

Ученый 3

**И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР**

ПРЕПРИНТ И Я Ф 77 - 89

С.Е.Бару, Г.И.Провиз, Г.А.Савинов, В.А.Сидоров,

А.Г.Хабахпашев, Б.Н.Шувалов, В.А.Яковлев

**ДВУХКООРДИНАТНЫЙ ДЕТЕКТОР
РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Новосибирск

1977

С.Е.БАРУ, Г.И.ПРОВИЗ, Г.А.САВИНОВ, В.А.СИДОРОВ,
А.Г.ХАБАХПАШЕВ, Б.Н.ШУВАЛОВ, В.А.ЯКОВЛЕВ

ДВУХКООРДИНАТНЫЙ ДЕТЕКТОР РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А Н Н О Т А Ц И Я

В Институте ядерной физики (г.Новосибирск) создан двухкоординатный детектор рентгеновского излучения на основе многопроволочной пропорциональной камеры. Съём информации производится с обеих катодных плоскостей. Число каналов детектора - 128×128 , размер канала - $2 \times 2 \text{ мм}^2$, ёмкость канала - 2^{16} , разрешающее время - 100 нс, быстродействие с ЭВМ М-6000 - 400 кГц. Детектор предназначен для использования в дифракционных структурных исследованиях и в медицине.

Рентгеновское излучение давно используется как инструмент исследования в ряде областей науки и техники. Вплоть до последнего времени для регистрации рентгеновского излучения в основном использовалась фотопленка. Достоинства фотопленки хорошо известны. Вместе с тем фотопленка имеет ряд весьма существенных недостатков, таких, как малый динамический диапазон измеряемых интенсивностей рентгеновского излучения, низкая эффективность, трудность перевода получаемой информации в цифровую форму, удобную для дальнейшей обработки. Эти недостатки детекторов рентгеновского излучения могут быть устранены, если для регистрации рентгеновских квантов использовать многопроволочные пропорциональные камеры, нашедшие в последнее время широкое применение в физике высоких энергий.

Несколько лет назад нами был описан двухкоординатный детектор рентгеновского излучения на 64×64 канала, в котором для ре-

гистрации квантов использована многопроволочная пропорциональная камера [1]. Основным отличием этого детектора от пропорциональных камер, описанных в зарубежной литературе и предназначенных для рентгеноструктурных исследований [2,3,4,5], является его быстродействие, достигнутое за счет примененного параллельного метода съема информации.

В ряде областей науки и техники, таких как медицинская рентгенодиагностика, некоторые методы рентгеноструктурного анализа и др., быстродействие является одной из основных характеристик двухкоординатного многоканального детектора рентгеновского излучения и должно составлять $10^6 + 10^7$ соб/с.

В настоящей работе описан детектор рентгеновского излучения на 128x128 каналов. Быстродействие детектора ограничивается машиной М-6000. Принцип съема информации позволяет получить быстродействие до 10^7 соб/с.

Пропорциональная камера и метод съема информации

Многопроволочная пропорциональная камера имеет размеры 256×256 мм². Анодная плоскость выполнена из проволочек диаметром 20 мкм с шагом 2 мм, катодные плоскости намотаны проволокой диаметром 100 мкм с шагом 1 мм. Направление проволочек в двух катодных плоскостях взаимно ортогонально. Расстояние между анодной и катодными плоскостями — 4 мм. Анодные проволочки соединены вместе, на них подается положительный потенциал. Катодные — соединены попарно и к ним подключены пороговые элементы — усилители-формирователи, связанные с электроникой обработки. В камере используется рабочая смесь Хе + 10% СО₂. При работе с мягким рентге-

новским излучением применяется более дешевая смесь $Ar + 20\% CO_2$.

При регистрации рентгеновского кванта вблизи анодной проволочки образуется лавина, состоящая из электронов и ионов. Движение зарядов наводит на анодный и катодные электроды соответственно отрицательный и положительный потенциалы. Величина сигнала на электроде зависит от расстояния до лавины. Поэтому при регистрации кванта в каждой катодной плоскости срабатывает группа трактов, соединенных с проволочками, расположенными вблизи места образования лавины. Обе координаты кванта определяются как центр "пятна" сработавших катодных трактов. Такой способ съема информации с пропорциональной камеры позволяет получить предельное быстродействие двухкоординатного детектора, которое ограничивается только временем движения зарядов в пропорциональной камере.

