

сообщения  
Объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

5450/82

15/41-82  
9-82-557

В.И.Волков, И.И.Куликов, С.В.Романов,  
А.П.Царенков

ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ  
НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ  
СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ  
НА ЛИНИИ С ЭВМ ЕС-1010

1982

В работе<sup>/1/</sup> приведены общее описание и основные характеристики автоматизированной системы управления параметрами медленного вывода пучка из синхрофазотрона с использованием ЭВМ ЕС-1010. В рамках указанной системы в настоящее время решены также задачи по контролю основных параметров синхрофазотрона: интенсивности циркулирующего пучка в цикле ускорения, радиального положения пучка ускоряемых частиц, ведущего магнитного поля ускорителя. В данном сообщении описываются некоторые характеристики измерительных устройств и организация измерения перечисленных выше параметров.

Синхрофазотрон ОИЯИ работает в широком диапазоне интенсивностей пучков ускоряемых частиц<sup>/2,3/</sup>. Увеличение ассортимента ускоряемых ядер привело к необходимости измерения малых уровней интенсивности ядерных пучков традиционными методами с применением сигнальных электродов. Для решения этой задачи была раз-

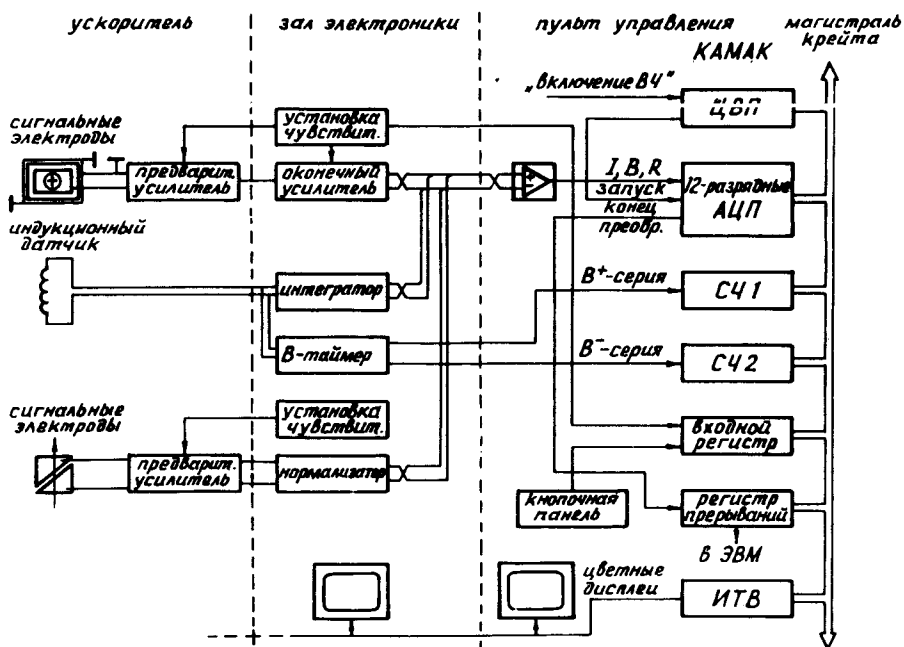


Рис.1. Структурная схема аппаратуры измерения параметров синхрофазотрона.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМ. П. П. КУПЧЕНКО  
БИБЛИОТЕКА

работана и изготовлена аппаратура определения интенсивности пучка, имеющая высокую чувствительность и низкий уровень собственных шумов и высокочастотных помех. В аппаратуре применены сигнальные электроды с двойной электростатической экранировкой<sup>4/</sup>/см. рис.1/. Средний экран заземляется в одной точке в месте присоединения входных цепей предусилителя. Как показали экспериментальные исследования, эти меры уменьшают уровень высокочастотных помех от ускоряющей станции в ~10 раз. Этот эффект достигнут благодаря тому, что высокочастотные помехи в основном связаны с токами растекания по поверхности прямолинейного участка, где установлены сигнальные электроды. Предусилитель системы измерения интенсивности имеет большой коэффициент усиления /K=20000/, защищен от электромагнитных полей и обладает низким уровнем собственных шумов. В первом каскаде предусилителя применены два параллельно включенных транзистора типа КП903Б. Основные параметры аппаратуры измерения интенсивности следующие:

- 1/ чувствительность сигнальных электродов -  
- 80 мкВ/ $1 \cdot 10^8$  эл.зарядов;
- 2/ минимальный фронт нарастания усилительного тракта, обеспечивающий прохождение трех гармоник пучка на максимальной частоте обращения, - 40 нс;
- 3/ уровень собственных шумов в полосе частот 100 кГц ÷ ÷ 8,7 МГц - 4 мкВ;
- 4/ максимальный коэффициент усиления -  $1 \cdot 10^5$ ;
- 5/ общая глубина регулировки усиления - 120 дБ ступенями по 20 дБ.

