

5442  
Б-202

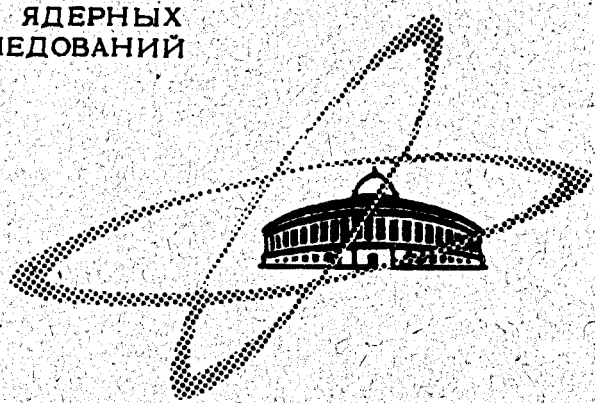
239/2-71

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

1/II-71

P9 - 5442



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

А.М. Балдин, Ю.Д. Безногих, Л.П. Зиновьев,  
И.Б. Иссинский, Г.С. Казанский, А.И. Михайлов,  
В.И. Мороз, Н.И. Павлов, Г.П. Пучков

УСКОРЕНИЕ И ВЫВОД ДЕЙТРОНОВ  
ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ

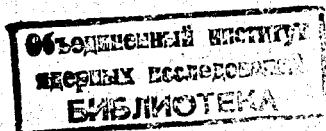
1970

P9 - 5442

А.М. Балдин, Ю.Д. Безногих, Л.П. Зиновьев,  
И.Б. Иссинский, Г.С. Казанский, А.И. Михайлов,  
В.И. Мороз, Н.И. Павлов, Г.П. Пучков

УСКОРЕНИЕ И ВЫВОД ДЕЙТРОНОВ  
ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ

Направлено в ПТЭ 1971 № 3 с. 29-31



Описываемый ниже режим ускорения дейтронов реализует ранее сделанное предложение <sup>/1/</sup>, в котором указывалось на возможность использования существующих систем синхрофазотрона для ускорения дейтронов. Идея предложения состояла в том, чтобы провести ускорение в ЛУ на второй кратности, снизив в два раза скорость входящих в ЛУ и выходящих из него дейтронов по сравнению с протонами. Ускорение в синхрофазотроне предлагалось осуществить в два этапа, вначале на второй кратности, а после достижения предельной частоты ускоряющей системы произвести переход в режиме "стола" магнитного поля на первую кратность ускорения.

Отметим следующие особенности режимов работы систем синхрофазотрона при ускорении дейтронов.

① Режим работы ионного источника на дейтерии практически не отличается от режима работы на водороде, так как проникаемость используемого в источнике палладиевого фильтра оказывается для дейтерия достаточно высокой, а потенциал ионизации дейтерия практически не отличается от потенциала ионизации водорода.

2. Для получения рабочих токов ускоренных дейтронов на выходе из ЛУ оказалось недостаточным просто снизить в два раза напряжение на форнижекторе и уменьшить зазоры между дрейфовыми трубками ЛУ (это необходимо для сохранения радиальной устойчивости при сеточной фокусировке), так как при снижении напряжения на форнижекторе ухуд-

шаются условия фокусировки пучка на входе в ЛУ. Поэтому было реализовано предложение <sup>/2/</sup> о применении совмещенного 2-зазорного группирователя с инжекцией в 5-ый зазор ускоряющей структуры ЛУ, что дало возможность поднять напряжение на форинжекторе и улучшить тем самым входные параметры пучка. При этом в двух первых зазорах частицы не получают прироста энергии из-за соответствующего выбора фактора времени пролета, равного нулю, а в третьем и четвертом зазорах осуществляется группировка частиц по фазам и выравнивание их энергетического спектра. Суммарно это дало увеличение тока ускоренных дейтронов в 6 раз.

Применение дебанчера на выходе ЛУ позволило в 2 раза повысить захват дейтронов в квазибетатронной и далее в синхротронный режимы.

3. Так как на выходе из ЛУ импульс дейтронов равен импульсу протонов, инжекция пучка дейтронов в камеру ускорителя не вызвала затруднений. Потребовалась лишь более тщательная настройка квазибетатронного режима. Относительные потери частиц на участке ЛУ - квазибетатронный режим примерно такие же, как и при ускорении протонов.

4. Ускорение в синхрофазотронном режиме осуществлялось в два этапа: на второй кратности с использованием диапазона частоты ускоряющего напряжения от 0,2 до 1,44 Мгц (до импульса  $Pd$  дейтронов 1,08 Гэв/с) и на первой кратности в диапазоне от 0,72 до 1,44 Мгц ( $-Pd = 11$  Гэв/с). Переход со второй кратности на первую осуществлен на "столе" магнитного поля, где происходил повторный захват пучка из сплошного кольцевого сгустка частиц, образовавшегося после выключения ускоряющего напряжения в конце 1-го этапа ускорения (см. рис. 1а) <sup>/3/</sup>. На рис. 1а отчетливо виден первый этап ускорения дейтронов на второй кратности и переход на второй этап ускорения с кратностью единица. Перестройка с 1,44 до 0,72 Мгц частоты ускоряющей системы производится при

выключенном ВЧ напряжении; сигнал интенсивности при этом исчезает (интервал  $t_2$ ,  $t_3$ ) из-за расплывания сгустка частиц по орбите ускорителя.