Функциональная схема установки

Функциональная схема детектора приведена на рис.1. Установка состоит из следующих основных устройств: двухкоординатной многопроволочной пропорциональной камеры, электроники регистрации, процессора для вычисления координат зарегистрированного кванта, электронной стойки управления и ЭВМ, служащей для запоминания информации, её обработки и управления работой детектора. Информация передается в оперативную память ЭВМ через инкрементный канал (КИ). Команды управления поступают с ЭВМ через программный канал.

Электроника регистрации расположена по периметру пропорциональной камеры. В качестве усилителя-формирователя применена интегральная микросхема К243АГ1, разработанная для съема отрицательных сигналов с анодных проволочек пропорциональных камер.

Добавление к микросхеме эмиттерного повторителя позволило использовать её для регистрации положительных катодных сигналов. Характеристики полученного усилителя-формирователя для положительных входных сигналов практически идентичны паспортным характеристикам микросхемы К243АГ1.

Примененный способ определения координаты как центра "пятна" сработавших трактов требует высокой идентичности порогов усилителей-формирователей. Порог срабатывания регулируется в пределах ± 5 мВ изменением напряжения питания микросхемы. Для этого в цепь питания каждого тракта включен потенциометр.

Конструктивно камерная электроника представляет из себя 8 одинаковых блоков по 32 регистрирующих тракта каждый. Эти блоки с помощью стандартных разъемов САМАС подключены, с одной стороны - к камере, с другой - к процессору.

Процессор предназначен для быстрого вычисления координат ХУ зарегистрированного кванта. Координата события вычисляется как полусумма номеров крайних проволочек "пятна". Процессор бракует событие, если сработали тракты только одной плоскости, а также при числе "пятен" больше 1 по одной или обоим координатам. Определенное процессором число (координаты ХУ центра "пятна" или код "брака") поступает в электронную стойку управления. Конструктивно процессор выполнен на 19 печатных платах, размещенных под пропорциональной камерой. Более подробно процессор описан в работе [7].

Стойка управления предназначена для передачи информации, поступающей с процессора, в ЭВМ или на дисплей, а также для управления работой детектора. Основные функциональные узлы стойки показаны на рис.2.

Информация от процессора поступает на статистический разравниватель, а затем на сумматор сдвига. Разравниватель объемом на 4 события применен для уменьшения просчетов при высоких скоростях регистрации. Сумматор сдвига дает возможность программисту при распределении оперативной памяти ЭВМ размещать участок памяти КИ наиболее целесообразно.

Амплитудный дискриминатор производит отбор событий по их энергии. Импульсы на вход дискриминатора поступают с анода пропорциональной камеры. В разравниватель поступают только те события, которые удовлетворяют условиям отбора.

В электронной стойке расположены также: блок связи с ЭВМ, пульт управления, контрольно-измерительные приборы, дисплей, блоки питания электроники и камеры, система газообмена.

Детектор имеет два режима работы. В основном режиме установка передает информацию в память ЭВМ. Результатом работы установки в основном режиме является накопление в памяти ЭВМ квадратной матрицы чисел, каждое из которых представляет собой число квантов, зарегистрированных данным каналом детектора. В основном режиме управление работой установки производится с клавиатуры буквенно-цифрового дисплея "Видеотон", через программный канал ЭВМ. Экспозиция может быть прекращена как по команде с клавиатуры, так и по таймеру ЭВМ. Обработку накопленной информации ЭВМ производит по программам, которые передаются с центральной ЭВМ или могут быть считаны с перфоленты. Для вывода информации используются стандартные устройства вывода ЭВМ (буквенно-цифровой и графический дисплей, широкая цифровая печать). Информация может быть также передана в центральную ЭВМ для запоминания и дальнейшей обработки.

Кроме работы в основном режиме, установка обеспечивает возможность оперативного наблюдения распределения интенсивности квантов по площади детектора. Этот режим осуществлен с помощью дисплея, расположенного в стойке управления. Аппаратура обработки определяет координаты XU зарегистрированного кванта. Эта информация выводится на дисплей в виде вспышки в точке с соответствующими координатами. На экране дисплея наблюдается двумерная картина распределения интенсивности излучения по площади детектора.

