

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

9-86-511

**Б.В.Василишин, И.Б.Иссинский, В.А.Михайлов,
М.Н.Таровик**

**СХЕМА И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ
МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА ПУЧКА ИЗ НУКЛОТРОНА**

1986

В соответствии с выбранными в нуклотроне частотами бетатронных колебаний ($Q_x \approx Q_z \approx 6,75$)/1 для медленного вывода целесообразно использовать ближайший резонанс третьего порядка $3Q_x = 20$. Рабочая точка подводится к полосе этого резонанса изменением токов в обмотках структурных квадрупольных линз. Одновременно с помощью секступольных линз создается 20-я гармоника квадратичной нелинейности. Медленное смещение частоты бетатронных колебаний внутри резонансной полосы производится за счет программируемого изменения токов в дополнительных квадрупольных линзах. Вывод пучка осуществляется с помощью электростатического септума и магнита Ламбертсона.

1. Характеристики магнитных элементов и параметры выведенного пучка. Размещение квадрупольных и секступольных линз в кольце ускорителя

Размещение этих элементов в кольце ускорителя и схема их электропитания должна обеспечивать высокое качество и независимость настройки параметров выведенного пучка. Поэтому необходимые возмущения магнитного поля целесообразно создавать с помощью двух пар секступольных и четырех квадрупольных линз (рис. 1).

Линзы каждой пары ДС1, ДС3 и ДС2, ДС4 располагаются на диаметрально противоположных участках структуры, соответствующих минимальным значениям дисперсионной функции, и запитываются одинаковыми токами.

Пары линз сдвинуты по азимуту друг относительно друга на угол

$\theta = 7\pi/16$, что позволяет варьировать фазу секступольной гармоники в процессе настройки медленного вывода от 0 до 2π . Кроме того, такое расположение исключает возбуждение резонансов типа $2Q_x \pm 2Q_z = 2m+1$ и сводит к минимуму хроматические эффекты, обусловленные введением квадратичных нелинейностей.

Установка равномерно по кольцу четырех квадрупольных линз ДК1, ДК4 с последовательно соединенными обмотками обеспечивает требуемый когерентный сдвиг частоты ΔQ_x и исключает возбуждение опасных параметрических резонансов $2Q_{x,z} = 13$ и $2Q_{x,z} = 14$. Последнее обстоятельство является весьма существенным, т.к. полная ширина полосы ΔQ_β резонанса $3Q_x = 20$ оказывается сравнительно большой, особенно при выводе частиц в области средних энергий.

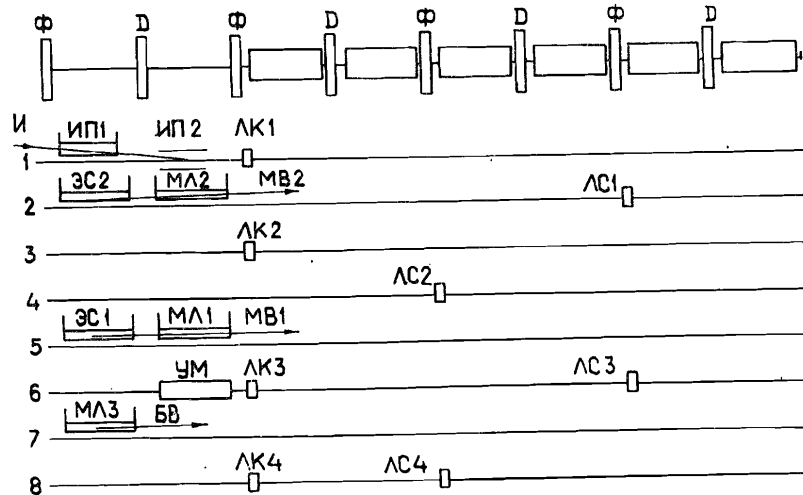


Рис. 1. Расположение элементов систем ввода и вывода пучка в восьми суперпериодах циклотрона.

