

ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE USSR

SPACE  
RESEARCH  
INSTITUTE

АКАДЕМИЯ НАУК  
СССР

ИНСТИТУТ  
КОСМИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

PROCEEDINGS OF THE  
IVth INTERNATIONAL SEMINAR  
MANUFACTURING OF SCIENTIFIC  
SPACE INSTRUMENTATION

USSR, Frunze, September 18-24, 1989

ТРУДЫ  
IV МЕЖДУНАРОДНОГО СЕМИНАРА  
НАУЧНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

СССР, Фрунзе, 18-24 сентября 1989

VII

1990

**ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE USSR**

**SPACE  
RESEARCH  
INSTITUTE**

**АКАДЕМИЯ НАУК  
СССР**

**ИНСТИТУТ  
КОСМИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**PROCEEDINGS OF THE  
IVth INTERNATIONAL SEMINAR**

**MANUFACTURING OF SCIENTIFIC  
SPACE INSTRUMENTATION**

**INSTRUMENTS FOR STUDYING  
SPACE PLASMA AND  
COSMIC RAYS**

**USSR, Frunze, September 18-24, 1989**

**ТРУДЫ  
V МЕЖДУНАРОДНОГО СЕМИНАРА  
НАУЧНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

**ПРИБОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ И  
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ**

**СССР, Фрунзе, 18-24 сентября 1989**

**Edited by V.M. Balebanov**

**Под редакцией В.М.Балебанова**

The IVth International seminar on scientific space instrumentation manufacturing was held in Frunze in September 1989. The Seminar was initiated by the Space Research Institute, USSR Academy of Sciences, and by the INTERCOSMOS Council, USSR Academy of Sciences.

More than 200 specialists from the USSR and other countries (including - for the first time - capitalist countries) participated in the Seminar.

These Proceedings include papers submitted to the Program Committee by the time the preparation of seminar materials for publication began.

**IV Международный семинар по научному космическому приборостроению состоялся в сентябре 1989 г. в г. Фрунзе. Семинар был организован по инициативе Института космических исследований АН СССР и Совета "Интеркосмос" при АН СССР.**

**В работе семинара приняли участие более двухсот советских и зарубежных специалистов, в том числе впервые из капиталистических стран.**

**В настоящий сборник вошли доклады, представленные авторами в программный комитет к моменту начала подготовки материалов семинара к публикации.**

**Editorial Board:**

**K.I.Gringauz, V.I.Moroz, I.A.Strukov,  
V.G.Rodin, G.A.Avanesov, S.R.Tabaldyev**

**Редакционная коллегия:**

**К.И.Грингауз, В.И.Мороз, И.А.Струков,  
В.Г.Родин, Г.А.Аванесов, С.Р.Табалдыев**

MCP signal output characteristics. The experimental data in combination with the model studies gives a better idea of the physical aspects of MCP operation and make it possible to accurately discriminate the effect of the MCP itself and of the measurement system on the output signal, i.e. to make measurements and analysis much more reliable.

#### REFERENCE

1. G.I. Volkov et al. "Wide-angle electron detector". Space Sci. Instrum. (1978), 4, p. 189-199.
2. K.I. Gringauz et al., "Natural precipitation of electrons and effect observed during the operation of the electron gun during the Araks experiments". Ann. de Geophys. (1980), 36, p. 363-370.
3. N.M. Shutte et al. "Observation of electron and ion fluxes in the vicinity of Mars with the HARP spectrometer". Nature, (1989), No. 6243, p. 614-616.
4. A.G. Zenkovich et al., "Multichannel measurement system of the nanosecond pulse parameters". Report of 13th All-Union sci. tech. conf., Moscow, Nov. Dec. 1987, p. 80.
5. V.V. Danilevich et al., "CAMAC time analyzer-selector of pulses". Pribori and techn. exper. (in Russian), (1986), 3, p. 234.
6. V.V. Apanosovich, E.A. Chudovskai, "Simulation of the MCP's output signal formation process", News of the Byelorussian University, (1988), 1, No. 2, p. 67.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
МИКРОКАНАЛЬНЫХ ВЭУ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ  
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ

В.А. Чудовский, Е.В. Новиков, В.В. Апанасович  
Белорусский государственный университет

Н.М. Шютте, С.М. Шеронова, А.Э. Скворцов  
Институт космических исследований АН СССР

Э.А. Платов  
Завод "Гран", СССР

Широкое использование вторичных электронных умножителей (ВЭУ) на основе микроканальных пластин (МКП) в качестве чувствительных детекторов в различной аппаратуре космического на-