Такой сервисный режим предназначается для вспомогательных работ — настройки установки, проверки работы пропорциональной камеры и аппаратуры обработки. Сервисный режим удобно использовать в тех случаях, когда необходимо оперативное наблюдение за изменением положения или состояния объекта исследования. К таким работам относятся, например, взаимное ориентирование источника излучения, образца и детектора, экранирование источника фона. Используя сервисный режим, оператор может сделать предварительную оценку рентгенограммы.

В сервисном режиме установка позволяет также определить полную интенсивность регистрируемого потока рентгеновских квантов, а также интенсивность в любом канале. Для этой цели детектор снабжен устройством типа "трекбол" и интенсивметром. В сервисном режиме оператор имеет возможность проверить основные параметры работы пропорциональной камеры, такие, как эффективность, фон, распределение событий по ширине "пятна", интенсивность любого вида "брака", интенсивность любого регистрирующего тракта и др. Работа в сервисном режиме производится без участия ЭВМ. Управление работой установки осуществляется с пульта управления.

1. Детектор имеет $128 \times 128 \approx 16000$ каналов. Размер канала — $2 \times 2 \text{ мм}^2$, среднеквадратичная ошибка определения координат зарегистрированного кванта — $0,7 \text{ мм}$. Емкость канала — 2^{16} событий.

2. Среднеквадратичная неоднородность эффективной ширины канала по анодной координате менее 2-х процентов, по катодной — около 8%. После введения поправок неоднородность по катодной координате также может быть снижена до 2%. Поправки на неоднородность должны измеряться при равномерном облучении камеры излучением той же энергии, при которой ведется основное измерение.

3. Рабочее напряжение на камере — 2900 В. Ширина плато без применения амплитудного дискриминатора составляет 300 В. Наклон плато — 16%. Эффективность камеры для рентгеновских квантов с энергией 10 кэВ составляет 50%. При использовании аргонового наполнения эффективность для квантов с энергией 6 кэВ равна 30%.

4. Разрешающее время детектора — 100 нс. Событие, при котором в рабочем объеме камеры в интервале разрешающего времени поглощается несколько квантов, регистрируется как "брак". Время вычисления координат кванта составляет 1 мкс. Быстродействие детектора — 400 кГц. Быстродействие ограничивается ЭВМ М-6000. Применение разравнивателя позволяет при загрузке, близкой к максимальной, снизить просчеты до нескольких процентов. При этом 4% событий будет потеряно за счет брака, связанного с регистрацией двух и более квантов в интервале разрешающего времени.

Предложенный алгоритм съема и обработки информации позволит создать уже в ближайшие годы детекторы с быстродействием $\sim 10 \text{ МГц}$. Разрешающее время при этом должно быть уменьшено до 20–30 нс, а цикл работы процессора — до 50 нс. Для построения такого детекто-

ра необходимо также применить специальную быструю память с циклом инкремента ~ 100 нс.

Описанный детектор предназначен для рентгеноструктурных исследований в биологии и применения в медицине. Для использования детектора разработан комплект программ, которые позволяют с помощью дисплея и широкой цифрорпечати наглядно представлять полученную в эксперименте информацию (накопленную матрицу чисел).

Авторы выражают свою благодарность М.А.Мокульскому и Т.Д.Мокульской за полезные обсуждения и замечания, сделанные в связи с использованием опытного образца двухкоординатного детектора на 64x64 канала в дифракционных структурных исследованиях в ИАЭ им.Курчатова [8,9]. Авторы благодарят В.В.Гусева за изготовление пропорциональной камеры.

Институт ядерной физики
Сибирского отделения АН
СССР, г.Новосибирск

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С.Е.Бару, В.А.Гусев и др. УШ Международный симпозиум по ядерной электронике, Дубна, 377 (1975).
2. G.Charpak et al. CERN 73-11 (1973).
3. C.J.Borkowski and M.K.Kopp. IEEE Trans. Nucl. Sci. No-19,2, 161 (1972).
4. C.J.Borkowski, M.K.Kopp. Rev. Sci. Instrum., v.46, 8, 951 (1975).
5. S.N.Kaplan et.al. Nucl. Instr. and Meth., 106, 397 (1973).
6. С.Е.Бару, С.Г.Басиладзе и др. ПТЭ, 4, 105 (1975).
7. С.Е.Бару. Диссертация. ИЯФ СО АН СССР, Новосибирск (1976).
8. С.Е.Бару, Т.Д.Мокульская и др. ДАН СССР, 227, 1, 82 (1976).
9. Т.Д.Мокульская, М.А.Мокульский и др. Кристаллография, 22, 4, (1977).