Для медленного вывода пучков из циклотрона по каждому из двух направлений (МВ1 и МВ2) приняты двухступенчатые схемы. Разработка более сложных многоступенчатых схем сопряжена с техническими трудностями, в частности, с заполнением большого числа прямолинейных промежутков устройствами вывода за счет других элементов. Кроме того, расчетная эффективность медленного вывода, превышающая для двухступенчатой схемы 95%, может считаться удовлетворительной.

В качестве первой ступени используется электростатический септум (ЭС), отклоняющий частицы в горизонтальной плоскости. Для второй ступени взят магнит Ламбертсона (МЛ), применение которого позволяет, во-первых, расположить его сверхпроводящие обмотки на достаточном удалении от потоков рассеянных и вторичных частиц, образовавшихся в результате взаимодействия с электростатическим септумом и, во-вторых, обеспечить подъем пучка в вертикальной плоскости до уровня существующих каналов транспортировки в экспериментальных залах синхрофазотрона.

С точки зрения оптимального набора фаз бетатронных колебаний возможны два варианта расположения септумных устройств: в пределах одного прямолинейного промежутка ($\mu_x = 0,65$ рад) и через два суперпериода ($\mu_x = 10,5$ рад). Элемент M_{12} матрицы перехода от входа в ЭС до входа в МЛ, характеризующий величину разделения присептумных от-

клоненной и неотклоненной траекторий частиц, соответственно, для первого и второго вариантов равны 4 мм/мрад и 10 мм/мрад. Однако просвет между горизонтальными отгибающимися отклоненного и циркулирующего пучков в последнем случае определяется координатами частиц, относящихся к другой ветви фазовых траекторий при резонансе $3Q_x = 20$. При кинетической энергии 6 ГэВ/нуклон и напряженности электрического поля в ЭС 10^7 В/м разделение пучков в обоих случаях приблизительно одинаково. В связи с этим предпочтение было отдано первому варианту расположения выводных устройств в одном прямолинейном промежутке (рис. 1).

Для выбранной схемы вывода амплитуда b_2 и фаза \sqrt{I}/I_2 секступольного возмущения определяется параметрами выводных устройств и аксептансом ускорителя. Последний, если не принимать дополнительных мер, заполняется крайне неэффективно, особенно при выводе ионов с энергиями 200 МэВ/нуклон. Действительно, из-за сравнительно большого эмиттанса

$\epsilon_x = 137$ мм.мрад и разброса орбит $\psi_c(\Delta p/p) = \pm 4$ мм имеет место изменение глубины заброса (19) и углов частиц (20) в процессе вывода. Причем Δx_{max} соответствует частицам с $(\Delta p/p) = -(\Delta p/p)_{max}$, для которых аксептанс минимален. Для остальных частиц, несмотря на возможность роста амплитуд бетатронных колебаний, глубина заброса будет меньше.

Частично проблему эффективного заполнения вакуумной камеры ускорителя удастся решить за счет программируемого смещения равновесной орбиты в процессе вывода на величину $2\psi(\Delta p/p)_{max}$. При этом центральная орбита в любой момент времени должна соответствовать среднему значению импульсов выводимого пучка (см. рис. 1б). Глубина заброса и диапазон углов частиц на входе в электростатический септум определяются не полнцм, а мгновенным импульсным разбросом. Таким образом, смещение орбиты — процедура, требующая высокой точности ($\sim 10^{-4}$) изменения магнитного поля в процессе вывода, приводит к увеличению эффективности и уменьшению эмиттанса выведенного пучка.

Для заданных параметров циркулирующего пучка при энергиях 0,2 и 6 ГэВ/нуклон (см. таблицу) и расположения выводных устройств (рис. 1) по формулам (11, 12, 18) были рассчитаны условия заброса пучка в зазор электростатического септума. Анализ результатов показал, что оптимальным с точки зрения эффективности вывода является размещение первого септума на расстоянии $\chi_c = 3$ см от продольной оси прямолинейного промежутка и сдвиг пучка на 1,7 см внутрь при инжекции. Локальное искажение орбиты на азимуте вывода при малых энергиях сравнительно просто может быть создано с помощью магнитных элементов коррекции замкнутой орбиты.

