

С 345 U
Ш-42

20/VI-90

P9 - 5047

И.А. Шелаев, А.И. Иваненко, С.И. Козлов,
Р.Ц. Оганесян, В.А. Чугреев

СИСТЕМА ТОКОВОЙ КОРРЕКЦИИ
ДВУХМЕТРОВОГО ИЗОХРОННОГО ЦИКЛОТРОНА
ОИЯИ

P9 - 5047

И.А. Шелаев, А.И. Иваненко, С.И. Козлов,
Р.Ц. Оганесян, В.А. Чугреев

СИСТЕМА ТОКОВОЙ КОРРЕКЦИИ
ДВУХМЕТРОВОГО ИЗОХРОННОГО ЦИКЛОТРОНА
ОИЯИ

8380/2
49

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ
ОИЯИ

Двухметровый изохронный циклотрон, созданный в ЛЯР ОИЯИ, предназначен для ускорения ионов с отношением $\frac{A}{Z} \geq 2,8$ на фиксированном уровне магнитного поля^{/1,2/}. В настоящей работе описывается система токовой коррекции циклотрона У-200.

Как указывалось в работе^{/3/}, необходимое распределение магнитного поля для ионов с $2,8 \leq \frac{A}{Z} \leq 4$ было получено с помощью железных шимм. Однако в конструкции ускорителя предусматривалось использование токовых корректирующих катушек. Одним из важных вопросов, который необходимо было решить, являлся выбор типа изоляции для катушек. При данном типе магнитной структуры циклотрона с малыми величинами воздушных зазоров размещение катушек в отдельный форвакуумный отсек представляет значительные конструктивные трудности и неизбежно приводит к увеличению воздушного зазора^{/4,5/}. Поэтому корректирующие катушки размещались в зоне высокого вакуума в шиммирующем зазоре^{/6/}. Естественно, что при этом выбранный тип изоляции должен обеспечивать минимальное газоотделение с поверхности с тем, чтобы не ухудшать рабочий вакуум в ускорительной камере. Кроме того, изоляция должна быть достаточно надежной по соображениям механической и электрической прочности.

Из нескольких типов изоляции была выбрана стеклослюдинитовая лента на кремнийорганической основе толщиной 0,12 мм. На стенде вакуумных измерений ЛЯР были проведены эксперименты по исследованию данного типа изоляции в условиях высокого вакуума. Результаты представлены на рис. 1, где приведена зависимость давления в объеме от

