

634503

Б-786

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



1753 / 2-77

10/5-77
P9 - 10399

Г.А.Боков, В.Н.Булдаковский, Б.В.Василишин,
В.И.Волков, И.В.Зайцев, Л.П.Зиновьев, И.Б.Иссинский,
С.В.Каленов, Е.М.Кулакова, Е.А.Матюшевский,
А.И.Михайлов, С.С.Нагдасев, С.А.Новиков,
Б.Д.Омельченко, И.Н.Семенюшкин, А.П.Царенков,
Е.И.Черкунов, В.И.Черников

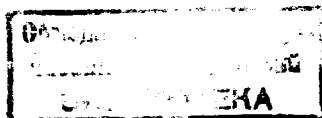
БЫСТРЫЙ ВЫВОД ПУЧКА И ЕГО СОВМЕЩЕНИЕ
С МЕДЛЕННЫМ В ОДНОМ ЦИКЛЕ УСКОРЕНИЯ
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ

1977

Р9 - 10399

Г.А.Боков, В.Н.Булдаковский, Б.В.Василишин,
В.И.Волков, И.В.Зайцев, Л.П.Зиновьев, И.Б.Иссинский,
С.В.Каленов, Е.М.Кулакова, Е.А.Матюшевский,
А.И.Михайлов, С.С.Нагдасев, С.А.Новиков,
Б.Д.Омельченко, И.Н.Семенюшкин, А.П.Царенков,
Е.И.Черкунов, В.И.Черников

**БЫСТРЫЙ ВЫВОД ПУЧКА И ЕГО СОВМЕЩЕНИЕ
С МЕДЛЕННЫМ В ОДНОМ ЦИКЛЕ УСКОРЕНИЯ
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ**



Быстрый вывод пучка и его совмещение с медленным в одном цикле ускорения на синхрофазотроне ОИЯИ

Описан быстрый резонансный вывод протонов и легких ядер из синхрофазотрона, разработанный для экспериментов с камерной методикой. Длительность вывода составляет около 600 мкс.

Устройства дозировки дают возможность снизить интенсивность выведенного пучка до уровня, необходимого для работы пузырьковых камер.

Получен режим, позволяющий производить в одном цикле быстрый и медленный выходы как при одной, так и при разных энергиях ускоренных частиц.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Short Beam Extraction and Its Conjunction with Slow One per Accelerating Cycle at the JINR Synchrophasotron

The short resonance extraction of protons and light nuclei from the JINR synchrophasotron for bubble chamber experiments is described. The extraction duration is about 600 μ s.

The dosing equipment permits one to reduce the intensity of an external beam to the level required for the bubble chamber operation.

The mode is obtained performing short and slow extraction during one cycle of acceleration both at different and the same energy of accelerated particles.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

ВВЕДЕНИЕ

Проводимое в последние годы в соответствии с программой исследований по релятивистской ядерной физике усовершенствование синхрофазотрона включает разработку систем вывода, позволяющих с высокой эффективностью использовать пучки релятивистских ядер.

После введения в действие системы, обеспечивающей медленный вывод более 90% ускоренного пучка /1,2/, на синхрофазотроне была разработана система быстрого вывода, которая дает возможность облучать пузырьковые камеры протонами и легкими ядрами. В последнем случае длительность вывода не должна превышать нескольких сотен мкс при интенсивности 10-20 частиц в импульсе.

Поскольку схема однооборотного быстрого вывода с предварительным отклонением ускоренного пучка ударным магнитом /кикером/ практически неприемлема для слабофокусирующего ускорителя, была рассмотрена возможность использования резонанса $Q_x = 2/3$ для быстрого заброса частиц в выводной магнит.

Расчеты показали /3/, что время развития резонанса при скачкообразном изменении частоты радиальных бетатронных колебаний составляет ~50 мкс. Это значительно меньше требуемого времени вывода и, следовательно, поставленную задачу можно решить, достаточно быстро изменяя показатель поля в ускорителе с помощью импульса тока в полюсных обмотках /P1/ управления частотой бетатронных колебаний.

Направление канала транспортировки выведенных частиц определялось расположением зданий, в которых

установлены пропановая и водородная камеры, что соответствует выходу пучка из ускорителя в конце первого квадранта /рис. 1/. Это обстоятельство и ориентация фазовых траекторий при резонансе на азимутах первого и второго прямолинейных промежутков для существующей полярности обмоток секступольного возмущения /Р2/ определили расположение магнита-дефлектора /МД/ в первом прямолинейном промежутке на внутреннем радиусе, т.е. $R_{МД} < R_0$ /где R_0 - радиус центральной равновесной орбиты ускорителя/. Так как в пузырьковых

