

## ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СИНХРОТРОНА НА 300 МЭВ

В. А. ВИЗИРЬ, В. Н. ЕПОНЕШНИКОВ, Б. Н. КАЛИНИН, Л. Г. КОСИЦИН,  
П. П. КРАСНОНОСЕНЬКИХ, В. Н. КУЗЬМИН, Ю. К. ПЕТРОВ

В процессе подготовки ускорителя к запуску были проведены детальные исследования важнейших характеристик магнитного поля синхротрона на 300 Мэв. Особое внимание было уделено измерению и компенсации магнитного поля в момент инжекции. Были также проведены измерения поля на уровнях 5000 и 10000 э. В результате компенсации магнитного поля в момент инжекции радиальные искажения орбит при одновременном действии всех искажающих факторов не превышают  $\pm 1,3$  см при радиальной ширине области рабочих значений показателя спадания поля, равной 11 см. Искажения средней магнитной медианной поверхности в момент инжекции не превышают  $\pm 0,2$  мм.

Ниже описаны наиболее важные этапы магнитных измерений и результаты коррекции искажений.

### Измерение и коррекция азимутальных искажений вертикальной составляющей магнитного поля

Измерение азимутальных искажений вертикальной составляющей магнитного поля проводилось в рабочем режиме на уровнях 18, 50, 80, 100, 5000 и 10000 э.

В результате этих измерений было установлено, что распределения поля по азимуту при  $H_0=5000$  э и  $H_0=10000$  э с большой точностью совпадают. Поэтому можно утверждать, что эффекты насыщения стали магнитопровода при  $H_0=10000$  э практически не сказываются. Искажения орбиты при  $H_0=5000 \div 10000$  э составляют  $\pm 0,9$  см.

Так как при энергии электронов 100 ÷ 300 Мэв размеры пучка обычно не превышают 1,5 см [1], то допустимое искажение орбиты в средних полях может быть 2—3 см. Следовательно, сборка магнита произведена качественно, и азимутальное распределение в средних полях вполне удовлетворительно.

Суммарное действие искажений естественного магнитного поля в секторах и прямолинейных промежутках в момент инжекции, отклоняет орбиту частиц от среднего радиуса на  $\pm 5,7$  см (рис. 1.).

Искажения поля в момент инжекции объясняются в основном влиянием остаточного и вихревых полей и были подробно исследованы в работах [2, 3]. Компенсация этих искажений поля на уровне инжекции была произведена при помощи постоянного поля, создаваемого витками системы коррекции [4, 5].

Величину радиального искажения орбиты удалось снизить до 1,3 см (рис. 1). При росте поля от 118 э до 100 э искажение орбиты уменьшается, приближаясь к 0,9 см, и остается постоянным до конца дикла ускорения.

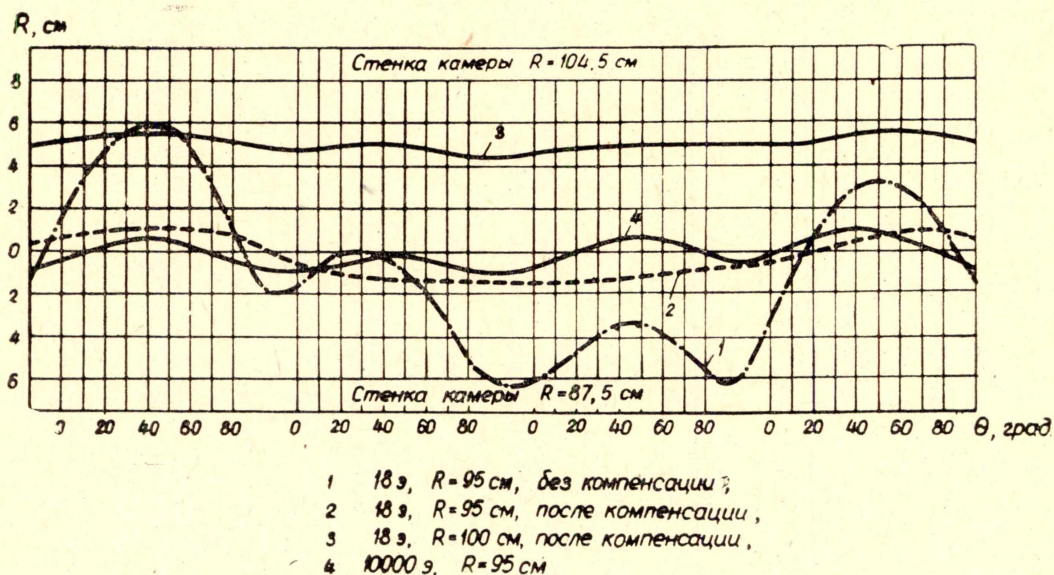


Рис. 1. Орбиты частиц

Аппаратура и методы, использованные при магнитных измерениях подробно описаны в работе [6] и не отличаются от аппаратуры, применявшейся при измерениях на синхротронах подобного типа [7].

