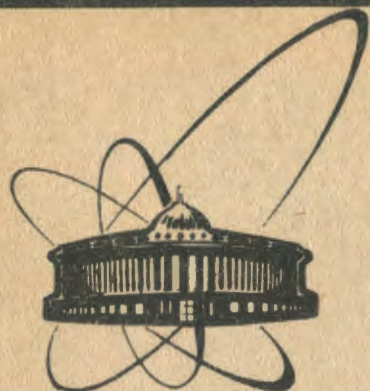


89-197



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P10-89-197

А.Н.Баландиков, В.Н.Булдаковский, В.И.Волков,
А.И.Голохвастов, В.М.Горченко, И.Б.Иссинский,
С.А.Новиков, С.В.Романов, С.А.Хорозов,
А.П.Царенков, О.Н.Цисляк, В.И.Черников

ИЗМЕРЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПУЧКОВ,
ВЫВОДИМЫХ ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА

1989

С целью расширения диагностических возможностей автоматизированных систем контроля параметров ускорительного комплекса /1, 2/ создана и введена в действие аппаратура для абсолютных измерений интенсивности пучков, выводимых из синхрофазотрона.

В качестве детекторов используются плоскопараллельные восьми- и четырехзачорные /рис.1/ ионизационные камеры /ИК/, наполненные аргоном. Сигнальные /СЭ, позиция 1/ и высоковольтные /ВЭ, позиция 2/ электроды камер изготовлены из медной фольги толщиной 10 мкм. Диаметр электродов /180 мм/ соответствует рабочей апертуре ионпровода канала транспортировки пучка. СЭ и ВЭ крепятся на кольцах /3/ из стеклотекстолита толщиной 2 мм. Электроды собираются в кассету с зазором 10 мм по схеме ВЭ-СЭ-ВЭ-СЭ-ВЭ. Зазор фиксируется металлическими втулками /4/. Кассе-

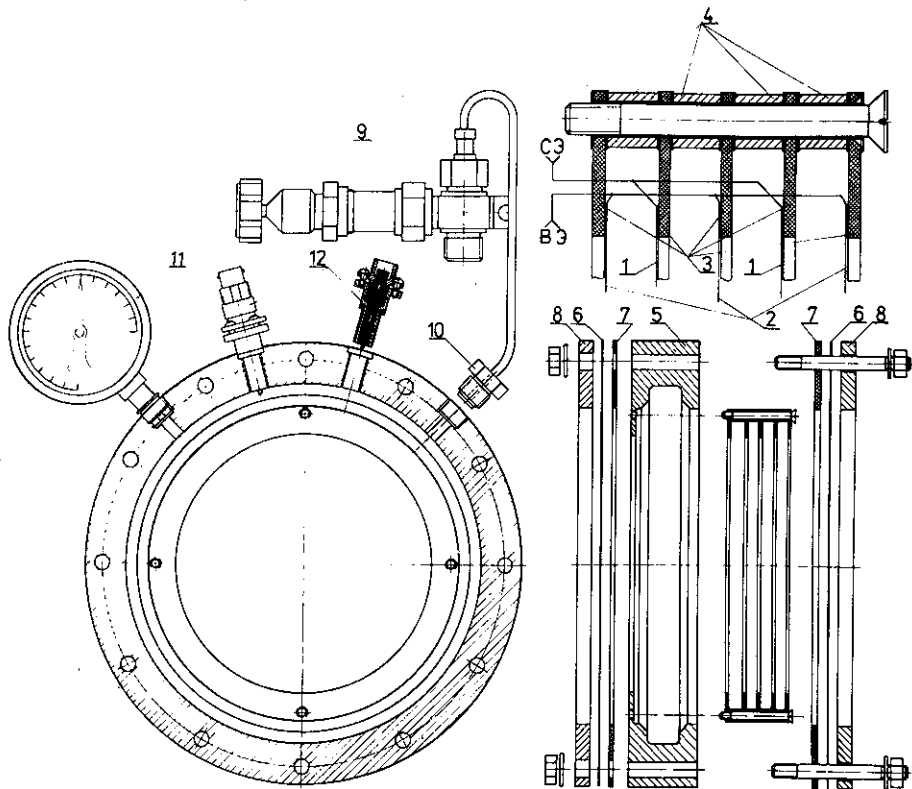


Рис.1. Конструкция ионизационной камеры.