Оптимальный выбор формы магнитного поля в режиме "стола", фронта и амплитуды ВЧ ускоряющего напряжения, радиального положения сгустка частиц перед переходом на второй этап ускорения дал возможность получить максимальный перезахват частиц в (90+95)% (см. рис. 16).

Перезахват частиц со второй на первую кратность оказался чувствительным к неравномерности "стола" магнитного поля. Наличие даже малых пульсаций вызывало заметное снижение эффективности перезахвата.

Нами было реализовано предложение одного из авторов (А.И. Михайлова) скомпенсировать фазовые возмущения, возникающие в момент перехода со "стола" на растущую ветвь магнитного поля, что дало возможность снизить потери на переходе по крайней мере в два раза.

Общий фактор потерь при переходе с первого этапа ускорения на второй в лучшем случае не превосходит 40% (см. рис. 16).

Дальнейшее ускорение частиц после перехода до максимальной энергии не вызывало затруднений (см. рис. 16, на котором показана осциллограмма интенсивности при ускорении дейтронов до максимальной энергии).

5. Разработанная ранее система быстрого вывода ускоренных протонов <sup>4/</sup> была использована для вывода дейтронного пучка из ускорителя в магнитный канал (см. рис. 2).

6. В этом канале было проведено облучение выведенными дейтронами с импульсами 9,4 Гэв/с, 7,0 Гэв/с, 4,5 Гэв/с нескольких десятков эмульсионных камер, большинство из которых было при этом помещено в сильное импульсное магнитное поле <sup>5/</sup> (см. рис. 3).

6 ноября 1970 года.

Рукопись поступила в издательский отдел

- Препринт ОИЯИ, 13-4187, Дубна, 1968.
- Препринт ОИЯИ, 13-4582, Дубна, 1969; Л.Г. Макаров, А.А. Смирнов.
5. Л.Г. Макаров. Препринт ОИЯИ, 13-4186, Дубна, 1968; Л.Г. Макаров. p. 336, Cambridge, Sept. 1967.
4. I. B. Issinsky et al. VI Int. Conference on H.E. Accelerators, 3. I. C. Kazanskii, A. N. Mikhailov. Препринт ОИЯИ, 2795, Дубна, 1966.
2. Ю. Д. Безногих. Препринт ОИЯИ, P-2-5276, Дубна, 1970.
1. Ю. Д. Безногих и др. ВИНТИ, № 679-69, 1969; Реферат ПТЭ, №4, стр. 202 (1969); Препринт ОИЯИ, P-9-4214, Дубна, 1968.

#### Л и т е р а т у р а

В.Л. Степанюк и В.А. Подову за установку и настройку ледяного коренного детектора в синхрофазотроне ОИЯИ. Мы благодарны также нову, Л.И. Шерстянову за содействие в реализации предложения по ус-  
 Л.С. Русаковой, П.Г. Сербаве, А.А. Смирнову, Ю.М. Старикову, В.И. Хре-  
 Е.Д. Дранишевой, В.С. Заболотину, Т.И. Никитаевой, С.А. Нодикову,  
 Г.А. Бокору, В.Н. Булаковскому, И.Л. Голваню, А.З. Дорошенко,  
 Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность  
 возможности физического эксперимента.  
 увеличивает эффективность использования ускорителя и расширяет воз-  
 Осуществление режима ускорения детронов на синхрофазотроне  
 по увеличению интенсивности пучка  $\alpha$ -частиц.  
 и ускорение на малых энергиях. В настоящее время проводятся работы  
 ускорителя, захват в квазибетатронный и синхрофазотронный режимы  
 по ускорению  $\alpha$ -частиц. Осуществлена инжекция  $\alpha$ -частиц в камеру  
 Авторами также были проведены предварительные эксперименты

