

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

1806 / 2-80

21 / 4-80

13 - 12951

ЗГузик, Б.М. Старченко, Н.А. Филатова, А.Форуцки

МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ ВРЕМЕННОГО ТРАКТА
ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ "КРИСТАЛЛ"

1980

В установке "Кристалл"^{1/}, созданной для изучения взаимодействия между частицами высоких энергий и монокристаллами, центральное место занимает система дрейфовых камер^{2/}. Дрейфовая камера /ДК/, как очень точный и сложный детектор, требует тщательного контроля режимов работы. Одними из важнейших параметров, требующих проверки, являются коэффициенты преобразования время-цифра, так как от точности их значений зависит точность регистрации координат траекторий частиц. Пространственное разрешение ДК в эксперименте "Кристалл" - не хуже 100 мкм.

Система дрейфовых камер /рис. 1/ состоит из трех модулей. Два из них, стоящих в начале и конце установки, имеют по четыре X- и Y-плоскости. Средний модуль, расположенный перед гониометром, содержит только две X- и две Y-плоскости /для уменьшения количества вещества на пути пучка/. Непосредственно на камерах установлены усилители-дискриминаторы^{3/} с чувствительностью 2 мкА. Каждая 4-канальная карта усилителей снабжена тестовым входом для проведения калибровки. Чувствительность входа теста - 20 мВ. Сигналы

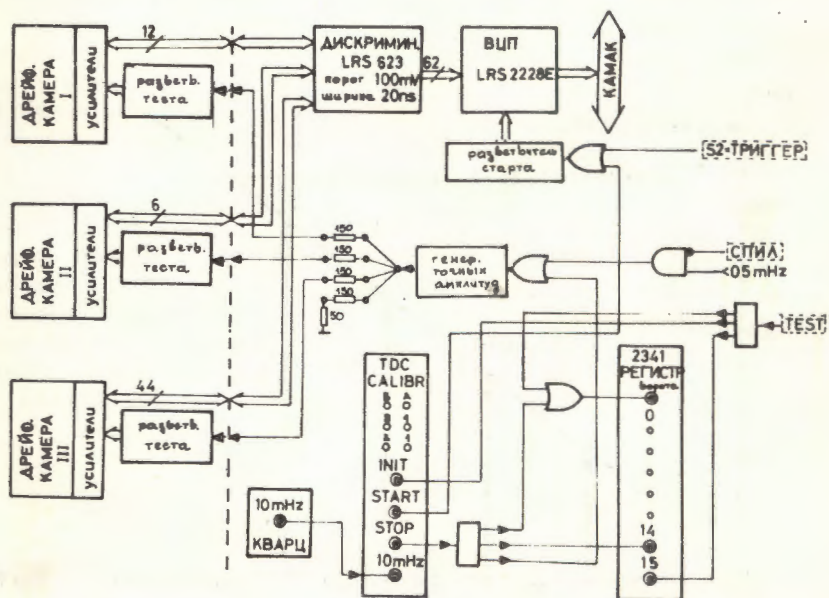


Рис. 1. Блок-схема калибровочной части электроники установки "Кристалл".

с выходов усилителей подаются по высокочастотным кабелям в экспериментальный домик, откуда после восстановления дискриминаторами LRS 623 поступают на входы "STOP" время-цифровых преобразователей /ВЦП/. Каждый 8-канальный ВЦП имеет общий стартовый вход, на который подаются импульсы старта, вырабатываемые системой сцинтилляционных счетчиков и быстрой электроникой эксперимента. На тот же вход могут также поступать /рис. 1/ импульсы тестового старта.

В эксперименте применяются время-цифровые преобразователи фирмы Le Croy типа 2228E. Они обладают следующими характеристиками:

- чувствительная область - $700 \text{ нс} \pm 10\% = 1900$ отсчетов,
- интегральная нелинейность - ± 2 отсчета,
- временное разрешение - 368 пс/отсчет ,
- температурная стабильность - $\pm 0,02\%$ полной шкалы/ $^{\circ}\text{C}$.

Так как в установке имеются 62 рабочие проволоки, ДК требуют постоянной проверки состояния электроники и кабелей, а также частой калибровки преобразователей. На рис. 2 изображена кривая преобразования TDC /время-цифрового преобразователя/, где:

- A - коэффициент преобразования, нс/отсчет,
- B - значение времени, соответствующее нулевому отсчету.

