

СЗ4511
ЖС-122

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



24/44-74

P9 - 8354

4918/2-74

В.М.Жабицкий, И.Н.Иванов, В.В.Косухин,
В.И.Мионов, В.П.Рашевский, В.П.Саранцев,
А.П.Сергеев, С.И.Тютюнников, В.П.Фартушный

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕКЦИИ
ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ В АДГЕЗАТОРЕ
МОДЕЛИ КОЛЛЕКТИВНОГО УСКОРИТЕЛЯ ИОНОВ

1974

ОТДЕЛ НОВЫХ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ

P9 - 8354

В.М.Жабицкий, И.Н.Иванов, В.В.Косухин,
В.И.Мионов, В.П.Рашевский, В.П.Саранцев,
А.П.Сергеев, С.И.Тютюнников, В.П.Фартушный

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕКЦИИ
ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ В АДГЕЗАТОРЕ
МОДЕЛИ КОЛЛЕКТИВНОГО УСКОРИТЕЛЯ ИОНОВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Жабицкий В.М., Иванов И.Н., Косухин В.В.,
Миронов В.И., Рашевский В.П., Саранцев В.П.,
Сергеев А.П., Тютюнников С.И., Фаргушный В.П.

P9 - 8354

Некоторые вопросы инжекции пучка электронов в адгезаторе
модели коллективного ускорителя ионов

В работе проведено исследование инжекции пучков разной длительности. Найдены условия малости аномального захвата для короткого пучка (18 нсек). При этих условиях проверена эффективность работы инжекционной системы.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1974

Zhabitsky V.M., Ivanov I.N.,
Kosukhin V.V., Mironov V.I. et al.

P9 - 8354

Some Problems of the Electron Beam Injection
in the Compressor of the Ion Collective
Accelerator Model

Injection of beams of different lifetimes has been investigated. The conditions of small anomalous capture are found for a short beam (18ns). Under these conditions the efficiency of the injection system operation is tested.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1974

В адгезаторе модели коллективного ускорителя ионов ОНМУ ОИЯИ был проведен ряд экспериментов по исследованию захвата пучка. Система инжекции подробно рассмотрена в работе /1/. Ниже мы остановимся на основных экспериментальных результатах, полученных при работе с пучком в последнее время.

В используемой системе количество захваченных электронов должно быть пропорционально скорости нарастания магнитного поля, то есть напряжению, прикладываемому к виткам быстрого поля. Однако во время работы с такой системой мы наблюдали максимум захваченных частиц при определенных напряжениях, причем с дальнейшим увеличением напряжения захват уменьшался. Кроме того, наблюдается захват электронов в постоянном магнитном поле, который мы называем аномальным. Было выяснено, что аномальный захват происходит и в быстром поле.

Для выяснения условий аномального захвата и определения эффективности работы инжекционной системы проведены эксперименты с пучком разной длительности и амплитуды. Длительность инжектируемого пучка составляет 18-200 нсек при инжектируемом в камеру адгезатора токе от 10 до 40 А. Изменение длительности пучка осуществлялось с помощью отклоняющих пластин, помещенных в электропроводе. На пластины подавалось постоянное запирающее напряжение и импульсное напряжение обратной полярности. Схема формирования импульсного напряжения приведена на рис. 1. Длительность импульса определяется длиной формирующей линии. Эта

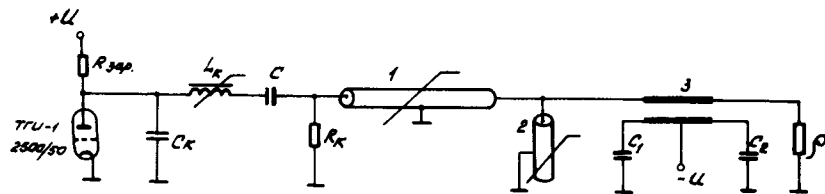


Рис. 1. Схема формирования импульса тока пучка произвольной длительности. C_k , L_k , R_k - корректирующие емкость, индуктивность и сопротивление. C - основная формирующая емкость. ρ - сопротивление нагрузки. C_1 , C_2 - разделительные конденсаторы. 1 - обостряющая коаксиальная линия на ферритах. 2 - короткозамкнутая коаксиальная линия на ферритах. 3 - отклоняющие пластины, выполненные в виде полосковой линии.

