,17 \% ; \quad \frac{\delta k}{k} = \pm 1,2 \% ;$$
$$\frac{\delta \Delta \tau}{\tau} = \pm 0,35 \% .$$

Стабильность отключения гальванометра от измерительной схемы $\pm 0,1$ %.

Таким образом, $\frac{\delta n}{n} = \pm 1,9$ %

На трех полюсах магнита, в 43-х точках, разными операторами и в разное время дважды измерялось значение n . Повторяемость измерений оказалась не хуже $\pm 0,005$.

3. Результаты исследований.

В таблице № I приведены поправка Δn_0 в показатель неоднородности магнитного поля n от остаточного поля при токах в цикле размагничивания $I_p = 340, 500$ и 800 А и поправка Δn_3 от искажений, вносимых материалом измерительных электродов, установленных на восьми полюсах магнита.

В таблице № 2 и рис. I приведено распределение по радиусу значений показателя неоднородности магнитного поля, усредненных по 90 полюсам магнита с учетом поправок Δn_0 при $I_p = 800$ А, Δn_3 ($n = n_4 + \Delta n_0 + \Delta n_3$) и без учета этих поправок (n_4).

Результаты измерений n_4 показали, что на одинаковых радиусах различных полюсов магнита значения n значительно отличаются. Разница доходит до 0,09, а на краях рабочей области и более.

В таблице № 3 и рис. 2 показана разность (Δn) в распределении по радиусу усредненных значений n на квадрантах относительно значений n , усредненных по кольцу магнита.

Асимметрия в n незначительна, но есть области, в которых целесообразно ее скорректировать ($r = R_0 + 20$ см на I и II квадрантах и $r = R_0 - 20$ см на каждом из четырех квадрантов).

В таблице № 3 также приведены результаты измерений Δn на $H = 310, 430$ и 550 Гс относительно $H = 230$ Гс, усредненные по шести полюсам. Из этих данных и рис.3 видно, что с ростом поля происходит незначительное уменьшение n , которое начинается с $r = R_0 - 40$ см. Это необходимо учитывать при выборе закона роста величины тока в обмотках коррекции n с ростом величины H в зазоре магнита синхрофазотрона.

Так как область искажения n в радиальном направлении может быть меньше 10 см, то на пяти полюсах магнита проведены измерения с шагом 5 см. А чтобы выяснить, появляются ли дополнительные искажения в n , в плоскостях отличных от z_0 , измерено распределение по радиусу n в плоскостях z_0 и $z_0 \pm 8$ см на четырех полюсах III и IV квадрантов также с шагом 5 см. В этих квадрантах отсутствовали широкие медные шины обмотки вывода пучка, которые вносили искажения в n из-за развивающихся в них вихревых токов большой величины. Результаты тех и других измерений приведены в таблице № 4 и на рис.4. Из них видно, что уменьшение шага измерений до 5 см не обнаружило дополнительных искажений в n в плоскости z_0 и $z_0 + 8$ см. В плоскости же $z_0 - 8$ см зарегистрированы искажения в среднем $+ 0,03$ на $r = R_0 + 45$ см и $r = R_0 - 55$ см и $- 0,03$ на $r = R_0 + 55$ см и $r = R_0 - 45$ см. Они вызваны вихревыми токами, индуцированными в рельсах, уложенных у поверхности нижних полюсов на $r = R \pm 50$ см.

В таблице № 5 и на рис.5 приведено распределение n по радиусу на полях $230, 310$ и 550 Гс при $I_p = 340, 500$ и 800 А до корректирования и после до уровня $n = 0,65$.

В таблице № 6 приводятся сведения о геометрии расположения корректирующих проводников и величинах токов в них.