Амплитуда b_2 и фаза γ_2 секступольного возмущения выбирались из условия разделения отклоненной и циркулирующей частей пучка в магните Ламбертсона при напряженности поля электростатического септума 10^7 В/м и эффективной длине 3,3м (для конечной энергии угол отклонения в ЭС $\alpha_n = 2,38 \cdot 10^{-3}$). Расчеты, выполненные по формулам раздела I, показали, что максимальной эффективности вывода соответствует $b_2 = 0,706$ м $^{-1/2}$; $\gamma_2 = 4,61$; $\alpha_n = 5,7 \cdot 10^{-3}$ при 0,2 ГэВ/нуклон и $b_2 = 0,595$; $\gamma_2 = 3,64$; $\alpha_n = 2,38 \cdot 10^{-3}$ при 6 ГэВ/нуклон. Для промежуточных значений энергии эти величины изменяются по закону, близкому к линейному.

Зависимость амплитуды и фазы секступольного возмущения а также угла отклонения в электростатическом септуме от энергии выведенных частиц приводит к тому, что оси этих пучков на выходе из ускорителя оказываются повернутыми друг относительно друга. Для крайних значений энергий 0,2 и 6 ГэВ/нуклон угол между осями составляет 4 мрад. Он компенсируется с помощью двух дипольных корректоров, установленных в канале транспортировки.

Параметры циркулирующего и выведенного пучков а также характеристики элементов системы вывода представлены в таблице и на графиках. На рис. 2 показано изменение импульсного разброса в процессе вывода. Фазовые траектории на входе в электростатический септум, соответствующие мгновенному импульсному разбросу, приведены на рис.3. Здесь также изображены эллипс, ограничивающий аксептанс ускорителя без выводных элементов ($C_x = 210\pi$ мм.мрад), и фазовые портреты септумов электростатического устройства и магнита Ламбертсона.

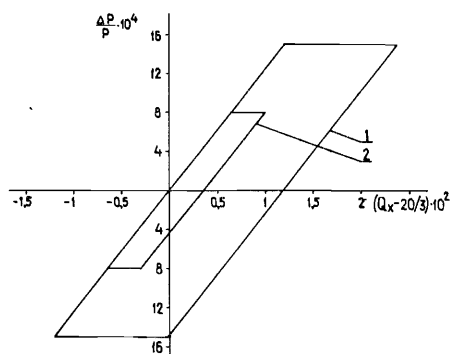
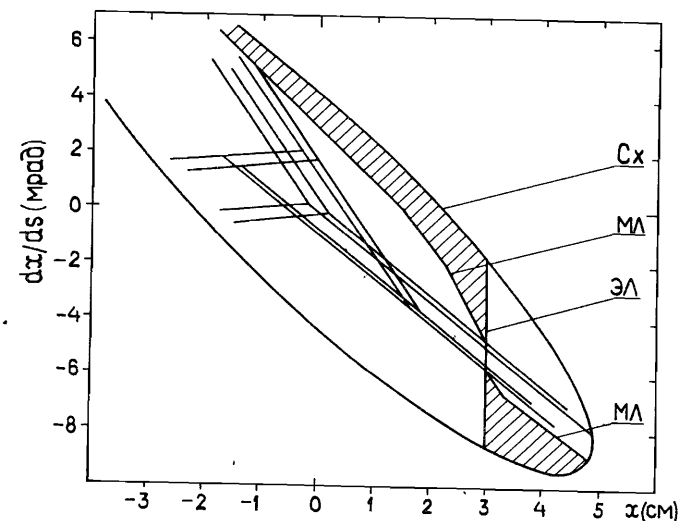
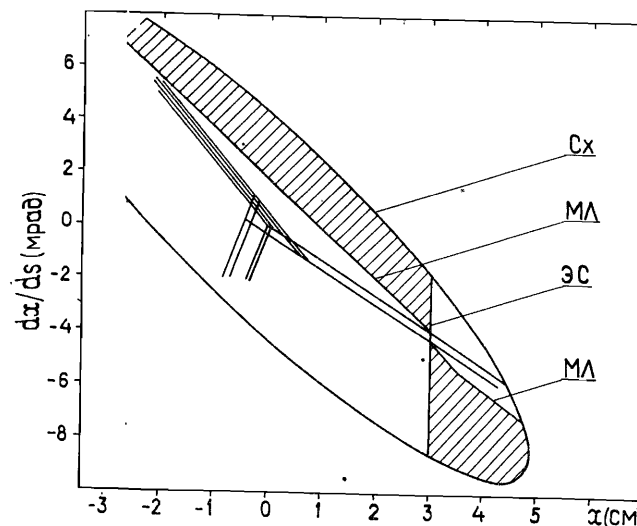