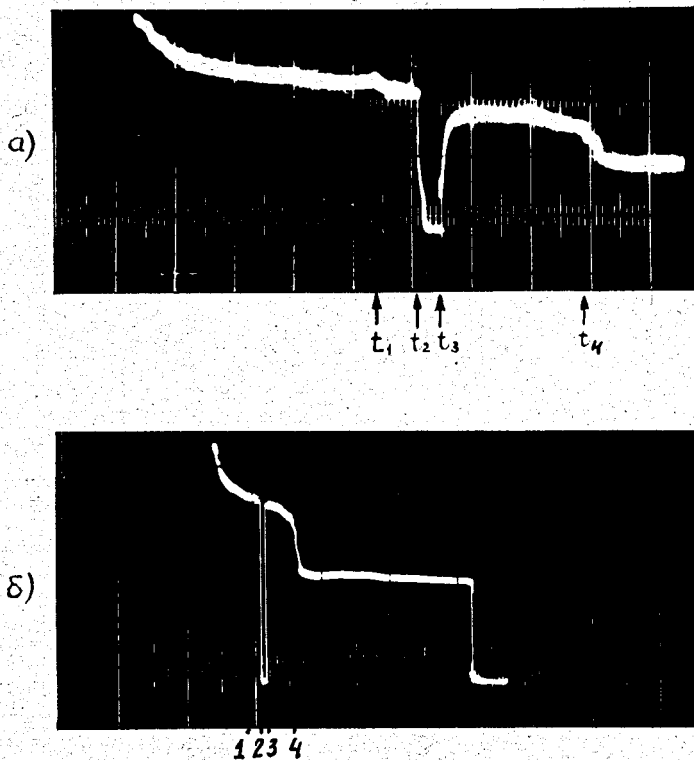


Рис. 1 (а,б). Осциллограмма интенсивности внутреннего пучка дейтронов. 1 - момент перехода магнитного поля в режим "стола". 2 - момент выключения ускоряющего ВЧ поля (частота 1,44 МГц). 3 - момент повторного включения ускоряющего ВЧ поля (частота 0,72 МГц). 4 - момент перехода магнитного поля из режима "стола" на растущую ветвь. (Отметим, что в момент 4 имеется "шпилька" в производной магнитного поля по времени).



Рис. 2. Автограф пучка дейтронов на рентгеновской фотопленке, помещенной в магнитный канал. (Импульс  $Pd = 9,4$  Гэв/с, поток -  $5 \cdot 10^{10}$  дейтронов).

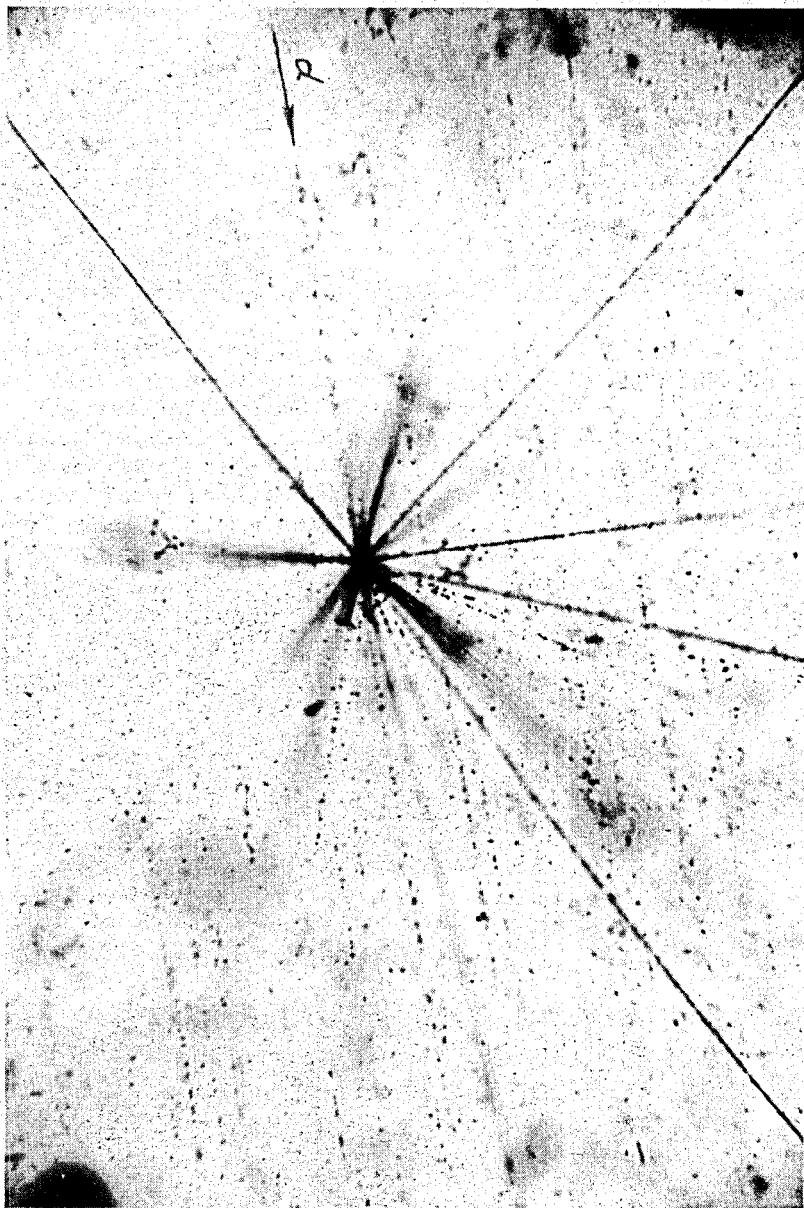


Рис. 3. Взаимодействие дейтрона ( $P_d = 9,4$  Гэв/с) с ядром фотосмуль-  
син.