Чтобы избежать потерь пучка при наведении его на мишени, нужно знать ширину рабочей области камеры, где расположить мишени. С этой целью на четырех полюсах магнита было измерено распределение n по радиусу на полях $H = 9,0 ; 10,0 ; 11,0 ; 11,6 ; 11,8 ; 12,0 ; 12,2$ кГс. Усредненные значения представлены в таблице № 7 и на рис.6. Отсюда видно, что ширина рабочей области с ростом поля выше 9 кГс заметно уменьшается. Как было сказано выше,

подведение пучка к резонансному значению n опасно для его существования. Действительно, на поле 12 кГс при подведении пучка к мишени, установленной на $r = R_0 - 10$ см, теряется более 50 % ускоренных частиц, и не менее 30 % частиц теряется при подведении их к мишени на $r = R_0 + 20$ см. Увеличение размера рабочей области на больших полях может быть достигнуто, если для корректирования n будут уложены шины на радиусах $r = R_0 \pm 25$ см, а длительность площадки в кривой тока коррекции составит 400-500 мс, что соответствует длительности требуемой "растяжки" пучка.

Укладка шин и создание системы питания корректирующей обмотки для больших значений поля представляет трудности. Целесообразнее подбирать азимут положения мишеней так, чтобы они располагались в рабочей области значений n .

При выводе и транспортировке пучка к экспериментальным установкам необходимо знать распределение магнитного поля по трассе пучка. Оно было измерено вне рабочей области камеры ускорителя на поле $H = 11,5$ кГс. Результаты измерений показаны в таблице № 8.

Выводы.

1. Распределения по радиусу показателя неоднородности магнитного поля n на отдельных полюсах существенно отличаются друг от друга, однако значения n , усредненные по квадрантам, совпадают с точностью измерений с усредненными значениями по кольцу магнита на всех радиусах, за исключением незначительной разницы на радиусах $r = R_0 \pm 20$ см.

2. Распределения n по радиусу в плоскостях z_0 и $z_0 \pm 8$ см совпадают с точностью измерений. Уменьшение шага измерений по радиусу с 10 см до 5 см показало, что в этих плоскостях в n не наблюдаются малопротяженные искажения, за исключением искажений на радиусах $r = R_0 \pm 45$ см и $r = R_0 \pm 55$ см в плоскости z_0 и особенно в плоскости $z_0 - 8$ см. Эти искажения вносятся вихревыми токами, развивающимися в рельсах из уголкового дуралюминия размером $\Delta r \times \Delta z = 3$ см \times 3 см, уложенных у поверхности нижних полюсов.

3. Результаты работы дают достаточно полную картину распределения показателя неоднородности магнитного поля n и позволяют предложить рекомендации по его корректированию до $n_{opt} = 0,65$.

Лучшими вариантами корректирования n на малых полях являются величины токов в цикле размагничивания $I_p = 340$ или 500 А и в корректирующих проводниках, указанных в таблице № 5.

4. В связи с резким сокращением рабочей области по радиусу в диапазоне полей $H = 11 \div 12$ кГс и отсутствием специальной системы ее расширения, для предотвращения больших потерь пучка при его наведении на мишени необходимо подбирать азимут положения мишеней такой, чтобы они находились в рабочей области

$$R_0 + 15 \text{ см} > r > R_0 - 7 \text{ см.}$$

Литература.

1. М.Д.Веселов и др. Доклады на Всесоюзной конференции по физике частиц высоких энергий, 14-22 мая 1956 г., стр.154, изд.АН СССР, отделение физ.мат.наук, Москва, 1956.
2. Е.Г.Комар. Ускорители заряженных частиц. Атомиздат, Москва, 1964.
3. В.А.Коломенский, П.Н.Лебедев. Теория циклических ускорителей, ГИФМЛ, Москва, 1962.
4. Ю.Д.Безногих и др. ОИЯИ, Б2-9-10141, Дубна, 1976.
5. Ю.Д.Безногих и др. ОИЯИ, Б2-9-9203, Дубна, 1975.

Таблица № 1.

