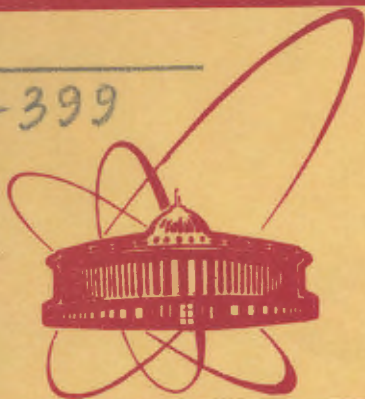


Б-399



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

116/2-80

14/1-80

9 - 12723

Ю.Д.Безногих, М.А.Воеводин, А.И.Говоров,
В.П.Заболотин, Л.П.Зиновьев, А.С.Исаев,
И.Б.Иссинский, И.И.Карпов, А.Д.Коваленко,
Н.А.Коруков, Л.Г.Макаров, В.А.Мончинский,
В.Н.Перфеев, В.А.Попов, Ю.В.Простимкин,
Ш.З.Сайфулин, И.Н.Семенюшкин, В.Ф.Сиколенко,
В.Л.Тищенко, С.В.Федуков, В.И.Черников,
Д.И.Шерстянов, И.Н.Яловой

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ .
РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

(I квартал 1979 г.)

1979

Безногих Ю.Д. и др.

9 - 12723

Синхрофазотрон ОИЯИ. Работа и совершенствование
/ I квартал 1979 г /

Приводятся краткие сведения о работе ускорителя в I квартале 1979 г., об используемой интенсивности ускоренного пучка протонов. Дается краткий перечень физических экспериментов, проводимых на пучках синхрофазотрона. Сообщается информация о результатах калибровки В-таймера /точность установки значений магнитного поля составляет 3-4%/. Описан макетный вариант аппаратуры, предназначенной для улучшения структуры выведенного пучка и ряда характеристик вывода. Дана полная картина современного состояния линейного ускорителя ЛУ-20. Приведены результаты измерений высотного положения электромагнита ускорителя и данные расчетов, показывающие положение секторов электромагнита в пространстве.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Beznogikh Yu.D. et al.

9 - 12723

Dubna Synchrophasotron. Performance and Refinement.
(Quarter 1, 1979)

Brief information is presented about the performance of the accelerator in the 1st quarter, 1979 and about the intensity of the accelerated proton beam. A short list is given of the physics experiments carried out on beams of the synchrophasotron. Data on calibrating the B-timer is given. The accuracy in determining the magnetic field values is 3-4%. A test modification of the apparatus is described introduced into the slow extraction control system. A full picture is given of the present-day state of the LU-20 linear accelerator. Results of measurements of a high-altitude position of the accelerator electromagnet are presented. Calculations show the position of the electromagnet sectors in space.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

1. ВВЕДЕНИЕ

В I квартале 1979 г. было запланировано 1296 ч работы синхрофазотрона ОИЯИ. На экспериментальные исследования использовано 1171 ч /90,3%/, из них экспериментальные физические исследования заняли 1085 ч /83,7%/, на протяжении 86 ч /6,6%/ проводились работы по совершенствованию самого ускорителя. На технологическую подготовку, в том числе и экскурсии, затрачено 68 ч /5,2%/, потери времени по причине простоя систем составили 57 ч /4,4%/.

На протяжении всего времени работы в синхрофазотроне ускорялись только протоны. В зависимости от условий работы интенсивность ускоренного пучка протонов была равна:

средняя $- 7,0 \cdot 10^{11}$ прот./импульс,

максимальная $- 9,0 \cdot 10^{11}$ прот./импульс.

Среднее значение вакуума в камере ускорителя составило:

$$\bar{p} = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ Тор.}$$

Коэффициент использования ускорителя для физических экспериментов был равен:

$$K = 1,98.$$

В этот период на синхрофазотроне были проведены эксперименты по поиску и исследованию многобарионных резонансов, исследованию кумулятивного образования частиц, изучению взаимодействия релятивистских частиц с тяжелыми ядрами, продолжены опыты по определению характеристик дифракционного взаимодействия протонов с протонами и легкими ядрами. Были проведены калибровочные экспозиции по исследованию рождения e^+e^- и γ -квантов π -мезонами на нуклонах и ядрах. Завершена комплексная наладка спектрометра "Кристалл". На этой установке выполнены эксперименты по изучению возможности охлаждения пучков с помощью монокристаллов.

