

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

P10-86-597

В.Е.Новожилов, В.Г.Тишин

**АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ  
ДЛЯ ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО  
НЕЙТРОННОГО ДЕТЕКТОРА  
С ВЫСОКООМНЫМ АНОДОМ.  
КОМПЛЕКС УСТРОЙСТВ**

**1986**

В последние годы в физических экспериментах по нейтронной дифрактометрии получили широкое распространение газовые нейтронные пропорциональные  $^3\text{He}$ -счетчики с высокоомным анодом, используемые как однокоординатные позиционно-чувствительные детекторы /ПЧД/. Их достоинствами являются простота изготовления, хорошие пространственное разрешение и линейность позиционной характеристики. Вопросам разработки и использования электронной аппаратуры для позиционно-чувствительных детекторов посвящен ряд публикаций <sup>1-3/</sup>. При разработке таких устройств основное внимание уделяется проблемам позиционного разрешения, линейности по позиции, однородности эффективности регистрации по позиции, интегральной и дифференциальной нелинейности в позиционных спектрах, быстродействию систем. Ниже приводится описание комплекса электронной аппаратуры для нейтронного дифрактометра с однокоординатным ПЧД. В состав комплекса входят предусилители, спектрометрические усилители, быстрые амплитудно-цифровые преобразователи, цифровой спецпроцессор для определения кода позиции по кодам двух амплитудных сигналов с концов ПЧД. Анализируется влияние шумового вклада и формы детекторных сигналов на позиционное разрешение, рассматриваются цепи формирования сигналов, оцениваются погрешности в спектре позиции, вносимые дискретностью и нелинейностью АЦП.

## 1. ДЕТЕКТОРНАЯ АППАРАТУРА

Методика определения позиции регистрируемой позиционно-чувствительным детектором частицы, основанная на резистивном делении собираемого на анодной нити заряда, требует получения двух электрических сигналов с концов детектора в виде импульсов напряжения, пропорциональных соотношению сопротивлений от точки регистрации частицы до концов детектора и сопротивлений нагрузки на концах детектора.

Важнейшим параметром, которому уделяется основное внимание практически во всех публикациях <sup>1,2/</sup>, является позиционное разрешение, определяемое шумами, вносимыми резистивным электродом детектора, входными цепями предусилителей, собственным позиционным разрешением детектора. В работах <sup>1,2,3/</sup> дается оценка шумового вклада резистивного сопротивления анода детектора и импедансов нагрузки на двух концах детектора, определяющих процесс деления сигналов при регистрации нейтрона. При этом на концах детектора появляются сигналы поделенного заряда  $Q_1$  и  $Q_2$ , в сумме равные пол-

ному наведенному заряду  $Q_d$ . Величина соотношения  $Q_1/Q_d$  пропорциональна величине позиции регистрируемой частицы  $x/l$ , где  $l$  - длина нити детектора,  $x$  - текущая координата позиции. Оценка шумового вклада, проведенная в этих работах, соотносится с полным зарядом  $Q_1 + Q_2 = Q_d$ , собираемым на аноде детектора. При использовании в спектрометрическом усилителе трапецеидального фильтра с временной постоянной  $\tau_\Phi$  минимальный шум, вносимый резистивным сопротивлением нити детектора  $R_d$ , определяется как <sup>/3/</sup>

$$\overline{ENC^2} = 1,47 \text{ кТ} \frac{\tau_\Phi}{R_d} \text{ при условии } \tau_\Phi = 0,8 \tau_d, \quad /1/$$

где  $\tau_d = R_d C_d$ ,  $C_d$  - емкость детектора, и выражается в единицах эквивалентного шумового заряда. Этот шумовой сигнал суммируется с позиционным сигналом  $Q_1$ / шумовой вклад в сигнал суммы  $Q_1 + Q_2$  много меньше, так как он является некоррелированным на двух концах электрода/.

Оптимальное позиционное разрешение, определяемое шумовым вкладом сопротивления нити анода, равно /при тех же условиях оптимизации/

$$\frac{\Delta l}{l} \approx 2,54 \frac{(\text{кТ} C_d)^{1/2}}{Q_d} \cdot 100 (\%), \quad /2/$$

Реальные оценки дают эту величину в пределах от 0,2 до 2,0% в зависимости от качества ПЧД <sup>/2/</sup>.

