

С 345 0

Г-943

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



ЛЯП

79/4-78

9 - 10990

Г.Г.Гульбекян, А.К.Евдокимов, С.И.Козлов

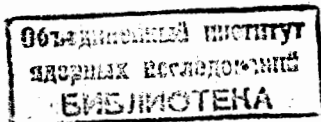
ПЛАВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
ЭНЕРГИИ ВЫВЕДЕННОГО ПУЧКА ИОНОВ
НА ЦИКЛОТРОНЕ У-200

1977

9 - 10990

Г.Г.Гульбекян, А.К.Евдокимов, С.И.Козлов

ПЛАВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
ЭНЕРГИИ ВЫВЕДЕННОГО ПУЧКА ИОНОВ
НА ЦИКЛОТРОНЕ У-200



Гульбекян Г.Г., Евдокимов А.К., Козлов С.И.

9 - 10990

Плавное регулирование энергии выведенного пучка ионов на циклотроне У-200

Приведены результаты расчётов и экспериментов по плавному регулированию энергии пучка тяжелых ионов, выводимого из изохронного циклотрона У-200 методом обдирки. Это регулирование производится путем изменения положения обдирочной мишени как по радиусу, так и по азимуту. Реализовано варьирование энергии выведенного пучка в пределах 35%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Gulbekian G.G., Evdokimov A.K., Kozlov S.I.

9 - 10990

The Continuous Regulation of the External Ion Beam Energy at the U-200 Cyclotron

Theoretical and experimental results on the continuous regulation of the heavy ion beam, extracted from the U-200 isochronous cyclotron using the stripping method are presented. The energy regulation is performed by changing the radial and azimuthal position of the stripping target. The beam energy is variable within 35%.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Для ряда физических экспериментов в области ядерной физики необходимы пучки тяжелых ионов с плавно регулируемой энергией.

В нерелятивистском приближении энергия ионов E , ускоренных в циклотроне, равна:

$$E = 0.48 \bar{H}^2 R^2 \frac{Z^2}{A},$$

где \bar{H} - среднее магнитное поле на конечном радиусе ускорения R , Z - заряд иона, A - массовое число иона.

Варьирование энергии выведенного пучка ионов обычно осуществляется изменением уровня среднего магнитного поля при соответствующей настройке частоты ускоряющего напряжения и коррекции распределения магнитного поля по радиусу. Коррекция выполняется с помощью системы кольцевых токовых обмоток, которая при глубоком изменении энергии должна быть достаточно мощной^{/1/}.

Регулирование энергии может быть также произведено путем изменения заряда ионов /например, C_{12}^{+3} и C_{12}^{+4} /, либо установкой поглотителей на выведенном пучке ускорителя. Последние, как известно, ухудшают качество пучка, вносят дополнительный угловой и энергетический разброс, усложняют постановку физического эксперимента.

Если вывод пучка из циклотрона осуществляется методом перезарядки пучка на тонкой мишени^{/2/}, как это имеет место на циклотроне У-200^{/3/}, то плавное регулирование энергии выведенного пучка можно производить, меняя угловое и радиальное положение выводной мишени. При этом не требуется использования мощной системы токовых корректирующих катушек и перестройки частоты ускоряющего напряжения.

В данной работе представлены результаты экспериментов по выводу пучка методом перезарядки с разных радиусов ускорения циклотрона У-200. Сущность вывода методом перезарядки иллюстрируется на рис. 1а, где ион, ускоренный до заданного радиуса, проходит через углеродную мишень /толщиной 50-100 мкг/см²/, резко увеличивает /в нашем случае вдвое $C_{12}^{+3 \rightarrow +6}$, $He_4^{+1 \rightarrow +2}$ / свой заряд и, совершив оборот в сильно неоднородном магнитном поле, выходит из ускорителя.

Расчеты траекторий выведенного пучка ионов на ЭВМ показали, что для нацеливания пучка, выводимого с разных радиусов ускорения, на ось ионопровода, необходимо смещать обдирочную мишень соответствующим образом и по азимуту.

На рис. 1б представлена зависимость углового положения обдирочной мишени α от радиуса вывода R .

Результаты расчетов вывода пучка были проверены в экспериментах на У-200 путем установки мишени на заданный радиус и последующего смещения ее по азимуту до получения наибольшей эффективности вывода и трассировки пучка на удаленную физическую мишень. Эти эксперименты показали, что для более точного совмещения выведенных пучков с разными энергиями с осью ионопровода необходимо в небольших пределах корректировать угол подхода пучка к обдирочной мишени, используя токовые азимутальные катушки циклотрона.

Полученная в результате этих работ "траектория" перемещения обдирочной мишени $R=f(\alpha)$ дала возможность выполнить простое устройство, позволяющее дистанционно, без нарушения вакуума, устанавливать мишень в заданную точку для вывода пучка с желаемой энергией.