Рис. 2. Изменение импульсного разброса пучка в процессе вывода; 1 - энергия 0,2 ГэВ/нуклон, 2 - 6 ГэВ/нуклон.



а)



б)

Рис. 3. Фазовые траектории пучка и линии, ограничивающие аксептанс ускорителя и выводного промежутка на входе в электростатический септум, а - при энергии 0,2 ГэВ/нуклон, б - при энергии 6 ГэВ/нуклон.

Величины квадратичных нелинейностей магнитного поля линз ЛС 1,3 и ЛС 2,4 в соответствии с (6) рассчитываются по формуле

$$S_{1,2} = \left(\frac{\partial^2 B_z}{\partial x^2} \right)_{1,2} = \pm \frac{24\pi B\rho v_2 \sin(2\theta_2 + 3\gamma_x + \gamma_2)}{\beta_x^{3/2} \ell_s \sin 2\theta(\theta_2 - \theta_1)} \quad (I)$$

где $\ell_s = 0,3$ м - эффективная длина секступольных линз, $\theta_1 = 23\pi/16$ и $\theta_2 = 15\pi/8$ - азимуты линз ЛС1 и ЛС2 относительно азимута входа в ЭСИ ($\theta_{ЭС1} = 0$), β_x - параметр Твисса, γ_x - аргумент функции Флоке.

Для вывода частиц по направлению МВ2, как это следует из рис. 1 ($\theta_{ЭС2} = 3\pi/4$), требуемые амплитуда и фаза возмущения получаются изменением направлений токов в обмотках секступольных линз на противоположные. Численные значения производных индукций магнитного поля при энергии ионов 6 ГэВ/нуклон равны: $S_{1,3} = 233$ Тл/м², $S_{2,4} = 110$ Тл/м².

При заданном расположении секступольных линз наряду с 20-й гармоникой возбуждается также спектр четных гармоник, среди которых наибольшую опасность представляют нулевая и четырнадцатая гармоники возмущения. Наличие постоянной составляющей приводит к изменению разброса частот бетатронных колебаний на величину

$$\Delta Q_{x,z} = \pm \frac{\Delta\rho}{\rho} \frac{\ell_s}{2\pi B\rho} \sum_{j=1}^2 (\beta_{x,z} \Psi S_j) \quad (2)$$

В данном случае разброс частот в горизонтальной плоскости уменьшается на $0,2(\Delta\rho/\rho)_{max}$, а в вертикальной плоскости увеличивается на $0,06(\Delta\rho/\rho)_{max}$. Ширины полос параметрических резонансов $2Q_{x,z} = 14$ рассчитываются по формулам:

$$\delta_r = \frac{\Delta\rho}{\rho} \frac{\ell_s}{2\pi B\rho} [(\beta_{x,z} \Psi S_1)^2 + (\beta_{x,z} \Psi S_2)^2 + 2(\beta_{x,z} \Psi S_1)(\beta_{x,z} \Psi S_2) \cos 14(\theta_1 - \theta_2)] \quad (3)$$

и равны $0,2(\Delta\rho/\rho)_{max}$ для $2Q_x = 14$ и $0,06(\Delta\rho/\rho)_{max}$ для $2Q_z = 14$.

Как следует из этих оценок, благодаря размещению секступольных линз в минимумах дисперсионной функции, их вклад в хроматические эффекты оказывается малым. Изменение ведущего магнитного поля в процессе вывода на величину $(\Delta B/B)_{max} = 2(\Delta\rho/\rho)_{max}$ также не внесет существенных изменений в частотные характеристики пучка.