При оценке требований к позиционному разрешению и линейности по позиции, рассмотренных в работах <sup>/2,3/</sup>, предполагалось, что сигнал тока в детекторе формируется как короткий импульс /дельта-функция/. На самом деле реальная ситуация другая. Можно показать, что время собирания заряда /то есть ширина токового сигнала/ может быть больше, чем временная длительность формирующих цепей, при этом не происходит существенного ухудшения линейности отношения  $Q_1/Q_d$  при условии, что эта длительность в обоих каналах  $Q_1$  и  $Q_d$  одна и та же.

Временные константы формирующих цепей /в спектрометрическом усилителе/ должны выбираться такими, чтобы удовлетворять требованиям линейности  $\tau_\Phi \geq \frac{1}{2} \tau_d$  и иметь максимальное соотношение сигнал - шум на выходе фильтра. При времени собирания заряда, меньшего, чем  $\frac{1}{2} \tau_d$ , позиционное разрешение остается таким же, как и для импульса. При более длительном времени собирания заряда оптимум временной константы фильтра и лучшее позиционное разрешение определяются с учетом формы сигнала тока <sup>/3/</sup>. Предположим, например, что сигнал тока имеет форму

$$i_d = \frac{Q_d}{\tau_R} e^{-t/\tau_R} \text{ для } t > 0. \quad /3/$$

где  $\tau_R$  - временная константа, определяемая параметрами детектора.

Нормализованное специальное разрешение /расчетное и измеренное/ может быть представлено как функция  $\tau_\Phi/\tau_R$ . Оптимальная величина этого отношения равна  $(\tau_\Phi/\tau_R)_{\text{опт}} = 1,78$ , а оптимальная величина нормализованной специальной функции разрешения составляет 2,58. Это приводит к оптимальному соотношению сигнал - шум:

$$\left(\frac{\delta x}{x}\right)_{\text{опт}} = \left(\frac{N^2}{S^2}\right)_{\text{опт}} = \frac{2,9}{Q_d^2} \cdot \frac{\text{кТ}}{R_d} \cdot \tau_\Phi \text{ опт}. \quad /4/$$

Реальная форма тока в газовых пропорциональных детекторах может быть представлена как <sup>/3/</sup>:

$$i_d = \frac{Q_d}{2t_0 \cdot \ln(1 + t_m/t_0)} \left(1 + \frac{t}{t_0}\right)^{-1}, \quad /5/$$

где  $t_m$  - время собирания заряда  $Q_d$ , а  $t_0$  - временной параметр, определяемый мобильностью положительных ионов, радиусами анода и катода и напряжением между ними. На рис.1 показаны наблюдавшиеся экспериментально импульсы тока анодной нити с выхода предусилителя, подсоединенного к сопротивлению нагрузки анодной нити. Наилучшее разрешение для данного случая при определении позиции с помощью поделенных зарядов получается при  $\tau_\Phi/\tau_0 \approx 4$  <sup>/3/</sup>.

Для газовых пропорциональных детекторов с небольшими сопротивлениями анодной нити, от 0,5 до 5,0 кОм, при определении позиции регистрируемых нейтронов разработан <sup>/1/</sup> способ деления тока детектора, получаемого при собирании заряда. Применение данного способа вызвано тем, что используемые детекторы имеют не только сравнительно малое сопротивление анодной нити, но и небольшую детекторную емкость - 10-30 пФ, что создает определенные трудности при съеме поделенного заряда. Конфигурация входных цепей при использовании для определения позиции способа токового деления заряда представлена на рис.2. В данном случае в качестве тер-

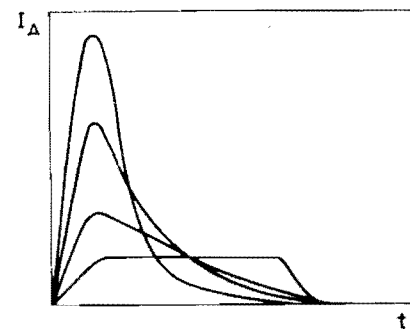
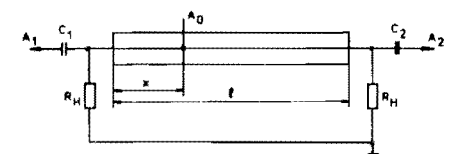


Рис.2. Схема включения ПЧД с высокоомным анодом.

Рис.1. Форма импульсов тока анодной нити ПЧД.