Рис. 1. Функциональная схема детектора. X_0Y_0 - вычисленные координаты зарегистрированного кванта.

Рис.2. Основные функциональные узлы стойки управления.

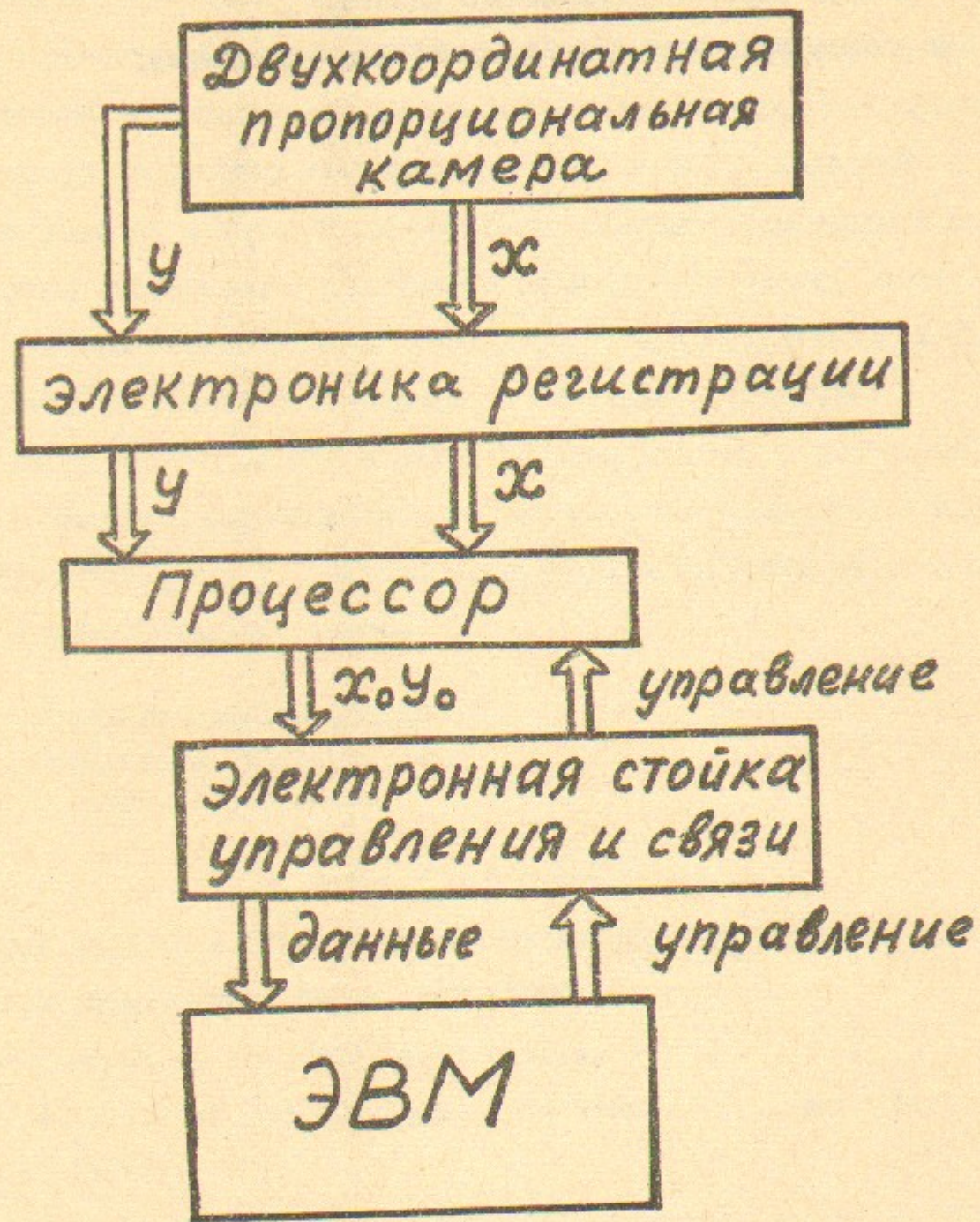


Рис.1. Функциональная схема детектора.
 x_0y_0 - вычисленные координаты зарегистрированного кванта.

