

10382

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



A-484

1576/2-77

25/4-i

P9 - 10382

Ю.Г.Аленицкий, В.Н.Аносов, А.Т.Василенко,
Д.П.Василевская, А.А.Глазов, Ю.Н.Денисов,
Л.Г.Денисова, В.П.Джелепов, В.П.Дмитриевский,
Н.Л.Заплатин, С.А.Ивашкевич, В.В.Калиниченко,
А.В.Калмыков, Б.Е.Корнеев, В.В.Кольга, В.А.Кочкин,
М.Крживанек, Ли Зун, Н.А.Морозов, Д.Л.Новиков,
Л.М.Онищенко, Н.И.Полумордвинова, В.А.Саенко,
М.М.Семенов, Е.Схвабе, В.И.Сидорова, В.М.Сороко,
З.Трейбал, М.Чигак, Н.Г.Шакун, М.Ф.Шабашов,
И.Шинагл, П.Т.Шишлятников, Юн Хо Зин

ИЗОХРОННЫЙ ЦИКЛОТРОН

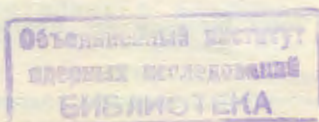
С ГЛУБОКОЙ РЕГУЛИРОВКОЙ ЭНЕРГИИ

1977

Ю.Г.Аленицкий, В.Н.Аносов, А.Т.Василенко,
Д.П.Василевская, А.А.Глазов, Ю.Н.Денисов,
Л.Г.Денисова, В.П.Джелепов, В.П.Дмитриевский,
Н.Л.Заплатин, С.А.Ивашкевич, В.В.Калиниченко,
А.В.Калмыков, Б.Е.Корнеев, В.В.Кольга, В.А.Кочкин,
М.Крживанек, Ли Зун, Н.А.Морозов, Д.Л.Новиков,
Л.М.Онищенко, Н.И.Полумордвинова, В.А.Саенко,
М.М.Семенов, Е.Схвабе, В.И.Сидорова, В.М.Сороко,
З.Трейбал, М.Чигак, Н.Г.Шакун, М.Ф.Шабашов,
И.Шинагл, П.Т.Шишлянников, Юн Хо Зин

**ИЗОХРОННЫЙ ЦИКЛОТРОН
С ГЛУБОКОЙ РЕГУЛИРОВКОЙ ЭНЕРГИИ**

*Направлено на V Всесоюзное совещание по ускорителям
заряженных частиц*



Таблица

Ускоряемые частицы	Протоны	Дейтроны	α -частицы He_3^{+2}	
Максимальная энергия /МэВ/	39,5	20,0	40,0	50,0
Минимальная энергия /МэВ/	13,0	8,7	17,4	17,0
Предельный радиус ускорения /см/	51	51	51	51
Максимальная средняя индукция магнитного поля /Тл/	1,8	1,8	1,8	1,8
Минимальная средняя индукция магнитного поля /Тл/	1,0	1,0	1,0	1,0
Максимальная частота ускоряющего напряжения /МГц/	26	13,6	13,6	26
Минимальная частота ускоряющего напряжения /МГц/	15	8,8	8,8	8,8

ральными концентрическими и системой гармонических обмоток приведена на рис. 1а. На рис. 1б показана плакировка вакуумной камеры со стороны спиральных шимм с системой концентрических катушек. Вид нижней крышки вакуумной камеры в сборе представлен на рис. 1в.

Суммарная мощность, потребляемая корректирующими обмотками, при некоторых значениях среднего

Рис. 1. Магнитная система циклотрона. а/ полюсной наконечник со спиральными шиммами, пятью центральными концентрическими и системой гармонических обмоток; б/ плакировка с 13-ю концентрическими обмотками; в/ нижняя крышка ускорительной камеры в сборе.