та размещается в цилиндрическом корпусе /5/. Герметизация рабочего объема ИК производится с помощью мембран из нержавеющей стали толщиной 100 мкм /6/, резиновых уплотняющих колец /7/ и прижимных фланцев /8/. Через вентиль /9/ и штуцер /10/ ведется откачка и наполнение газом камеры с контролем давления по мановакуумметру /11/. Номинальное давление газа в рабочем объеме ИК выбрано несколько выше атмосферного и составляет 110 кПа. Подача высокого напряжения на ВЭ и съем сигнала с СЭ осуществляются через вводы /12/. Одно из основных требований к конструкции камеры - сведение к минимуму токов утечки от высоковольтных к сигнальным электродам. Как видно из приведенного описания, в рассматриваемом варианте ИК эта задача решается путем разделения СЭ и ВЭ заземленными металлическими прокладками, что полностью исключает проникновение паразитных токов в цепь регистрации сигнала по элементам конструкции камеры.

Четырехзачорные камеры выполнены в переносном варианте и используются для оперативного размещения в различных местах трасс вывода пучка в соответствии с возникающими экспериментальными потребностями. Аналогичную конструкцию имеют восьмизачорные ИК, предназначенные для установки в местах постоянного контроля интенсивности. Одна из таких камер находится в постоянной эксплуатации на канале первого медленного вывода пучка в районе мишенной станции F-3^{3/3}. Она размещена на платформе с механическим приводом в вакуумном боксе, сообщаемся

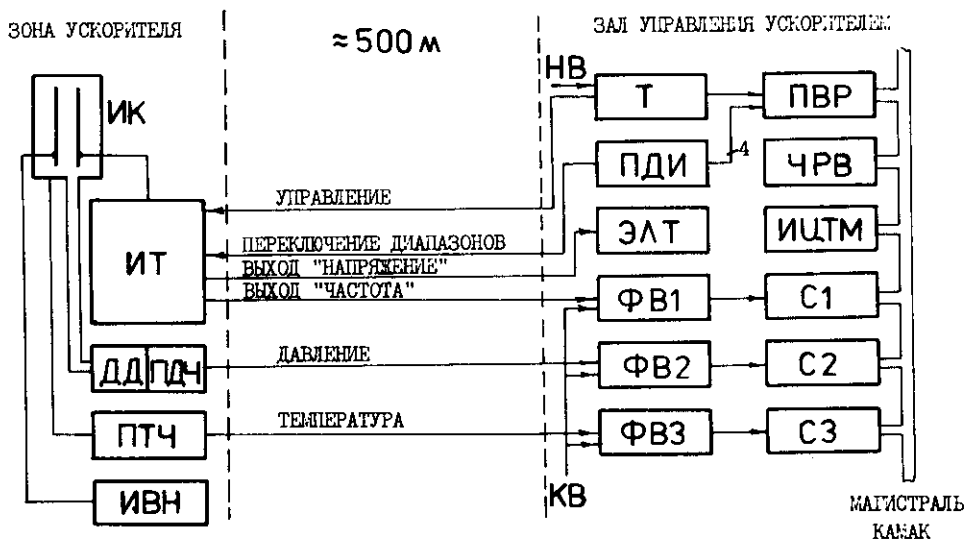


Рис.2. Структурная схема аппаратуры.

с ионопроводом. Дистанционное управление приводом позволяет оперативно с пульта управления ускорителем вводить детектор в пучок на время измерений. Бокс оборудован приспособлениями для откачки камеры, наполнения аргоном и измерения давления газа в ее рабочем объеме. Подключение камеры к указанным устройствам, источнику высокого напряжения и регистрирующей электронной аппаратуре произведено герметизированными гибкими связями.

Наиболее ответственным модулем аппаратуры регистрации данных от ионизационной камеры /рис.2/ является интегратор тока ионизации /ИТ, рис.3/. Он состоит из преобразователя "Ток - напряжение", высокоэффективной схемы компенсации возможных фоновых токов, вызванных наведенной радиоактивностью элементов камеры и конструкции канала транспортировки пучка, собственно интегратора и преобразователя "Напряжение - частота" /ПНЧ/.

Преобразователь "Ток - напряжение" выполнен на операционном усилителе AD515L /фирма ANALOG DEVICES/. Резисторы обратной связи подбираются таким образом, чтобы кратность их соотношения составляла 100 с погрешностью не более $\pm 1\%$. Быстродействие