На 5 полюсах одного квадранта электромагнита /ЭМ/ ускорителя проведены магнитные измерения с целью калибровки В-таймера в диапазоне полей $B = 4 \div 13,0$ кГс. Они показали,

что точность установки магнитного поля при помощи В-таймера составляет 0,4%. Приводятся соображения по поводу возможности получения более высокой точности.

В системе управления медленным выводом пучка ускоренных частиц /МВ/ введен опытный вариант аппаратуры для осуществления равномерного вывода пучка. В нем используется обратная связь по току выведенного пучка. Одновременно с этим реализовано отделение малой доли циркулирующего в ускорителе пучка /до 10^{-3} / для МВ и поддержание этого уровня с высокой степенью стабильности.

Приводятся сведения об усовершенствованных узлах линейного ускорителя /ЛУ-20/ и его параметрах в настоящее время, а также о результатах геодезических измерений положения ЭМ ускорителя.

2. МАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Физические исследования, проводимые на пучках синхрофазотрона в настоящее время, потребовали более высокой точности определения абсолютной величины магнитного поля ускорителя. Амплитуда z -составляющей магнитного поля не постоянна по периметру ускорителя. И чтобы с высокой точностью определить эффективное значение магнитного поля, необходимо кроме высокоточных локальных измерений магнитного поля внутри ускорителя выполнить измерения для учета ряда других факторов, а именно: спада магнитного поля на краях квадрантов, проникновения рассеянного магнитного поля внутрь прямолинейных промежутков, наличия модуляции магнитного поля вдоль азимута и реальной длины каждого квадранта /1/.

В настоящее время в качестве оперативной системы измерения магнитного поля синхрофазотрона используется В-таймер. Его датчиком служит одновитковая катушка, охватывающая рабочую область магнитного поля четырех квадрантов ускорителя. Ее витки расположены на радиусах $R_0 \pm 300$ мм. В-таймер усредняет величину магнитного поля синхрофазотрона, но он нуждается в калибровке, так как из-за больших геометрических размеров существует затруднение в определении эффективной площади одновитковой катушки. Калибровка осуществляется при помощи прецизионных магнитометров. Последняя калибровка, проведенная в феврале 1978 г. магнитометрами двух типов: 3-компонентным датчиком Холла и импульсным индукционным магнитометром /3/, - относилась к рабочему полю 10 кГс /4/.

В I квартале 1979 г. была осуществлена калибровка в диапазоне магнитных индукций $B = 4 \div 13$ кГс. Использовался индукционный магнитометр с погрешностью измерений 0,1%. Место измерения - первые 5 полюсов II квадранта против хода пучка.

Датчик располагался ниже медианной поверхности на 80 мм и перемещался по азимуту среднего радиуса R_0 с шагом 100 мм. Локальные значения величин магнитной индукции представлены на графике /рис.1/. Пунктирные линии показывают изменение величины усредненного значения магнитной индукции в зависимости от места измерения при указанной в цифрах средней величине индукции B внутри квадранта. Начало отсчета $L = 0$ совпадает с внешним краем полюса №1.

Эффективное значение абсолютной величины магнитного поля квадранта определяется при помощи формулы

$$B_{\text{эфф.изм.}} = \frac{\int_0^{L_{\text{max}}} B_L dL}{0.5 \pi R_0},$$

где B_L - локальная величина магнитной индукции, измеренная прецизионным магнитометром, L_M - максимальная длина магнитной дорожки квадранта, за пределами которой $B_L \approx 10^{-2} \cdot B$.

Эффективное значение магнитной индукции можно также выразить через среднюю величину поля внутри квадранта:

$$B_{\text{эфф.изм.}} = k(B) \cdot B,$$

где $k(B)$ - коэффициент, характеризующий рассеянное поле внутри прямолинейного участка, спад поля на краях квадранта и укороченную длину квадранта. Величина этого коэффициента, вычисленная для трех значений магнитного поля, оказалась равной:

$$\begin{aligned} B_1 = 6 \text{ кГс}, & \quad k = 0,9976, \\ B_2 = 10 \text{ кГс}, & \quad k = 0,9960, \\ B_3 = 13 \text{ кГс}, & \quad k = 0,9918. \end{aligned}$$

Данные о распределении рассеянного магнитного поля в прямолинейных промежутках на $z = 0$ для этих значений индукции получены в более ранних сеансах магнитных измерений.

Расхождение результатов измерений эффективной величины магнитной индукции ($B_{\text{изм.}}$) с показаниями В-таймера ($B_{\text{уст.}}$) представлено на рис.2.