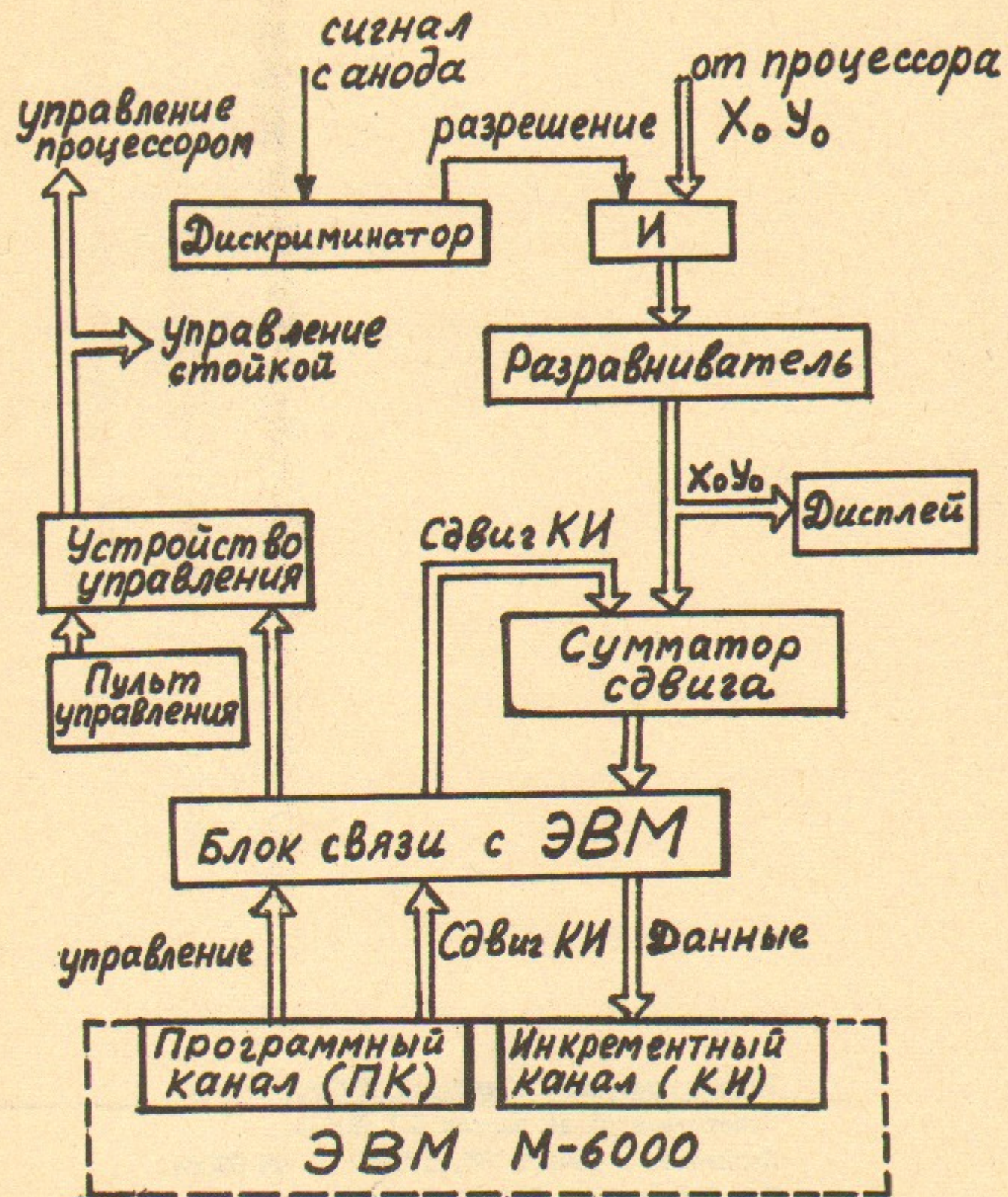


Рис.2. Основные функциональные узлы стойки управления.

Работа поступила 4 августа 1977г.

Ответственный за выпуск С.Г.ПОПОВ

Подписано к печати 28.IX/1977 г. МН 03004

Усл.0,5 печ.л., 0,4 учетно-изд.л.

Тираж 200 экз. Бесплатно

Заказ № 89.

Отпечатано на ротапринтере ИЯФ СО АН СССР