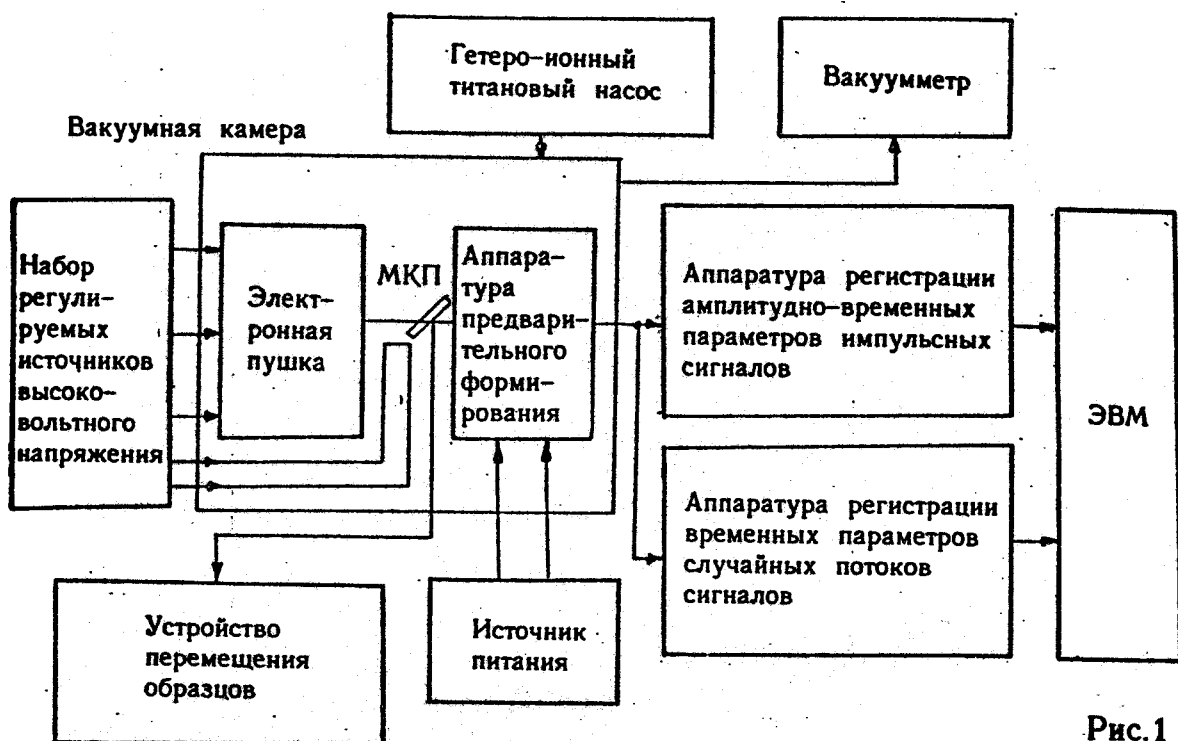


Рис. 1

значения [1-3] предполагает их предварительные исследования с целью получения достоверных данных об их основных технических характеристиках, выбора оптимальных режимов работы, прогнозирования надежности длительного функционирования этих детекторов, а также разработки технических требований к электронно-измерительной аппаратуре.

Для решения этих задач создана автоматизированная система комплексного исследования МКП-структур, состоящая из вакуумной камеры с устройством перемещения образцов, регулируемого источника заряженных частиц, аппаратуры предварительного формирования и преобразования выходных сигналов МКП, а также средств регистрации и анализа преобразованных статистических амплитудных и временных характеристик выходных импульсов ВЭУ (рис.1).

Средства регистрации статистических характеристик сигналов МКП выполнены в виде двух автономных универсальных измерительных систем [4, 5]: анализа амплитуд и длительностей выходных импульсов; анализа временных интервалов между импульсами. Согласованное взаимодействие этих систем обеспечивается общей управляющей ЭВМ ("Электроника-МС 0507").