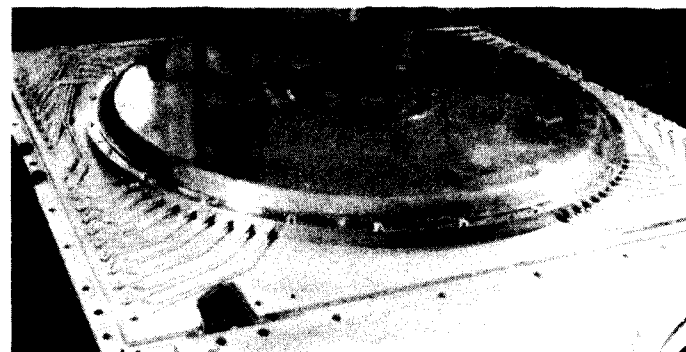
а/



б/



в/



поля достигает 80 кВ , что составляет 50% мощности питания основной обмотки возбуждения электромагнита циклотрона.

Высокочастотная ускоряющая система с одним 180° -ым дуантом и прямоугольной в сечении резонансной линией перестраивается в диапазоне частот от $8,8$ до 27 МГц с помощью подвижных панелей и триммеров. На рис. 2 схематически показана резонансная система. За счет относительно больших величин емкостей триммеров / $\sim 1000 \text{ пФ}$ / весь диапазон частот перекрывается только при трех положениях подвижных панелей. Ускоряющее напряжение на дуанте - 50 кВ . Мощность высокочастотного генератора - 150 кВт . Поскольку проектом предусмотрено получение пучков ускоренных ионов с разбросом по энергии, не превышающим $0,1\%$, в генераторе предусмотрена стабилизация амплитуды ускоряющего напряжения.

Положение ионного источника закрытого типа с накаливаемым катодом и центральной оптикой регулируется в зависимости от типа ускоряемых ионов и величины магнитного поля. Щелевой пуллер обеспечивает отсос

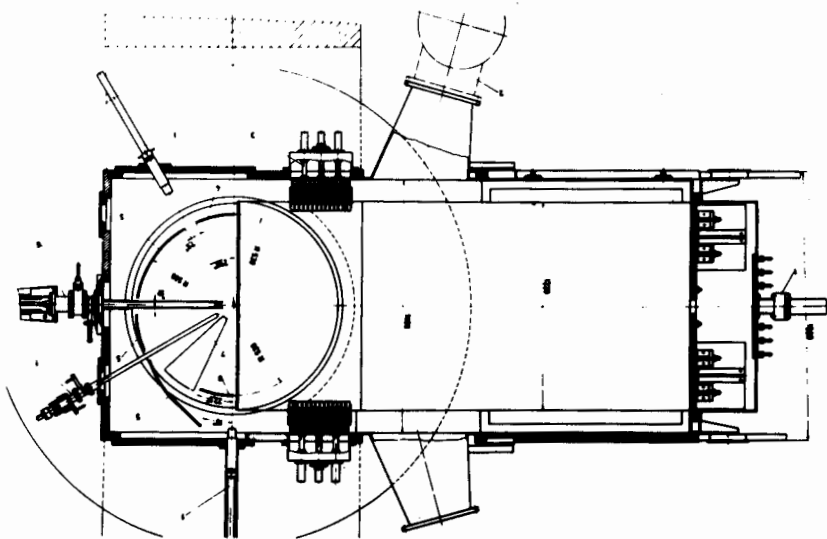


Рис. 2. Резонансная система.

ионов в заданном диапазоне фаз ускоряющего напряжения. Для типового режима $\Delta\phi = \pm 10^\circ$.

Вывод ускоренных ионов производится электростатическим дефлектором, разделенным на три секции. Первая секция в начальной части для обеспечения минимальной эффективной толщины септума имеет однородное поле. Остальная часть первой секции, а также вторая и третья секции имеют фокусирующее в радиальном направлении электростатическое поле, компенсирующее расхождение пучка по радиусу в резко спадающем краевом магнитном поле. Максимальная напряженность электростатического поля не превышает 80 кВ/см .