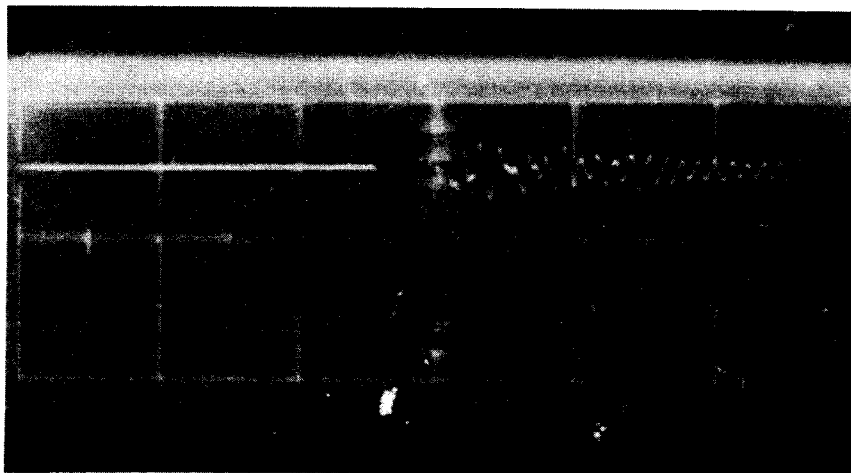


Рис. 2. Импульс тока пучка. Развертка - 50 нсек/см.

система позволяла изменять в широких пределах длительность и амплитуду тока пучка. Импульс тока показан на рис. 2.

В камере адгезатора существует система цилиндров Фарадея, позволяющая контролировать пучок на входе в камеру, на забросе после первого оборота, в точке максимума бетатронных колебаний, а также на радиусах, меньших радиуса инжекции на произвольном азимуте /азимутальный цилиндр/. Такой набор цилиндров позволяет определять параметры пучка вплоть до третьего оборота в постоянном магнитном поле.

Система формирования импульса быстрого поля дает возможность осуществлять быстрый сброс захваченных электронов в заданный момент времени ^{/1/}. Возникающее тормозное γ -излучение регистрируется ФЭУ. Этим способом мы определяем параметры кольца после 1 степени сжатия. Зависимость величины индукции быстрого поля от радиуса приведена в работе ^{/1/}. Результаты измерения импульса тока быстрого поля по времени /главным образом, его фронта/ приведены в работе ^{/2/}. Полученные данные позволяли с достаточной точностью определять в каждый момент времени на фронте импульса величину индукции по ее известной величине на амплитуде тока, которая определялась по пучку на радиусе инжекции $R_{in} = 40$ см. Для этого устанавливалось равновесное постоянное магнитное поле, соответствующее радиусу 40 см. Затем ток в витках быстрого поля включался на 1 мксек раньше пучка, в результате чего пучок инжектировался на плато быстрого поля. Величину постоянного поля уменьшают до тех пор, пока суммарное магнитное поле станет равновесным. Разница между величинами равновесного поля и полученного постоянного поля равна величине индукции быстрого поля на амплитуде тока. Калибровочная кривая /рис. 3/ позволяла с достаточной точностью определять в заданный момент времени величину быстрого поля при различных напряжениях.

Исследования аномально захваченных пучков были проведены при инжекции пучка длительностью 200 нсек в постоянное поле. Зависимость величины аномального захвата от величины постоянного поля приведена на

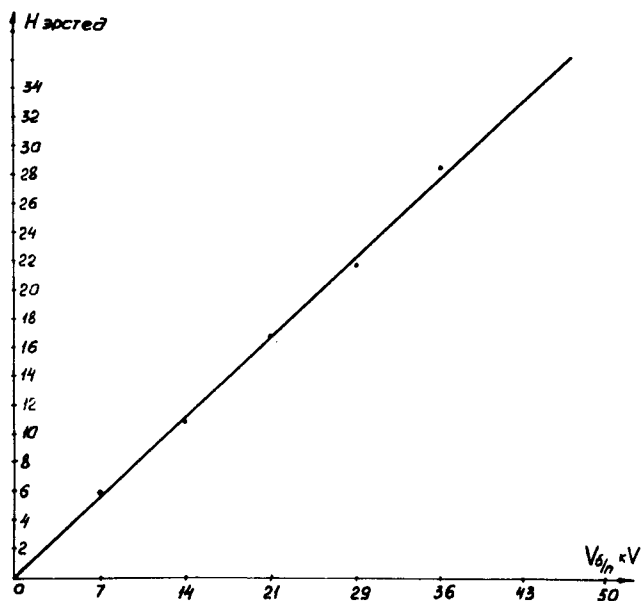


Рис. 3. Величина индукции быстрого поля на радиусе инжекции $R_{in}=40 \text{ см}$ при различных напряжениях.