Первая измерительная система позволяет регистрировать и анализировать по восьми каналам статистически распределенные

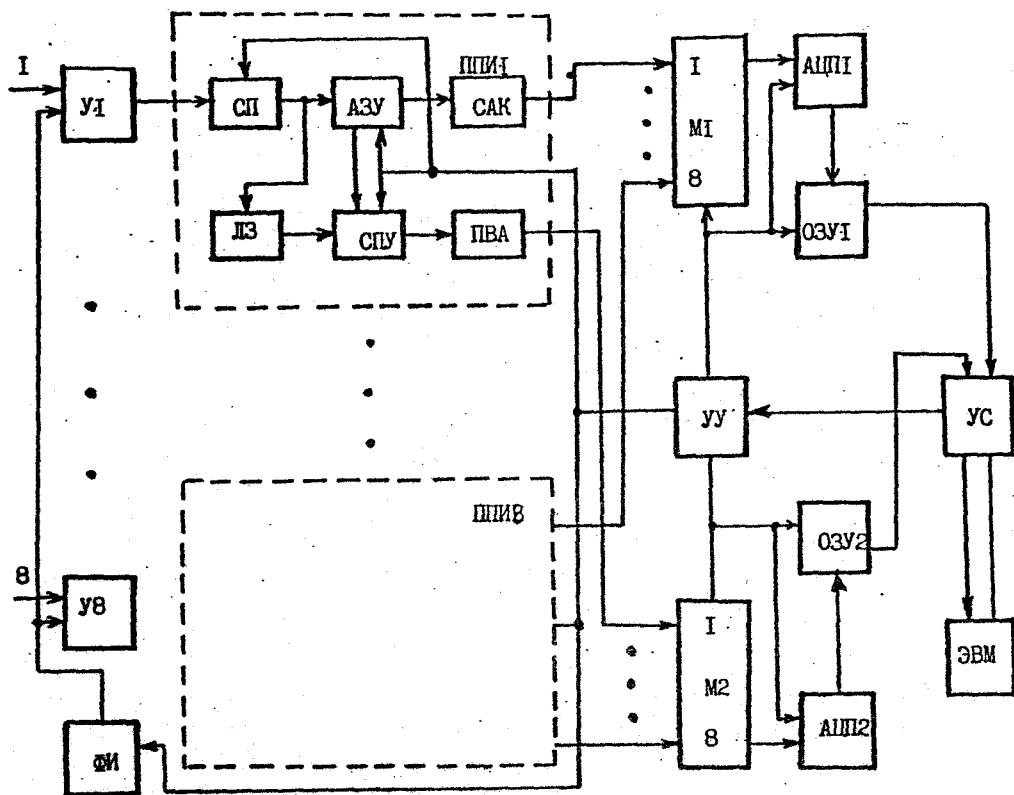


Рис.2

амплитуды и длительности на заданном уровне слабых сигналов наносекундной длительности в регулярных и случайных потоках. Динамический диапазон изменения амплитуды регистрируемых сигналов составляет 50 мВ – 5 В (40 дБ) и может быть расширен до 50 В (60 дБ) за счет изменения коэффициента усиления входных усилителей сигналов. Временной диапазон лежит в пределах  $(2-30) \cdot 10^{-9}$  с. Если суммарная интенсивность регистрируемого сигнала по всем восьми каналам не превышает  $5 \cdot 10^5$  имп/с, возможные потери при регистрации составляют не более 0,3%. При больших интенсивностях система работает в режиме прореживания, блокируясь по входу таким образом, чтобы общая частота регистрации не превышала 0,5 МГц. Результаты измерений могут выводиться в виде гистограмм распределений и основных статистических характеристик (средних значений, среднеквадратических отклонений, доверительных границ и т.д.) на внешние устройства управляющей ЭВМ.

Структурная схема информационно-измерительной системы (ИИС) регистрации и анализа амплитудных характеристик выходных импульсов приведена на рис.2.

В состав ИИС входят: входные усилители сигналов У1-У8; преобразователи параметров импульсов ППИ1-ППИ8; аналоговые мультиплексоры М1, М2; быстрые 8-разрядные аналого-цифровые преобразователи АЦП1, АЦП2 на микросхемах 1107ПВ2; буферные оперативные запоминающие устройства ОЗУ1 и ОЗУ2 емкостью 4К. 13-разрядных слов; формирователь импульсов ФИ эталонной амплитуды; устройства управления УУ и сопряжения УС системы с ЭВМ, осуществляющей накопление, обработку и отображение результатов измерений. ППИ1-ППИ8 являются основными трансформирующими устройствами ИИС и содержат: схему пропускания СП импульсов на вход измерительного контура, диодно-емкостное аналоговое запоминающее устройство АЗУ амплитуды входного сигнала; следящее пороговое устройство СПУ с коаксиальной линией задержки ЛЗ на входе; преобразователь время-амплитуда ПВА; схему аналоговой коррекции САК зафиксированного в АЗУ значения амплитуды входного сигнала по результату измерения его длительности. ИИС оснащена контуром аналого-цифровой стабилизации параметров преобразующих трактов, в ней предусмотрена алгоритмическая коррекция систематических составляющих погрешности измерений.