$\Delta n_0 = f_1(\tau)$ относительно $n = 0,65$ на $N = 230$ Гс при токе в цикле размагничивания $I_p = 800$ А (усреднение по 30 полюсам) и $I_p = 500$ и 340 А (усреднение по восьми полюсам).
 $\Delta n_3 = f_2(\tau)$ относительно $n = 0,65$. $N = 230$ Гс.

$r_{cm} / I_p(A), \Delta n_3$	-60	-50	-40	-30	-20	-10	R_0	+10	+20	+30	+40	+50	+60
800	+0,01	+0,015	+0,015	+0,011	+0,005	+0,005	-0,005	-0,005	-0,01	-0,01	-0,01	-0,015	-0,01
500	+0,04	+0,045	+0,035	+0,025	+0,015	+0,01	-0,01	-0,015	-0,02	-0,025	-0,03	-0,035	-0,04
340	+0,055	+0,05	+0,045	+0,035	+0,025	-0,015	-0,015	-0,02	-0,025	-0,035	-0,04	-0,045	-0,05
Δn_3	+0,02	+0,015	+0,005	0	+0,005	0	0	0	-0,005	0	-0,005	-0,015	-0,02

Таблица № 6.

Радиусы проводников обмоток коррекции и величины токов в них.

$r_{провод.} / I_p(A)$ (см)	-61	-43,5	-12,5	+12,5	+33,5	+43,5	+53,5
340	+0,5	+1,0	-0,5	-0,5	-1,0	0	-1,0
500	+0,5	+0,75	0	-0,75	-1,0	-0,5	-1,0

" + " ток в проводнике по направлению пучка.

$$n_y = f_1(\tau), n = n + \Delta n_0 + \Delta n_3 = f_2(\tau). H = 230 \text{ Гс}, z_0, I_p = 800 \text{ А.}$$

τ (см)	n_y						$n = n_0 + \Delta n_0 + \Delta n_3$						По кольцу	
	I	II	III	IV	По кольцу	I	II	III	IV	По кольцу				
+65	0,72	0,725	0,71	0,715	0,72	0,68	0,685	0,67	0,675	0,68	0,685	0,67	0,675	0,68
+60	0,745	0,75	0,74	0,73	0,74	0,715	0,72	0,71	0,70	0,71	0,715	0,71	0,70	0,71
+50	0,755	0,76	0,76	0,745	0,755	0,725	0,73	0,73	0,71	0,725	0,73	0,73	0,71	0,725
+40	0,74	0,745	0,75	0,725	0,74	0,725	0,73	0,735	0,705	0,725	0,73	0,735	0,705	0,725
+30	0,73	0,71	0,72	0,71	0,72	0,72	0,70	0,71	0,70	0,72	0,70	0,71	0,70	0,71
+20	0,72	0,68	0,70	0,705	0,70	0,705	0,665	0,685	0,69	0,705	0,665	0,685	0,69	0,685
+10	0,705	0,68	0,69	0,70	0,695	0,70	0,675	0,685	0,69	0,70	0,675	0,685	0,69	0,69
R_c	0,685	0,68	0,68	0,69	0,685	0,685	0,675	0,675	0,685	0,685	0,675	0,675	0,685	0,68
-10	0,665	0,66	0,65	0,655	0,66	0,65	0,66	0,66	0,66	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66
-20	0,67	0,665	0,635	0,63	0,65	0,68	0,675	0,645	0,64	0,68	0,675	0,645	0,64	0,66
-30	0,63	0,635	0,625	0,615	0,625	0,64	0,645	0,635	0,625	0,64	0,645	0,635	0,625	0,635
-40	0,60	0,60	0,59	0,59	0,595	0,62	0,615	0,61	0,61	0,62	0,615	0,61	0,61	0,615
-50	0,585	0,58	0,575	0,58	0,58	0,615	0,61	0,61	0,61	0,615	0,61	0,61	0,61	0,61
-60	0,59	0,585	0,58	0,58	0,585	0,62	0,62	0,61	0,61	0,62	0,62	0,61	0,61	0,615
-65	0,59	0,59	0,58	0,58	0,585	0,63	0,63	0,62	0,62	0,63	0,63	0,62	0,62	0,625