Необходимо отметить, что точность установки магнитного поля в существующем варианте В-таймера составляет /0,3-0,4/ %.

Результаты магнитных измерений подтверждают показания существующего В-таймера в диапазоне полей $B = 4 \div 13$ кГс

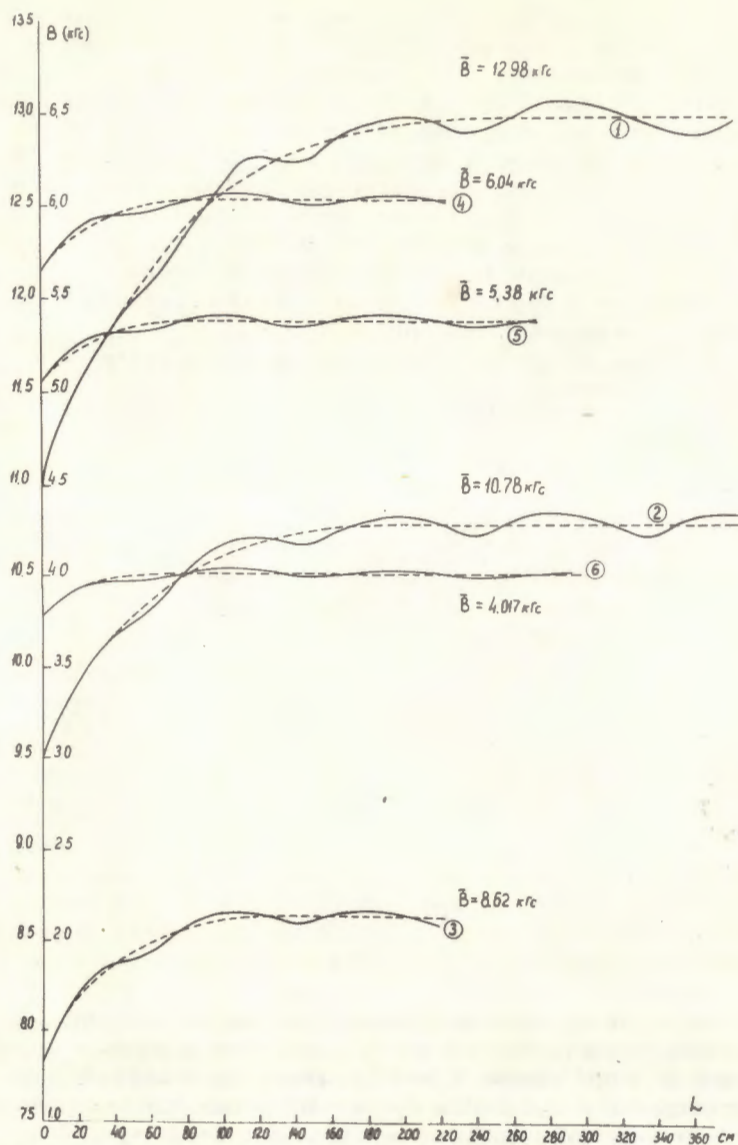


Рис.1. Локальные значения величин магнитной индукции, полученные на R_0 5 полюсов второго квадранта, L - расстояние по азимуту от внешней стороны первого полюса конца квадранта /против хода пучка/.

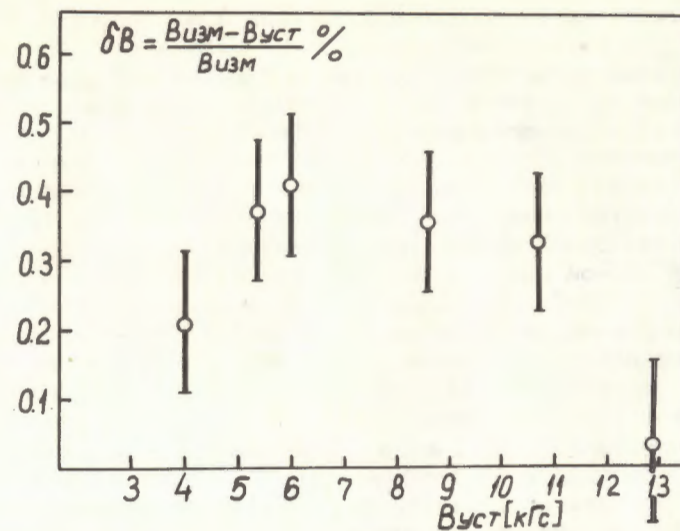


Рис.2. Соотношение измеренной величины магнитной индукции ($B_{изм.}$) с показаниями В-таймера ($B_{уст.}$).