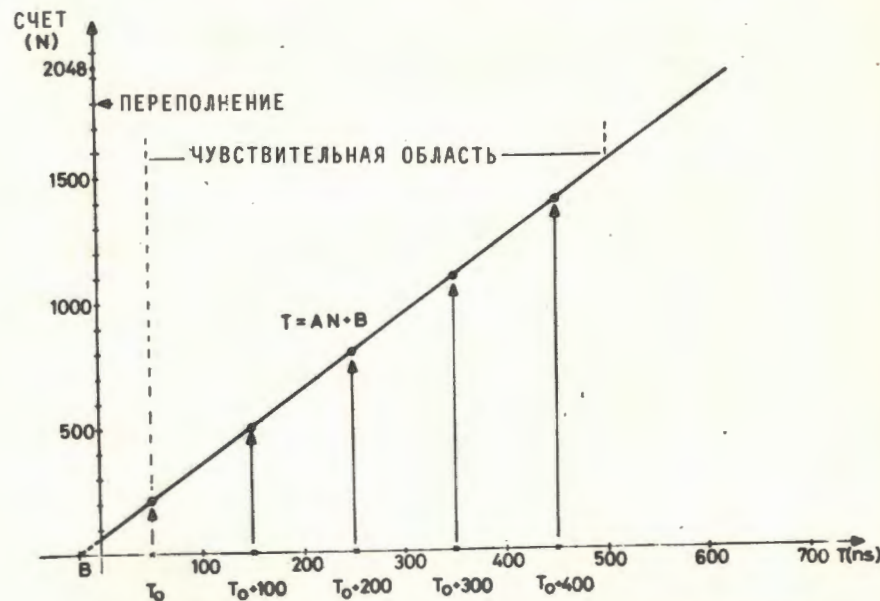


Рис. 2. Время-цифровая характеристика TDC 2228E LRS.

Калибровка производится так, что соответствующим подбором задержек генерируются сигналы "STOP", смещенные по времени относительно старта, и таким образом выставляются пять последовательных точек на кривой. Записанные в ВЦП значения отсчетов заносятся в ЭВМ, и потом с помощью дальнейшего анализа он-лайн определяются все желаемые параметры. Существенным для правильного определения параметров является точное задание интервалов времени между точками, которое в первой стадии эксперимента осуществлялось с помощью отмеренных отрезков кабеля. Однако процедура калибровки в таком случае является очень кропотливой, поскольку точки надо набирать вручную.

Для автоматизации измерений и повышения точности процесса калибровки время-цифровых преобразователей разработан специальный блок, выполненный в стандарте КАМАК (TDC CALIBRATION), с помощью которого ЭВМ ЕС-1040 может управлять изменением задержек калибровки. В этом случае устраняется использование кабельных задержек, а импульсы "START" и "STOP" вырабатываются блоком.

Модуль генерирует два меняющихся между собой по времени импульса "START" и "STOP", которые можно сдвигать относительно друг друга с шагом, задаваемым кварцевым генератором. Для эксперимента "Кристалл" предусмотрен шаг 100 нс, хотя минимальный шаг блока - 50 нс.

Задержка сигнала "START" необходима для компенсации кабельной задержки калибровочного сигнала, подаваемого на усилители дрейфовых камер /рис. 1/. Величина этой задержки на время всего эксперимента задается переключателем на передней панели блока /максимальное количество шагов - $15 \times 100 \text{ нс}$ /.

Определение задержки сигнала "STOP" зависит от режима работы блока. В режиме "ручной" эта величина задается с передней панели блока, а в режиме "автоматический" число, соответствующее задержке, заносится из ЭВМ в специальный регистр. Режим работы блока задается соответствующими командами КАМАК. Иницирование калибровочной процедуры осуществляется извне по входу "INIT" или от ЭВМ.

Блок выполняет следующие функции КАМАК:

- | | |
|-------------|---|
| NA(0) F(0) | - считывание установленной задержки сигнала "STOP" с регистра или переключателей, |
| NA(0) F(16) | - запись задержки сигнала "STOP" в регистр, |
| NA(0) F(24) | - установление режима работы "ручной", |
| NA(0) F(25) | - генерация калибровочной процедуры, |
| NA(0) F(26) | - установление режима работы "автоматический". |