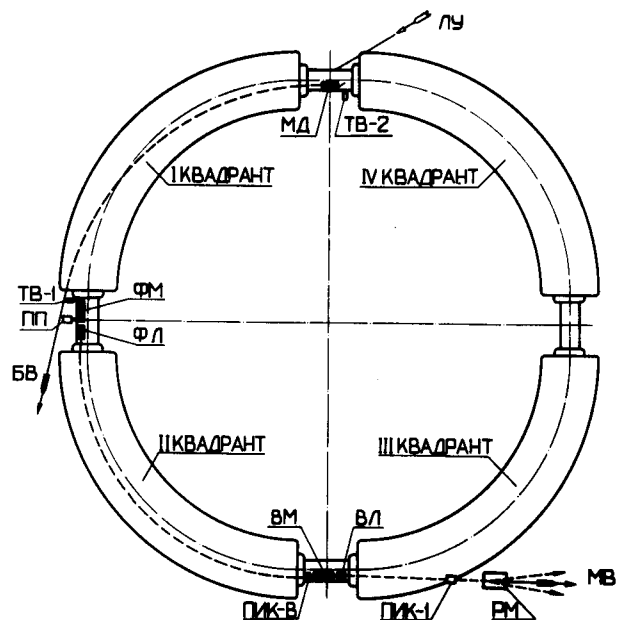


Рис. 1. Схема быстрого и медленного выводов первичного пучка из синхрофазотрона ОИЯИ. ЛУ - линейный ускоритель; МД - магнит-дефлектор быстрого вывода; ФМ - септум-магнит медленного вывода; ФЛ - линза медленного вывода; ПП - механизм перемещения первой ступени; БВ - направление быстрого вывода; ВМ, ВЛ - магнит и линза второй ступени; РМ - раздаточный магнит; МВ - направление медленного вывода; ТВ-1, ТВ-2 - телекамеры; ПИК-В, ПИК-1 - проволочные ионизационные камеры.

камерах используется лишь незначительная часть интенсивности ускоренного пучка, в данном случае не требуется высокого коэффициента вывода и, следовательно, большой глубины заброса частиц в зазор выводного магнита. Поэтому был рассмотрен вариант, облегчающий решение ряда технических задач - расположение МД на краю рабочей области поля ускорителя, что позволяет сделать его неподвижным в течение цикла. Такая схема быстрого вывода реализована /4,5/.

Для повышения эффективности работы ускорителя целесообразно медленный и быстрый выходы производить в одном цикле. В случае работы с разными энергиями пучка требуется последовательное включение систем медленного и быстрого выводов на соответствующих уровнях магнитного поля ускорителя /рис. 2а,б/. При этом оптимальный режим каждой из них настраивается независимо.

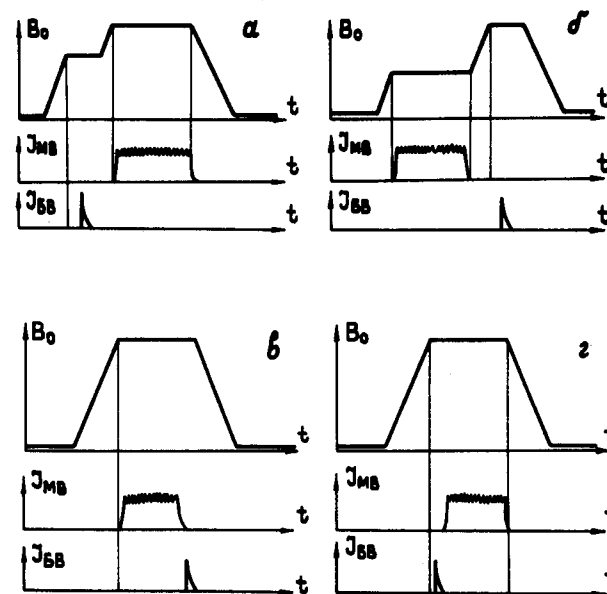


Рис. 2. Реализованные режимы совмещения в одном цикле быстрого и медленного выводов пучка. B_0 - магнитное поле в ускорителе, $J_{МВ}$ и $J_{БВ}$ - токи пучка медленного и быстрого выводов, соответственно.

Технически более трудно выполнимо совмещение двух выводов при одной энергии, поскольку оба процесса должны осуществляться за время одного стола главного тока, длительность которого составляет 0,5 с /рис. 2в,г/. Это время должно быть максимально использовано для медленного вывода. С другой стороны, освобождение рабочей области камеры ускорителя, т.е. перемещение массивной первой ступени /т.н. форступени ФС /6/, состоящей из септум-магнита и линзы/ в нерабочее положение занимает значительную часть стола и, следовательно, практически приемлемым является режим, при котором во время быстрого и медленного выводов ФС остается в рабочем положении.

Моделирование движения частиц на ЭВМ и проведенные эксперименты позволили решить поставленную задачу; при этом удовлетворен ряд жестких требований как со стороны медленного, так и быстрого выводов.

РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ В УСКОРИТЕЛЕ

Быстрый вывод. При расчете фазовых траекторий бетатронных колебаний при быстром выводе были найдены области устойчивости, соответствующие $Q_x = 2/3$, и исследован характер заброса частиц в МД для положений орбиты циркулирующего пучка от R_0 до $R_0 - 330$ мм. Рабочая область камеры синхрофазотрона составляет в радиальной плоскости ± 630 мм. Исходя из этого, при выполнении расчетов край зазора МД с учетом эффективной толщины его септума был взят на $R_0 - 620$ мм. Расчеты, выполненные по программе MFIELD /7/ для поля ускорителя $V_0 = 1T$, показали, что если орбита находится на R_0 , заброс пучка на $x = -600$ мм осуществить не удастся /рис. 3/, т.к. в процессе резонансного роста амплитуд частицы, прежде чем достигнуть МД, будут потеряны в наружной нерабочей области камеры. Было найдено, что заброс происходит при положениях орбиты пучка во внутренней области камеры, начиная с $R_0 - 70$ мм.