При измерении малых уровней интенсивности в аппаратуре осуществляется оптимальная фильтрация сигнала пучка, заключающаяся в том, что верхняя граничная частота уменьшается до значения, обеспечивающего прохождение лишь одной гармоники пучка на максимальной частоте обращения. Эта мера снижает уровень шумов в ~2 раза, погрешности же измерения интенсивности при этом не превышают 30%, что легко учитывается. В этом же режиме выходной сигнал постоянного тока, связанный с детектированием собственных шумов, автоматически компенсируется в паузе между циклами ускорения. В момент начала ускорения сигнал компенсации запоминается. Это всегда обеспечивает автоматическое поддержание нулевого выходного уровня системы, обусловленного собственными шумами, независимо от выбранных пределов измерения интенсивности. Чувствительность системы изменяется с помощью герконов типа РЭС-55А путем изменения глубины обратной связи в отдельных каскадах и коэффициентов деления в межкаскадных связях. Чувствительность индицируется как показатель степени числа 10 шкалы измерений. Выходной сигнал измеряется в пределах его изменения от 50 мВ до 5 В.

Разработанная аппаратура надежно определяет интенсивность пучка величиной  $5 \cdot 10^6/z$  частиц /z - заряд ядра/.

Система измерения радиального положения пучка начинает работать при интенсивности  $5 \cdot 10^8/z$  частиц и имеет чувствительность 0,01 В/мм. Нормализация сигналов обеспечивается при изменении величины пучка в 1000 раз. Имеется дополнительная регулировка чувствительности двумя ступенями по 20 дБ. Ведущее магнитное поле синхротрона контролируется с помощью регистрации как аналогового сигнала от интегратора, так и цифровых данных от В-таймера. Величина шага В-таймера-1 Гс. Долговременная стабильность шага - не хуже  $2 \cdot 10^{-4}$ . Нелинейность  $\leq 1\%$  при уменьшении сигнала в 100 раз.

Аналоговые сигналы интенсивности циркулирующего пучка (I), радиального положения пучка в камере ускорителя (R), индукции главного магнитного поля ускорителя (B) от измерительной аппаратуры зала электроники /39/ подаются через линейные приемники-усилители<sup>5/</sup> на три аналого-цифровых преобразователя /АЦП, САМ4.05, производство ЦИФИ, ВНР/<sup>6/</sup>. Привязка процесса измерений к циклу ускорителя осуществляется синхронимпульсом включения высокочастотного ускоряющего напряжения /"Включение ВЧ"/. Момент первого отсчета и период измерений задаются преобразователем цифра-время /ЦВП, САМ 5.02/<sup>6/</sup>. Импульсы окончания отработки временных интервалов, генерируемых ЦВП, запускают АЦП. Сигналы "Конец преобразования АЦП" через регистр прерываний /САМ 2.09/<sup>6/</sup> передаются в интерфейсную карту прерываний ЭВМ, вызывая активизацию обслуживающих программ. Слежение за порядком величины интенсивности осуществляется автоматически с помощью параллельного входного регистра /ПВР, САМ 2.05/<sup>6/</sup>, куда поступает информация от блока выбора чувствительности измерений. Показатель степени имеет значения от 6 до 12. В ПВР фиксируются также команды модификации алгоритмов работы программ, подаваемые с кнопочной панели пульта управления. Информация выводится на цветные телевизионные дисплеи, установленные на центральном пульте управления ускорителем, в зале электроники, на пульте управления инжекционным комплексом, в помещении дозиметрической службы. Дисплеи, созданные на базе бытовых телевизионных приемников серии 714, характеризуются низкой стоимостью и высокой надежностью в работе. Хорошее качество отображения информации достигнуто установкой на борту каждого телевизора трех видеоусилителей с коэффициентом усиления 150 и полосой пропускания сигнала 10 МГц. Контрастность и яркость каждого канала регулируются отдельно. Дисплеи подключены к ЭВМ с помощью интерфейсов ИТВ-574<sup>7/</sup>, разработанных в ЛВЭ ОИЯИ. Качество отображения информации не ухудшается при работе на коаксиальные линии связи длиной до 350 м. С целью документирования информации содержимое памяти интерфейса цветного дисплея может выводиться на графопостроитель или магнитную ленту.