### Измерение и коррекция магнитной медианной поверхности

Измерения магнитной медианной поверхности проводились в полях 18 э, 40 э, 60 э, 80 э и 100 э, на радиусах 90 см, 95 см, 100 см. В результате этих измерений было установлено, что:

- 1) средняя для всей машины магнитная медианная поверхность лежит ниже геометрической на 3,5 мм;
- 2) максимальное отклонение магнитной медианной поверхности на отдельных азимутах составляют  $\pm 2,5$  мм (рис. 2);
- 3) изменения медианной поверхности с ростом поля от 18 э до 100 э не наблюдается;
- 4) наклон медианной поверхности по радиусу не превышает 0,3 мм;
- 5) радиальная составляющая поля на прямолинейных участках достигает 0,3 э;
- 6) вертикальные колебания орбиты, вызванные искажением магнитной медианной поверхностью в секторах и наличием радиальной составляющей поля на прямолинейных участках, составляют  $\pm 3$  мм (рис. 2).

Компенсация искажений магнитной медианной поверхности в секторах и радиальной составляющей в прямолинейных промежутках на уровне инжекции была проведена постоянным полем [4, 5]. В результате такой компенсации удалось уменьшить средние отклонения медианных поверхностей от средней геометрической плоскости в секторах до  $\pm 0,18$  мм, а вертикальные колебания орбиты — до  $\pm 0,9$  мм (рис. 2).

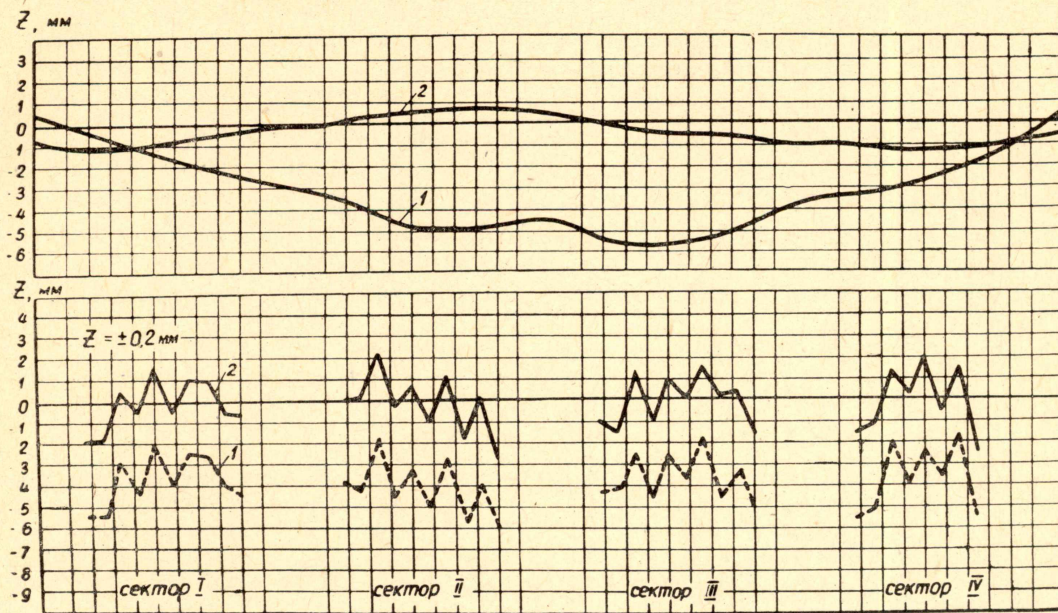


Рис. 2. Вертикальные колебания орбиты частиц и кривые магнитной медианной поверхности на уровне инжекции.  
1 — до компенсации, 2 — после компенсации