С учетом импульсного разброса циркулирующего пучка $\Delta p/p_0 = \pm 2 \cdot 10^{-4}$ / были получены следующие

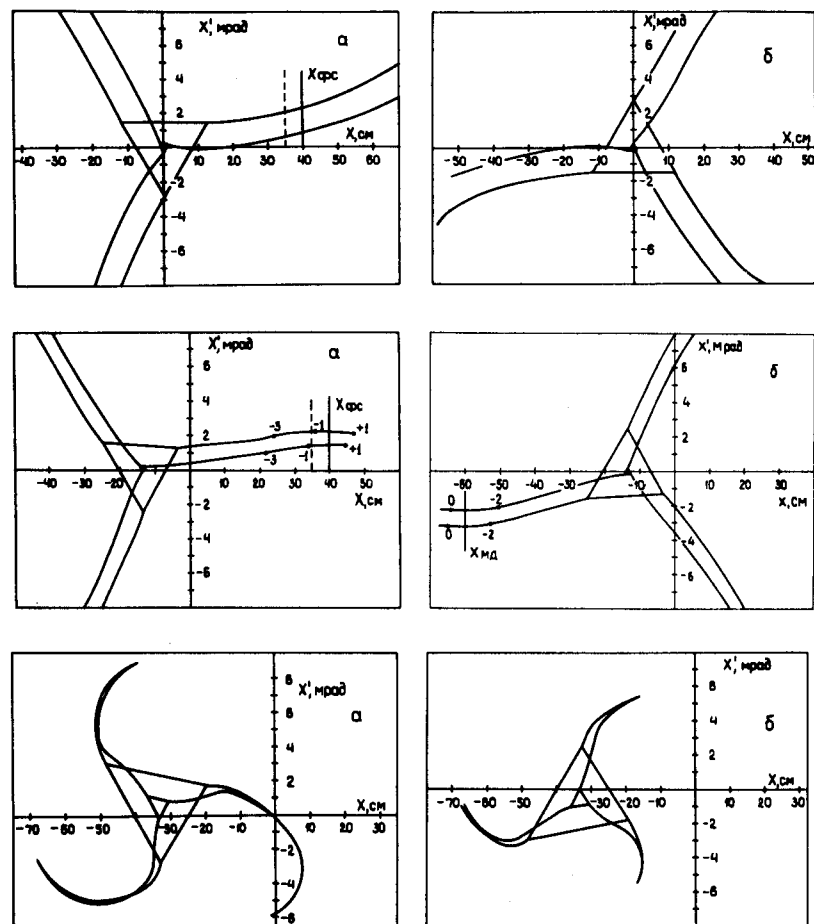


Рис. 3. Радиальные фазовые траектории частиц в условиях резонанса $Q_x = 2/3$ на азимутах форступени /а/ и магнита-дефлектора /б/ при различных положениях орбиты пучка: R_0 /ток в П1, соответствующий началу вывода - 40 А/; $R_0 - 140$ мм /ток - 28 А/; $R_0 - 330$ мм /ток - 4,6 А/.

параметры на входе МД: максимальная глубина заброса составляет 60 мм, средний угол - от 1 до 3 мрад, мгновенный угловой разворот - около 1 мрад.

Из фазовых диаграмм /рис. 3/ видно, что с уменьшением радиуса орбиты требуется снижение тока в об-

мотках сдвига частоты, объясняемое характером зависимости показателя поля от радиуса ^{3/}. При этом увеличивается нелинейность фазовых траекторий, что, однако, не является существенным для быстрого вывода, поскольку в дальнейшем транспортируется только узкая часть пучка.

Для отклонения пучка применяется магнит с градиентом, причем знак градиента таков, что пучок в магните дефокусируется, а это приводит к необходимому снижению интенсивности в канале быстрого вывода /приложение 1/. Показатель поля в магните составляет $n = 80$ и создается конфигурацией полюсов.

Для выхода пучка на заданное направление, определяемое расположением экспериментального оборудования, необходимо, чтобы на азимуте $\phi = \pi/2$ в конце первого квадранта /координата и горизонтальный угол выведенного пучка составляли 225 см и 250 мрад, соответственно. Величина поля в МД, обеспечивающая требуемое отклонение, составляет 1,002 Т. В приложении 2 приведена траектория осевой частицы выведенного пучка вдоль первого квадранта.

Медленный и быстрый выходы при одной энергии.
Из рассмотрения фазовых траекторий на азимутах ускорителя, попарно сдвинутых на $\pi/2$, следует, что частицы могут входить в зазор МД и при введенной в рабочую область камеры ФС. Так, для положения орбиты на $R_0 = 140$ мм заброс пучка в МД происходит; однако, чтобы первая ступень медленного вывода не "перехватывала" частицы при их раскачке в процессе быстрого вывода, ее рабочее положение необходимо изменить /рис. 3/. Изменение положения ФС с $x = 350$ мм на $x = 400$ мм позволяет беспрепятственно направлять пучок как в МД, так и в ФС. Дальнейшее изменение радиального положения ФС / $x > 400$ мм/ нецелесообразно. Из расчетов следует, что в этом случае для обеспечения нормальной глубины заброса пучка в ФС /170 мм/ требуется значительное уменьшение тока в обмотках секступольного возмущения, что приводит к резкой зависимости границы устойчивых амплитуд бетатронных колебаний от расстройки и, сле-

довательно, к более жестким допускам на стабильность параметров системы медленного вывода. К тому же при увеличении радиальной координаты ФС трасса пучка во втором квадранте проходит область краевого поля ускорителя, имеющего сильную нелинейность, что увеличивает эффективный эмиттанс выведенного пучка.