Максимальные градиенты в линзах ЛК1 + 4 определяются из полной

ширины (II) резонанса $3Q_x = 20$:

$$G_{1+4} = \left(\frac{\partial B_z}{\partial x} \right)_{1+4} = \frac{\pi B\rho \Delta Q_B}{\beta_x \ell_k} \quad (4)$$

При эффективной длине квадрупольной линзы $\ell_k = 0,3$ м, $G_{1+4} = 0,68$ Тл/м, соответствующий этому значению когерентный сдвиг частот в вертикальной плоскости $\Delta Q_z = (\beta_z/\beta_x) \Delta Q_B = 5 \cdot 10^{-3}$.

Параметрические резонансы $2Q_{x,z} = 13$ и $2Q_{x,z} = 14$ не возбуждаются.

Первоначальное разделение циркулирующего и выведенного пучков осуществляется с помощью электростатического септума длиной 3,3 м, с толщиной септума 0,3 мм и напряженностью поля $E_c = 10^7$ В/м. Устройства с подобными характеристиками работают на протонных синхротронах ЦЕРНа /2/ и Батавии /3/.

Наиболее сложным элементом системы медленного вывода, требующим специальной разработки, является магнит Ламбертсона. Вертикальный угол поворота пучка в этом магните может быть выбран в интервале (80 + 113) мрад, причем минимальный угол соответствует обходу габа-ритов структурных элементов кольца нуклотрона, максимальный - подъему пучка до уровня медианной плоскости существующих каналов транспортировки. При эффективной длине магнита 3,3 м допустимые величины магнитной индукции лежат в пределах (1,1 + 1,6) Тл. В случае, если максимального значения $B_{ML} = 1,6$ Тл достичь не удастся, в канале вывода необходимо установить дополнительный дипольный магнит для поворота пучка в вертикальной плоскости.

Основные параметры электростатического септума, магнита Ламбертсона и характеристики выведенного пучка даны в таблице. Огибающие пучка ионов с энергиями 0,2 и 6 ГэВ/нуклон на участке вывода приведены на рис. 4.

2. Допуски на пространственные и временные неоднородности магнитного поля

Наличие в магнитном поле ускорителя постоянной составляющей и 20-й гармоники секступольной нелинейности приводит к изменениям разброса частот бетатронных колебаний (3,4) амплитуды и фазы резонансного возмущения (6). Ограничимся оценкой допусков на величину систематической квадратичной погрешности поля, исходя из того, что она не должна существенно изменять характеристики пучка в линейных полях ускорителя:

$$|\alpha_2| \leq 0,1 |\alpha_1| \quad (5)$$

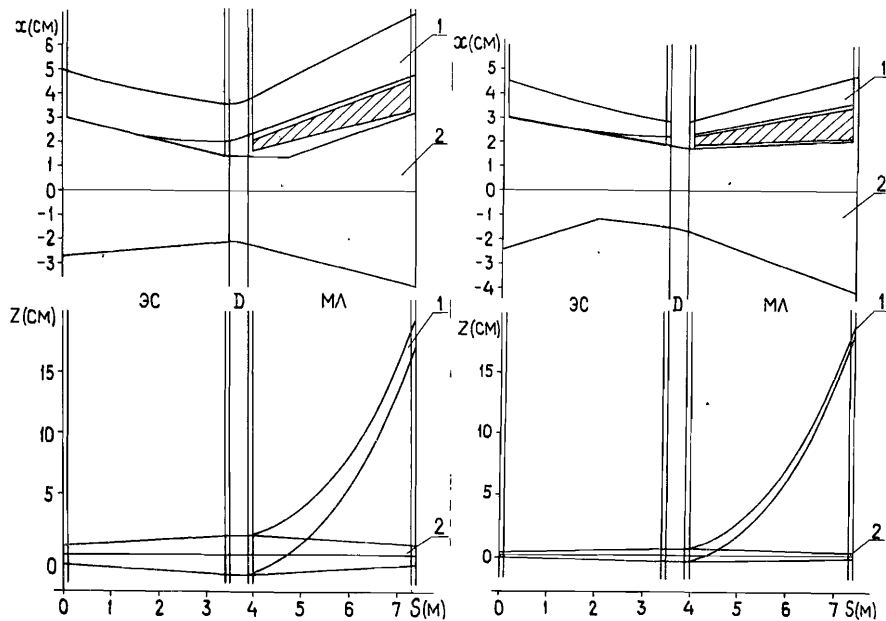


Рис. 4. Огибание отклоненного (1) и циркулирующего (2) пучков на участке вывода, а) - при энергии 0,2 ГэВ/нуклон б) - при энергии 6 ГэВ/нуклон.

Средние значения нелинейностей в дипольных магнитах (индекс "М") и в квадрупольных линзах (индекс "Л") связаны неравенством:

$$\left| \frac{\Delta B_z}{B} \right|_{2,М} + 0,3 \left| \frac{\Delta B_z}{B} \right|_{2,Л} \leq 7 \cdot 10^{-4}, \quad (6)$$

где $\left(\frac{\Delta B_z}{B} \right)_k = \frac{r^k}{k! B} \frac{\partial^k B_z}{\partial x^k}$; $r = 40 \text{ мм}$.

Здесь и далее предполагается, что средние значения погрешностей в линзах Ф и Д равны по величине и противоположны по знаку, среднеквадратичные - равны, корреляция между распределениями полей в магнитах и линзах отсутствует.

Среднеквадратичное значение секступольного возмущения определим из условия

$$2 \langle B_2 \rangle \leq 0,1 B_2 \quad (7)$$

и в соответствии с (6) получим

$$\left\langle \frac{\Delta B_z}{B} \right\rangle_{2,М}^2 + 0,1 \left\langle \frac{\Delta B_z}{B} \right\rangle_{2,Л}^2 \leq 5 \cdot 10^{-6} \quad (8)$$

Присутствие в магнитном поле постоянной составляющей октупольного возмущения (5) и 20-й гармоники декапольного возмущения (7) приводит к появлению на фазовой плоскости новых особых точек типа "центр". При движении частиц в окрестности этих точек темп роста амплитуд бета-тронных колебаний замедляется, а фазовые траектории искажаются. Численные расчеты, проведенные для синхрофазотрона ОИЯИ^{1/4}, показали, что при удалении устойчивых особых точек на расстояние $(2I)_{уст}^{1/2} = 4(C_x/\pi)^{1/2}$ от равновесной орбиты, где C_x - аксептанс ускорителя, вклад указанных нелинейностей в увеличение эффективного эмиттанта выведенного пучка и в уменьшение глубины заброса не превышает 10%.

При $\alpha_3 \neq 0, b_4 = 0$ координата устойчивых особых точек, полученная приравнивая нулю правых частей уравнений (2), определяется по формуле.

$$(2I)_{уст}^{1/2} = [3B_2 + (9B_2^2 - 16\alpha_3 \Delta Q)^{1/2}] / 8\alpha_3. \quad (9)$$

Допуск на среднюю величину октупольной нелинейности найдем из неравенства

$$\frac{3B_2}{|\alpha_3|} \geq 4 \left(\frac{C_x}{\pi} \right)^{1/2}; \quad (10)$$

с учетом (5) он равен

$$\left| \frac{\Delta B_z}{B} \right|_{3,М} + 0,4 \left| \frac{\Delta B_z}{B} \right|_{3,Л} \leq 5 \cdot 10^{-4}. \quad (11)$$

Аналогично оценивается допуск на среднеквадратичную величину декапольного возмущения (7). При $\gamma_2 + \gamma_4 = \pi$ условие (10) имеет вид

$$(2I)_{уст}^{1/2} = (3B_2 / 10 \langle B_4 \rangle)^{1/2} \geq 4(C_x/\pi)^{1/2}. \quad (12)$$