с точностью 0,4%. Более высокая точность определения $B_{эфф.}$ а значит, и более точная калибровка В-таймера может быть достигнута, если: а/ локальные измерения магнитного поля провести на всех полюсах кольцевого ЭМ ускорителя, б/ измерить величину рассеянного магнитного поля в прямолинейных промежутках с учетом влияния стальных масс, которые находятся там в настоящее время, в/ уменьшить аппаратную погрешность при определении поля В-таймером.

3. СТАБИЛИЗАЦИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА /МВ/ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ /ОС/ ПО ВЫХОДНОМУ ТОКУ

Для получения равномерного во времени МВ был разработан экспериментальный вариант аппаратуры, использующий ОС по выходному току пучка синхрофазотрона. Наибольшее внимание акцентировалось на получении стабильного режима работы на столе главного тока при отключенном ускоряющем напряжении.

Работа схемы основана на сравнении сигнала датчика тока выведенного пучка с опорным напряжением и последующим воздействием разностного сигнала на ток в резонансных обмотках РОМ-1. Регулировка опорного напряжения позволяет устанавливать уровень выходного тока, т.е. осуществлять вывод заданного количества ускоренных частиц. При этом может производиться "отщепление" малой /до 10^{-3} / части циркулирующего пучка и уровень интенсивности в канале МВ поддерживается со стабильностью значительно более высокой, чем при использовании стандартной аппаратуры управления пучком. Кроме того, при помощи данной схемы осуществляется и подавление низкочастотных / ≤ 150 Гц/ пульсаций в токе выведенного пучка.

Функциональная схема приведена на рис.3. Напряжение с выхода пропорциональной камеры, работающей в токовом режиме, поступает на сумматор $\Sigma 1$, где происходит его алгебраическое сложение с опорным напряжением, которое определяет уровень стабилизации тока пучка в системе регулирования. Разностный сигнал поступает на переключатель П1. В первом положении П1 можно получить напряжение, пропорциональное производной разностного сигнала, во втором - непосредственно разностный сигнал. Напряжение с П1 после усиления поступает на датчик абсолютной величины /ДАВ/, который вырабатывает сигнал, управляющий коэффициентом усиления (k) усилителя $K = var$. Каскад построен таким образом, что его K возрастает при увеличении выходного сигнала ДАВ. Тогда, по замыслу, система регулирования должна уменьшить глубину ОС при малых рас-согласованиях, что позволит осуществить демпфирование, повышая устойчивость системы. При максимальном значении напряжения, поступающего с потенциометра "Демпфирование", имеем максимальный предел изменения K / в 10 раз/. Отношение $K_{max} : K_{min}$ можно регулировать уровнем демпфирования. Сигнал, который должен быть усилен усилителем $K = var$, может быть чисто разностным или содержать некую долю своей производной /при замкнутом П2/, которая определяется положением потенциометра "Глубина d/dt ". Выходное напряжение каскада $K = var$ с потенциометра "Глубина ОС" поступает на сумматор $\Sigma 3$. Уровень постоянного сигнала E на втором входе $\Sigma 3$ после интегрирования задает начальный наклон в токе питания обмотки РОМ-1. Выходное напряжение интегратора через усилитель мощности /УМ/ поступает на регулятор тока /РТ/ обмотки РОМ-1.

Таким образом, этот вариант аппаратуры позволял в широких пределах гибко изменять параметры системы регулирования для экспериментальной настройки системы в режиме оптимального подавления пульсаций. Исследования на ускорителе показали,

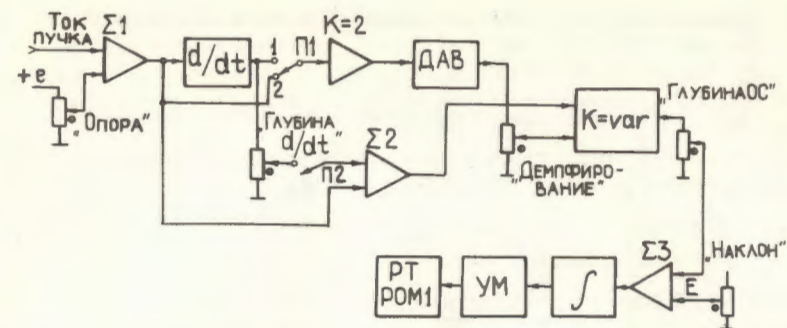


Рис.3. Функциональная схема блока стабилизации тока выведенного пучка.