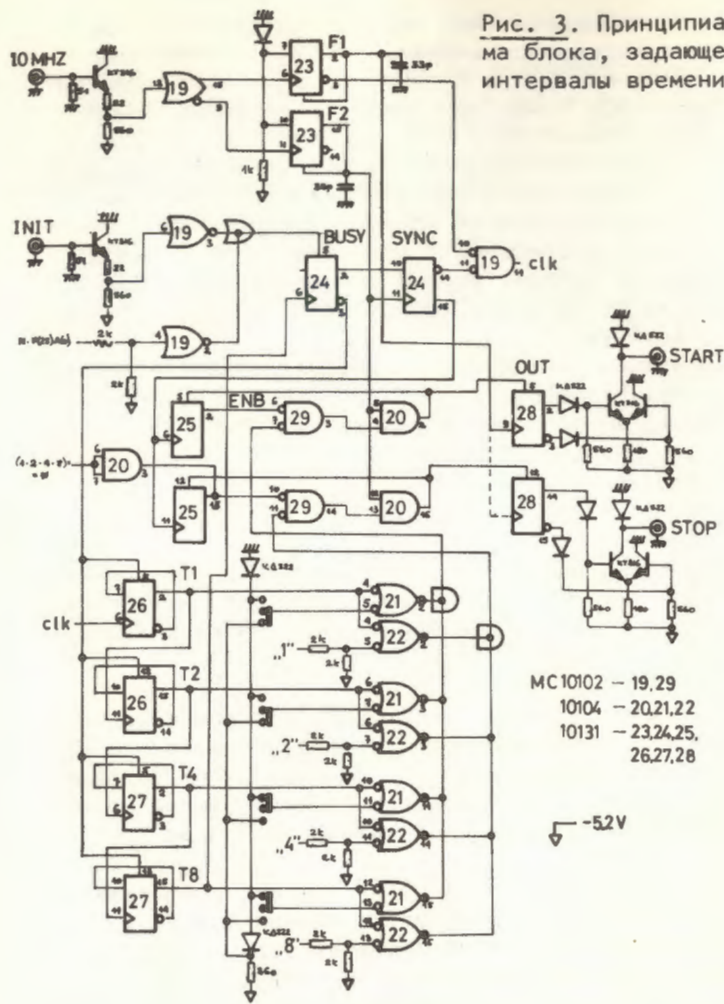


Рис. 3. Принципиальная схема блока, задающего точные интервалы времени.

МС 10102 - 19, 29
 10104 - 20, 21, 22
 10131 - 23, 24, 25,
 26, 27, 28

-52V

Команда INITIALIZE (Z) переводит блок в режим "ручной" и обнуляет регистр задержек.

На рис. 3 приведена принципиальная схема быстрой части электроники блока, задающей точные интервалы времени. Блок выполнен на интегральных схемах серии МС-10000. Эта серия интегральных схем работает по принципу логики с эмиттерными связями и имеет задержку распространения сигнала на 1 вентиль около 2 нс. Каждый выход функционального элемента ИС

должен быть нагружен соответствующим сопротивлением /на рис. 3 не указано/.

На вход схемы "10 MHz" подается серия прямоугольных импульсов с внешнего кварцевого генератора, из которой с помощью триггеров F1 и F2 извлекаются два 3-наносекундных импульса, смещенные один относительно другого по фазе на 50 нс. На вход "INIT" подается внешний запускающий импульс, который после инверсии смешивается по "проводному ИЛИ" с запускающим внутренним импульсом, вырабатываемым по команде КАМАК. Запускающий импульс устанавливает в положение "1" триггер "BUSY", который используется для синхронизации цикла с тактовой серией и для снятия блокировки с остальных узлов схемы. Только тогда, когда на входе "D" триггера "SYNC" появится "1", тактовый импульс F2 сможет его перебросить, что, в свою очередь, разрешит прохождение импульсов "CLK", запускающих счетчики T1, T2, T4, T8. Импульс "SYNC" /рис. 4/ своим передним фронтом перебрасывает триггер "ENB" /рис. 3, 25-2, 25-15/. С первым импульсом "CLK" начинает работать четырехбитовое бинарное пересчетное устройство, собранное на интегральных схемах МС 10131/26, 27/. Сигналы с выходов четырехбитного пересчетного устройства подаются на схему сравнения с числами, заданными для выработки определенной задержки. Схемы для выработки сигналов "START" и "STOP"