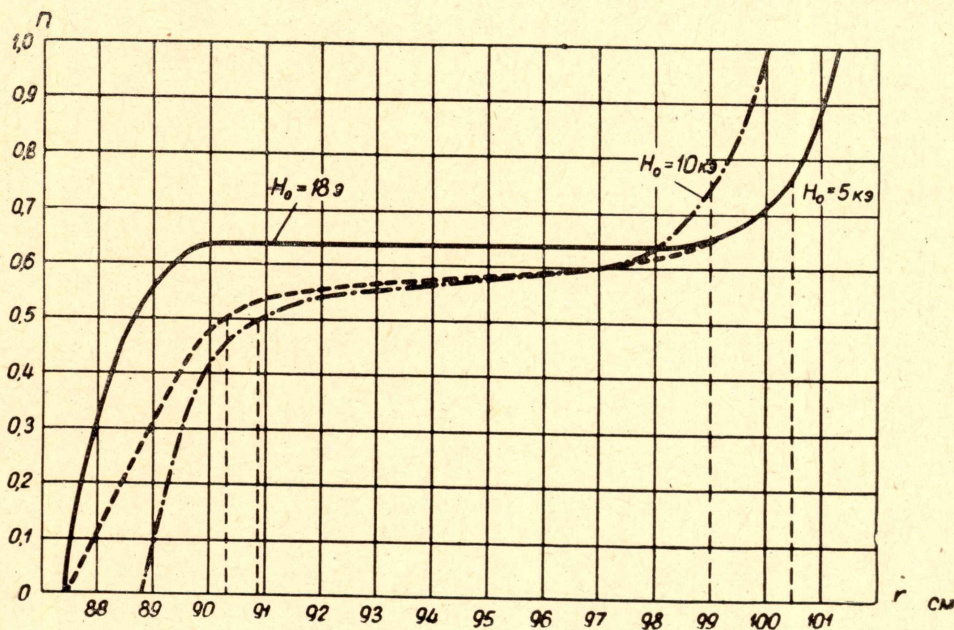


Рис. 3. Распределение показателя спада поля по радиусу.

## Измерение и коррекция $n$ в рабочем режиме

Измерение величины показателя спадания поля  $n$  и ее распределения по радиусу в рабочем режиме были проведены в полях 18 э, 100 э, 5000 э и 10000 э. Измерения проводились на 12 азимутах каждого сектора и усреднялись по всем азимутам.

Как показали измерения в полях 5000 э и 10000 э (рис. 3), рабочая область по  $n$  сокращается с 10 см при поле 5000 э до 8 см при поле 10000 э за счет насыщения полюсных наконечников. Ширина рабочей области практически одинакова на всех азимутах.

Измерения  $n$  в момент инжекции показали, что рабочая область составляет 10 см при  $n_{ср} = 0,685$  на среднем радиусе. После коррекции  $n$  в момент инжекции рабочая область составила 11,5 см при  $n_{ср} = 0,63$  (рис. 3).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. А. Королев, А. Г. Ершов, О. Ф. Куликов. Экспериментальное исследование колебаний электронов в синхротроне на 680 мэв. Ускоритель электронов на 608 мэв, Госатомиздат, 1962.
  2. В. Н. Епонешников. Влияние вихревых токов на изменение эффективного угла синхротрона с прямолинейными участками. Изв. учебных заведений, «Электромеханика», № 6, 1959.
  3. В. Н. Епонешников, В. П. Кириллов, В. Н. Кузьмин. Динамика эффективного угла сектора в ускорителе с прямолинейными участками. Изв. высш. учебн. заведений, «Физика», № 1, 1960.
  4. В. Н. Епонешников. Диссертация, НИИЯФЭА ТПИ, 1959.
  5. В. Н. Епонешников, Б. Н. Калинин, В. Н. Кузьмин. Система коррекции магнитного поля синхротрона на 300 мэв. Настоящий сборник.
  6. В. А. Визирь, В. Н. Епонешников, Б. Н. Калинин, В. Н. Кузьмин, Ю. К. Петров. Приборы для измерения магнитного поля в электронном синхротроне на 1,5 Гэв. Тезисы докладов на VI межвузовской конференции по электронным ускорителям, Томск, 27, 1966.
  7. Г. М. Бозин, Л. В. Еремин, Ю. Н. Метельников, В. Е. Писарев, К. Н. Шорин. Магнит и характеристики магнитного поля ускорителя на 680 Мэв.
-