что введенные возмущения синусоидальной формы до 150 Гц включительно полностью отрабатываются. Возмущения с частотой 300 Гц отрабатываются плохо, а с частотой 600 Гц легко раскачивают систему регулирования. Одиночные импульсы отрабатываются при их длительности 4-5 мс. Более короткие одиночные импульсы возмущений при превышении некоторого значения амплитуды вызывают затухающие автоколебания.

Итак, в результате проведенных исследований:

1. Установлено, что с помощью системы ОС возможно эффективное подавление низкочастотных составляющих модуляции тока выведенного пучка /до 150 Гц включительно/. Более высокочастотные составляющие - 300 Гц, 600 Гц и коммутационные импульсы - должны быть подавлены или уменьшены до приемлемых значений в местах их возникновения.

2. Определены и сформулированы требования к параметрам системы ОС по току, согласно которым строится опытный образец аппаратуры. На основе опытной эксплуатации экспериментального варианта определены основные параметры, на основе которых разработана схема эксплуатационного варианта.

4. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЛУ-20-ИНЖЕКТОРА СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ

В 1974 г. линейный ускоритель ЛУ-20 был запущен в работу в качестве инжектора синхрофазотрона ОИЯИ. Энергия ускоренного пучка протонов составляет 20 МэВ. Энергия протонов на входе ЛУ-20 - 0,6 МэВ. Исполнение однорезонаторное, длина

резонатора - 14,5 м. Радиальная фокусировка ускоренного пучка осуществляется квадрупольми, размещенными внутри трубок дрейфа. Ускоряющая структура содержит 58 трубок дрейфа и 2 полутрубки. Квадруполь питаются от стабилизированных источников постоянного тока.

Охлаждение линз осуществляется трансформаторным маслом, циркулирующим в полостях трубок дрейфа.

а/ Усовершенствованная в.ч. система возбуждения резонатора ЛУ-20

Для возбуждения резонатора линейного ускорителя используется установка, состоящая из двух независимых в.ч. генераторов с импульсной мощностью по 3 МВт каждый. Генераторы посредством шарового переключателя могут быть включены либо на резонатор, либо на его эквивалент. Для получения ускоренного пучка протонов с током в импульсе 15-20 мА при работе одного генератора на резонатор, добротность которого порядка 40000, необходима мощность ~3,2 МВт. Это достигается только при максимальных анодных напряжениях на генераторных лампах. Известно, что в этих условиях мощные радиолампы могут возбуждаться на частотах 1600-2500 МГц, что в нашем случае являлось причиной выхода из строя в.ч. тракта генератора. Согласно критерию долговечности лампа оконечного 3-го каскада ГИ-42Б через 1000 ч работы уменьшает отдаваемую мощность с 3,5 до 2,7 МВт. Кроме того, вследствие большого производственного разброса параметров только отдельные экземпляры приборов позволяют получить в.ч. мощность более 3 МВт. Перечисленные факторы делали режим работы генератора при ускорении протонов весьма напряженным.

Расчеты показали, что параллельное включение двух генераторов на один резонатор позволит решить эти проблемы и облегчит работу каждого генератора. Блок-схема установки показана на рис.4. Были изготовлены отдельный в.ч. ввод в резонатор, вакуумный стакан с диафрагмой и фидерный тройник /для перехода с резонатора на его эквивалент/.

Две петли в цепи положительной обратной связи /ОС/ обеспечивают защиту генераторов от пробоев в резонаторе. Например, при пробое между трубками дрейфа в начальной части резонатора в.ч. поле искажается так, что в месте пробоя принимает нулевое значение, а на противоположном конце резонатора возрастает до величины, большей $U_{ном}$. В этом случае наступает разбаланс сигналов с петель ОС и на вход усилителя поступает мощность, в 4 раза меньшая, чем в рабочем режиме. Такая же система, использующая выход разности сигналов с моста сложения, применена для защиты в.ч. генераторов и по анодному напряжению.

