

С 345 е 4

A-194

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



3742/273

13 - 7182

С.А.Аверичев, В.П.Заболотин, В.П.Матвеева,
Б.Ф.Стуканов, В.А.Шурховецкий

ВЫВОДНАЯ ЛИНЗА ДЛЯ МЕДЛЕННОГО
ВЫВОДА ПУЧКА ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

13 - 7182

С.А.Аверичев, В.П.Заболотин, В.П.Матвеева,
Б.Ф.Стуканов, В.А.Шурховецкий

ВЫВОДНАЯ ЛИНЗА ДЛЯ МЕДЛЕННОГО
ВЫВОДА ПУЧКА ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Введение

Выводной магнит, установленный в прямолинейном промежутке синхрофазотрона, осуществляет вывод пучка протонов за пределы вакуумной камеры. Отклоненный пучок испытывает значительную дефокусировку, поэтому за магнитом была установлена импульсная фокусирующая магнитная линза типа Панофского^{/1,2/}. Максимальный градиент магнитного поля был задан 800 гс/см при апертуре 65 x 200 мм и длине магнитопровода 700 мм.

Для изготовления магнитопровода магнитной линзы использовались листы электротехнической стали от запасных деталей магнитопровода синхрофазотрона.

Наличие источника энергии, способного питать обмотку импульсами тока до 3000 а, а также ассортимента изоляционных материалов, которые можно применить для работы в условиях вакуума, легло в основу выбора конструкции линзы. Общий вид выводной линзы /ВЛ/ представлен на рис. 1.

Конструкция выводной линзы

В выводной системе синхрофазотрона применена квадрупольная линза Панофского с прямоугольной апертурой^{/3,4/}. Габаритные размеры магнитопровода 236 x 425 мм. Магнитопровод состоит из двух половин, как видно из рис. 2. Сердечник линзы собран из листов стали Э2 толщиной 10 мм. Два листа по краям линзы имеют толщину по 20 мм. Между листами стали вклеена эпоксидной смолой стеклоткань толщиной 0,025 мм.

Перед склейкой сталь обезжиривалась. Стеклоткань прогревалась при $t^{\circ}=150^{\circ}\text{C}$, пока полностью не удалялся парафиновый покров, а затем была промыта в ацетоне.

Индукция в магнитопроводе - 13000 гс. Обмотка состоит из 4-х катушек /рис. 3/, соединенных последовательно /в каждой катушке 4 секции по 3 витка/, и изготовлена из медной шинки сечением 48 мм^2 /размером $8,5 \times 8,5\text{ мм}$, диаметр отверстия канала для охлаждения обмотки равен $5,5\text{ мм}$ /.

Медная шина для мягкости перед изгибанием отжигалась. Наматывалась обмотка на специальном шаблоне. В качестве изоляции шины использовалась стеклолента толщиной $0,08\text{ мм}$; шириной $15 - 20\text{ мм}$, намотанная двумя слоями: 1 слой впритык и 1 слой вполнахлеста, секции изолировались друг от друга 1 слоем стеклоленты, пропитанной эпоксидной смолой.

Между катушками и сердечником, между катушками и деталями крепления проложен стеклотекстолит толщиной $1,0\text{ мм}$.

Тоководоподводы

Тоководоподводы к линзе в вакуумную камеру синхрофазотрона выполнены при помощи уплотненных на вакуум 17 штук полых труб, соединенных переходниками со шлангами, идущими к общему коллектору. 2 медные трубы $\varnothing 16\text{ мм}$ осуществляют токо- и водоподвод, а 15 трубок из нержавеющей стали $\varnothing 12\text{ мм}$ - только водоподвод. Наружные тоководоподводы осуществлены шинами.

Ток линзы равен 2900 а в импульсном режиме, что соответствует эквивалентному току 1200 а .

Характеристики магнитного поля

При конструировании выводной линзы поле в линзе было смоделировано на проводящей бумаге. Две соз-

данных модели позволили получить сетку ортогональных эквипотенциальных линий /рис. 4/. Снятие кривых распределения магнитного поля в рабочем зазоре линзы проводилось с помощью датчика Холла с чувствительностью 68 мкв/аэ .