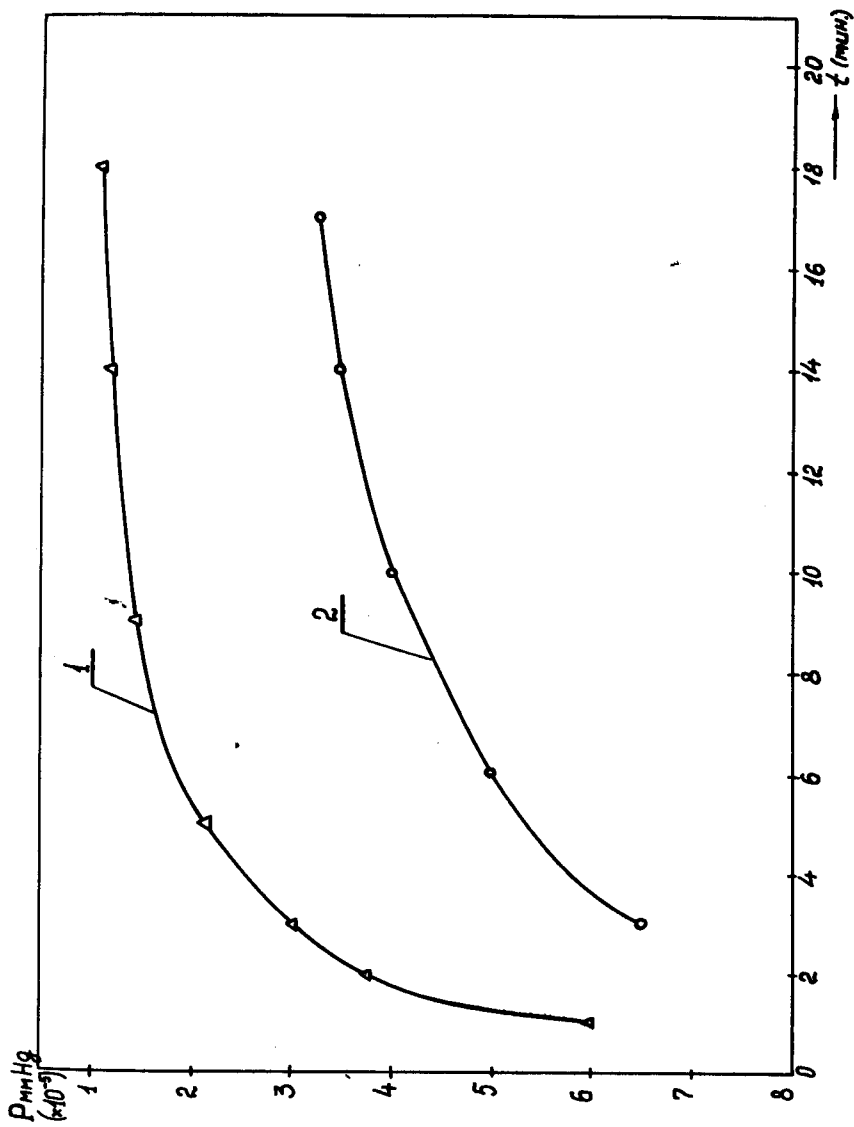


Рис. 1. Зависимость давления в объеме от времени откачки. Кривая 1 - чистый объем, кривая 2 - в объеме помещена изоляция. Измерения проводились на стенде вакуумных измерений.

времени откачки (начало отсчета времени, отложенного по оси абсцисс, относится к моменту получения нужной величины форвакуума).

Как видно из рисунка, газоотделение данного типа изоляции достаточно мало, о чём свидетельствует подъем кривой 2. Рабочее давление, равное $1 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст., было получено примерно через 2 часа. В процессе длительной эксплуатации вакуумной системы циклотрона проведенные измерения показали, что средняя величины натекания и газоотделения с 1 см^2 поверхности составляет $q = 1 \cdot 10^{-8}$ литр.тор /сек. Три высоковакуумных насоса типа ВА-8-7, установленных на циклотроне, при суммарной скорости откачки в 12 000 литр/сек обеспечивают при указанном значении q рабочий вакуум в ускорительной камере $P = 1 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст. без подачи газа в ионный источник и $(2-3) 10^{-6}$ мм рт.ст. с пучком ионов.

В циклотроне У-200 используются шесть пар одновитковых кольцевых корректирующих катушек, установленных на радиусах $R = 31; 42; 48; 56; 63; 68$ см.

Фотография катушек, установленных на крышке вакуумной камеры в процессе сборки, представлена на рис. 2.

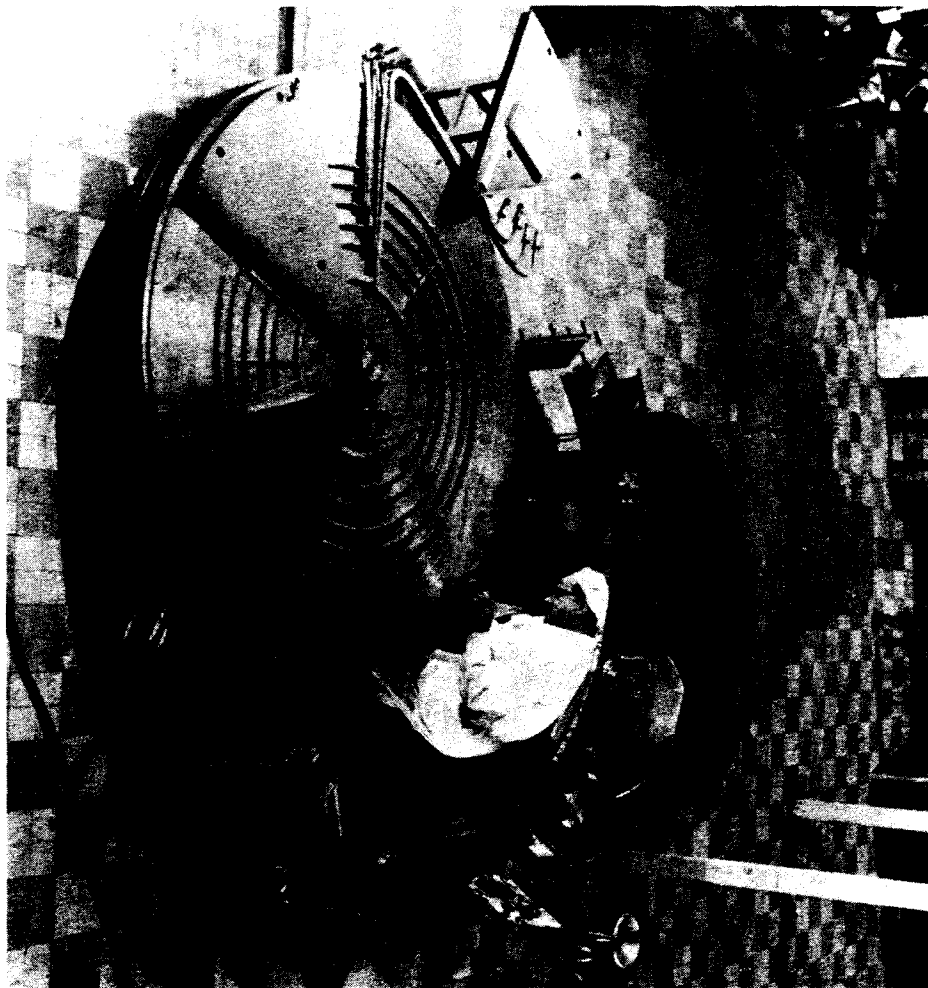
Катушки изготовлены из медного проводника сечением $S = 11,5 \times 11,5 \text{ мм}^2$ с каналом диаметром 8 мм для водяного охлаждения.