Экспериментальные исследования ИИС показали, что максимальная основная приведенная погрешность амплитудных измерений не превосходит величины  $\pm 3,5\%$ , временных  $\pm 5,5\%$ , температурные нестабильности суммарных погрешностей составляют соответственно 0,04 и 0,08% /°C.

Система регистрации временных (СРВ) параметров случайных потоков сигналов предназначена для измерения интегральной интенсивности потока, а также статистических распределений длительности интервалов времени между отдельными импульсами [6]. Диапазон измерений составляет 20 нс - 0,1 мс, перестраиваемое временное разрешение от 20 нс до 10,24 мкс. Результаты измерений выводятся так же, как и в предыдущем случае, на управляющую ЭВМ.

В состав системы СРВ, структурная схема которой показана на рис.3, входят схема временной привязки СВП, селектор-распределитель импульсов СР, схема задания временного диапазона СЗВД, времязадающий генератор ВЗГ, схема задания шага квантования СЗШК, измеритель интервалов времени прямого счетно-импульсного типа ИВИ и интенсиметр И.

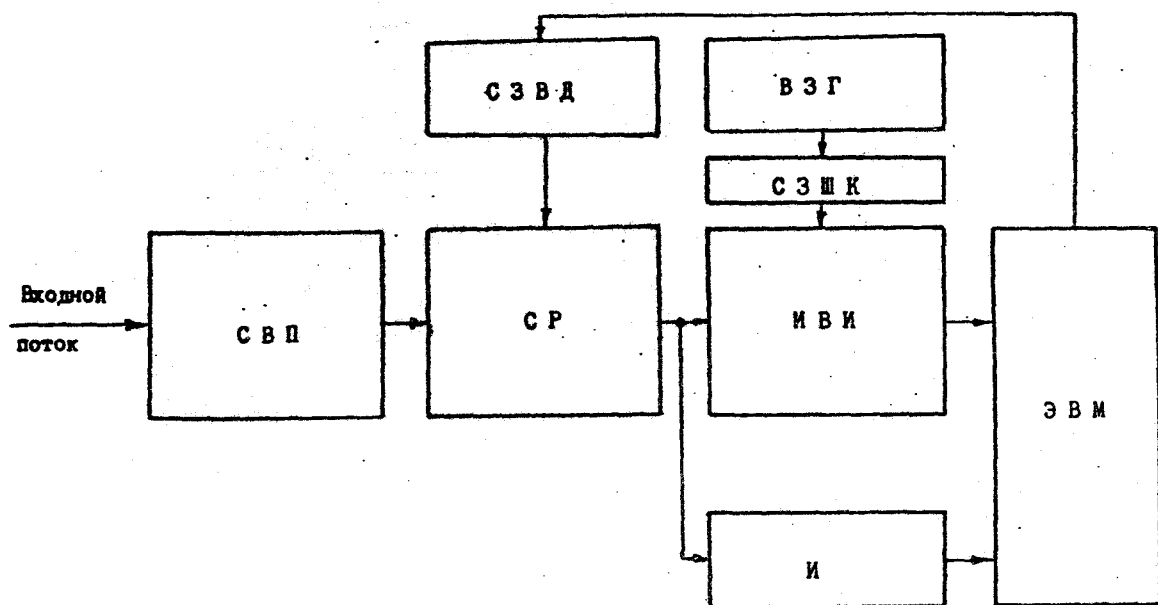


Рис.3

Программное обеспечение рассматриваемых систем регистрации и анализа выходных сигналов МКП, обеспечивает в соответствии с разработанными методиками проведения экспериментов и обработки их результатов получение оценок коэффициентов усиления, временного и амплитудного разрешения исследуемых детекторов и их мертвого времени, а также регистрацию зависимостей этих параметров от времени и условий эксплуатации.

В качестве примера на рис.4-7 показаны результаты измерения амплитудных распределений импульсов с выхода МКП и распределений их длительностей. Видно, что с ростом интенсивности входного потока сигналов повышается интенсивность выходного потока (скорость счета), но одновременно уменьшается амплитуда этого сигнала. Длительность импульсов от 2 до 4 нс.

