

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

3004/82

28/VI-82

9-82-188

А.А.Глазов, В.П.Дмитриевский, Н.Л.Заплатин,  
В.В.Кольга, В.А.Кочкин, Д.Л.Новиков,  
Л.М.Онищенко, Е.В.Самсонов, П.Т.Шишлянников

ЭКСПЕРИМЕНТЫ

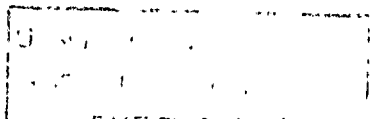
ПО ЭФФЕКТУ РАСШИРЕНИЯ ОРБИТ

1982

Исследование эффекта расширения замкнутых орбит<sup>1,2/</sup>, проводимое в Лаборатории ядерных проблем, ведется параллельно двумя путями: численными методами на ЭВМ и экспериментально на электронной модели кольцевого циклотрона. Результаты, полученные при численном экспериментировании, подвергались проверке на электронной модели после соответствующей доработки аппаратуры или существенной модернизации ее отдельных систем. Такой модернизации, в частности, подвергались ускоряющая и магнитная системы электронной модели.

Для увеличения зоны действия эффекта расширения обмотка спада вариации, представляющая собой систему из двух симметрично расположенных относительно медианной плоскости одиночных проводников '3', была дополнена тремя парами аналогично исполненных обмоток, которые располагались ближе к медианной плоскости в дисках тонкой коррекции. Один полюс каждой вариационной обмотки состоит из двух идентичных ветвей, уложенных по дугам окружности и радиальным линиям. Ветви сдвинуты друг относительно друга на половину периода системы, и по ним текут токи противоположных направлений. Это приводит к компенсации среднего поля и к удвоению амплитуды вариации. На рис. 1 показаны зависимость амплитуды основной гармоники вариации  $/N = 8/$  в зоне расширения от радиуса, а также расчетная и экспериментально полученная зависимости коэффициента расширения для модифицированной магнитной системы. Из графиков рис. 1 видно, что вновь полученная форма зависимости коэффициента расширения орбит имеет вид непрерывной функции, а максимальное его значение соответствует увеличению энергетического шага орбиты в  $/8 \pm 10/$  раз.

Для уменьшения амплитуды когерентных колебаний пучка, связанных с асимметрией ускорения и наличием первой гармоники магнитного поля, один 90-градусный дуант заменен двумя 45-градусными дуантами, расположенными напротив друг друга и включенными в противофазе. С этой же целью введена система гармонических компенсирующих обмоток внутри камеры ускорителя. Обмотки компенсации выполнены так, чтобы имелась возможность изменять величину и фазу первой гармоники вдоль всего радиуса ускорения от радиуса инжекции  $R = 18$  см до радиуса зоны начала эффекта расширения  $R = 90-92$  см. Всего изготовлено 11 пар компенсирующих обмоток. Измерения характеристик ускоренного пучка



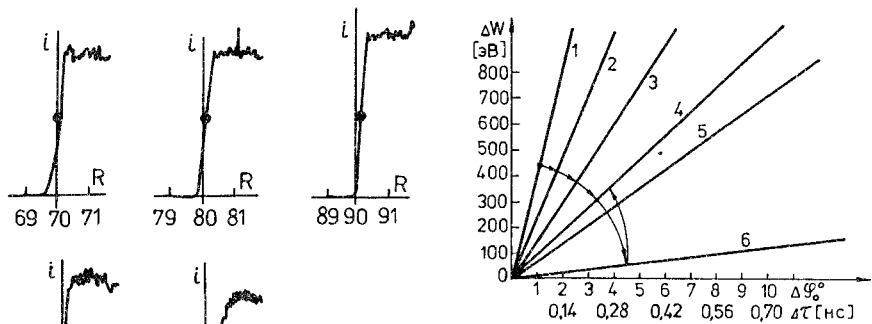


Рис. 4. Зависимость тока на мишень пробника №4 при перекрытии его пробником №2.

Рис. 5. Зависимость энергетического разброса в пучке ускоренных частиц от его длительности при различных значениях фазы центра сгустка на инжекции  $\phi_0$ : 1 -  $66,5^\circ$ ; 2 -  $68,5^\circ$ ; 3 -  $69,5^\circ$ ; 4 -  $72,5^\circ$ ; 5 -  $70,5^\circ$ ; 6 -  $71,5^\circ$ .

Из графиков рис. 5 видно, что только для одной фазы ускорения, а именно, для  $\phi_0 = 71,5^\circ$ , можно ожидать, что энергетический разброс в пучке не будет превышать допуска, определенного в работе <sup>1/</sup>.

Измерения характеристик пучка при введении двух диафрагм по 0,5 мм показали, что амплитуда некогерентных колебаний на всех радиусах ускорения также не превышает 4-5 мм /см. рис. 2/.

Зависимости тока пучка, падающего на дифференциальную мишень пробника №6 от радиуса в зоне расширения при различных значениях ускоряющего напряжения на дуантах показаны на рис. 6. Из приведенных графиков видно, что зона разделения орбит, как в предыдущих измерениях <sup>2/</sup>, составляет 4-5 см. Аналогичные зависимости тока пучка от радиуса в зоне расширения были получены при изменении фазы ускорения, перераспределения токов в вариационных обмотках, формирующих спад вариации, в обмотках изменяющих величину и фазу первой и второй гармоник в зоне расширения и т.д. Из графиков рис. 6 также следует, что если для вывода пучка использовать электростатическое выводное устройство с эффективной толщиной септума 0,5 мм, то коэффициент вывода составит 99,5%.