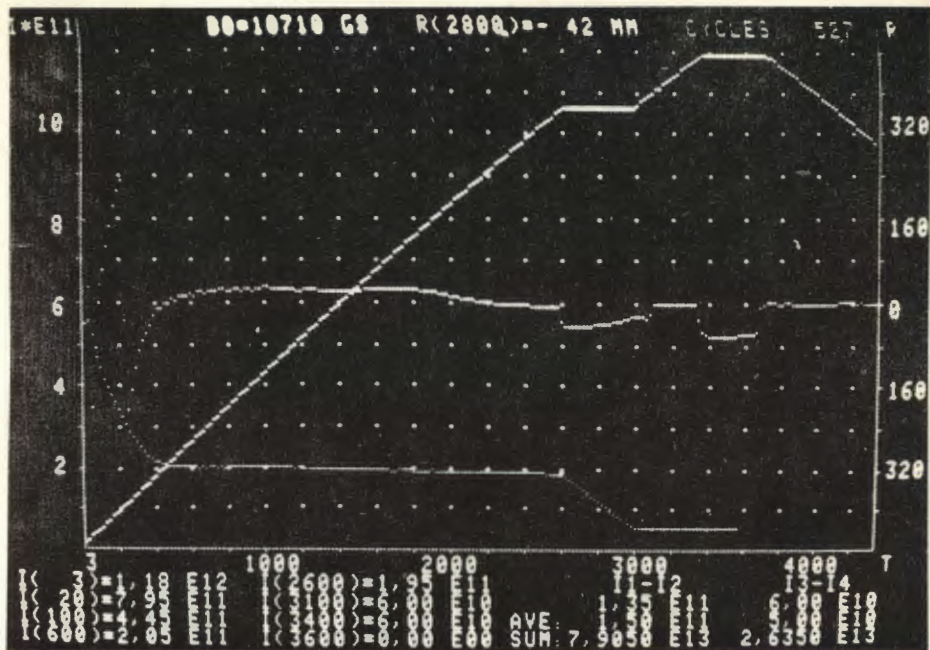


Рис.2. Форма представления информации о параметрах ускорителя на экране цветного телевизионного дисплея.

Программы приема, обработки и отображения информации, работающие на четвертом уровне прерывания ЭВМ ЕС-1010, производят обслуживание как типовых эксплуатационных режимов синхрофазотрона, так и сеансов по отработке, исследованию и оптимизации новых режимов ускорителя. Форма представления информации на экране дисплея в первом случае показана на рис. 2 /этот рисунок иллюстрирует режим работы ускорителя с медленным выводом пучка на первом столе главного магнитного поля и быстрым выводом на втором столе/. Измерения  $I$ ,  $B$ ,  $R$  и вывод соответствующих графиков инициируются через 3 мс после начала ускорения и производятся синхронно с периодом 20 мс. В левой части экрана изображена шкала интенсивности, в правой - шкала радиального положения пучка. На горизонтальную ось нанесены временные отметки в миллисекундах. Под шкалой времени на экран выводится информация об интенсивности пучка в цифровом виде. В первом столбце приводится интенсивность в четырех фиксированных характерных точках цикла ускорения - на 3-й, 20-й, 100-й, 600-й мс от начала ускорения, во втором столбце - в четырех точках, задаваемых оператором при запуске программ. В третьем и четвертом столбцах по командам с пульта управления представляются данные об интен-

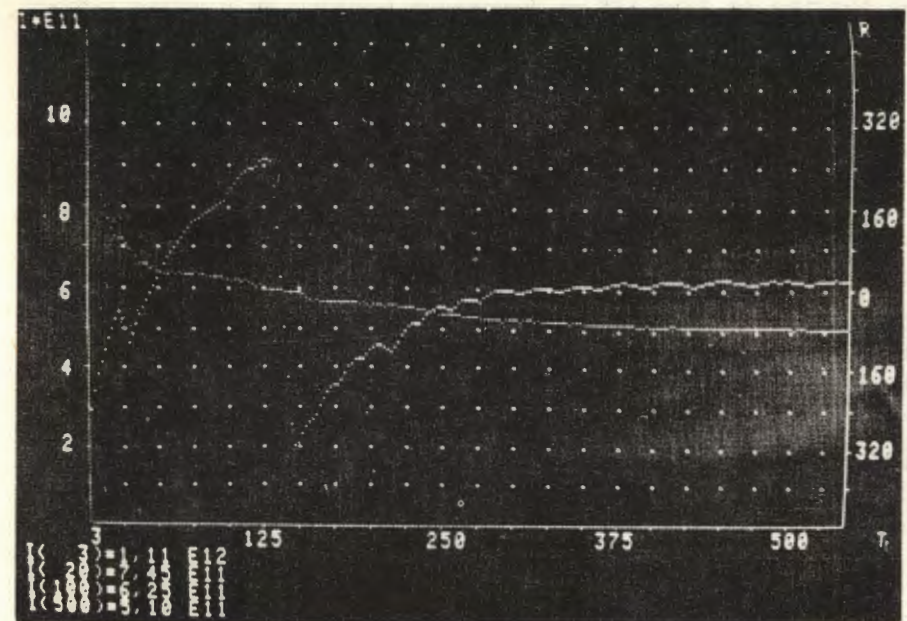


Рис.3. Информация об интенсивности и радиальном положении пучка на одном из участков цикла ускорения.