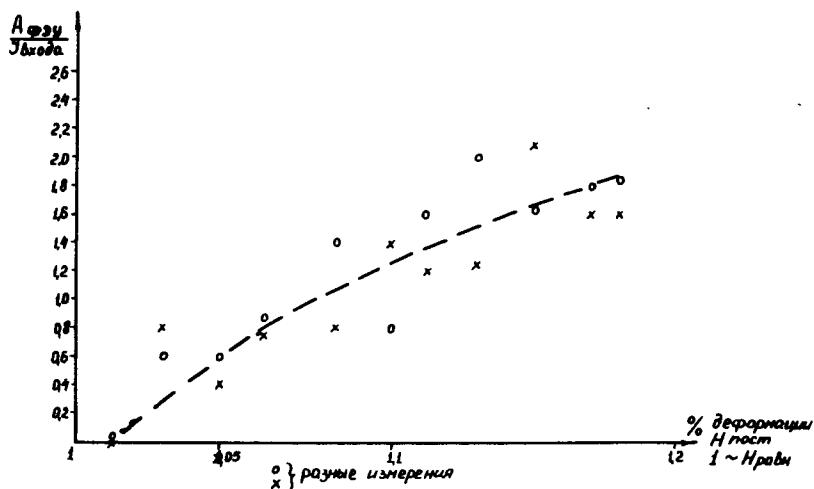


Рис. 4. Зависимость величины аномального захвата от постоянного поля.

рис. 4. Аномальный захват начинается при равновесном поле. При превышении величины равновесного поля более чем на 20%, входные параметры пучка значительно изменялись. Размеры кольца, образующегося в результате аномального захвата, значительны /10-12 см в сечении/, и захват сопровождается потерями энергии из продольного движения на 11-13%. Эксперимент позволял сделать вывод о том, что для существования аномального захвата достаточно обеспечить "промахку" электронов на первом обороте. Далее была проверена эффективность аномального захвата в зависимости от времени существования пучка, связанного с бетатронными колебаниями. Для этого пучок инжектировался на плато быстрого поля. Изменяя соотношение между величинами постоянного и быстрого полей, можно получить различные величины показателя спада n суммарного магнитного поля на получающихся равновесных орбитах при инжекции. Характерная кривая величины аномального захвата в зависимости от величины постоянного поля при фиксированном напряжении быстрого поля приведена на рис. 5. Анализ этой зависимости показывает, что аномальный захват начинается тогда, когда суммарное магнитное поле становится равным равновесному, и прекращается, когда n на равновесной орбите уменьшается до 0,2-0,1, что соответствует гибели пучка на первом обороте. На рис. 6 приведена зависимость получающихся максимальных величин аномального захвата для разных напряжений быстрого поля. Максимум на этом рисунке соответствует такой оптимальной комбинации постоянного и быстрого полей, при которой вследствие бетатронных колебаний пучка существует максимальное число оборотов, соответствующее максимальному числу "промахнувшихся" частиц. Этот же вывод подтверждает зависимость величины аномального захвата от тока пучка на входе при оптимальной комбинации постоянного и быстрого полей /рис. 7/. При работе с пучком длительностью 200 нсек на фронте быстрого поля всегда наблюдались аномально захваченные частицы. Это связано с тем, что длительность пучка перекрывает широкую область фронта быстрого поля, в результате чего всегда существуют частицы, которые

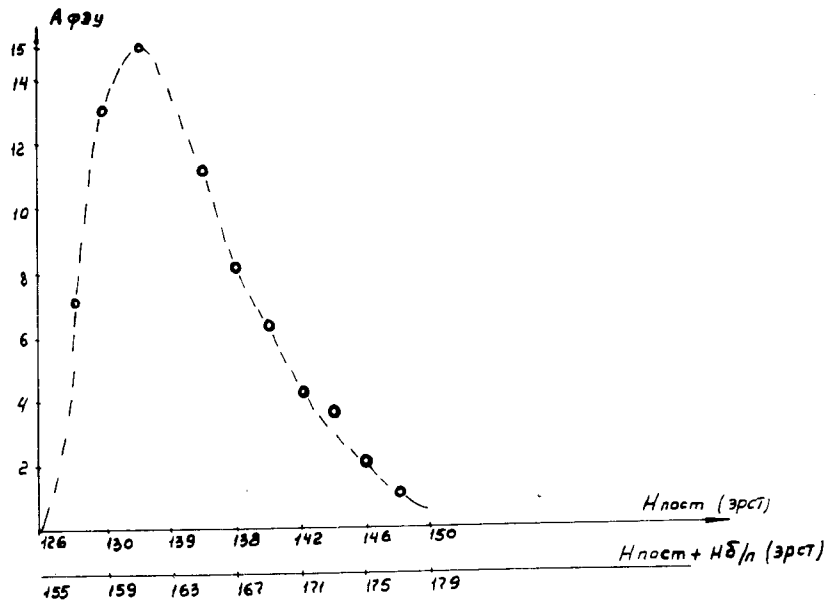


Рис. 5. Зависимость величины аномального захвата от постоянного поля при фиксированном напряжении быстрого поля.