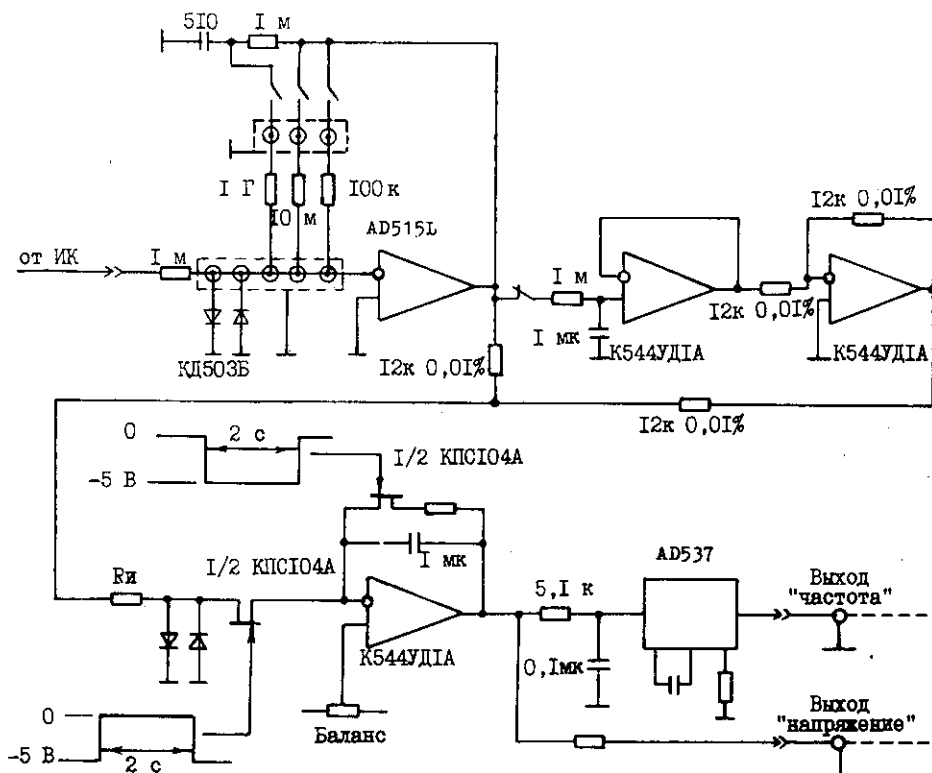


Рис.3. Структурная схема интегратора.

преобразователя на самом чувствительном диапазоне составляет $\sim 1,5$ кГц, что достигается указанными на схеме элементами коррекции частотной характеристики. На других диапазонах воздействие не хуже 40 кГц. Схема преобразователя защищена от возможных перегрузок входным резистором 1 Мом и диодами КД503Б с малой проводимостью $R_{\text{д}} \geq 500$ Мом/ в самом начале диодной характеристики. Входной ток AD515L $I_{\text{вх}} \leq 0,075$ нА. Достаточно малые входные токи можно получить, если построить входной каскад на полевом транзисторе КПС104А по схеме дифференциального стокового повторителя с режимом: ток стока 50 мкА, напряжение сток -исток $1,5 \div 2$ В. Входной ток преобразователя не превышает при этом величину 0,2 нА.

Схема компенсации выполнена на двух операционных усилителях. В ней применены прецизионные резисторы типа С5-5В. Схема эффективно отслеживает постоянную составляющую фоновых токов камеры благодаря наличию интегрирующей цепи с постоянной времени ~ 1 с. Коммутация в цикле измерения осуществляется с помощью герконового реле.

Постоянная времени цепи обратной связи собственно интегратора составляет 0,25 с. Емкость обратной связи выбрана достаточно большой для уменьшения дрейфа и повышения точности измерений.

Передача информации от интегратора к ЭВМ, расположенной в зале управления ускорителем, производится с помощью ПНЧ для полного исключения влияния помех, возникающих в протяженной линии связи ~ 500 м/. Преобразователь выполнен на микросхеме AD537 /аналогичное функциональное назначение имеет микросхема К1108ПП1/. Крутизна характеристики преобразования выбрана равной 10 кГц/В. Интегральная нелинейность характеристики - не более $3 \cdot 10^{-4}$ в диапазоне входных сигналов 0...10 В. Выходной сигнал "Напряжение" используется для контроля работы аппаратуры с помощью осциллографа /ЭЛТ/.

ИТ работает в трех диапазонах чувствительности со следующими коэффициентами преобразования заряда в напряжение: в первом диапазоне - $2 \cdot 10^9$ В/Кл, во втором - $2 \cdot 10^7$ В/Кл и в третьем - $2 \cdot 10^5$ В/Кл. На всех диапазонах чувствительности скорость дрейфа выходного сигнала интегратора, подключенного к ИК, не превышает 0,3 мВ/с. Величина выходного сигнала при работе с восьмизарядной камерой и интенсивности выведенного пучка 10^5 однозарядных частиц/цикл составляет ~ 30 мВ. Переключение диапазонов чувствительности производится дистанционно /блок ПДИ/. Для контроля регистрирующей аппаратуры предусмотрен режим "Тест", при выборе которого на выходах ИТ появляются эталонные напряжение и частота. Номера диапазонов и состояние "Тест" фиксируются параллельным входным регистром /ПВР/. Питание интегратора