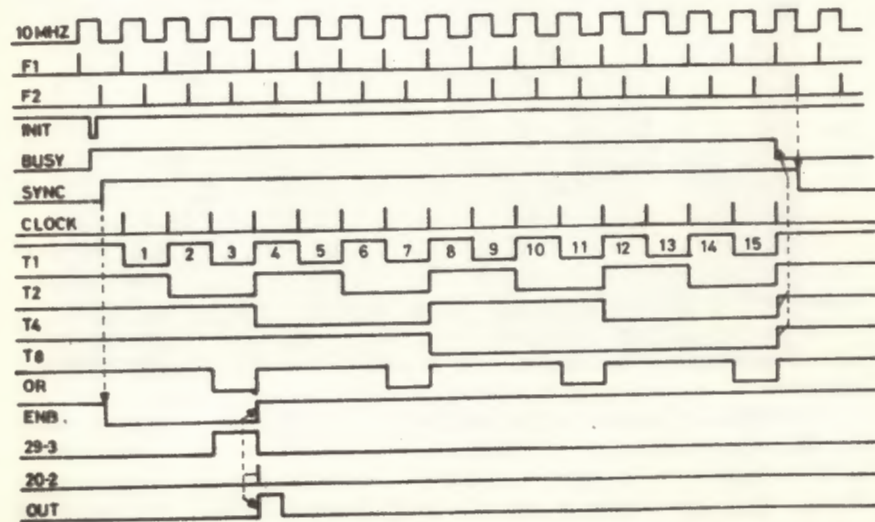


Рис. 4. Временная диаграмма получения точных интервалов времени.

идентичны с той лишь разницей, что число сигналов "START" подается непосредственно с переключателей передней панели, а число сигналов "STOP" вырабатывается логикой КАМАК, не указанной на рисунке. Выходы схем сравнения для сигналов "START" /21/ и "STOP" /22/ объединены по "проводному ИЛИ". В случае, когда на входах всех четырех двухходовых вентилях данной схемы появится хотя бы одна "1", на выходе образуется логический "0", что свидетельствует о достижении желаемого момента времени. Для примера на рис. 3 набрано переключателями число $3 = 1100_2$ в инверсном представлении. В разрядах "4" и "8" единицы на входах схемы /20/ уже существуют, и на выходе появится отрицательный перепад потенциала, когда схема "сосчитает" до трех /рис. 4/. Образованный таким образом потенциал логического "0" совместно с низким потенциалом триггера "ENB" разрешает прохождение через вентиль /20-2/ тактового импульса F2, отмечающего точный момент времени. Это делается для избежания влияния асинхронного процесса пересчета /счетчик запускается импульсом F1 /. Пропущенный тактовый импульс обнуляет триггер "ENB" и запускает выходной каскад, сформированный на триггере /28/ и токовом ключе. Так как на счетный вход триггера /28/ поступает серия F1, то через полпериода он обнулится и выходной импульс будет иметь ширину 50 нс. Окончание процедуры калибровки происходит тогда, когда пересчетное устройство /27,28/ сработает 15 раз и сбросит триггер "BUSY", который, в свою очередь, сбрасывает все остальные узлы схемы. Желаемый интервал времени между сигналами "START" и "STOP" осуществляется заданием соответствующего числа шагов. Например, если для "START"а установлено число $1 = 0001_2$, а для "STOP"а число $9 = 1001_2$, то соответствующий интервал времени равен $8 \cdot 100 \text{ нс} = 800 \text{ нс}$. Точность этого интервала определяется точностью кварцевого генератора. Если на переключателе "STOP" набрано число $/0000_2$, специальная блокировка /схема /20/3// не разрешает прохождение импульса по выходу "STOP", и тогда на преобразователях регистрируется переполнение.

Во избежание температурного дрейфа временных интервалов идентичные узлы выработки сигналов "START" и "STOP" выполнены в тех же самых корпусах интегральных схем.

Калибровка время-цифровых преобразователей и всего тракта ДК, произведенная с помощью описанного блока, показала, что устройство не вносит никаких дополнительных погрешностей. Блок выполнен в однократной ячейке КАМАК, на передней панели которой, кроме двух четырехразрядных переключателей "START" и "STOP" установлены четыре разъема LEMO для

