

СЗ458

Б-399

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



4722 / 2-78

9 - 11714

Ю.Д.Безногих, А.И.Говоров, Л.П.Зиновьев,
В.А.Мончинский, И.Н.Семенюшкин

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГИИ

ИНЖЕКТИРУЕМЫХ В СИНХРОФАЗОТРОН ЯДЕР

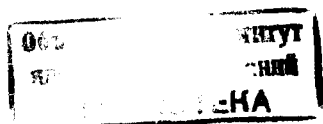
ДО 10 МЭВ/НУКЛОН

1978

9 - 11714

Ю.Д.Безногих, А.И.Говоров, Л.П.Зиновьев,
В.А.Мончинский, И.Н.Семенюшкин

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГИИ
ИНЖЕКТИРУЕМЫХ В СИНХРОФАЗОТРОН ЯДЕР
ДО 10 МЭВ/НУКЛОН



Безногих Ю.Д. и др.

9 - 11714

Повышение энергии инжектируемых в синхрофазотрон ядер до 10 МэВ/нуклон

В работе обсуждается предложение по повышению энергии инжектируемых в синхрофазотрон ядер до 10 МэВ/нуклон. Увеличение энергии инжекции осуществляется при использовании инжектора ЛУ-20 с пристыковкой к нему второй секции, в качестве которой используется имеющийся в ЛВЭ линейный ускоритель ЛУ-9М. Повышение энергии инжекции позволит расширить набор ядер, ускоряемых в синхрофазотроне, вплоть до ядер кальция.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

9 - 11714

Beznogikh Yu.D. et al.

Increasing of Energy of Nuclei Injected into the Synchrotron up to 10 MeV per Nucleon

The proposal for increasing an energy of nuclei injected into the synchrotron up to 10 MeV per nucleon is discussed. Increasing of injected energy is realized by using the LU-20 injector with a second section (the LU-9M linear accelerator) joined with it. The increase in the injected energy expands a set of nuclei, accelerated in the synchrotron, up to calcium.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubno 1978

За последние годы значительное место в научной программе ЛВЭ, выполняемой на синхрофазотроне, заняли исследования по релятивистской ядерной физике. Возможности для проведения экспериментов существенно расширились после запуска нового инжектора синхрофазотрона - протонного линейного ускорителя ЛУ-20. Повышение энергии инжекции в случае ускорения в ЛУ-20 ядер до 5 МэВ/нуклон позволило резко снизить потери пучка в кольце синхрофазотрона в начале ускорения. Принципиальное усовершенствование процесса ускорения в начальной части ^{1/} резонатора ЛУ-20 путем установки промежуточной стенки обеспечило работу форинжектора в номинальном режиме, что привело к существенному увеличению интенсивности ускоренного пучка ядер на выходе инжектора ЛУ-20 и соответственно в синхрофазотроне. Общее увеличение интенсивности ускоренного пучка ядер в кольце синхрофазотрона с инжектором ЛУ-20 по сравнению с соответствующей величиной, получаемой при работе с инжектором ЛУ-9М, составило по α -частицам примерно 500 раз, по дейтронам - более чем порядок. Следует отметить также, что ускорение ядер углерода, кислорода и неона в кольце синхрофазотрона стало возможным благодаря более высокой энергии инжекции по сравнению с ЛУ-9М.

Таким образом, несмотря на то, что в первоначальном проекте линейного ускорителя ЛУ-20 не были заложены свойства универсальности, благодаря сделанным усовершенствованиям он стал высокоэффективным инжектором не только протонного, но и ядерного пучка с $Z/A = \frac{1}{2}$.

Существующие в настоящее время ограничения в расширении спектра масс ускоряемых ядер в кольце синхрофазотрона связаны, с одной стороны, с большими трудностями создания источника с интенсивным потоком ядер (особенно ядер высокой зарядности) и, с другой стороны, при существующем вакууме в кольце синхрофазотрона ($2,0 \cdot 10^{-6}$ Тор) – со сравнительно низкой энергией инжекции ЛУ-20.

Так, например, ядра алюминия от лазерного источника, уже ускоренные в ЛУ-20, практически все будут потеряны в процессе ускорения, поскольку при энергии инжекции 5 МэВ/нуклон потери частиц только из-за перезарядки, как показывают расчеты, составят 10^7 . При существующем вакууме в кольце ускорителя и существующей энергии инжекции в синхрофазотроне возможно ускорение ядер не тяжелее ядер неона.