Таблица № 3.

$$\Delta n = n_{\text{квдр.}} - n_{\text{кольца}} = f_1(\tau). \quad H = 230 \text{ Гс}$$

$$\Delta n = f_2(\tau) \text{ на различных полях относительно } H = 230 \text{ Гс.}$$

КВ.Н. τ см	R_0												
	+60	+50	+40	+30	+20	+10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60
I	+0,005	0	0	+0,01	+0,02	+0,01	0	0	+0,02	0	0	0	0
II	+0,01	0	0	-0,01	-0,02	-0,01	0	0	+0,02	+0,01	0	0	0
III	0	0	+0,01	0	0	0	0	-0,01	-0,02	0	0	0	0
IV	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	0	0	0	0	-0,02	-0,01	0	0	0
310 Гс	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
430 Гс	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0	0	0	0
550 Гс	-0,04	-0,04	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	0	+0,01	+0,01

Таблица № 4.

$n_u = f_1(r) \cdot z_0$, $z_0 \pm 8$ см и $\Delta n_u = f_2(r)$ - разность n_u пл. z_0 и $z_0 - 8$ см относительно $z_0 + 8$ см. $H = 230$ Гс.
 Средние по четырем полюсам III и IV квадрантов магнита.

L см	z см	n_u			Δn_u	
		$z_0 + 8$ см	z_0	$z_0 - 8$ см	A *	B *
+65		0,72	0,72	0,725	0	+0,005
+60		0,75	0,74	0,745	-0,01	-0,005
+55		0,755	0,74	0,725	-0,015	-0,03
+50		0,75	0,75	0,75	0	0
+45		0,74	0,745	0,77	+0,005	+0,03
+40		0,72	0,725	0,725	+0,005	+0,005
+35		0,715	0,71	0,715	-0,005	0
+30		0,71	0,71	0,71	0	0
+25		0,705	0,70	0,71	-0,005	+0,005
+20		0,70	0,705	0,705	+0,005	+0,005
+15		0,695	0,69	0,70	-0,005	+0,005
+10		0,69	0,69	0,695	0	+0,005
+5		0,70	0,685	0,69	-0,015	-0,01
R_0		0,675	0,675	0,68	0	+0,005
-5		0,66	0,66	0,66	0	0
-10		0,65	0,645	0,645	-0,005	-0,005
-15		0,635	0,635	0,635	0	0
-20		0,63	0,63	0,625	0	-0,005
-25		0,615	0,615	0,615	0	0
-30		0,60	0,61	0,60	+0,01	0
-35		0,59	0,60	0,59	+0,01	0
-40		0,59	0,59	0,58	0	-0,01
-45		0,58	0,575	0,55	-0,005	-0,03
-50		0,57	0,57	0,57	0	0
-55		0,56	0,57	0,60	+0,01	+0,04
-60		0,57	0,58	0,585	+0,01	+0,015
-65		0,585	0,59	0,57	+0,005	-0,015

* $A = n_{z_0} - n_{z_0+8}$ $B = n_{z_0-8} - n_{z_0+8}$

Таблица № 5.

$$r_2 = f(r) \text{ до и после корректирования до уровня } r = 0,65.$$

I_p (А)	r (см) H (Гс)	-60	-50	-40	-30	-20	-10	R_0	+10	+20	+30	+40	+50	+60
340	230	0,66	0,65	0,65	0,66	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,68	0,69	0,69	0,67
	230*	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65
	310	0,64	0,63	0,64	0,65	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,68	0,69	0,69	0,66
	550	0,63	0,62	0,62	0,63	0,65	0,65	0,66	0,67	0,67	0,68	0,69	0,69	0,67
	550*	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
500	230	0,65	0,64	0,64	0,65	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69	0,70	0,70	0,68
	230*	0,66	0,66	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
	310	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,66	0,67	0,68	0,67	0,69	0,70	0,70	0,67
	550	0,62	0,62	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,67	0,68	0,69	0,70	0,68
	550*	0,63	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67
800	230	0,62	0,61	0,62	0,63	0,66	0,67	0,68	0,69	0,69	0,71	0,72	0,73	0,71
	310	0,61	0,60	0,61	0,62	0,65	0,66	0,68	0,68	0,68	0,70	0,71	0,71	0,69
	550	0,61	0,60	0,61	0,62	0,64	0,65	0,67	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,69

* - после корректирования.