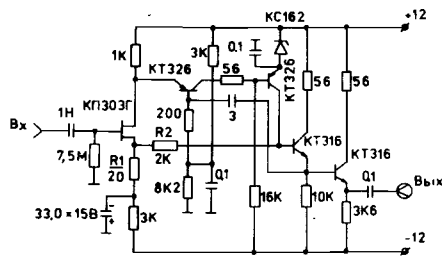


Рис.3. Принципиальная схема предусилителя для ПЧД.

минаторов на концах детектора используются сопротивления с величинами, равными или меньшими сопротивления анодной нити, то есть  $R_H \leq R_D$ . В отличие от способа определения позиции по делению заряда в такой резистивной цепи происходит деление тока, выделяемого собираемым на аноде зарядом, и формирование импульсов напряжения, равных по амплитуде максимуму импульса тока, умноженному на значение сопротивления нагрузки на концах детектора.

Для съема сигналов с двух концов анодной нити применены малошумящие предусилители с большим входным сопротивлением, выполненные по схеме усилителя напряжения<sup>4/</sup>. Схема предусилителя приводится на рис.3. При данной конфигурации входных цепей для оценки позиционного разрешения, обусловленного шумовым вкладом сопротивления анодной нити и сопротивлениями нагрузки детектора, необходимо брать не величину полного заряда, а амплитуду тока или величину приведенного напряжения на сопротивлениях нагрузки. Изменения амплитуды импульсов тока, вызываемые различными факторами /рис.1/,вносят существенный вклад в оценку позиционного разрешения. Чем меньше регистрируемый импульс тока при фиксированном резистивном шуме, тем хуже позиционное разрешение.

При определении позиции в ПЧД с помощью токового деления условия фильтрации сигнала являются менее жесткими, чем при зарядовом делении сигналов. Здесь можно использовать обычные RC-спектрометрические усилители, а не трапецеидальные фильтры. Основное внимание при выборе формирующих RC-цепей необходимо уделять подбору наилучшего соотношения сигнал - шум. Для данной установки разработан спектрометрический усилитель с обычными RC- и CR-формирующими цепочками. Оптимальные величины временных констант при работе с детекторами, имеющими сопротивление анодной нити 1,0-3,0 кОм, составляют величины  $\tau_{\text{инт}} = 0,05-0,2$  мкс и  $\tau_{\text{диф}} = 0,5-1,0$  мкс. Коэффициент усиления в усилителе изменяется плавно от 10 до 100.

В работах<sup>2,3/</sup> обсуждается возможность применения для ПЧД предусилителей с так называемым "видимым" малым входным сопротивлением, которое может использоваться как терминатор на концах детектора. Однако, как отмечается в этих работах, в данном случае возникает проблема подсоединения анодной нити детектора, находящейся под высоким потенциалом /до 2000 В/, ко входу предусилителя. При этом требуется использование переходных конденсаторов большой емкости на высокое допустимое напряжение, чтобы избежать ненужного дифференцирования сигналов на входе предусилителя /ПУ/. Поэтому в нашем случае выбор схемы предусилите-

ля с большим входным сопротивлением сделан для того, чтобы решить эту проблему съема сигналов с анодной нити детектора, хотя в ряде случаев более предпочтительным является использование предусилителей с "видимым" входным сопротивлением, а также предусилителей с очень малым входным сопротивлением при токовом съеме сигналов с ПЧД, например, при использовании на входе предусилителя транзисторного каскада с общей базой, со входом на эмиттер. Координата позиции при таком включении ПУ может вычисляться из соотношения

$$\frac{x}{l} = \frac{I_1}{I_1 + I_2} = \frac{I_1}{I_D} \quad /6/$$

где  $I_1$  и  $I_2$  - амплитудные значения поделенных токов детектора, формирующихся при собирании заряда и подаваемых на входы предусилителей. Анализ и оценка шумового вклада при таком включении ПУ даются в работе<sup>3/</sup>. В этом случае удается значительно уменьшить шумовой вклад входных цепей за счет исключения из входной цепи сопротивлений нагрузки детектора  $R_H$ . Такие предусилители можно использовать в ПЧД, где анодная нить находится под нулевым потенциалом, или же в разрабатываемых в настоящее время позиционно-чувствительных пропорциональных детекторах с резистивным катодом.