В табл. 1 приведены результаты расчета коэффициен-

Таблица 1

Z	K = N/N ₀	
	ΔE = 1,25 кэВ/об.	ΔE = 2,5 кэВ/об.
2	1,00	1,00
3	0,96	0,98
5	0,59	0,76
7	0,11	0,33
10	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-2}$

та потерь частиц $K = N/N_0$ из-за перезарядки при энергии инжекции 5 МэВ/нуклон, вакууме синхрофазотрона $2,0 \cdot 10^{-6}$ Тор и при разных приростах энергии ΔE за оборот: в обычном режиме ускорения 1,25 кэВ/об.

и в режиме с удвоенной скоростью нарастания магнитного поля – 2,5 кэВ/об.

Из табл. 1 видно, что при существующем вакууме в кольце синхрофазотрона и энергии инжекции 5 МэВ/нуклон при ускорении ядер неона коэффициент ослабления пучка на перезарядке (подхвате электрона) составляет $K = 3 \cdot 10^{-4}$.

В настоящее время на выходе источника "Крион" /2/ получены ядра аргона. Для реализации ускорения ядер аргона в кольце синхрофазотрона при вакууме $2,0 \cdot 10^{-6}$ Тор необходимо повышать энергию инжекции. Расчеты показывают, что для получения умеренных потерь на перезарядке при ускорении ядер аргона достаточно энергии инжекции 10 МэВ/нуклон.

В табл. 2 приведены расчетные величины коэффициен-

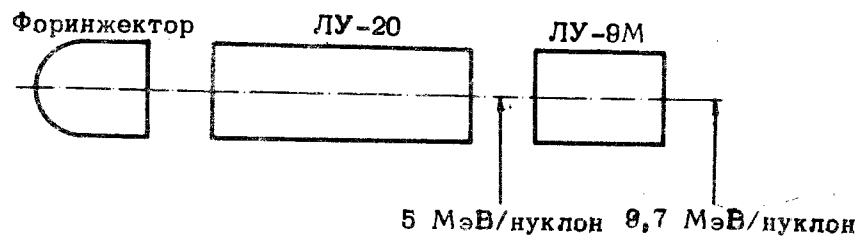
Таблица 2

Z	K = N/N ₀	
	ΔE = 1,25 кэВ/об.	ΔE = 2,5 кэВ/об.
2	1,00	1,00
3	1,00	1,00
5	0,96	0,98
7	0,81	0,90
10	0,31	0,55
15	0,02	0,16
20	0,003	0,06

та потерь частиц на перезарядке для синхрофазотрона ОИЯИ при ускорении ядер различной зарядности (до Са) при энергии инжекции 10 МэВ/нуклон и при существующем вакууме в кольце. Анализ расчетных

данных табл. 2 показывает, что при такой энергии инжекции и форсировке магнитного поля на начальном этапе ускорения потери частиц на перезарядке даже для кальция не больше.

Наиболее просто повышение энергии инжекции до 10 МэВ/нуклон можно осуществить, используя существующий инжектор ЛУ-20 с энергией 5 МэВ/нуклон и оборудование инжектора ЛУ-9М по схеме, которая показана на рисунке.



Ускоряющая система резонатора ЛУ-9М рассчитывается специально на ускорение ядер с отношением заряда ядра к его массовому числу $Z/A = 1/2$ для первой кратности дрейфа, при которой наиболее эффективно используется ускоряющее поле. Расчеты показывают, что в этом случае на длине резонатора 6 м сравнительно легко можно получить дополнительный набор энергии ~ 5 МэВ/нуклон. В табл. 3 приведены расчетные данные для 2-ой секции инжектора.

При ускорении протонов резонатор 2-ой секции не возбуждается ВЧ полем, а фокусирующий канал этой секции используется для транспортировки протонного пучка секции ЛУ-20 с энергией 20 МэВ.

В предлагаемой схеме ускорения для получения ядер предусматривается применение источников с высокой степенью ионизации, таких, как электронно-лучевой и лазерный.

Таблица 3

Начальная энергия	5 МэВ/нуклон
Конечная энергия	9,7 МэВ/нуклон
Средняя амплитудная напряженность ускоряющего поля	23 кВ/см
Синхронная фаза	-35°
Число периодов ускорения	23
Длина начального периода ускорения	21 см
Длина конечного периода ускорения	29 см
Длина резонатора	583 см

ЛИТЕРАТУРА

1. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, 9-9592, Дубна, 1976.
2. Донец Е.Д., Пикин А.И. ЖТФ, 1975, ХУ, стр. 2373.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 июня 1978 года.