Расчеты показали, что амплитуду секступольного возмущения в квадрантах ускорителя, оптимальную для медленного вывода, можно оставлять неизменной и при быстром выводе, поскольку ее величина не оказывает существенного влияния на фазовую область пучка, подлежащую транспортировке. Это обстоятельство является желательным с точки зрения технического упрощения режима совмещения /постоянство тока в Р2/.

Для выбранных условий были получены фазовые характеристики пучка на входе септум-магнита ФС. Расчеты проводились по методике, описанной в ^{8/} для частиц с импульсами p_0 и $p_0 \pm \Delta p$. Значение $\Delta p/p_0$ было взято $2 \cdot 10^{-4}$. Мгновенный угловой раствор пучка на входе ФС составляет $\sim 0,4$ мрад, горизонтальный эмиттанс $\approx 70 \pi$ мм·мрад, что приблизительно соответствует параметрам выведенного пучка в условиях, полученных ранее.

Фазовые характеристики на входе септум-магнита ФС были взяты в качестве начальных условий для расчета системы транспортировки через второй квадрант. В данном случае величина поля в магните ФС составила 0,1830 Т, а градиент линзы ФС - 0,81 Т/м. При этом фазовые характеристики выведенного пучка на входе ВМ приблизительно соответствуют ранее сосчитанному обычному режиму медленного вывода пучка, что обеспечивает его дальнейшую транспортировку при значениях параметров системы, определенных в ^{8/}.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные, полученные при расчете характеристик быстрого и медленного выводов пучка, были взяты за исходные при разработке аппаратуры. Проведенные эксперименты дали результаты, близкие к расчетным. Не игра-

ющие существенной роли различия объясняются недостаточной точностью картины поля ускорителя, особенно в удаленной от центра области, а также неизбежным в реальных условиях наличием искажений орбиты пучка.

Первая часть предварительных экспериментов состояла в подтверждении возможности заброса пучка на азимуте первого прямолинейного промежутка в область $R_0 - 600$ мм и глубже. Амплитуда и фаза второй гармоники секступольного возмущения были взяты теми же, что и для режима медленного вывода /на поле $B_0 = 1$ Т амплитудное значение тока в обмотках P2 задавалось от 170 до 220 А/. Изменением высокой частоты f_0 на столе главного поля орбита пучка устанавливалась в различные положения внутрь от R_0 /при ускорении дейтронов $f_0 = 1413,35 - 1418,0$ кГц/. Для каждого положения орбиты в обмотку P1 подавался импульс тока с фронтом нарастания до 500 мкс. Временные характеристики магнитной системы синхротрона позволили за время такого порядка обеспечить смещение частот бетатронных колебаний до резонансного

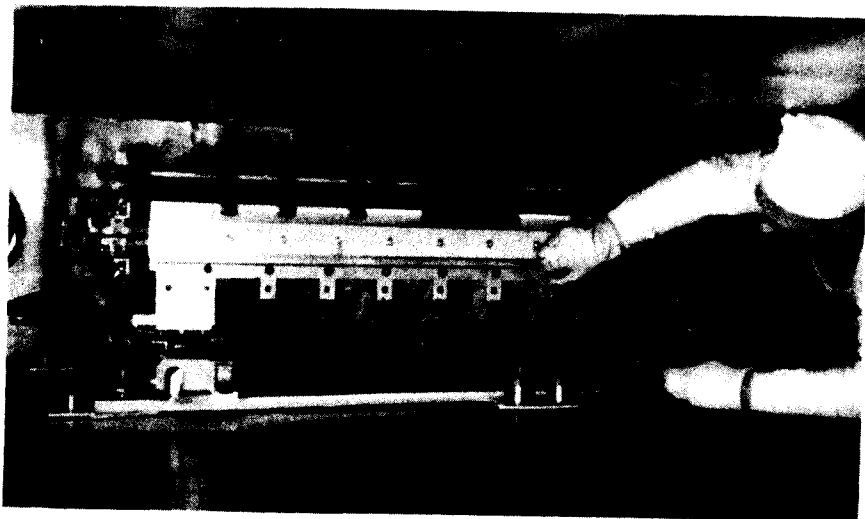


Рис. 4. Магнит-дефлектор в первом прямолинейном промежутке вакуумной камеры.

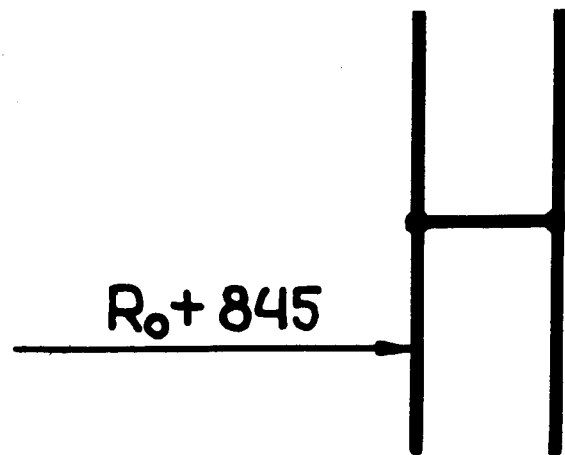
значения /см. рис. 9/, что явилось существенным фактором в вопросе технической реализации предложенной схемы вывода.