Механическая система обеспечивала передвижение датчика Холла по всему объему магнитного поля и позволяла устанавливать датчик с точностью до десятых долей мм.

Измерение магнитного поля производилось в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Привязка координатной системы к габаритным размерам апертуры линзы приведена на рис. 5.

На рис. 5 и 6 даны кривые напряженности магнитного поля в рабочем зазоре линзы по оси X и Z .

Кривые намагничивания изображены на рис. 7.

Средний градиент определялся в середине линзы на длине 5 см по формуле

$$G = \frac{H_{x_1} - H_{x_2}}{5},$$

где H_{x_1} - поле в точке $X_1 = +20\text{ мм}, Z=0$; H_{x_2} - поле в точке $X_2 = -30\text{ мм}, Z=0$.

Расчетный градиент линзы 800 э/см получен при токе 2650 а .

В заключение авторы благодарят Н.И.Павлова, И.Б.Иссинского за помощь в работе, В.М.Головина, В.И.Рязанцева, Н.М.Чикварова, Л.Г.Конакова, Н.С.Иванченкова, А.С.Русакова, В.Г.Чуркина, А.Г.Саукова, В.М.Вирясова за участие в изготовлении и монтаже линзы медленного вывода.

Таблица данных выводной линзы

1. Основные данные ВЛ

1/ Конфигурация железа	- О-образная
2/ Магнитопровод	а/ высота - 230 мм
	б/ ширина - 425 мм
	в/ длина - 700 мм

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 3/ Апертура | а/ высота - 65 мм |
| | б/ ширина - 216 мм |
| 4/ Вес магнитопровода | - 390 кг |
| 5/ Вес активной меди | - 40 кг |
| 6/ Общий вес линзы | ≤ 500 кг |

Выводная линза предназначена для работы в вакуумной камере.

II. Режим работы ВЛ

- | | |
|---|--------------|
| 1/ Питание импульсное | |
| Длительность "стола" | - 500 мсек |
| Частота импульсов | - 10 имп/мин |
| 2/ Максимальный ток | - 2900 а |
| 3/ Эквивалентный ток | - 1200 а |
| 4/ Максимальное падение напряжения на обмотке возбуждения | - 130 в |

III. Обмоточные данные ВЛ

- | | |
|---|----------------------|
| 1/ Проводник - медь прямоугольная 8,5 x 8,5 мм с отверстием | - ∅ 5,5 мм |
| сечение меди | - 48 мм ² |
| 2/ Число витков | - 48 |
| 3/ Число секций | - 16 |
| 4/ Число катушек | - 4 |
| 5/ Соединение катушек по току | - последовательное |
| 6/ Сопротивление обмотки при 20° С | - 0,0448 ом |

IV. Данные охлаждения

- | | |
|---|------------------------|
| 1/ Перепад напора по воде в обмотке линзы | - 4 кг/мм ² |
| 2/ Число параллельных ветвей по воде | - 16 |

- | | |
|----------------------------------|-------------------------|
| 3/ Общий расход воды на линзу | - 2 м ³ /час |
| 4/ Максимальная температура воды | - 75° С |
| 5/ Вода дистиллированная | |

Литература

1. Л.П.Зиновьев, И.Б.Иссинский, В.С.Миронов, С.А.Новиков, В.И.Черников. Сообщение ОИЯИ, 9-6537, Дубна, 1972.
2. H.H.Umstätter. CERN, 65-36, Geneve, 1959.
3. M.Morpurgo. CERN, 64-34, Geneve, 1964.
4. С.Я.Явор. Фокусировка заряженных частиц квадрупольными линзами. Атомиздат, Москва, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 мая 1973 года.



Рис. 1. Общий вид выводной линзы.