Питание катушек осуществляется от генераторов постоянного тока мощностью 9 квт, максимальная величина пропускаемого тока - 1000 а.

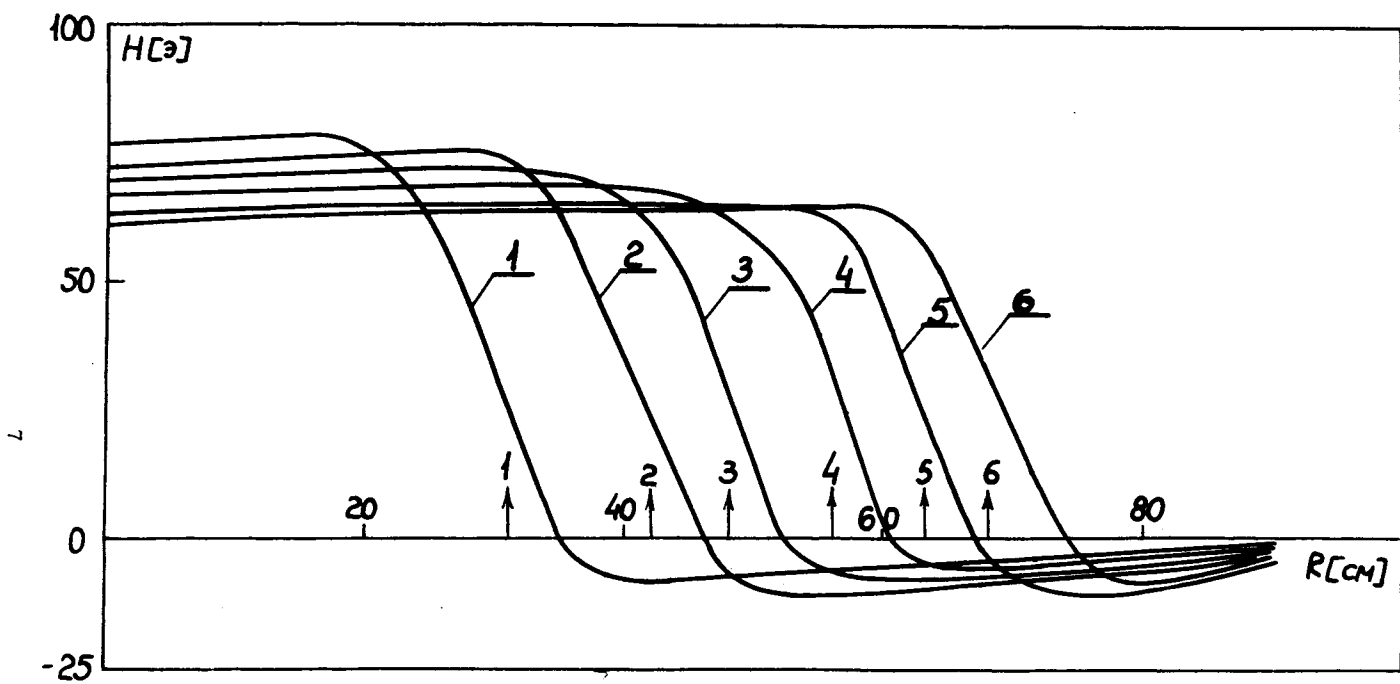
Кривые распределения средних магнитных полей корректирующих катушек при уровне основного поля $H_0 = 19,5 \text{ кэ}$ представлены на рис. 3. Из рисунка видно, что вклад каждой одновитковой катушки составляет около 60 э при токе в ней равном $I_k = 750 \text{ а}$.