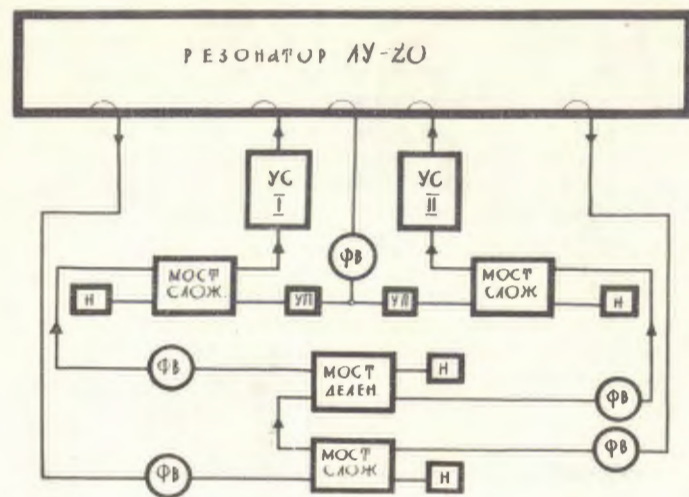


Рис.4. Блок-схема питания резонатора ЛУ-20. I, II - трехкаскадные в.ч. усилители мощности, ФВ - фазовращатели.

При в.ч. возбуждении резонатора встретились трудности с преодолением резонансного высокочастотного разряда /РВР/. Его удалось преодолеть при помощи подключения задающего генератора, частота которого выше частоты резонатора на $\Delta f \approx \approx 100$ кГц. Исследование процесса РВР позволило использовать две цепи ОС для его подавления [5].

Включение двух генераторов дало возможность поднять уровень мощности в резонаторе ЛУ-20 до 5 МВт и при работе группирователя получить ток ускоренного протонного пучка не менее 50 мА/имп.

б/ Группирователь пучка ЛУ-20 /ГР/

На входе ЛУ-20 установлен ГР /рис.5/. Он имеет увеличенную апертуру и две дополнительные боковые стенки. При апертуре 100 мм и длине зазора ~10 мм фактор времени пролета на оси ГР составляет ~0,1, а на краю апертуры увеличивается до ~0,9. Для увеличения фактора времени пролета на оси ГР в пролетном отверстии были установлены две сетки с прозрачностью 0,99. Две дополнительные торцовые стенки увеличили жесткость конструкции, что улучшило стабильность работы ГР.

Деформация ионопровода при откачке на вакуум и при работе импульсных фокусирующих линз, расположенных по две стороны от ГР, была значительно уменьшена за счет установки сильфона. Между настроечными дисками размещено кольцо, на которое подается смещение $\sim 4,5$ кВ, что позволяет подавить высокочастотный разряд. В.ч. мощность для питания ГР отбирается от резонатора ЛУ-20 петлей связи через вакуумную диафрагму и по кабелю с фазовращателем передается в резонатор ГР. Петля ввода мощности согласована на КБВ-0,8.

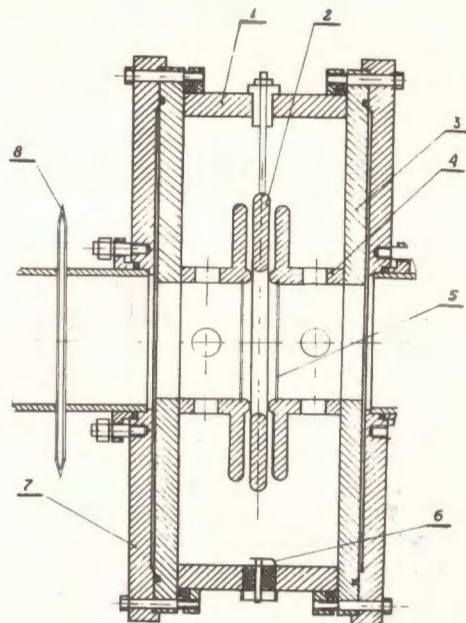


Рис.5. Группирователь ЛУ-20. 1 - цилиндрическая стенка резонатора, 2 - диск для подавления резонансного в.ч. разряда, 3,7 - дополнительные торцовые стенки, 4 - полутрубка с настроечным диском, 5 - сетка для увеличения фактора пролета, 6 - петля ввода мощности, 8 - сильфон в ионопроводе.

Уровень мощности в ГР регулируется поворотом петли связи. Включение в работу ГР позволило в 2 раза увеличить ток пучка ускоряемых в ЛУ-20 частиц.

в/ ЛУ-20 - ускоритель легких ядер

В настоящее время протонные синхротроны используются и для ускорения ядер тяжелее водорода с отношением $v/m = 1.2$. В качестве инжекторов ядер используют существующие протонные линейные ускорители, предварительно настраивая их для работы.