Заброс пучка в дефлектор осуществляется за счет механизма когерентной раскачки радиальных колебаний двумя короткими /по $\sim 20^\circ$ / зонами соответствующим образом сформированных электрических полей возбуждителя и компенсатора. Возбудитель размещается перед входом в дефлектор, а компенсатор - со сдвигом по азимуту на 100° /в зоне II-ой секции дефлектора/. Назначение компенсатора - подавление параметрического воздействия на пучок возбуждающего поля. Проведенные расчеты показывают, что соответствующим подбором величин и конфигураций полей в обеих секциях удается добиться почти полного разделения орбит на радиусе вывода без существенных искажений эмиттанса пучка. При эффективной толщине входного электрода первой секции $0,5 \text{ мм}$ для радиального эмиттанса 8 мм мрад потери не превышают 10% .

В системе управления циклотроном используется ЭВМ типа М-6000, выполняющая функции "советчика" оператора при настройке ускорителя на заданный режим работы /тип ускоряемых ионов, предельная энергия/, а также участвующая в процессе автоматического регулирования среднего магнитного поля по информации о фазе пролета пучка. Магнитное поле регулируется корректирующими обмотками, ток возбуждения в которых задается управляющей ЭВМ.

В июне-августе 1976 года проводились комплексные стендовые испытания всех систем циклотрона в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Протоны ускорялись до предельной проектной энергии и на среднем уровне

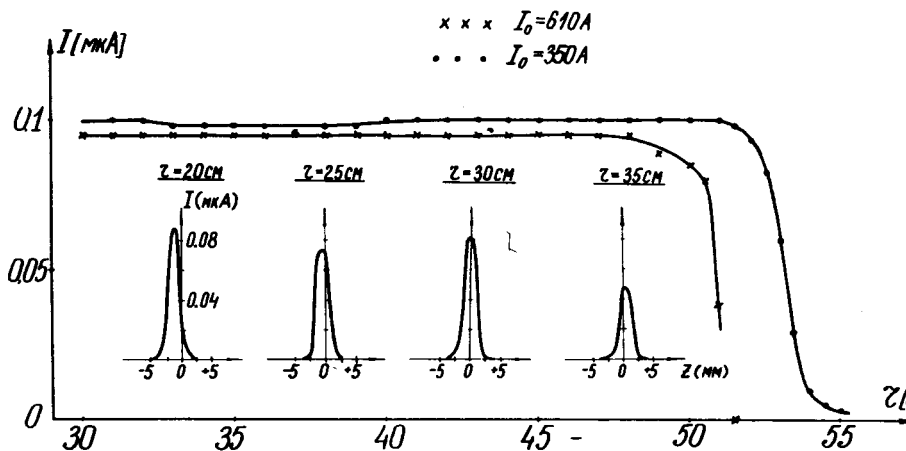


Рис. 3. Зависимость тока пучка от радиуса. $\times\times\times$ - $I_M = 610$ А, \dots - $I_M = 350$ А. Распределение плотности ускоренного сгустка по высоте для $I_M = 610$ А.

магнитного поля. Полученные зависимости тока пучка от радиуса приведены на рис. 3, там же показаны измеренные с помощью девятипанельного пробника распределения тока ускоренных протонов по высоте. Экспериментально полученные характеристики циклотрона полностью соответствуют проектным параметрам. В настоящее время циклотрон демонтирован и перевезен в Институт ядерной физики Чехословацкой академии наук в Праге, где он будет эксплуатироваться.

Литература

1. Материалы рабочего совещания по изохронному циклотрону У-120М. Сообщение ОИЯИ, Р9-5438, Дубна, 1970.
2. Материалы II-го рабочего совещания по изохронному циклотрону У-120М. Сообщение ОИЯИ, Р9-6241, Дубна, 1972.
3. Материалы III-го совещания по изохронному циклотрону У-120М и его использованию для решения физических проблем. Сообщение ОИЯИ, Р9-7339, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 января 1977 года.