Среднеквадратичные значения данной нелинейности в магнитах и линзах не должны превышать

$$\left\langle \frac{\Delta B_z}{B} \right\rangle_{4,М}^2 + 0,5 \left\langle \frac{\Delta B_z}{B} \right\rangle_{4,Л}^2 \leq 3 \cdot 10^{-8}. \quad (13)$$

Одной из важнейших характеристик медленного вывода является однородность во времени тока выведенного пучка. Коэффициент однородности определяется как отношение квадратов среднего и среднеквадратичного значений тока^{1/5}:

$$F = \left(\int_0^{T_B} \frac{dN_B}{dt} dt \right)^2 / \left[T_B \int_0^{T_B} \left(\frac{dN_B}{dt} \right)^2 dt \right], \quad (I4)$$

где T_B - время вывода, N_B - интенсивность выведенного пучка.

Изменение резонансной расстройки в процессе вывода представим в виде

$$\Delta Q(t) = \frac{\Delta Q_B}{T_B} t + \Delta Q_n \sin 2\pi f t. \quad (I5)$$

Тогда при частоте пульсаций $f \gg 1/T_B$ и токе выведенного пучка

$$\frac{dN_B}{dt} = \frac{dN_B}{dQ} \frac{dQ}{dt} = \frac{dN_B}{dQ} \left(\frac{\Delta Q_B}{T_B} + 2\pi f \Delta Q_n \cos 2\pi f t \right) \quad (I6)$$

коэффициент однородности (I4) равен

$$F = [1 + 2(\pi f T_B \Delta Q_n / \Delta Q_B)^2]^{-1} \quad (I7)$$

Наиболее опасным является случай, когда ΔQ_n равно сумме амплитуд колебаний резонансных расстроек, каждое из которых есть результат пульсаций с частотой f магнитного поля:

а) в структурных магнитах и линзах (4)

$$\Delta Q_{n,m,l} = |x_2| \left(\frac{\Delta B}{B} \right)_{n,m} + \frac{\partial Q_x}{\partial G_\Phi} G_\Phi \left(\frac{\Delta G}{G} \right)_{n,\Phi} + \left| \frac{\partial Q_x}{\partial G_D} G_D \right| \left(\frac{\Delta G}{G} \right)_{n,D} \quad (I8)$$

б) в квадрупольных линзах ЛК1-4 (I2)

$$\Delta Q_{n,k} = \Delta Q_B \left(\frac{\Delta G}{G} \right)_{n,1+4} \quad (I9)$$

в) в секступольных линзах ЛС1+4 (II)

$$\Delta Q_{n,s} = 2(\sqrt{3} \epsilon_x)^{1/2} b_2 \left(\frac{\Delta S}{S} \right)_n \quad (20)$$

При заданном коэффициенте однородности (I7) ограничение на амплитуды пульсаций магнитного поля в этих элементах имеет вид

$$\sum \Delta Q_n \leq \frac{\Delta Q_B}{\pi f T_B} \left(\frac{1-F}{2F} \right)^{1/2} \quad (2I)$$

Численные значения коэффициентов в неравенстве (2I) при $F=0,95$ и $T_B=10c$ равны

$$\left(\frac{\Delta B}{B} \right)_{n,m} + 15 \left(\frac{\Delta G}{G} \right)_{n,\Phi} + 3 \left(\frac{\Delta G}{G} \right)_{n,D} + 0,02 \left(\frac{\Delta G}{G} \right)_{n,1+4} + 0,005 \left(\frac{\Delta S}{S} \right)_n \leq \frac{10^{-4}}{f} \quad (22)$$

Относительные допуски на пространственные и временные неоднород-

ности электрических и магнитных полей выводных устройств являются характерными для данного типа элементов и составляют величину $5 \cdot 10^{-3}$.