осуществляется через встроенные стабилизаторы напряжения ± 15 В. Входные напряжения ± 24 В на стабилизаторы подаются из зала управления ускорителем. ИТ управляется сигналами таймера /Т/. В паузе между циклами вывода пучка интегратор находится в состоянии "Сброс" ~ 8 с/. Синхроимпульсом "Начало вывода" /НВ/ он на две секунды переводится в режим "Интегрирование". По окончании вывода ~ 500 мс/ сигналом КВ запускается схема формирования временного интервала и ворот /ФВ1/, пропускающая в течение 1 с импульсы от ПНЧ интегратора на вход счетчика /С1/. С целью сведения погрешности регистрации данных к минимуму схема выполнена на основе кварцевого генератора. Кроме того, формирование временного интервала начинается по первому импульсу ПНЧ, следующему за КВ.

Достигнутая высокая чувствительность аппаратуры позволила провести ее калибровку с использованием методики сцинтилляционных счетчиков на выведенном пучке ядер углерода при интенсивности $\sim 10^4$ частиц/цикл в условиях, когда вероятность просчетов крайне незначительна. Эксперименты проведены при нескольких энергиях выведенного пучка. Результат калибровки - величина заряда q_0 , образуемого одной частицей пучка в рабочем объеме ИК при давлении газа p_0 и температуре T_0 . При других давлении

p и температуре T $q = q_0 \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}$. Величина q в восьмизазорной камере $P = 110$ кПа, $T = 293$ К/ при облучении дейтронами с кинетической энергией 3,65 ГэВ/нуклон составляет 870. Для учета поправок при обработке данных в ЭВМ в каждом цикле измерения производится регистрация давления и температуры. В качестве датчиков давления /ДД/ применяются преобразователи Сапфир-22. Выходной токовый сигнал датчика /0... 16 мА/ преобразуется в частоту /блок ПДЧ/. Крутизна характеристики преобразования 16 Гц/кПа. Диапазон измеряемых давлений 0 ... 160 кПа, абсолютная погрешность измерений $\pm 0,05$ кПа. Регистратор температуры /ПТЧ/, выполненный на базе микросхемы АД537, позволяет производить измерения в пределах 240 ... 320 К с абсолютной погрешностью $\pm 0,25$ К. Выходной сигнал - частота (10 Гц/К). Процедура регистрации указанных параметров аналогична приему информации от интегратора /ФВ2, С2, ФВ3, С3/.

Рабочее напряжение на высоковольтных электродах камеры ~ 1 кВ. Высокая чувствительность регистрирующей аппаратуры предъявляет жесткие требования к стабильности источника высокого напряжения /ИВН/. Опыт создания и эксплуатации камер показал, что оптимальным вариантом является питание от химического источника, расположенного рядом с ИК.

Синхронизация работы обслуживающей программы с циклом ускорителя производится с помощью ПВР. Обработка данных начинается спустя две секунды после начала вывода пучка /по окончании отработки временного интервала таймером Т/. Отображение информации об интенсивности вместе с другими параметрами систем вывода пучка производится на экране цветного телевизионного монитора /ИЦТМ - интерфейс монитора/. На экран по желанию оператора могут также выводиться величины p , T и q . Предусмотрены возможности суммирования и вычисления средних значений интенсивности, выдачи информации на печать через заданные интервалы времени. Для учета времени используются часы реального времени /ЧРВ/.

Кроме упомянутой выше ИК, размещенной в районе F-3, в настоящее время в постоянной эксплуатации находятся еще три камеры: две на канале ВП-1/3/ экспериментального корпуса № 205 и одна на канале второго медленного вывода пучка. Проведенные исследования показали, что введенная в действие аппаратура позволяет производить, как и предполагалось при ее разработке, абсолютные измерения интенсивности в диапазоне $10^5 \dots 10^{12}$ однозарядных частиц/цикл с погрешностью не более $\pm 3\%$. Наряду с обеспечением контроля одного из основных параметров выведенных пучков, созданные диагностические средства представляют широкие возможности для экспериментов по оптимизации режимов вывода и транспортировки пучков к физическим установкам.

В заключение авторы выражают благодарность Ю.Ф.Кусагину, В.С.Миронову, Г.М.Сальниковой и В.П.Старикову за помощь в разработке, монтаже и испытаниях оборудования. Авторы признательны Л.А.Ефимовой и Г.М.Сальниковой за подготовку материалов к публикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.И. и др. - В сб.: Труды седьмого Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, ОИЯИ, 1980, т.2, с.268.
2. Баландилов А.Н. и др. - Сообщение ОИЯИ 9-88-396, Дубна, 1988.
3. Василишин Б.В. и др. - В сб.: Труды девятого Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, ОИЯИ, 1985, т.2, с.20.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 марта 1989 года.