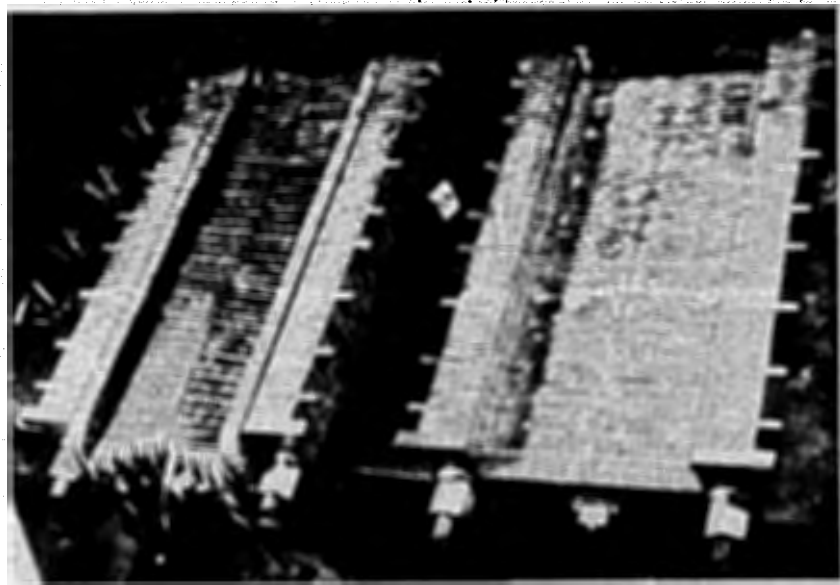


Рис. 2. Магнитопровод выводной линзы.

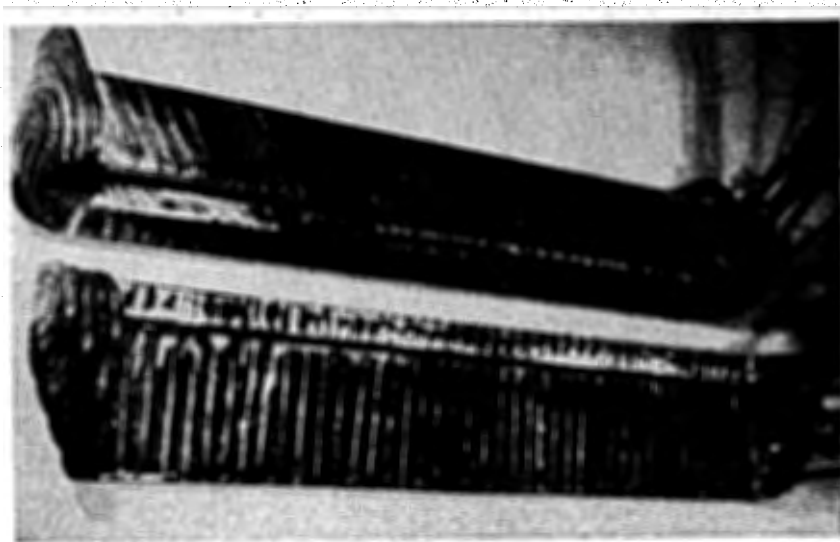


Рис. 3. Обмотка линзы /2 катушки/.

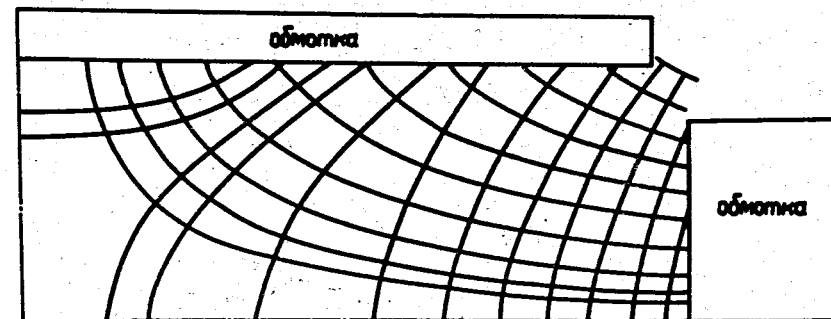


Рис. 4. Поле в линзе, снятое на модели.