Измерения магнитных полей катушек производились на элементе периодичности с шагом в радиальном и азимутальном направлениях, соответствующим измерениям основного поля. На рисунке 4 представлена зависимость интенсивности пучка на конечном радиусе при варьировании токов в катушках №4 и 5. Как видно из рисунка, магнитное поле, сформированное с помощью железных масс, обеспечивает изохронное ускорение ионов практически без применения токовых корректирующих катушек.

Рис. 2. Сборка корректирующих катушек, установленных на крышке вакуумной камеры.



8



7

Рис. 3. Радиальные распределения магнитного поля концентрических катушек, расположенных в зазоре между секторами и полюсом при $H_0 = 19,5$ кэ. Стрелками отмечены радиусы установки катушек.

В процессе запуска циклотрона и экспериментов с пучком ускоренных ионов токовые корректирующие катушки использовались также для контроля положения медианной плоскости относительно средней геометрической плоскости зазора. С этой целью питание трех пар корректирующих катушек осуществлялось отдельно для верхней и нижней половин. На рисунке 5 представлено вертикальное распределение пучка, измеренное трехламельным пробником (высота центральной ламели – 4 мм, верхней и нижней – 13 мм).

Компенсация низших гармоник магнитного поля и коррекция положения орбиты пучка при входе в дефлектор осуществляются четырьмя парами азимутальных катушек, разнесенных на углы 90 и 45° соответственно и установленных на радиусах 20 и 85 см. Катушки изготовлены из 20 витков медного проводника диаметром 6 мм с отверстием диаметром 4 мм для протока воды.

Таким образом, проведенные исследования с токовыми катушками показывают, что:

размещение катушек с выбранным типом изоляции в области высокого вакуума не ухудшает величину рабочего вакуума в ускорительной камере.

Экспериментальные измерения вкладов полей корректирующих катушек могут быть использованы для расчёта и проектирования более мощной токовой системы ускорителей подобного типа.

Л и т е р а т у р а

1. И.А. Шелаев и др. Препринт ОИЯИ 9-3988, Дубна, 1968.
2. I.A. Shelaev et al. IEEE Transactions on Nucl. Science, v. NS-16, N3, 1969.
3. И.А. Шелаев и др. Препринт ОИЯИ P9-4233, Дубна, 1968.
4. А.Г. Алексеев и др. Труды Международной конференции по ускорителям. Атомиздат, стр. 600, 1964.
5. R.J. Jones et al. Nucl. Instr. and Meth., v. 18-19, 46, 1962.
6. А.А. Арзуманов и др. Препринт ИАЭ-225, Москва, 1961.

Рукопись поступила в издательский отдел

16 апреля 1970 года.