Данные о параметрах случайного потока электронов на выходе МКП могут быть получены только в результате трудоемких экспериментальных исследований. Поэтому для обеспечения надежного согласования чувствительного элемента с регистрирующей электронной аппаратурой, а также для более полного понимания результатов измерений была разработана и программно реализована имитационная модель функционирования МКП, позволяющая воспроизводить процессы, протекающие в одном канале МКП после попадания в него электрона.

Такая модель описывает попадание электрона на вход МКП, образование вторичных электронов, движение вторичных



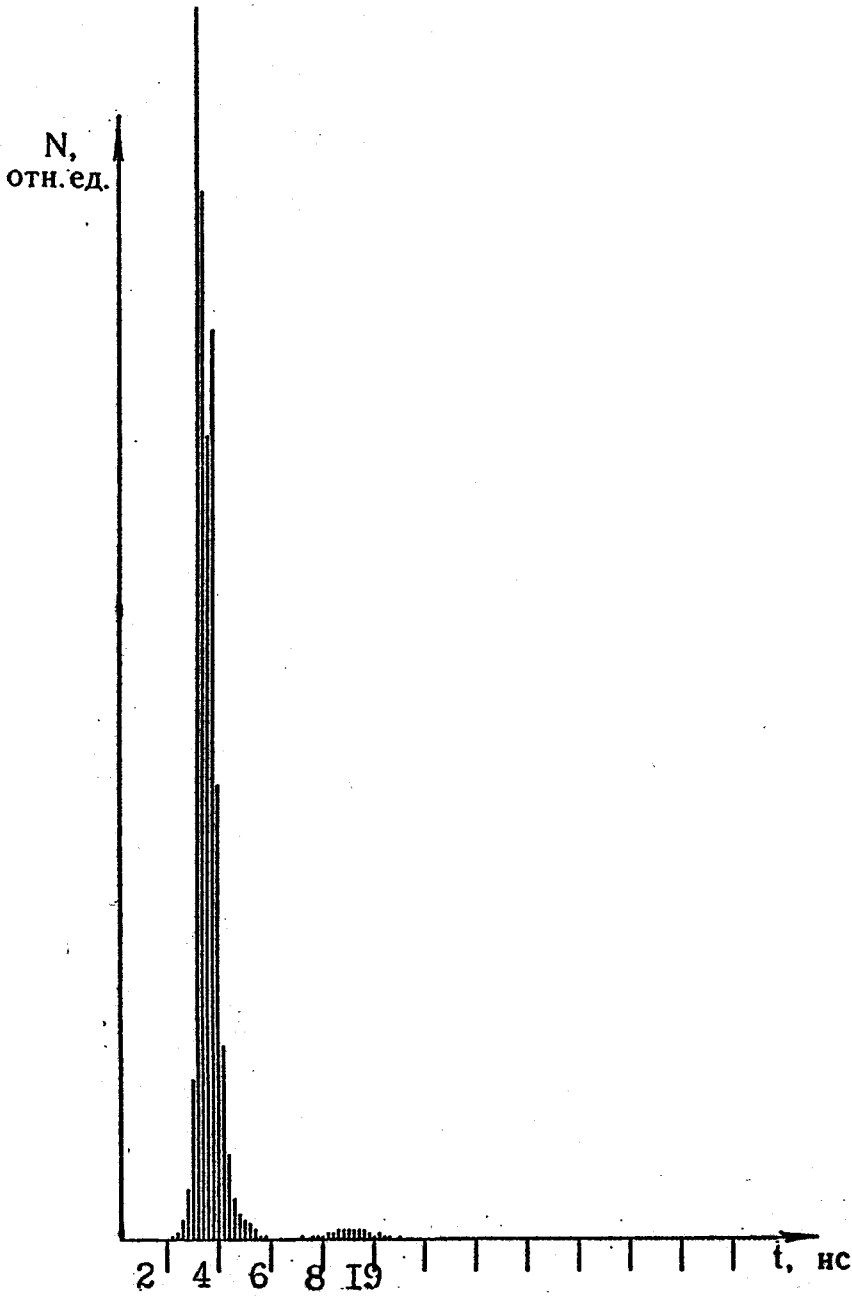


Рис. 4

электронов в ускоряющем поле, формирование выходного сигнала и пр. Созданная имитационная модель дает возможность получать форму выходного сигнала, амплитудное, энергетическое и угловое распределения потока электронов, характеризующих выходной сигнал детектора. Основными параметрами, которые можно изменять в процессе моделирования, являются напряжение на пластине, размеры канала, энергия и угол падения влетающего электрона, характер вторичной эмиссии: коэффициент умножения,