Таблица № 7.

$\tau = f(\tau)$ на различных полях. Z_0 , усреднение по четырем полюсам.

τ (см) H кгс	-60	-50	-40	-30	-20	-10	R_0	+10	+20	+30	+40	+50	+60
9,0	0,45	0,54	0,58	0,61	0,63	0,65	0,66	0,67	0,68	0,70	0,72	0,76	0,85
10,0	0,39	0,50	0,56	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,75	0,81	0,92
11,0		0,44	0,52	0,57	0,61	0,64	0,66	0,68	0,71	0,75	0,80	0,90	
11,6		0,38	0,48	0,55	0,60	0,63	0,66	0,69	0,73	0,78	0,85	0,98	
11,8		0,35	0,45	0,53	0,59	0,62	0,66	0,70	0,74	0,79	0,87	1,00	
12,0		0,31	0,43	0,51	0,57	0,62	0,66	0,70	0,75	0,81	0,80	1,03	
12,2		0,22	0,36	0,46	0,54	0,61	0,66	0,71	0,76	0,83	0,93	1,10	

Таблица № 8.

$H = \chi_1(\tau)$ Паз между полюсами № 22 и 23. $H = 11,5$ кГс. $H = \chi_2(\tau)$ на азимуте : срез крайней стойки магнитопровода + 5 см в сторону промежутка между II и III квадрантами. В центре полюса № 48 II квадранта $H = 11,5$ кГс.

n)	Паз между полюсами			срез стойки + 5 см к промежутку				
	H_i (Гс)	$\frac{H_i}{H}$ %	(см)	H_i (Гс)	$\frac{H_i}{H_{R_0}}$	τ (см)	H_i (Гс)	$\frac{H_i}{11500}$ %
0	11500	100	+230	96	0,8	R_0+115	3020	26,3
0	11360	98,5	+240	52	0,45	+120	2860	25,8
0	11300	98	+250	31	0,3	+125	2700	23,5
0	11150	96,5	+260	-31	-0,3	+130	2520	22,0
0	10670	93	+270	-75	-0,65	+140	2180	19,0
00	9410	81,6	+280	-75	-0,65	+150	1850	16,1
10	7500	65	-30	11580	100,7	+160	1530	13,3
20	5850	51	-50	11600	101	+170	1250	10,9
30	4500	39,2	-70	11620	101,2	+180	935	8,2
40	3600	31,4	-90	11150	97	+190	675	5,9
50	2860	24,8	-100	9920	86,5	+200	415	3,6
60	2550	19,5	-110	7770	67,5	+210	145	1,3
70	1740	15,1	-120	5980	52	+220	-312	-2,7
80	1310	11,4	-130	4670	40,5	+230	-453	-3,9
90	935	8,1	-140	3720	32,4	+240	-495	-4,3
200	620	5,3	-150	2980	26	серед. стойки	-104	-0,9
210	370	3,2	-160	2390	20,8	край стойки	-52	-0,45
220	203	1,8	-170	1910	16,5			

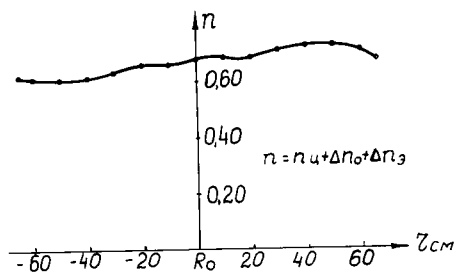


Рис.1. $n = f(z)$ усредненное по кольцу магнита с учетом возмущений от остаточного поля и восьми измерительных электродов. $H = 230$ Гс, плоскость z_0 .