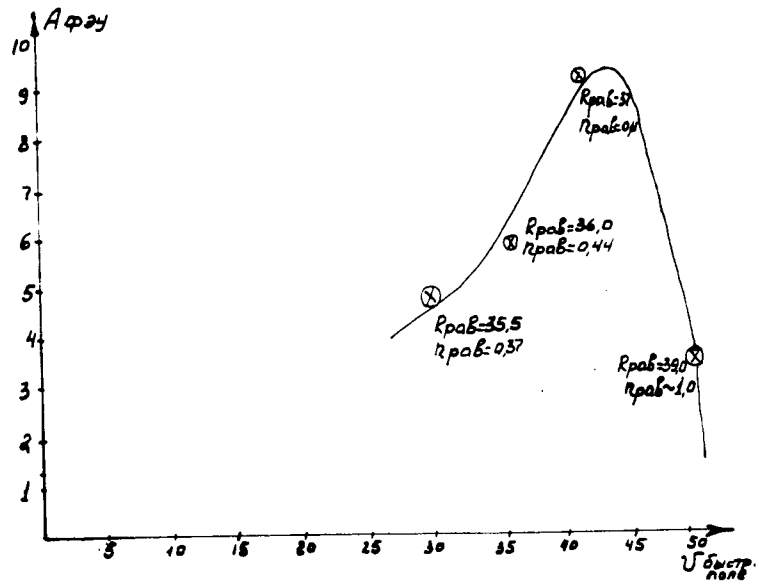


Рис. 6. Зависимость максимальных величин аномального захвата от напряжения быстрого поля.

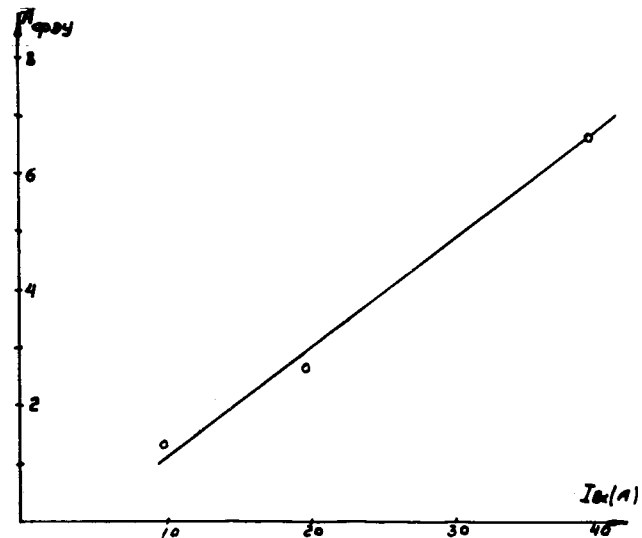


Рис. 7. Зависимость величины аномального захвата от тока пучка на входе при оптимальной комбинации постоянного и быстрого полей.

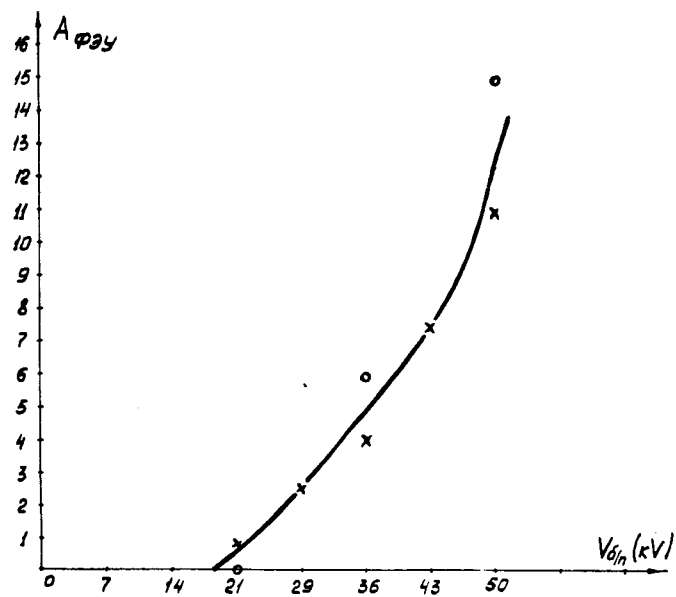


Рис. 8. Зависимость величины захвата электронов пучка от напряжения быстрого поля в режиме отсутствия аномального захвата.