Измерения показали, что для положения пробника $R_0 - 600$ мм существует достаточно широкая область положения орбит, когда глубина заброса пучка достигает 60 мм.

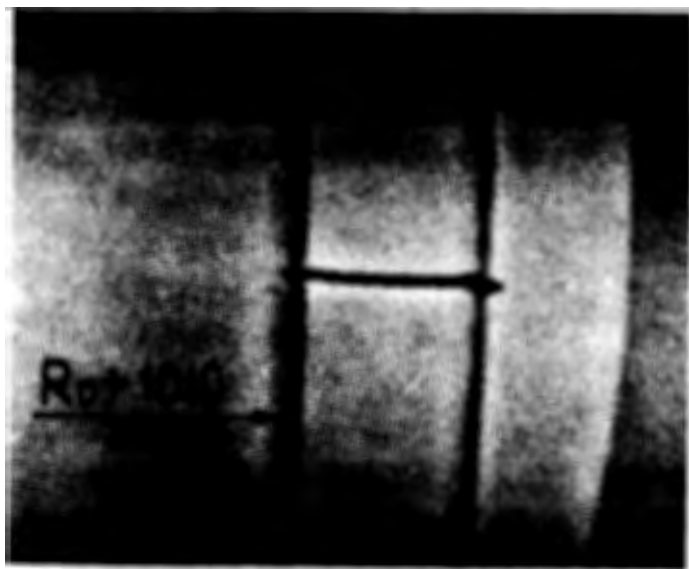
После установки в камеру на эту координату импульсного магнита МД /рис. 4/ с параметрами, обеспечивающими отклонение пучка в заданном направлении, была произведена его трассировка по квадранту до попадания в наружную стенку вакуумной камеры /окна №№ 8, 9, 10/. При измерениях положения пучка использовались телекамеры, сцинтилляционные датчики и облучение фотопленок. В последнем случае в пучок вводилась тонкая рассеивающая мишень в виде металлической проволоочки, "тень" от которой проецировалась на пленку, установленную в пучок на заданном расстоянии от мишени /рис. 5а, б/. Полученные результаты дали соответствие вычислений и эксперимента в пределах ± 1 мм, на основании чего при реконструкции стенки вакуумной камеры /рис. 6/ для части траектории, недоступной для измерений, за основу были взяты расчетные данные. Проведенные после замены стенки /рис. 7/ работы по выводу пучка показали, что при отклонении частиц магнитом-дефлектором их приосевые траектории проходят достаточно близко к центру выходного патрубка /рис. 8/, за которым располагается первый коллиматор.

Быстрый вывод протонов, дейтронов и альфа-частиц в настоящее время производится на коротком столе главного тока, в начале которого с помощью модуляции высокой частоты орбита пучка устанавливается на заданный радиус. По измерениям положения орбиты на азимуте МД /среднее положение может отличаться из-за наличия искажений/ ее оптимальная координата составляет $x \approx 210$ мм.

Для повышения стабильности отклоненного пучка включение импульса тока в обмотку P1 связано с уровнем магнитного поля в МД /через пороговую схему, настроенную на сигнал тока, питающего его обмотки/.



a/



б/

Рис. 5. Положение рассеивающей мишени на азимуте окна №9 /а/ и полученное ее изображение на азимуте окна №10 /б/.

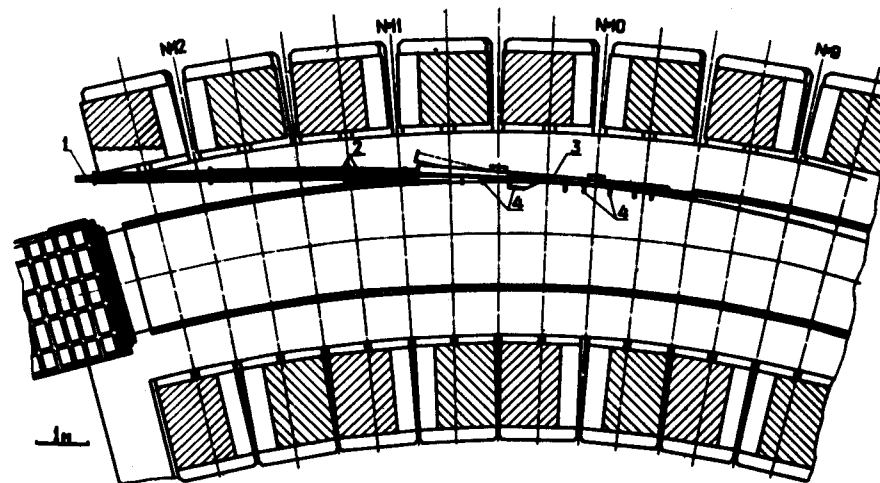


Рис. 6. Стенка вакуумной камеры первого квадранта, реконструированная для быстрого вывода. 1 - траектория пучка, 2 - ионпровод, 3 - выходной патрубок с реконструированной стенкой, 4 - опоры стенки.