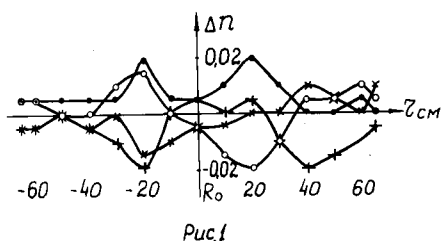


Рис.2. $\Delta n = f(z)$ разность значений на кольце и квадрантах магнита. $H = 230$ Гс, плоскость z_0 .

- - I квадрант x - III квадрант
- - II квадрант + - IV квадрант

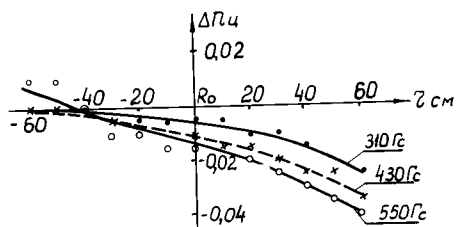


Рис.3. $\Delta n = f(z)$ в плоскости z_0 относительно $H = 230$ Гс.

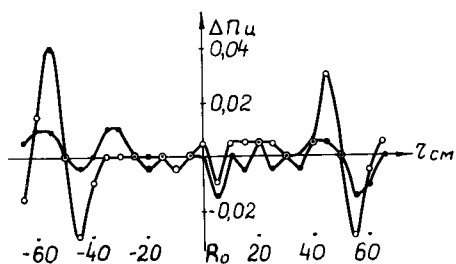


Рис.4. $\Delta n = f(z)$ в плоскостях z_0 и $z_0 - 8$ см относительно плоскости $z_0 + 8$ см. $H = 230$ Гс.

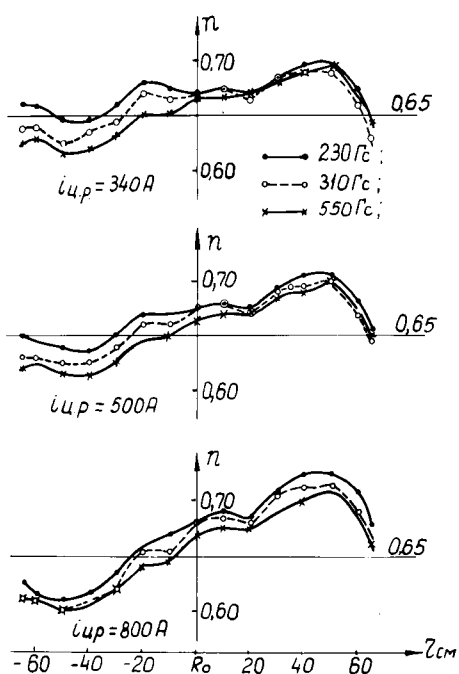


Рис.5. $n=f(z)$ плоскость Z_0 , $H = 230$ Гс, 310 и 550 Гс при токе в цикле размагничивания $I_p = 340, 500$ и 800 А.

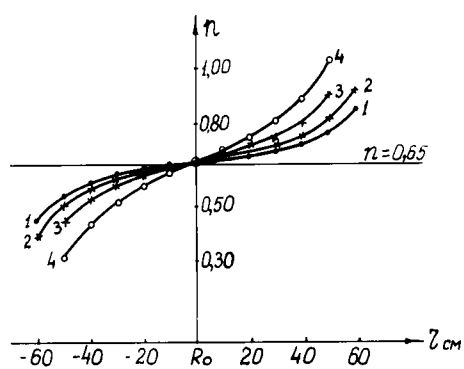


Рис.6. $n=f(z)$ плоскость Z_0

- 1 - $H = 9,0$ кГс
- 2 - $H = 10,0$ кГс
- 3 - $H = 11,0$ кГс
- 4 - $H = 12,0$ кГс