Проведенные дополнительные расчеты на ЭВМ показали, что в приведенной серии экспериментов оказалось не выполненным,

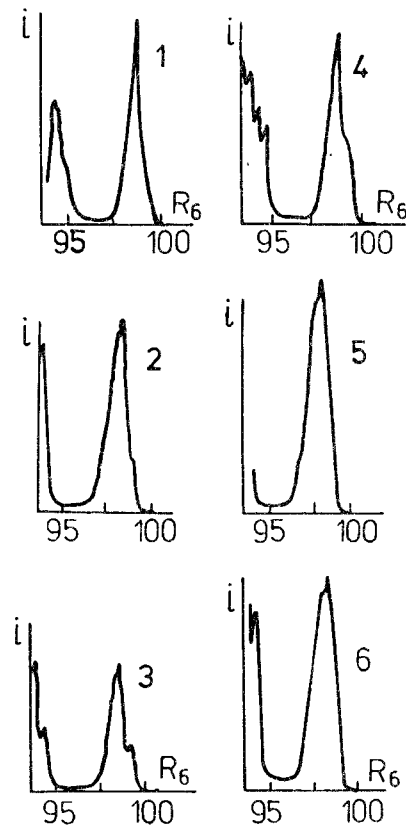


Рис. 6. Зависимости тока на мишень пробника №6 от радиуса при различных значениях ускоряющего напряжения на дуантах  $U_d$ : 1 - 1560В, 2 - 1440В, 3 - 1410В, 4 - 1390В, 5 - 1300В, 6 - 1270В.

несмотря на все предпринятые меры, требование необходимого энергетического разброса в пучке <sup>1/</sup>. Из анализа расчетов можно сделать вывод о том, что в применяемой в настоящее время на электронной модели двухдуантной системе постоянство фазы ускоряющего напряжения должно сохраняться с точностью до  $0,5^\circ$ , причем фаза должна поддерживаться на таком уровне как по радиусу, что зависит от точности сформированного магнитного поля, так и по времени, что зависит от стабильности выходных контуров высокочастотного генератора. Применяемая на электронной модели в

настоящее время аппаратура не позволила выдержать такие жесткие требования.

Для получения 100%-ного вывода, основанного на эффекте расширения замкнутых орбит, потребуется специальная разработка ускоряющей системы, позволяющей уменьшить энергетический разброс в пучке до  $10^{-3}$ . Наиболее вероятной в этом свете представляется ускоряющая система, возбуждаемая суперпозицией двух гармонических колебаний различной кратности <sup>5/</sup>. Такая система позволит снизить требования к поддержанию фазы ускоряющего напряжения в допустимых пределах и одновременно увеличить фазовую протяженность ускоряемых сгустков, что приведет при прочих равных условиях к увеличению интенсивности ускорителя и даст возможность поднять точность определения коэффициента вывода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриевский В.П. и др. ОИЯИ, Д9-81-290, Дубна, 1981.
2. Василенко А.Т. и др. ОИЯИ, Е9-8443, Дубна, 1974. Труды IV Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, "Наука", М., 1975, т.1, с. 205.
3. Заплатин Н.Л., Самсонов Е.В. ОИЯИ, Р9-8257, Дубна, 1974.
4. Дмитриевский В.П. и др. ОИЯИ, Р9-7449, Дубна, 1973.
5. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, 13-4496, Дубна, 1969, с. 55.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
Д9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 марта 1982 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Глазов А.А. и др. Эксперименты по эффекту расширения орбит 9-82-188

Приведены результаты экспериментов по исследованию эффекта расширения замкнутых орбит на электронной модели кольцевого циклотрона. Путем специально предпринятых мер величина амплитуд когерентных и некогерентных колебаний частиц ускоренного пучка сведена к 4-5 мм на всех радиусах ускорителя. Введение внутреннего высокочастотного инжектора и использование оптики первого оборота ускорения позволили получить сгустки ускоренных частиц длительностью  $0,07 \pm 0,35$  нс /1-5°. Исследованы зависимости тока расширенной орбиты от ускоряющего напряжения на дуантах, закона спада вариации, фазы ускоряющего напряжения. При использовании выводного устройства с септумом 0,5 мм можно ожидать коэффициента вывода пучка, близкого к 99,5%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Glazov A.A. et al. Experiments on the Effect of Orbit Expansion 9-82-188

Results of experimental research of the effect of closed orbit expansion on the electron model of the isochronous ring cyclotron are described. Amplitudes of coherent and incoherent oscillations of the accelerated beam were reduced to 4-5 mm with special efforts. Employment of the internal high frequency injector and the use of the first turn optics permitted to obtain the bursts of accelerated beam of about  $0.07 \pm 0.35$  ns (1-5°) duration. The dependences of the expansion orbit current versus accelerating voltage on dees, steep slope of the magnetic field variation, accelerating phase and their parameters are investigated. For use of extraction system with 0.5 mm septum one can expect the extraction coefficient close to 99.5%.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.