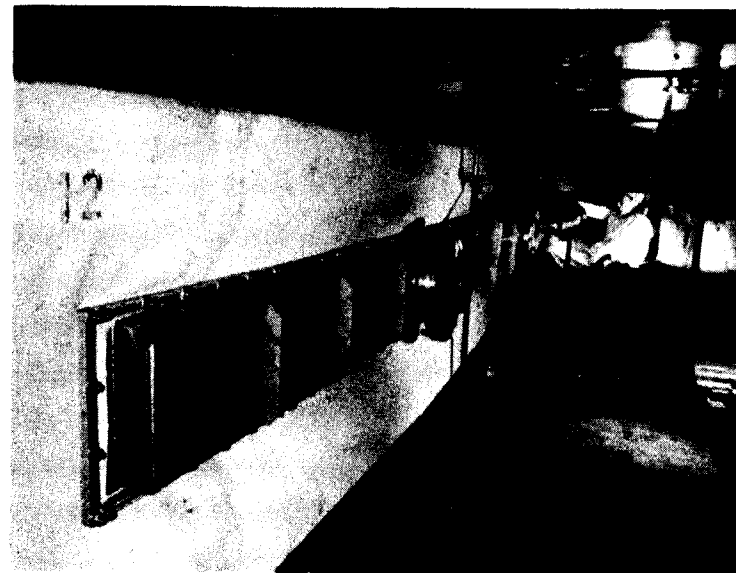
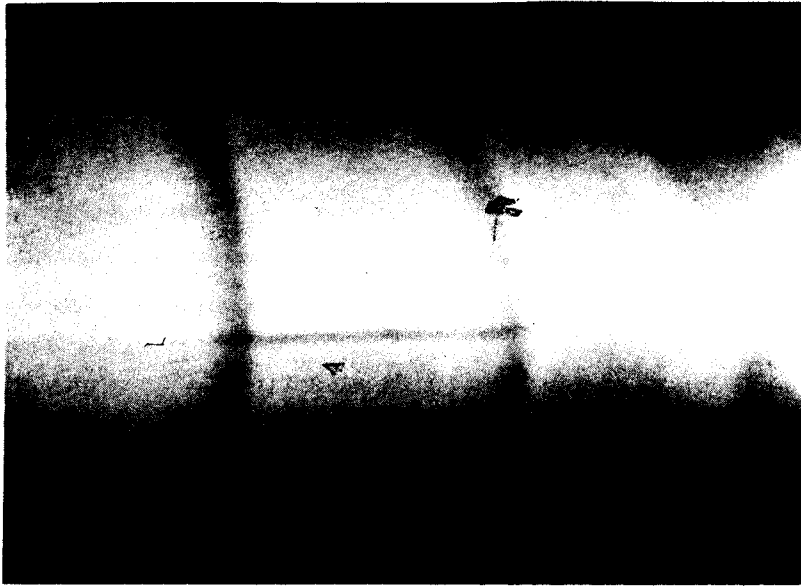
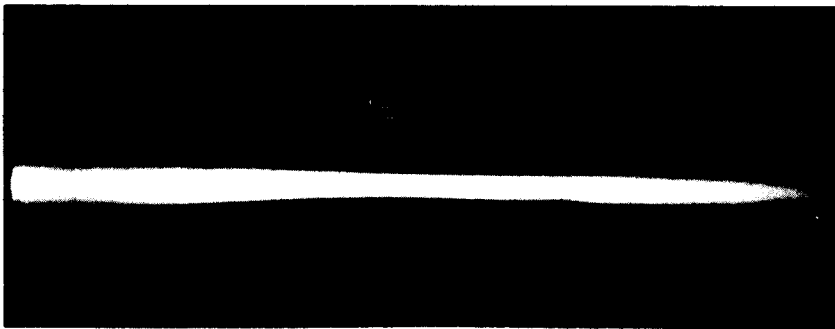


Рис. 7. Общий вид выходного патрубка и новой стенки.



a/



b/

Рис. 8. Изображение рассеивающей мишени внутри патрубку /а/ и пучка на выводном фланце /б/.

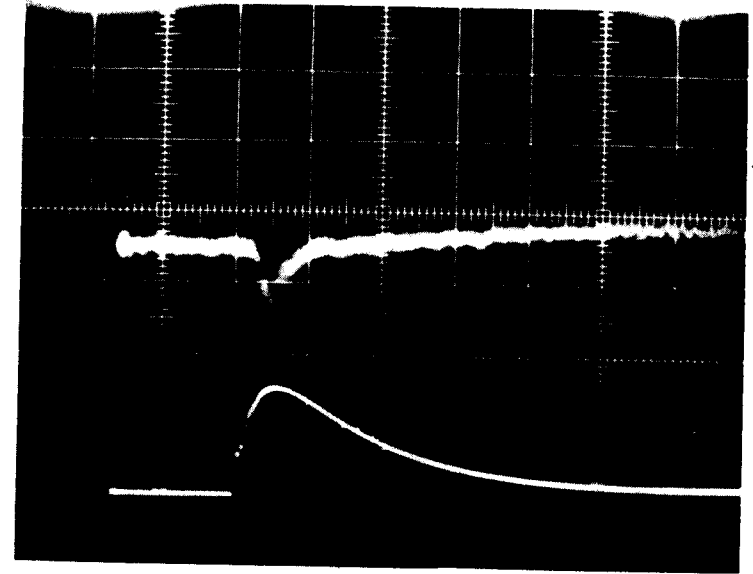


Рис. 9. Осциллограмма быстрого вывода. Нижний луч - импульс тока в обмотках P1, верхний - ток выведенного пучка. Развертка - 1 мс на клетку.

