

С 345е

К-142

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

30/21-70

P9 - 5311



Г.С. Казанский, А.И. Михайлов, Г.П. Пучков

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

УСКОРЕНИЕ ДЕЙТОНОВ  
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ЛВЗ ОИЯИ

1970

Р9 - 5311

Г.С. Казанский, А.И. Михайлов, Г.П. Пучков

УСКОРЕНИЕ ДЕЙТОНОВ  
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ЛВЗ ОИЯИ

8372/2  
49

В 1968 г. в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ был предложен метод ускорения дейтронов и  $\alpha$ -частиц на синхрофазотроне ОИЯИ /1/. Основная идея метода заключалась в том, чтобы при переходе из одной ускоряющей системы в другую (форинжектор, линейный ускоритель синхрофазотрон) скорость дейтронов и  $\alpha$ -частиц получить в два раза меньшей скорости протонов. Для этого возможно использовать существующие ускоряющие системы, если выполняются следующие условия:

- 1) напряжение на форинжекторе снижено  $\approx$  в два раза,
- 2) зазоры между дрейфовыми трубками линейного ускорителя уменьшены в два раза,
- 3) напряжение на инфлекторных пластинах уменьшено в два раза,
- 4) дейтроны и  $\alpha$ -частицы в синхрофазотронном режиме ускоряются в два этапа.

В настоящей работе рассматривается синхрофазотронный режим ускорения дейтронов и  $\alpha$ -частиц.

#### *О двухэтапном ускорении дейтронов и $\alpha$ -частиц в синхрофазотронном режиме*

При уменьшении скорости дейтронов и  $\alpha$ -частиц в момент инжекции в два раза по сравнению со скоростью протонов требуется расширение частотного диапазона ускоряющей системы синхрофазотрона также вдвое. Так как существующие задающий генератор и выходной каскад ускоряющей станции не обеспечивают такого диапазона, то было предложено осуществлять ускорение в синхрофазотронном режиме в два этапа:

I этап - ускорение в режиме второй кратности в диапазоне частоты ускоряющего напряжения (0,2 + 1,44) МГц,

II этап - ускорение в режиме первой кратности в диапазоне (0,72 + 1,44) МГц.

Необходимый закон связи между частотой ускоряющего напряжения и напряженностью магнитного поля формируется одним из имеющихся комплектов аппаратуры, специально модернизированной для ускорения дейтронов и  $\alpha$ -частиц.

Первый этап ускорения в режиме второй кратности заканчивается при напряженности магнитного поля 1300 гаусс, когда частота ускоряющего напряжения достигает предельного значения 1,44 МГц. В этот момент необходимо осуществить переход на второй этап, перестроив ускоряющую систему на первую кратность.

При наличии одной ускоряющей станции непосредственный переход с одной кратности на другую не представляется возможным из-за нестационарных процессов при перестройке. Непригоден также переход с одной кратности на другую при выключенном на время перехода ускоряющем напряжении в режиме растущего магнитного поля, так как длительность нестационарных процессов при перестройке существенно превышает время существования пучка в камере (через 500 мсек после выключения ускоряющего напряжения пучок, заполняя весь азимут ускорителя, смещается по радиусу на 25 см). Наиболее удобен переход с одной кратности на другую в режиме постоянного магнитного поля. В этом случае значительно снижаются требования к длительности нестационарных процессов при перестройке ускоряющей системы.

#### *Особенности перехода с первого этапа ускорения на второй*

В основу перехода с одного этапа ускорения на другой положен принцип повторного захвата в ускорение в режиме постоянного магнитного поля /2/.

После перевода магнитного поля в режим "стола" (магнитное поле постоянно) заканчивается I этап ускорения выключением ускоряющего напряжения. Вследствие энергетического разброса пучок, состоящий первоначально на двух сгустков, "размываясь" по азимуту, превращается в кольцевой. В это время осуществляется перестройка закона связи на первую кратность, а выходного контура ускоряющей системы - на частоту 720 кгц.

После такой перестройки осуществляется повторный захват в ускорение из кольцевого пучка повторным включением ускоряющего напряжения с последующим переходом из постоянного магнитного поля в растущее и ускорения на II этапе до максимальной энергии.

Хотя, как показывают расчеты, во второй этап ускорения можно захватить 80% пучка, ускоренного к концу I этапа, часть пучка будет потеряна при переходе магнитного поля на растущую ветвь. Эти потери зависят, главным образом, от характера изменения магнитного поля на переходе, величины его пульсаций, величины и характера изменения амплитуды ускоряющего напряжения. В оптимальном случае, используя режим предварительной фазовой группировки /3/, после перехода можно получить около 60% частиц пучка, ускоренных к концу I этапа.

### Экспериментальные результаты

В сентябре 1969 г. на синхрофазотроне ОИЯИ были проведены эксперименты по ускорению дейтонов. Задача получения максимальной интенсивности дейтонов не ставилась, а преследовалась цель получить данные о характере потерь на I этапе ускорения, эффективности захвата во II этап и о потерях при переходе магнитного поля на растущую ветвь. Такие данные были необходимы для того, чтобы в дальнейшем принять меры, устраняющие влияние различных факторов на потери интенсивности при ускорении дейтонов.