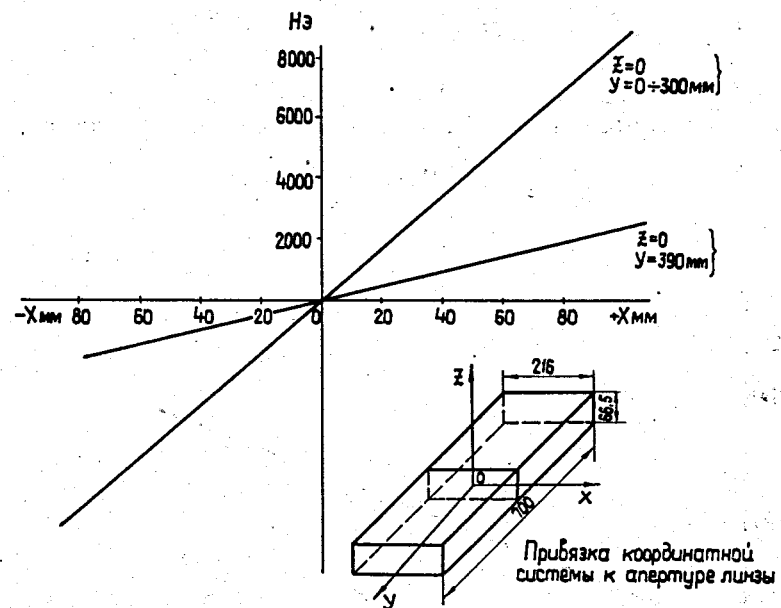


Рис. 5. Кривая напряженности магнитного поля по оси X.

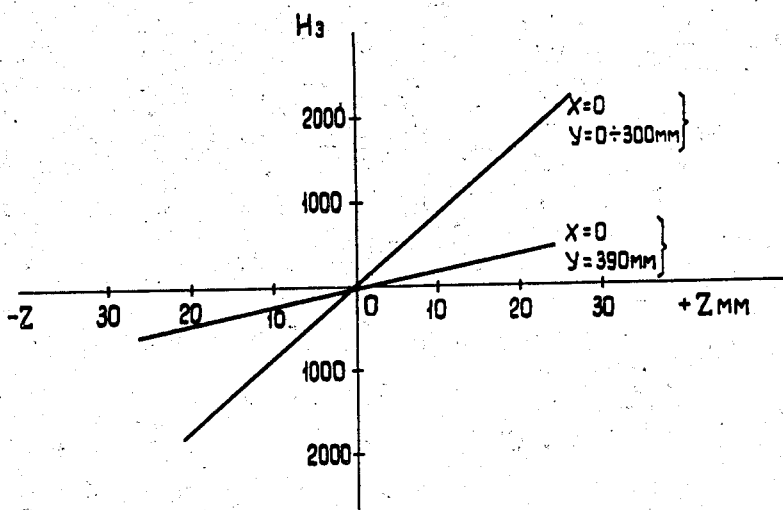


Рис. 6. Кривая напряженности магнитного поля по оси Z.

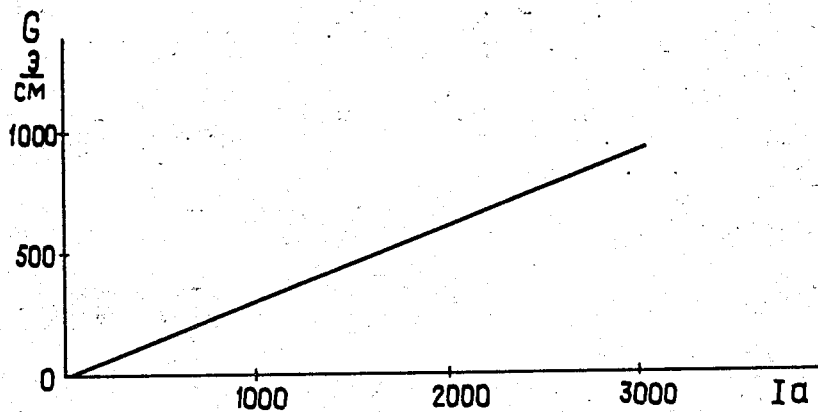


Рис. 7. Кривая намагничивания сердечника.