В обычных режимах в резонанс вводится небольшая часть циркулирующего пучка $/5 \div 10\%$, что определяется выбором радиального положения орбиты и амплитудой импульса тока в P1, достаточная величина которой при максимальной энергии составляет 6 А.

Один из типовых режимов быстрого вывода пучка дейтронов дан в табл. 1.

На рис. 9 показана осциллограмма тока в обмотках P1 и импульса с ФЭУ, регистрирующего выведенный пучок.

В случае совмещения медленного и быстрого выводов в течение одного стола главного поля ФС вводится на $R_0 + 400$ мм. Обычно вначале производится медленный вывод. Для этого орбита устанавливается в районе R_0 , амплитуда тока в обмотке P2 выбирается из условий обеспечения заброса пучка в септум-магнит медленного вывода на глубину 170 мм и в соответствии с заданной программой тока в обмотках P1 создаются резонансные

Таблица 1

Поле в ускорителе B_0	1 Т
Частота f_0	1415,36 кГц
Амплитуда тока в обмотках P1	5 А
Ток в обмотках P2	210 А
Амплитуда тока в МД	19 кА
Длительность вывода	- 600 мкс

Таблица 2

	МВ	БВ
Частота f_0	1434,2 кГц	1440,82 кГц
Ток в обмотке P2	224 А	224 А
Ток в обмотке P1	62÷69 А	5 А
Длительность импульса тока в P1	350 мс	1 мс
Длительность вывода	320 мс	-600 мкс
Ток в септум-магните ФС	9,7÷10,1 кА	-
Ток в линзе ФС	600 А	-
Ток в МД	-	19 кА

условия для осуществления медленного вывода требуемой части ускоренного пучка. После этого ток в обмотках P1 выключается, частота радиальных бетатронных колебаний снижается до рабочего значения и с помощью в.ч. ускоряющего напряжения пучок перемещается внутрь от R_0 . Затем в обмотку P1 подается короткий импульс тока, позволяющий раскачать и забросить в зазор МД оставшуюся часть пучка.

В случае необходимости быстрый и медленный выводы могут производиться в обратной последовательности.

В табл. 2 дан типовой режим совмещения медленного и быстрого выводов на поле 1 Т.

На рис. 10 показана осциллограмма выведенных пучков, соответствующая данным табл. 2.

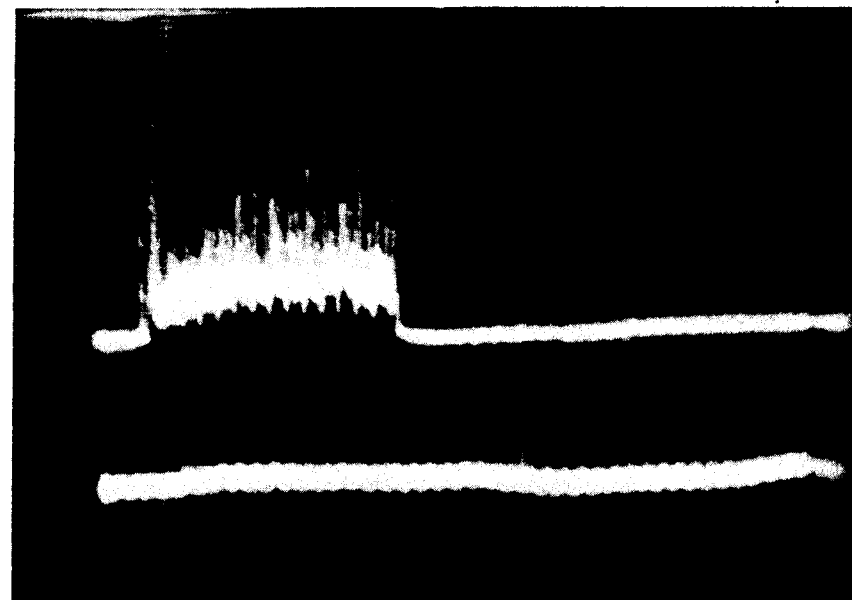


Рис. 10. Вывод пучка при поле $B_0 = 1$ Т. Верхний луч — ток пучка медленного вывода /длительность около 0,3 с/. Нижний — импульс частиц быстрого вывода.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Дозировка пучка для пузырьковых камер при быстром выводе

Обеспечение нормальной работы пузырьковых камер /до 10 частиц в цикле/ сводится к снижению на несколько порядков интенсивности ускоренного пучка от его циркуляции в камере ускорителя до попадания на экспериментальную установку. Для минимальной контролируемой интенсивности пучка до $\sim 10^8$ однозарядных частиц в цикле общий коэффициент ослабления K устройств вывода и транспортировки должен составлять $10^{-7} \div 10^{-8}$.

Эта величина складывается из ряда отдельных коэффициентов ослабления.

1. Коэффициент отбора K_1 при выводе. Импульсный ток в полюсных обмотках управления частотой бетатронных колебаний устанавливается в пределах $0,1 \div 0,05$ от значения, при котором происходит полный вывод ускоренного пучка. Это соответствует /для релеевского распределения амплитуд/ примерно $K_1 = 10^{-1} \div 10^{-2}$.