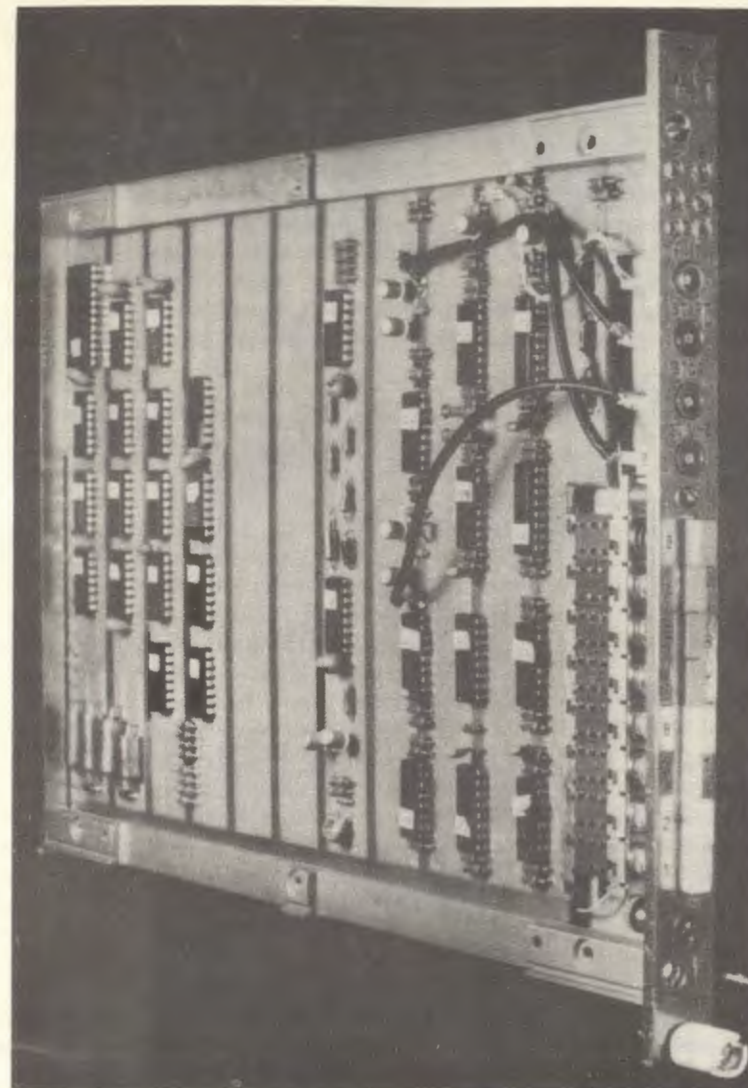


Рис. 5. Внешний вид блока калибровки.

выведения сигналов "INIT", "10 MHz", "START", "STOP" и светодиоды, индицирующие число используемой задержки сигнала "STOP", режим работы "AUTO" и работу калибровочного цикла. На рис. 5 представлен внешний вид блока.

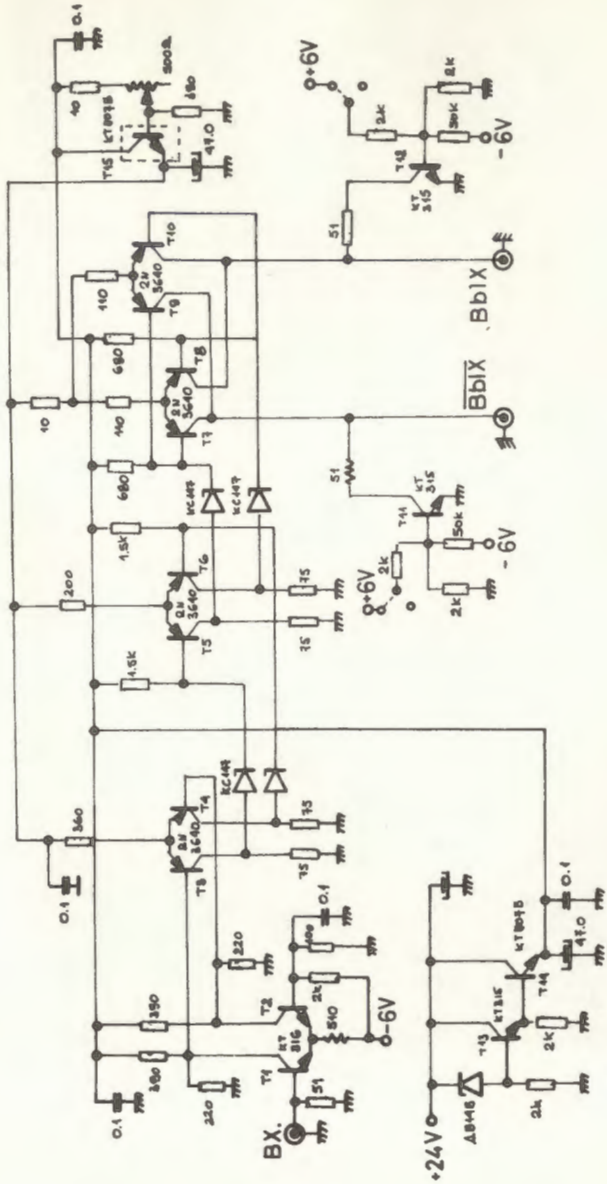


Рис. 6. Принципиальная схема генератора точных калибровочных амплитуд.