Проведенные расчетные оценки и полученные экспериментальные данные показали, что среднеквадратичная величина шумового сигнала на выходе спектрометрического усилителя составляет 50 мВ для детектора со следующими сопротивлениями анодной нити и нагрузки:  $R_D = 3,0$  кОм,  $R_H = 1,5$  кОм, при величинах формирующих цепочек, равных  $\tau_{\text{инт}} = 0,1$  мкс и  $\tau_{\text{диф}} = 1,0$  мкс. При диапазоне кодируемых амплитудно-цифровыми преобразователями детекторных сигналов от 0,5 до 5,0 В соотношение сигнал - шум составляет величину 10-100. Такие параметры спектрометрического тракта позволяют получать позиционное разрешение на уровне  $0,5 \pm 1,5\%$ .

Координата позиции, то есть точка регистрации нейтрона в детекторе, вычисляется из соотношения двух амплитуд сигналов, получаемых с концов детектора  $A_1$  и  $A_2$ , по формуле<sup>1/</sup>

$$\frac{x}{l} = \frac{A_2 + \frac{R_H}{R_D} (A_2 - A_1)}{A_1 + A_2} \quad /7/$$

Детекторные сигналы с выходов спектрометрических усилителей поступают на схему суммирования сигналов, размещенную в блоке усилителей и состоящую из сумматора на двух транзисторах и компаратора, используемого как интегральный дискриминатор. Как показано в<sup>1/</sup>, сумма амплитуд детекторных сигналов  $(A_1 + A_2)$  слабо зависит от координаты позиции (при  $R_D/R_H = 2$   $(A_1 + A_2)_{\text{макс}} / (A_1 + A_2)_{\text{мин}} = 4/3$ ) и используется для дискриминации от шумов. Сформированный компаратором сигнал служит для запуска амплитудно-цифровых преобразователей.

## 2. УСТРОЙСТВА КОДИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ. АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Одним из важных параметров, характеризующих дифракционную установку с позиционно-чувствительным детектором, является быстродействие входных устройств и регистрирующей аппаратуры. Поток нейтронов на реакторах ЛНФ ОИЯИ и используемые в экспериментах образцы позволяют получать с позиционно-чувствительного детектора сигналы с интенсивностью до  $10^5$  имп/с. Чтобы снизить потери экспериментальной информации до приемлемых величин, необходимо иметь регистрирующую аппаратуру с временем преобразования на уровне  $3 \pm 5$  мкс.

Для достижения высокого быстродействия регистрирующей аппаратуры предъявляются определенные требования к амплитудно-цифровым преобразователям, кодирующим сигналы с ПЧД, к цифровому устройству и спецпроцессору, вычисляющему код позиции из кодов двух сигналов  $A_1$  и  $A_2$  по формуле /7/. В спектре позиции могут быть существенные погрешности при невыполнении ряда условий, связанных с погрешностями и дискретностью сигналов.

Погрешность позиции  $\Delta x$  в зависимости от погрешности /дискретности/ кодов сигналов  $A_1$  и  $A_2$  в различных комбинациях определяется из выражений

$$\Delta x | \Delta A_1 = - \frac{\ell \left( \frac{2R_n}{R_d} + 1 \right) A_2}{(A_1 + A_2)^2} \cdot \Delta A_1, \quad /8/$$

$$\Delta x | \Delta A_2 = \frac{\ell \left( \frac{2R_n}{R_d} + 1 \right) A_1}{(A_1 + A_2)^2} \cdot \Delta A_2, \quad /9/$$

$$\Delta x | \Delta A_1, \Delta A_2 = \frac{\ell \left( \frac{2R_n}{R_d} + 1 \right) (A_2 \cdot \Delta A_1 - A_1 \cdot \Delta A_2)}{(A_1 + A_2)^2}. \quad /10/$$

На рис. 4 приводится зависимость погрешности определения позиции  $\Delta x$  от номера позиции для  $x_{\text{макс.}} = 64$  канала,  $R_n/R_d = 1/2$ . Как видно из рис. 4, наименьшая погрешность  $\Delta x$  наблюдается при  $\Delta A_1 = \Delta A_2$  /формула 10/. По данной формуле можно оценить минимальное число каналов АЦП, необходимое для получения номера позиции с минимальными погрешностями, вызванными дискретностью преобразования сигналов. Наибольшие погрешности позиционного кода имеют место в средней части детектора при противофазных ошибках АЦП, когда  $\Delta A_1 = -\Delta A_2 = \Delta A$  /рис. 4, кривая 4/. В этом случае формула /10/ преобразуется в следующую:

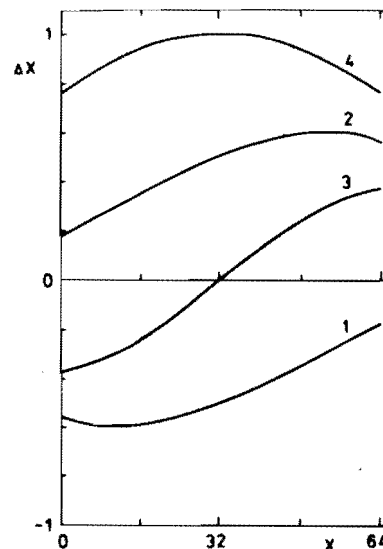
$$\Delta x = \frac{\ell \left( \frac{2R_n}{R_d} + 1 \right)}{2A_1} \cdot \Delta A. \quad /11/$$

Заменяя  $\Delta A = \frac{A_1}{N}$ , где  $N$  - число каналов АЦП, имеем

$$N = \frac{\ell \left( \frac{2R_n}{R_d} + 1 \right)}{2 \cdot \Delta x}. \quad /12/$$

Так, для  $R_n/R_d = \frac{1}{2}$ ,  $\Delta x = 1$ ,  $\ell = 64$  канала и динамического диапазона измеряемых амплитуд сигналов с ПЧД, равного 10, число каналов АЦП должно составлять не менее  $N = 1024$ .

В описываемой аппаратуре применяется разработанный в ЛНФ ОИЯИ амплитудно-цифровой преобразователь на 1024 канала с двухступенчатым быстромедленным разрядом запоминающей емкости, имеющей максимальное время преобразования 4 мкс. Дальнейшее повышение быстродействия АЦП в системах с ПЧД возможно при использовании быстрых измерительных АЦП, которые имеют время преобразования  $50 \pm 150$  нс при числе разрядов до  $2^8$ . Однако применение таких АЦП создает трудности с дифференциальной нелинейностью /неоднородностью ширины каналов/ в спектре позиции, так как они имеют собственную дифференциальную нелинейность до 50% от ширины /веса/ минимального канала. Используя приведенные соотношения, можно



показать, что при заданной неоднородности ширины каналов в спектре позиции 4% /при  $\ell = 64$ / неоднородность ширины каналов АЦП не должна превышать 8% - для  $N_{\text{ацп}}=128$  каналов; 64% - для  $N_{\text{ацп}}=1024$  канала. Эти оценки делают реальным применение таких АЦП для кодирования сигналов с ПЧД.

На качество позиционных спектров оказывает влияние не только дифференциальная нелинейность, существенный вклад в погрешности позиции и позиционное разрешение вносят неидентичность характеристик двух АЦП,

Рис. 4. Зависимость погрешности позиции от номера позиции: 1 - для  $\Delta A_1$ ; 2 - для  $\Delta A_2$ ; 3 - для  $\Delta A_1 = \Delta A_2$ ; 4 - для  $\Delta A_1 = -\Delta A_2$ .

кодирующих сигналы  $A_1$  и  $A_2$ ; наличие у АЦП порога или пьедестала в начале шкалы; изменения коэффициентов усиления и преобразования сигналов и т.п. Величины погрешностей за счет данных факторов могут быть оценены на основе приведенных выше формул.