Исследования показали различие в характере потерь на начальном участке при ускорении протонов и дейтонов. Если при ускорении протонов интервал потерь простирается при нарастании поля до  $\sim 500$  гс, то при ускорении дейтонов потери происходят на всем I этапе. Это различие

характеризуется большими потерями дейтонов на остаточном газе из-за меньшей в два раза кинетической энергии инъекции и ее более медленным ростом при ускорении.

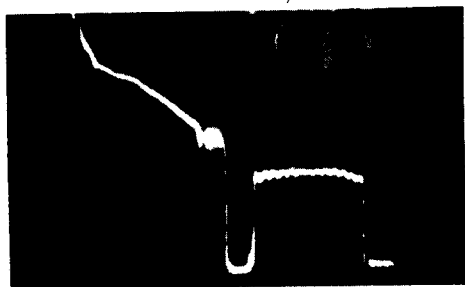


Рис. 1. Оциллограмма интенсивности дейтонового пучка при ускорении на I и начале II этапа.

На рис. 1 представлена оциллограмма дейтонового пучка при ускорении на I этапе и начальном участке II этапа (магнитное поле постоянно). Из оциллограммы видно, что во II этап захватывается  $\approx 70\%$  пучка, ускоренного к концу I этапа. Эта оциллограмма снята при включенной схеме подавления пульсаций на "столе" магнитного поля. При наличии пульсаций наблюдаются небольшие потери интенсивности, обусловленные резонансной раскачкой синхротронных колебаний, которую трудно обойти из-за противоречивых требований к амплитуде ускоряющего напряжения. Незначительные потери в конце I этапа происходят вследствие появления больших пульсаций магнитного поля при переходе в режим "стола" (схема подавления пульсаций включается после перехода магнитного поля в режим "стола" и выключается перед переходом на растущую ветвь).

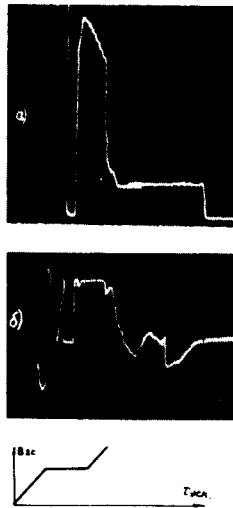


Рис. 2. Осциллограмма сигнала интенсивности при ускорении дейтонов на II этапе (а) и радиального положения пучка на I и II этапах (б).

На рис. 2 показана осциллограмма пучка на II этапе ускорения (а) и радиальное положение пучка (б) на I и II этапах. Резкие потери интенсивности возникают при переходе магнитного поля на растущую ветвь. Эти потери происходят, по-видимому, вследствие "скачков" равновесной фазы, так как после выключения схемы подавления пульсаций магнитное поле сначала уменьшается на  $\approx 5$  гс и лишь затем начинает возрастать (см. осциллограмму рис. 3).

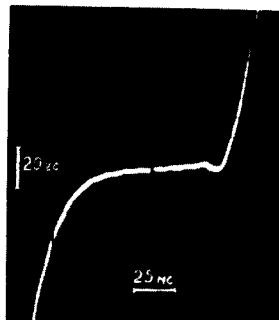


Рис. 3. Характер изменения магнитного поля на "столе".

Характер изменения амплитуды ускоряющего напряжения при проведении этих экспериментов иллюстрируется осциллограммой рис. 4.

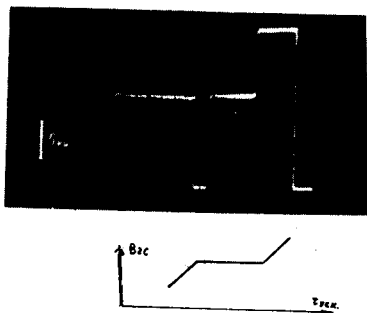


Рис. 4. Характер изменения амплитуды ускоряющего напряжения на I и II этапах.

Применение системы подавления когерентных фазовых колебаний /4/, хотя и уменьшает потери при переходе магнитного поля на растущую ветвь, но не в такой мере, как следовало бы ожидать. Очевидно, слишком велики "скачки" равновесной фазы на переходе, и слишком слабо проявляется когерентность в формируемом пучке в начале II этапа.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность А.М. Балдину, И.Н. Семенюшкину, Н.И. Павлову, Л.П. Зиновьеву, В.И. Морозу, К.В. Чехлову, Л.Н. Беляеву за постоянное внимание к работе, а также коллективам отделов радиотехнического, электротехнического и синхрофазотрона за активное содействие в проведении экспериментов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ю.Д. Безногих, Л.П. Зиновьев, Г.С. Казанский, А.И. Михайлов, В.И. Мороз, Н.И. Павлов. Препринт ОИЯИ, Р9-4214, Дубна, 1968 г.
2. Г.С. Казанский, А.И. Михайлов. Препринт ОИЯИ, 2795, Дубна, 1968.



3. Г.С. Казанский, А.И. Михайлов, Н.Б. Рубин, А.П. Царенков. Атомная энергия, 1965, т. 18, вып. 6, стр. 555.
4. Г.С. Казанский, А.П. Царенков. Препринт ОИЯИ 2491 , Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 августа 1970 года.