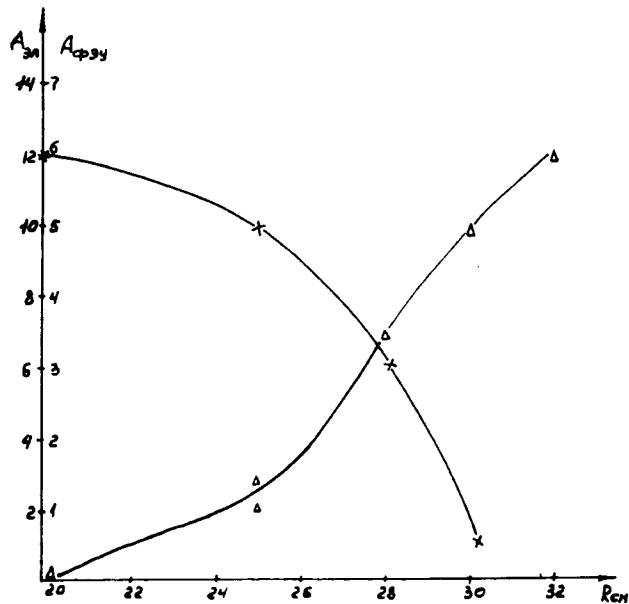


Рис. 9. Величина амплитуды импульса зарядки азимутального цилиндра $A_{ЭД}$ и сигнала ФЭУ $A_{ФЭУ}$ при различных радиусах азимутального цилиндра.

не должны захватываться быстрым полем вследствие малой скорости его нарастания, но для которых выполняются условия аномального захвата. Аномально захваченные частицы значительно увеличивают сечение образующего кольца, поэтому были проведены эксперименты для выяснения условий малости аномального захвата. Оказалось, что уменьшение длительности пучка является необходимым, но не достаточным условием малости аномального захвата. При длительности пучка 18 нсек было установлено, что аномальный захват начинается при определенном времени задержки пучка относительно включения быстрого поля. При меньшем времени задержки аномальный захват практически прекращался. Для проверки пучок инжектировался на плато быстрого поля, амплитуда которого равна величине быстрого поля в момент времени инжекции. Таким образом, все условия

инъекции пучка сохраняются, кроме производной быстрого поля по времени. Отсутствие сигнала с ФЭУ указывает на правильность выбора рабочей точки на фронте быстрого поля по отношению к аномальному захвату. В выбранном режиме работы наблюдался захват частиц, пропорциональный напряжению быстрого поля /рис. 8/. В этом же режиме проведена калибровка сигнала ФЭУ от числа захваченных частиц. Для этого определялся заряд высадившихся на азимутальный цилиндр электронов в зависимости от радиуса. Сопоставляя уменьшение сигнала с ФЭУ и увеличение сигнала с азимутального цилиндра, определяют калибровку сигнала ФЭУ /рис. 9/. Кроме того, на каждом радиусе необходимо контролировать уровень зарядки азимутального цилиндра электронами с большой амплитудой бетатронных колебаний, которые заряжают цилиндр в момент инжекции пучка. При работе с пучком малой длительности /18 нсек/ число таких частиц было невелико. Указанный контроль проводился при инжекции пучка на плато быстрого поля, амплитуда которого равна величине быстрого поля в момент времени инжекции. Определенный таким образом коэффициент захвата частиц быстрым полем в режиме отсутствия аномального захвата составляет около 30%. Эта величина находится в хорошем соответствии с расчетом для получаемой скорости нарастания быстрого поля. Поэтому можно ожидать, что при увеличении скорости нарастания быстрого поля в режиме отсутствия аномального захвата мы получим увеличение коэффициента захвата.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность И.Габанцу, Х.Гурачу, А.К.Каминскому, С.Г.Стеценко за участие в обсуждениях результатов и всему коллективу сектора за помощь в работе.

Литература

1. И.Габанец и др. Сообщение ОИЯИ, Р9-8353, Дубна, 1974.
2. И.Габанец и др. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б2-9-8010, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел 30 октября 1974 года.