Для регистрирующей части аппаратуры нейтронного дифрактометра разработан специализированный блок амплитудно-цифровых преобразователей /АЦП/ на 1024 канала, логики управления режимами работы и связей со спецпроцессором. Амплитудно-цифровые преобразователи работают по принципу Вилкинсона с двухступенчатым быстромедленным разрядом запоминающей емкости  $1/5$ . В таком АЦП разрядное устройство работает следующим образом. Сначала происходит быстрый разряд запоминающей емкости. Формируется адресная серия для пяти старших разрядов адресного счетчика. Оставшаяся на запоминающей емкости часть напряжения разряжается током медленного разряда, в 32 раза меньшим, чем ток быстрого разряда. При этом формируется адресная серия для пяти младших разрядов адресного счетчика. При частоте генератора адресной серии 25 /50/ МГц максимальное время быстрого разряда равно  $0,04/0,02/$  мкс  $\times 32 = 1,28/0,64/$  мкс. Такую же величину составляет максимальное время медленного разряда. Таким образом, максимальное время преобразования АЦП с быстромедленным разрядом в данном случае равно  $2,56/1,28/$  мкс. Полное максимальное "мертвое" время АЦП с учетом длительности входного сигнала 0,5 мкс и времени переноса кодов АЦП во входной регистр спецпроцессора 1,0 мкс составляет величину  $4,06/2,78/$  мкс. Применимость АЦП такого типа в задачах спектрометрии определяется такими параметрами, как дифференциальная и интегральная нелинейности. В разработанном быстром АЦП эти параметры составляют следующие величины: дифференциальная нелинейность - не хуже  $\pm 2\%$ , интегральная нелинейность - не хуже  $0,1\%$ . Проведенные испытания АЦП показали температурную стабильность изменения "нуля" шкалы и коэффициента преобразования АЦП - на уровне соответственно 0,2 и 1,0 канала на  $10^\circ\text{C}$ . Логика управления АЦП и соединенного с ним через внешний разъем блока спецпроцессора осуществляет передачу кодов амплитудных спектров первого и второго АЦП на магистраль КАМАК, передачу позиции от спецпроцессора также на магистраль КАМАК, передачу кодов амплитудных спектров и кода позиции на внешний разъем для записи их в запоминающее устройство, имеющее канал прямого доступа, с быстрым накоплением дифракционных спектров.

Спецпроцессор /СП/ параллельного типа производит вычисление кода позиции зарегистрированной в ПЧД частицы /нейтрона/ по формуле /7/. Структурная схема СП представлена на рис.5. Логика работы СП осуществляется устройством управления /УУ/. За первые два такта, задаваемые УУ, амплитудные коды  $A_1$  и  $A_2$  записываются соответственно в регистры СР1 и Р2. В третьем такте сумматором /СМ/ вычисляется сумма  $(A_1 + A_2)$  и записывается в сдвигающий регистр СР3. В четвертом такте вычисляется разность кодов

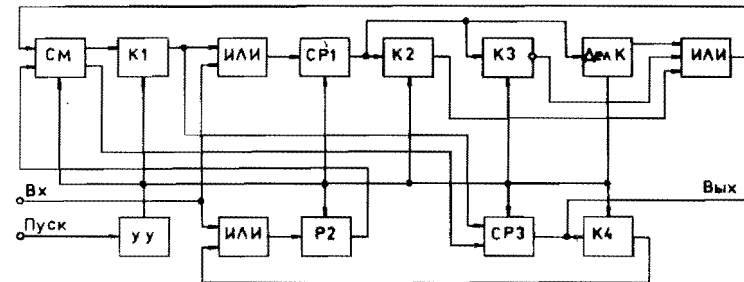


Рис.5. Структурная схема спецпроцессора.

$(A_2 - A_1)$  и записывается в регистр СР1. Затем происходит вычисление величины  $A_2 + \frac{R_H}{R_d} (A_2 - A_1)$ , которая записывается в регистр СР1. Коэффициент  $\frac{R_d}{R_H}$  выбирается кратным 2 и вычисляется блоком "Делитель К" сдвигом на соответствующее число разрядов выражения  $(A_2 - A_1)$ . Далее содержимое регистра СР3 заносится в регистр Р2 и происходит операция деления. Так как выбранная рабочая часть детектора разбивается на  $64/128/$  позиции /канала/, то деление происходит за шесть /семь/ тактов. В каждом такте деления происходит вычитание значения содержимого регистра Р2 из регистра СР1. Если при вычитании возникает перенос в старшем разряде сумматором СМ, то в регистр СР3 по входу последовательного занесения записывается "1", а в регистр СР1 - разность, которая сдвигается в сторону старших разрядов на один разряд. Если в СМ не возникает переноса, то в СР3 записывается "0", а в СР1 происходит сдвиг предыдущего значения на 1 разряд. В конце шестого такта деления в регистре содержится результат вычисления кода позиции. Время операции деления - 3 мкс. Общее время вычисления спецпроцессором кода позиции - 4, 5 мкс.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработанный для нейтронной дифрактометрии комплекс детекторной и регистрирующей аппаратуры с однокоординатным ПЧД имеет в своем составе два малозумящих предусилителя, сдвоенный спектрометрический усилитель с устройством отбора по сумме двух сигналов, быстрый сдвоенный АЦП на 1024 канала, спецпроцессор. При регистрации нейтрона в ПЧД на выходе спецпроцессора появляется двоичный код позиции, разделяющий ПЧД по длине на  $64/128/$  канала. Код позиции выводится либо на магистраль КАМАК /через блок АЦП/, либо на внешний разъем в блоке спецпроцессора, который соединяется через внешние разъемы с блоком АЦП /на магистраль