Таблица

Основные параметры системы медленного вывода пучка из нуклотрона

Параметр	Обознач.	Размерн.	Энергия (ГэВ/пучк.)	
			0,2	6
	2	3	4	5
1. Циркулирующий пучок				
Магнитная жесткость	$B\rho$	Тл·м	4,30	45,83
Эмиттанс горизонтальный	ϵ_x	мм.мрад	13п	1,7п
		вертикальный	мм.мрад	20п
Импульсный разброс	$(\Delta p/p)_{max}$		$1,5 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$
2. Резонансная система				
Амплитуда возмущения	b_2	м ^{-1/2}	0,706	0,595
Фаза возмущения	φ_2	рад	4,6I	3,64
Полуширина резонансной полосы при $\Delta p/p=0$	ΔQ_n		0,0118	0,036
Диапазон изменения резонансной расстройки	ΔQ_B		0,0353	0,0164
Эффективные длины квадрупольных и секступольных линз	$l_{k,l}$	м	0,3	0,3
		Производные квадратичных нелинейностей в ЛС1+ЛС3, ЛС2+ЛС4	Тл/м ²	7,6
	$S_{2,4}$	Тл/м ²	-13,1	110
Градиенты в ЛК1+ЛК4	G_{1+4}	Тл/м ²	0,14	0,68
3. Выводные устройства				
Угол поворота пучка в ЭС1+ЭС2	d_c	мрад	5,7	2,38
Угол поворота пучка в МЛ1+МЛ2	d_{ml}	мрад	(80+113)	(80+113)
Эффективные длины ЭС1+ЭС2, МЛ1+МЛ2	$l_{эс,ml}$	м	3,3	3,3
Напряженность электрического поля ЭС1+ЭС2	E_c	В/м	$1,26 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
Индукция магнитного поля МЛ1+МЛ2	B_{ml}	Т	(0,1+0,15)	(1,1+1,6)
Координаты электростатических септумов ЭС1+ЭС2	x_c	мм	30	30
		$(dx/ds)_c$	мрад	-4,7
Физическая толщина септумов ЭС1+ЭС2	δ_c	мм	0,3	0,3
Эффективная толщина септумов ЭС1+ЭС2	$\delta_{эфф}$	мм	0,42	0,3I
4. Выведенный пучок				
Эффективный эмиттанс горизонтальный	ϵ_x	мм.мрад	9,5п	2,5п
		вертикальный	мм.мрад	20п
Мгновенный импульсный разброс	$\Delta p/p$		$7 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Длительность вывода	T_B	с	(1+10)	

	1	2	3	4	5
Коэффициент однородности тока выведенного пучка		F	%	95	95
Эффективность медленного вывода		E	%	95	96

* без учета нелинейностей элементов магнитной структуры и каналов

Авторы выражают свою признательность А.М. Балдину и Л.Г. Макарову за постоянное внимание к данной работе и А.Д. Коваленко за весьма полезные обсуждения и советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baldin A.M. et al. IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-30, No.4 1983, p.3247.
2. Bleeker J. et al. Proc. V International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, Poland, 1972, p.377.
3. Harrison M. FNAL, UPC No 87, Batavia, 1979.
4. Васильшин Б.В. и др. ОИЯИ, 9-7498, Дубна, 1973.
5. Carpi R., Steinbach Ch. Proc. 1981 Particle Accelerator Conf., IEEE. Trans. Sci., NS-28, No 3, 1981, p.2806.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 июля 1986 года.

Васильшин Б.В. и др.

9-86-511

Схема и основные параметры системы медленного вывода пучка из нуклотрона

В работе изложены основы построения системы вывода пучка из синхротрона релятивистских ядер - нуклотрона. Выбрана схема медленного вывода с использованием нелинейного резонанса $3Q_x = 20$, рассчитаны ее основные параметры, приведены характеристики выведенных пучков. Оценены допуски на пространственные и временные неоднородности магнитного поля.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Vasilishin B.V. et al.

9-86-511

The Scheme and Main Parameters of the Nuclotron Slow Extraction System

The construction fundamentals of Nuclotron slow extraction system are presented. The Nuclotron is a synchrotron of relativistic nuclei. A slow extraction scheme with the use of non-linear resonance $3Q_x = 20$ is chosen, its main parameters are calculated, the extracted beam characteristics are given. Tolerances for space and spill non-uniformities of the magnetic field are evaluated.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986