сивности пучка, выводимого на две физические установки: интенсивности в текущем цикле, средней и суммарной интенсивностей за время эксперимента /в правой верхней части экрана регистрируется число циклов ускорения, в которых производится суммирование и усреднение/. В верхней части экрана в цифровом виде показано также радиальное положение пучка в момент времени, заданный оператором, и значение магнитного поля на одном из столов главного тока ускорителя. Фиксация значений магнитного поля производится двумя счетчиками /СЧ1 и СЧ2/, регистрирующими серии импульсов от В-таймера на растущем ( $B^+$ ) и спадающем ( $B^-$ ) во времени полях ускорителя. С целью контроля стабильности параметров синхрофазотрона от цикла к циклу на экране дисплея одновременно отображаются кривые  $I$ ,  $B$ ,  $R$ , соответствующие как текущему, так и предыдущему циклам ускорения. Для наблюдения за стабильностью параметров в течение продолжительного времени реализован режим накопления данных, при котором с экрана дисплея не производится стирание графической информации. Во время проведения работ по исследованию синхрофазотрона возможны изменения алгоритмов функционирования программ: увеличение частоты опроса датчиков, модификация шкалы времени при выводе информации, более детальный просмотр отдельных участков цикла ускорения /например, на рис.3 показаны графики  $I$  и  $R$

на участке от 3 до 550 мс ускорения в одном из режимов работы ускорителя/ и т.д.

Использование рассмотренных аппаратурных и программных средств на синхрофазотроне позволило сократить время настройки ускорителя, улучшить качество проведения физических экспериментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.И. и др. В кн.: Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1981, т.2, с. 268.
2. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, Р9-11903, Дубна, 1978.
3. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, Д9-82-14, Дубна, 1982.
4. Волков В.И. и др. ОИЯИ, Б3-9-11456, Дубна, 1978.
5. Силаев Е.А. ОИЯИ, 13-10956, Дубна, 1977.
6. Каталог ЦИФИ, Будапешт, 1978-79.
7. Рапп Х. ОИЯИ, 10-80-125, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 июля 1982 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

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.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

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

Волков В.И. и др. Измерение и контроль некоторых параметров синхрофазотрона ОИЯИ на линии с ЭВМ ЕС-1010 9-82-557

Описана система измерения и контроля основных параметров режима ускорения частиц на синхрофазотроне с использованием ЭВМ ЕС-1010: интенсивности, радиального положения пучка, магнитного поля ускорителя. Аппаратура измерения интенсивности имеет следующие основные характеристики: 1/ чувствительность сигнальных электродов -  $80 \text{ мкВ}/1 \cdot 10^8 \text{ эл. зарядов}$ ; 2/ уровень собственных шумов в полосе частот  $100 \text{ кГц} \div 8,7 \text{ МГц}$  -  $4 \text{ мкВ}$ ; 3/ максимальный коэффициент усиления -  $1 \cdot 10^5$ ; 4/ диапазон измерений -  $5 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^{13} \text{ эл. зарядов}$ . Измерение радиального положения пучка производится в диапазоне интенсивностей  $5 \cdot 10^8 \div 1 \cdot 10^{13} \text{ эл. зарядов}$ . Ведущее магнитное поле синхрофазотрона контролируется с помощью регистрации как аналогового сигнала от интегратора, так и цифровых данных от В-таймера.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Volkov V.I. et al. JINR Synchrophasotron Parameter Measurement and Control On-Line with the EC-1040 Computer 9-82-557

The JINR synchrophasotron beam acceleration mode parameters (intensity, radial position, magnetic field) measurement and control system on-line with the EC-1010 computer is described. Beam intensity measurement apparatus has the following main characteristics: pick-up electrode sensitivity -  $80 \text{ V}/1 \cdot 10^8 \text{ elementary charges}$ ; internal noise level is  $4 \text{ } \mu\text{V}$  in the frequency range  $100 \text{ kHz} - 8,7 \text{ MHz}$ ; maximum gain is  $1 \cdot 10^5$ ; measurement range -  $5 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^{13} \text{ elementary charges}$ . Beam radial position measurement is performed in the  $5 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^{13}$  intensity range of elementary charges. Synchrophasotron guide magnetic field is measured by means of registration of both analog signal from integrator and digital data from В-timer.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.