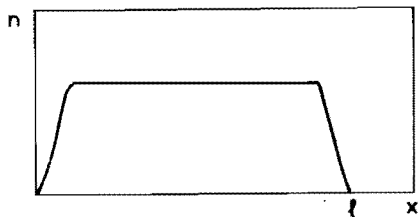


Рис.6. Распределение интенсивности при регистрации нейтронов по всей длине ПЧД.

КАМАК блок спецпроцессора не имеет выхода/. На рис.6 показан спектр позиции, зарегистрированный при равномерной засветке ПЧД нейтронами по всей длине детектора. Спады на краях спектра обусловлены краевыми эффектами самого детектора и приводят к значительным искажениям в спектре позиции.

В качестве ПЧД в нейтронном дифрактометре используются пропорциональные нейтронные счетчики с высокоомным анодом. Параметры счетчиков следующие: диаметр -  $3\pm 5$  см; длина -  $40\pm 60$  см; сопротивление анодной нити -  $1,5\pm 4,0$  кОм; наполнение - 7 атм  $^3\text{He}$ ; 3 атм Ar. Счетчики работают в режиме газового усиления  $/30\pm 50/$  при напряжении анода -  $1,8\pm 2,0$  кВ. Разработанный комплекс аппаратуры эксплуатируется в течение года на нейтронном пучке реактора. Позиционное разрешение составляет  $5\pm 7$  мм. Отклонение эффективности регистрации нейтронов по рабочей части длины детектора не превышает 5% от константы.

Авторы выражают благодарность А.М.Балагурову и В.И.Горделию за полезные обсуждения, а также А.Б.Мельничуку и В.Г.Купцову за изготовление электронных блоков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Балагуров А.М. и др. ОИЯИ, P13-80-440, Дубна, 1980.
2. Radeka V. JEEE Trans.Nucl.Sci., 1974, NS-21, No.1, p.51.
3. Alberi J.L., Radeka V. JEEE Trans.Nucl.Sci., 1976, NS-23, No.1, p.251.
4. Гатти Е. и др. ОИЯИ, Д13-84-53, Дубна, 1984, с.67.
5. Ишмухаметов М.З. и др. ОИЯИ, Д13-6210, Дубна, 1972, с.149.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 сентября 1986 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985.	4 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

Новожилов В.Е., Тишин В.Г.  
Анализ погрешностей электронной аппаратуры для позиционно-чувствительного нейтронного детектора с высоковакуумным анодом.  
Комплекс устройств

P10-86-597

Анализируется влияние погрешностей электронной аппаратуры, работающей с позиционно-чувствительным детектором /ПЧД/, на спектры позиции. Рассматривается влияние шумового вклада входных цепей предусилителей и формы детекторных сигналов на позиционное разрешение. Показывается, что при соответствующем выборе параметров детекторной аппаратуры можно получить позиционное разрешение не хуже 5÷7 мм на длине детектора до 50 см. Оцениваются погрешности в спектре позиции, вносимые дискретностью и нелинейностью АЦП. Приводится описание комплекса электронной аппаратуры для ПЧД, в состав которого входят предусилители, спектрометрические усилители, быстрые АЦП, цифровой спецпроцессор для определения кода позиции по кодам двух амплитудных сигналов с концов ПЧД.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Novozhilov V.E., Tlshin V.G.  
Analysis of Errors of Electronic Apparatus for Position-Sensitive Neutron Detector with A High-Vacuum Anode. A Device Complex

P10-86-597

The effect of errors of electronic device operating with position-sensitive detector /PSD/ on position spectra is analysed. The contribution of noise of input preamplifier current noises and of changes of the shape of detector signals into position resolution is considered. It is shown that by a corresponding choice of detector device parameters a position resolution could be achieved not worse than 5-7 mm on detector length up to 50 cm. Position spectrum errors due to ADC discreteness and nonlinearity are estimated. A complex of electronic devices for PSD including preamplifiers, spectroscopy, fast ADC, a digital processor for determining a position by value of two amplitude signals from PSD ends is described.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986