Для получения высокой эффективности проводки пучка на физическую мишень использовался корректирующий магнит, установленный на выходе пучка из ускорительной камеры и позволяющий изменять угол выхода пучка в горизонтальной плоскости в пределах 2°, а также статоры, параметры которых описаны в работе /4/.

Таким образом, на циклотроне У-200 реализовано плавное варьирование энергии выведенного пучка в пре-

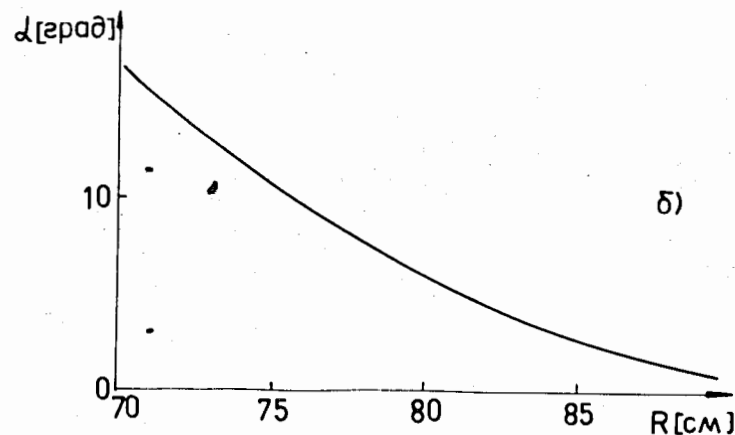
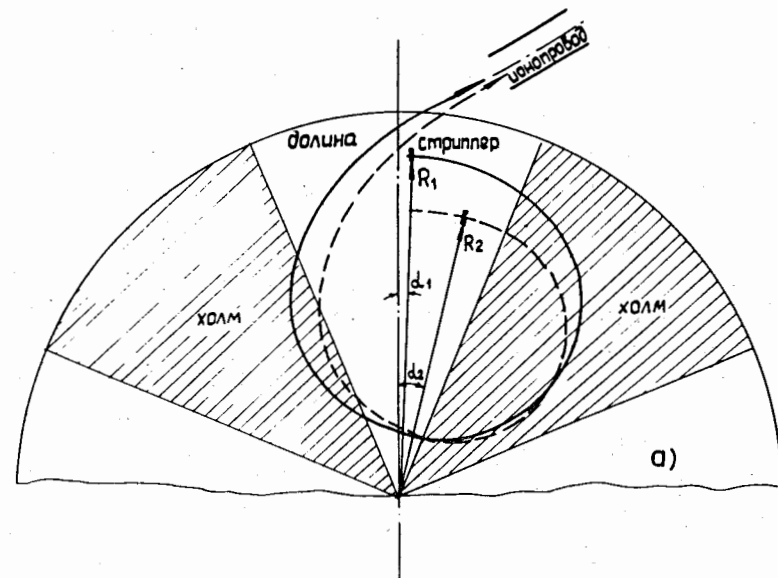


Рис. 1 а, б

делах 35%, что составляет для ионов C_{12}^{+3} диапазон /76-112 / МэВ, для He_4^{+1} - /24-37/ МэВ с разбросом по энергии около 1,5% для всего диапазона регулирования.

Интенсивность выведенных пучков ионов при варьировании меняется незначительно и составляет около 20 мкА для ионов C_{12}^{+3} и 50 мкА для ионов He_4^{+1} .

Следует отметить, что, как показали эксперименты на У-200, перестройка циклотрона с одной энергии на другую занимает всего несколько минут.

Реализованный на циклотроне У-200 способ регулирования энергии будет применен на строящемся в ЛЯРе ОИЯИ четырехметровом изохронном циклотроне У-400^{15/}. При этом, используя ускорение ионов с отношениями A/Z от 8 до 11 и описанный выше способ регулирования энергии, можно значительно расширить диапазон плавного изменения энергии выведенного пучка ионов данного элемента.

Авторы выражают благодарность Ю.Ц.Оганесяну за постановку задачи, ценные замечания и полезные дискуссии, В.Н.Мельникову за помощь в экспериментах, Б.В.Шилову за изготовление устройства перемещения обдирочной мишени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колотый В.В. и др. В сб.: Труды VI Международной конференции по изохронным циклотронам, Ванкувер, /Канада/, 87, 1972.
2. Вялов Г.Н., Оганесян Ю.Ц., Флеров Г.Н. ОИЯИ, 1884, Дубна, 1964.
3. Шелаев И.А. и др. ОИЯИ, 9-3988, Дубна, 1968.
4. Гульбемян Г.Г. и др. ОИЯИ, 9-10586, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 октября 1977 года.