в режиме двойной кратности дрейфа ускоряемых частиц с периодом ускорения $L = \beta\lambda$. Чтобы инжектор ядер оказался высокоэффективным, необходимо выполнить условие сохранения номинального уровня ускоряющего напряжения на ускорительной трубке форинжектора $U_{\text{ф.и.ядер}} = U_{\text{ф.и.прот.}}$. Этому требованию будет удовлетворять линейный ускоритель протонов, резонатор которого разделен металлической перегородкой на 2 отсека /рис.6/. Перегородка должна проходить через середину такой трубки дрейфа, чтобы при отсутствии ускоряющего в.ч. поля в первом отсеке выполнялось условие $U_{\text{ф.и.ядер}} = U_{\text{ф.и.прот.}}$, т.е. напряжение на ускорительной трубке форинжектора при ускорении ядер должно быть примерно равным номинальному напряжению на ней в режиме ускорения протонов.

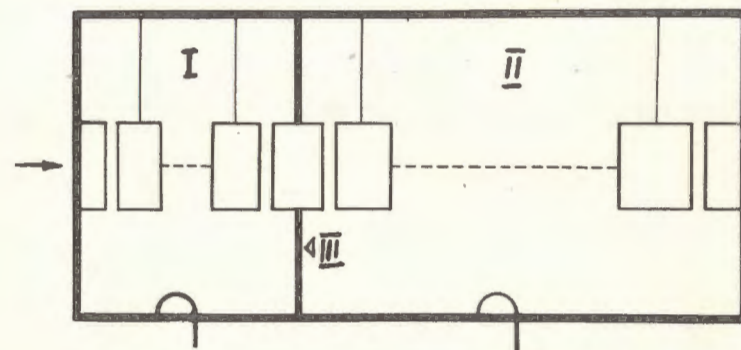


Рис.6. Схема разделения резонатора ЛУ-20 на два резонансных отсека. I, II - разделенные отсеки резонатора, III - металлическая перегородка.

Рассмотренная выше модификация начальной части резонатора ЛУ была сделана в ЛУ-20. Сплошная медная перегородка проходит через середину 5-ой трубки дрейфа. Напряжение на ускорительной трубке форинжектора составляет 630 кВ /в режиме ускорения протонов для ЛУ-20 оно равняется 600 кВ/. По сравнению с режимом ускорения без модификации резонатора ЛУ-20 с пониженным напряжением форинжектора / ~ 300 кВ/ интенсивность пучка дейтронов и α -частиц на выходе ЛУ-20 увеличилась в 3 и 5 раз соответственно.

В настоящее время в результате проведенных усовершенствований инжекционного комплекса на его выходе получены пучки ядер следующей интенсивности:

протоны - 50 мА/имп. / 10^{14} прот./имп./,
 дейтроны - 10 мА/имп. / $2 \cdot 10^{13}$ дейтр./имп./,
 α -частицы - 0,8 мА/имп. / $1,5 \cdot 10^{12}$ α /имп./.

Основные параметры линейного ускорителя ЛУ-20

1. Энергия пучка протонов на входе ЛУ-20 - $W_{p1} = 0,6$ МэВ
2. Энергия пучка протонов на выходе ЛУ-20 - $W_{p2} = 20$ МэВ
3. Энергия пучка ядер на входе ЛУ-20 - $W_{я1} = 0,315$ МэВ/нукл.
4. Энергия пучка ядер на выходе ЛУ-20 - $W_{я2} = 5$ МэВ/нуклон
5. Частота ускоряющего поля - $\frac{\omega}{2\pi} = 144,5$ МГц
6. Синхронная фаза при ускорении протонов - $\phi_s = 31,5^\circ$
7. Добротность резонатора - $Q = 40000$
8. В.ч. мощность, вводимая при ускорении протонов / $I_p = 50$ мА/ - $P = 4,5$ МВт
9. Амплитуда среднего поля на оси резонатора - $E_0 = 18,5$ кВ/см
10. Длительность импульса тока ускоренного пучка - $\tau = 600$ мкс
11. Длина резонатора - $L = 14,5$ м
12. Диаметр резонатора - $D = 1,4$ м
13. Апертура канала - $2a = 17,22$ см
14. Количество трубок дрейфа - $n = \frac{1}{2} + 58 + \frac{1}{2}$
15. Диаметр трубок дрейфа - $d = 13 \div 9$ см
16. Система фокусировки - FODO
17. Градиент фокусирующих линз - $G = 5500 \div 800$ Э/см
18. Коэффициент зазора - $\alpha = 0,25$
19. Пропускная способность канала - $A = 0,25$ см · мрад.