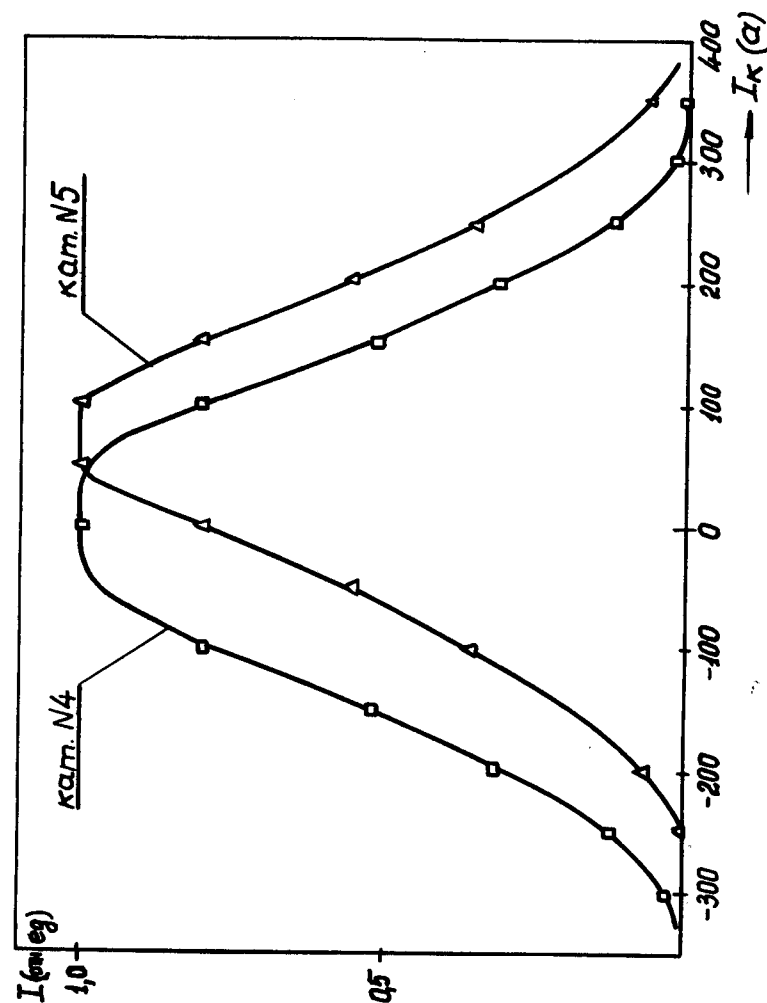


Рис. 4. Зависимость интенсивности пучка на конечном радиусе ускорения при изменении тока в корректирующих катушках.

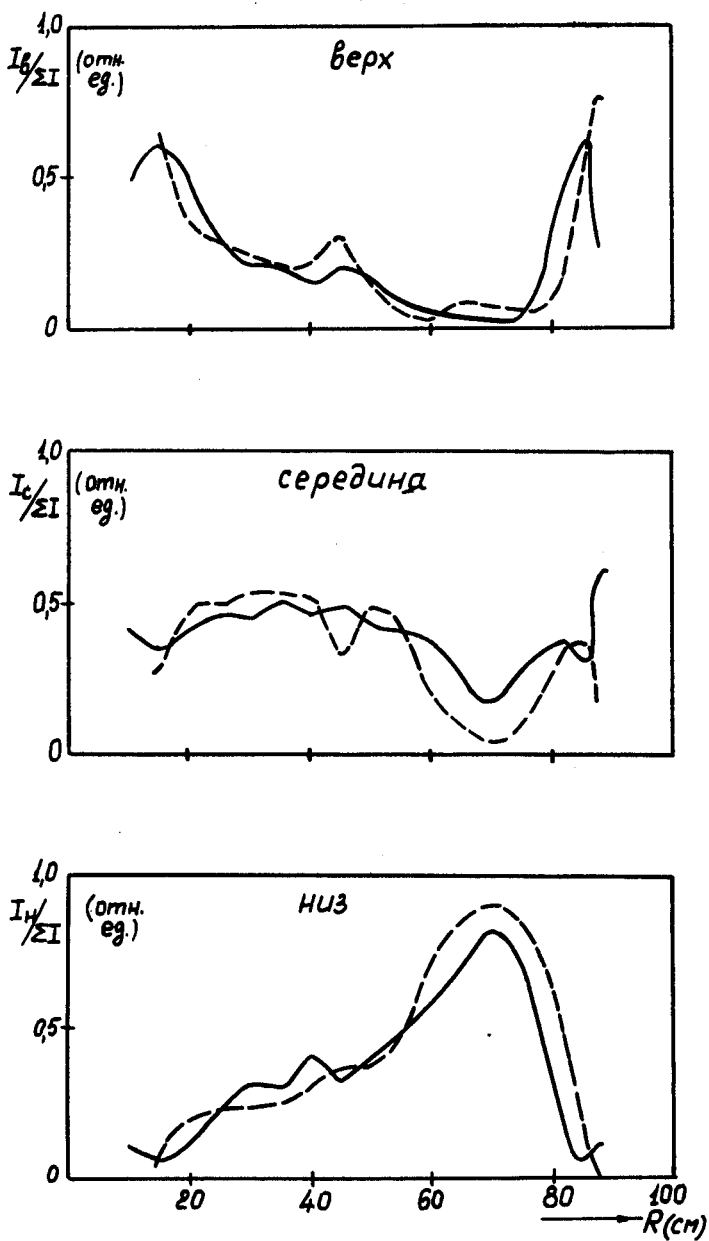


Рис. 5. Вертикальное распределение пучка ускоренных ионов, измеренное трехламельным пробником. Пунктирная кривая соответствует случаю, когда отсутствует корректирующее действие катушек, сплошная кривая - включенным катушкам.