2. Следующий этап снижения интенсивности осуществляется путем радиальной дефокусировки пучка при прохождении градиентного поля МД и дефокусирующего краевого поля ускорителя на выходе из вакуумной камеры. Отношение размера выпускного отверстия к сечению расфокусированного пучка определяет коэффициент ослабления $K_2 \approx 10^{-2}$.

3. Снижение интенсивности по тракту транспортировки путем коллимирования обеспечивает величину $K_3 = 10^{-2} \div 10^{-3}$.

4. Окончательная дозировка частиц, поступающих в камеру, производится с помощью управляемого кикер-магнита /9/, позволяющего отобрать из пучка несколько частиц из $10^2 \div 10^3 / K_4 = 10^{-2} \div 10^{-3} /$.

Таким образом, общий коэффициент ослабления составляет

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 10^{-6} \div 10^{-10},$$

что перекрывает требуемый диапазон.

Следует отметить, что стабильность общего коэффициента ослабления, зависящая от каждого из входящих в него коэффициентов, не зависит от интенсивности, слабо зависит при правильно выбранной схеме коллимации от режимов работы отдельных узлов системы и, таким образом, незначительно меняется во времени, т.е. от цикла к циклу.

Действительно, если в местах коллимации пучок, попадающий в коллиматор, имеет размер, значительно больший входной апертуры, то достаточным условием стабильного ослабления интенсивности является поддержание положения пучка с погрешностью, значительно меньшей по сравнению с его размером. Это условие практически всегда можно выполнить за счет соответствующей расфокусировки пучка на входе в коллиматор.

Среднеквадратичная погрешность коллимации

$$\sigma^2 = \sum \sigma_i^2.$$

Значения отдельных погрешностей σ_i лежат в пределах $10 \div 20\%$ и, следовательно, для первых трех коэффициентов

$$\sigma \approx \pm \sqrt{3 \cdot 0,2^2} \approx \pm 0,35.$$

Эта оценка показывает, что последняя величина является вполне удовлетворительной, поскольку дозировка с помощью обратной связи /кикер/ окончательно обеспечивает попадание в камеру числа частиц с точностью до ± 1 . Имеет также значение нестабильность интенсивности ускоряемого пучка. Но и эта величина может поддерживаться в пределах $\pm 10 \div 20\%$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Расчетные данные траектории пучка при быстром выводе

Азимут ^{*)}	Одно #	Радиус траектории (см)
$\pi/48$	I	2758,33
$\pi/24$	-	2766,43
$\pi/16$	2	2774,56
$\pi/12$	-	2782,70
$5\pi/48$	3	2790,85
$\pi/8$	-	2798,98
$7\pi/48$	4	2807,09
$\pi/6$	-	2815,15
$3\pi/16$	5	2823,17
$5\pi/24$	-	2831,12
$11\pi/48$	6	2839,01
$\pi/4$	-	2846,81
$13\pi/48$	7	2854,52
$7\pi/24$	-	2862,14
$5\pi/16$	8	2869,66
$\pi/3$	-	2877,08
$7\pi/48$	9	2884,50
$3\pi/8$	-	2892,26
$19\pi/48$	10	2901,00
$5\pi/12$	-	2911,96
$7\pi/16$	11	2927,37
$11\pi/24$	-	2949,91
$23\pi/48$	12	2982,08
$\pi/2$	Конец квадранта	3026,65

^{*)} Отсчитывается от начала квадранта

Авторы считают своим приятным долгом выразить признательность А.М.Балдину и Л.Г.Макарову за постоянное внимание и поддержку при выполнении данной работы. Они благодарят сотрудников ПТО, проделавших под руководством Б.К.Курятникова, Ю.И.Тятюшкина и В.Ф.Кокшарова большую работу по изготовлению и монтажу узлов системы быстрого вывода, а также отмечают значительную помощь со стороны сотрудников сектора

вывода Ю.Ф.Кусагина, О.Н.Цисляка, А.И.Крюкова, В.С.Миронова, М.Д.Ершова и Л.С.Русаковой, участвовавших на разных этапах в разработке системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. I.V.Issinsky et al. *Part.Accel.*, 1973, vol. 5, pp. 215-226.
2. V.Gvozdev, I.Issinsky et al. *Part.Accel.*, 1974, vol. 6, pp. 53-55.
3. Б.В.Василишин, И.Б.Иссинский, Е.М.Кулакова, В.А.Мухайлов. *ОИЯИ, Б1-9-6536, Дубна, 1972.*
4. Ю.Д.Безногих и др. *ОИЯИ, Б2-9-9203, Дубна, 1975.*
5. Ю.Д.Безногих и др. *ОИЯИ, Б2-9-9372, Дубна, 1975.*
6. Л.П.Зиновьев, И.Б.Иссинский и др. *ОИЯИ, 9-6537, Дубна, 1972.*
7. Б.В.Василишин, Е.М.Кулакова, *ОИЯИ, 9-6720, Дубна, 1972.*
8. Б.В.Василишин. *ОИЯИ, 9-8049, Дубна, 1974.*
9. У.Г.Гулямов и др. *ОИЯИ, 13-6186, Дубна, 1972.*

Рукопись поступила в издательский отдел
28 января 1977 года.