20. Мгновенный энергетический спектр ускоренного пучка на выходе группирователя - $\frac{\Delta W}{W_s} = 0,2 \%$
21. Диапазон модуляции средней энергии ускоренного пучка на выходе разгруппирователя - $\frac{\Delta W}{W_s} = 2,5 \%$

4. ГЕОДЕЗИЯ

На протяжении I квартала было проведено 2 цикла измерений по кусту реперов и 6 циклов измерений высотного положения ЭМ ускорителя при помощи гидростатической системы.

Результаты измерений представлены в табл.1 и 2 соответственно. В табл. 2 представлены три усредненных цикла измерений высотного положения ЭМ.

В табл. 3 приведены данные о радиальных и азимутальных наклонах квадрантов ЭМ синхрофазотрона. Вычисления сделаны на основе данных табл. 2 согласно методике, описанной в работе ^{8/}.

Таблица 1

Куст реперов

№ цикла	Дата проведения измерений	№ репера	S_{max} (мм)	$S_{abs.}$ (мм)	Средняя квадратическая погрешность измерений (мм)
56	18.01.79	1	+0,02	-0,04	$\pm 0,040$
		2	0	+0,01	
		3	-0,02	0	
		4	+0,03	-0,11	
57	26.02.79	1	+0,05	-0,09	$\pm 0,020$
		2	0	+0,01	
		3	-0,01	-0,01	
		4	+0,05	-0,06	

Таблица 2

Положение ЭМ синхрофазотрона по показаниям 24 датчиков системы нивелирования /февраль 1979 г./

Дата	№ усред- ненного цикла	№ № датчиков											
		I квадрант						II квадрант					
15-16 02.79	1	MM											
		I,1 I,2 I,3 2,1 2,2 2,3	3,1 3,2 3,3 4,1 4,2 4,3										
		0 -1,24 -3,20 -3,50 3,46 -2,32	-2,93 -1,63 -3,64 -1,84 -2,52 -1,41										
19-20- 21 02.79	2	0 +3,31 +1,89+0,55+1,53+2,67	+1,97 +3,23 +1,59 +2,11 +2,53 +3,59										
25. 02.79	3	0 +2,02 +2,30+0,50+1,94+1,50	+1,56 +2,26 +1,66 +0,68 +2,50 +2,10										

Дата	№ усред- ненного цикла	№ № датчиков											
		III квадрант						IV квадрант					
15-16 02.79	1	MM											
		5,1 5,2 5,3 6,1 6,2 6,3	7,1 7,2 7,3 8,1 8,2 8,3										
		-2,70 -3,42 -3,74 -2,45 -3,23 -3,74	-1,85 -2,72 -3,44 -3,26 -3,82 -2,63										
19-20- 21 02.79	2	+2,25 +1,21 +0,97 +2,43 +1,97 +1,73	+3,45 +1,55 +1,73 +2,07 +1,59 +1,41										
25. 02.79	3	+1,42 +0,52 -0,16 +1,60 +0,46 +0,48	+2,44 +0,40 +0,54 +1,04 -0,16 +1,36										

Таблица 3

Радиальный и азимутальный наклоны квадрантов /февраль 1979 г./

№ кв-та	α_R - рад.наклон (")			α_A - азимут.наклон (")		
	15.02.79	20.02.79	25.02.79	15.02.79	20.02.79	25.02.79
I	- 14.35	+ 53.05	+ 19.52	+ 18.76	- 11.08	- 13.49
II	+ 37.14	+ 32.54	+ 14.59	+ 4.16	+ 2.23	- 0.59
III	- 4.49	+ 4.49	- 2.47	+ 6.09	+ 7.46	+ 9.26
IV	- 1.67	- 14.14	- 24.46	+ 9.32	+ 10.09	+ 11.14

Примечание к таблице 3:

для α_R : /-/ - наружный радиус квадранта ниже внутреннего, /+/ - внутренний радиус квадранта ниже наружного;для α_A : /+/ - начало квадранта выше его конца/по ходу пучка/, /-/ - конец квадранта выше начала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович М.С. Труды ФИАН, М., 1958, том. X, с.69.
2. Долгий С.А. и др. ОИЯИ, 13-11603, Дубна, 1978.
3. Воеводин М.А. и др. ОИЯИ, 13-11855, Дубна, 1978.
4. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, 9-11765, Дубна, 1978.
5. Попов В.А. ОИЯИ, 9-11835, Дубна, 1978.
6. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, 9-9592, Дубна, 1979.
7. Василишин Б.В. и др. ОИЯИ, 9-7498, Дубна, 1973.
8. Булдаковский В.Н. и др. ОИЯИ, 9-12198, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 августа 1979 года.