Импульс "STOP" блока через разветвитель и смеситель /рис. 1/ попадает на генератор точных амплитуд (TEST DRIVER), из которого после пассивного разветвителя подается на тестовые входы усилителей, установленных на дрейфовых камерах. Генератор точных амплитуд необходим для проверки и регулировки порогов срабатывания усилителей. Для этого с описанным импульсом "STOP" смешивается серия импульсов частотой 0,5 МГц, блокированная на время цикла ускорителя. Таким образом, наблюдая на осциллографе соответствующие импульсы с выходов дискриминаторов LRS 623, можно фиксировать срабатывание усилителей в зависимости от установленной амплитуды тестового импульса. Принципиальная схема генератора, помещенного в отдельном блоке КАМАК, показана на рис. 6.

В зависимости от режима работы блока возможны два вида проведения калибровки. Для сохранения существующего математического обеспечения программ он-лайн в эксперименте "Кристалл" в настоящее время используется режим "ручной". Для передачи калибровочных данных организован специальный калибровочный запуск (TEST) установки, который происходит в конце растяжки один раз за цикл ускорителя. После набора определенного количества циклов переключателями выбирается следующая точка. Номер точки передается в массив данных как отдельное слово. Запуск калибровочной процедуры вырабатывается управляющей логикой эксперимента.

Для использования в процессе обработки оф-лайн калибровочной информации желательно, чтобы она находилась на каждом файле экспериментальных данных, записанных на магнитной ленте. Для этого надо перед началом набора статистики в интервале между циклами ускорителя автоматически произвести калибровку TDC. На рис. 7 приведена блок-схема процедуры проведения калибровки. На ней указаны только те действия, которые необходимы с аппаратурной точки зрения. Здесь: /А/ - программный счетчик количества событий на одну точку, /В/ - программный счетчик номера точки задержки.

После набора полного калибровочного массива программа переходит в режим набора статистики, выдавая разрешение (ENCODE) на прием реального события. В этом режиме в каждом тестовом событии раз в цикл будет передаваться информация, соответствующая одной зафиксированной задержке. Программа должна следить за тем, чтобы эта задержка была зарегистрирована TDC в определенном временном диапазоне.

Для идентификации калибровочных и тестовых событий в массиве данных использованы два бита, 15 и 16, в слове "LATCH" /рис. 1/. Регистр "LATCH" находится в кресте С(2) и считывается в каждом событии.

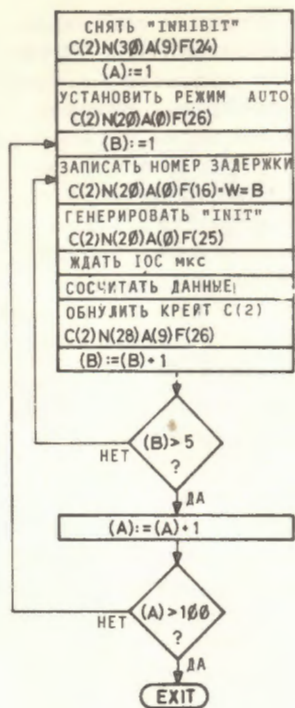


Рис. 7. Блок-схема процедуры проведения калибровки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vodopianov A.S. et al. JINR, D1-12716, Dubna, 1979.
2. Filatova N.A. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1977, 143, p. 17-28.
3. Guzik Z. FNAL Report, FN-301, Batavia, 111, 1976.

15	16	Вид события
0	0	физическое событие
0	1	тестовое событие с переполнениями /нет сигнала "STOP" /
1	0	калибровочное событие
1	1	тестовое событие с фиксированной задержкой

Система калибровки временного тракта дрейфовых камер показала надежную и точную работу во время сеансов на ускорителе.

Авторы хотят выразить глубокую благодарность Э.Н.Цыганову за полезные обсуждения и В.А.Сутулину за техническую помощь.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 ноября 1979 года.