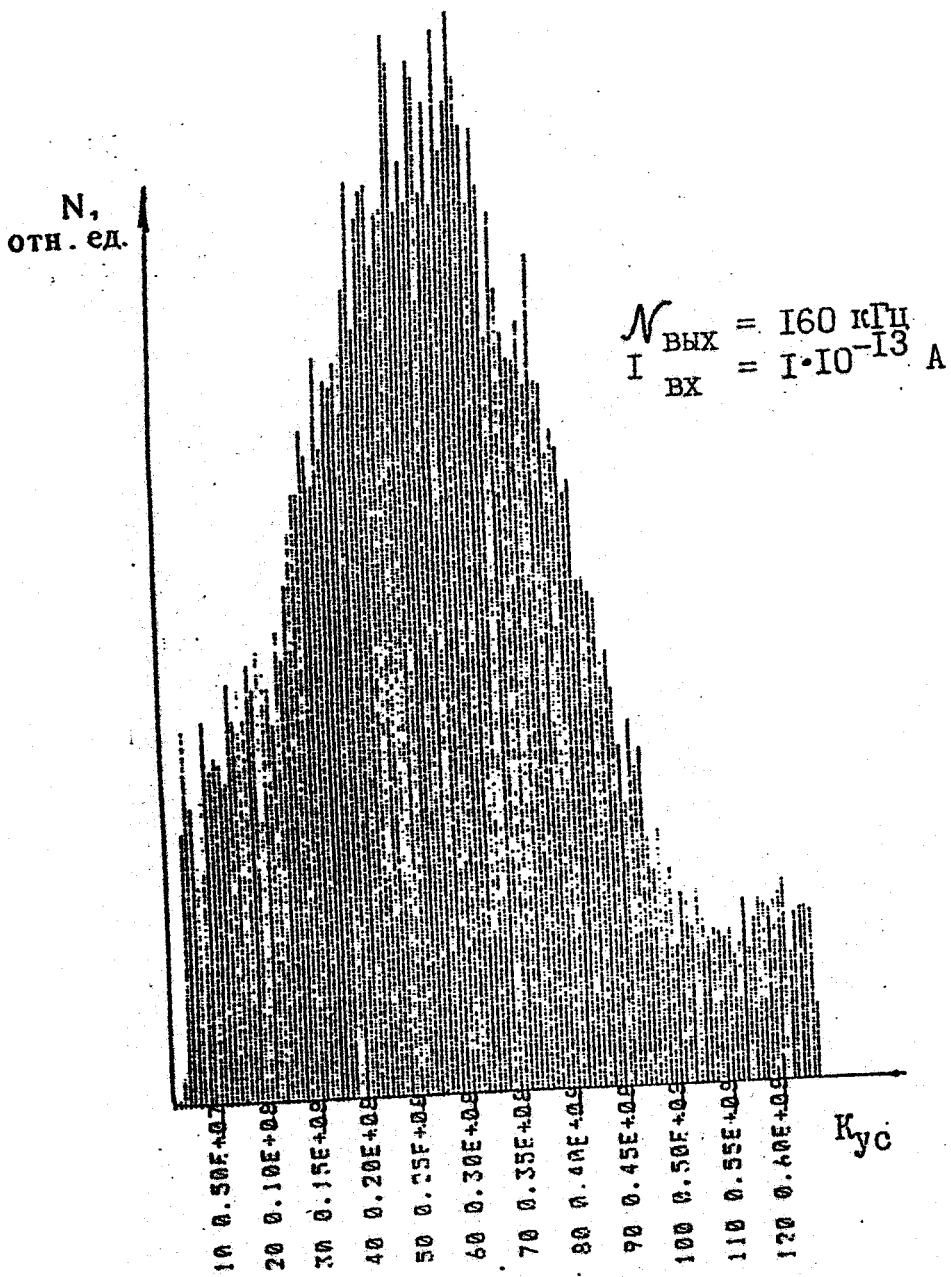


Рис.5

законы распределения числа выбиваемых электронов, их энергий и углов вылета.

На разработанной модели был проведен ряд статистических экспериментов по исследованию влияния различных параметров МКП на характеристики выходного сигнала. Проведенное сравнение результатов измерений и модельных представлений показало их хорошее совпадение в характере и динамике как амплитудных, так и угловых распределений выходных сигналов.

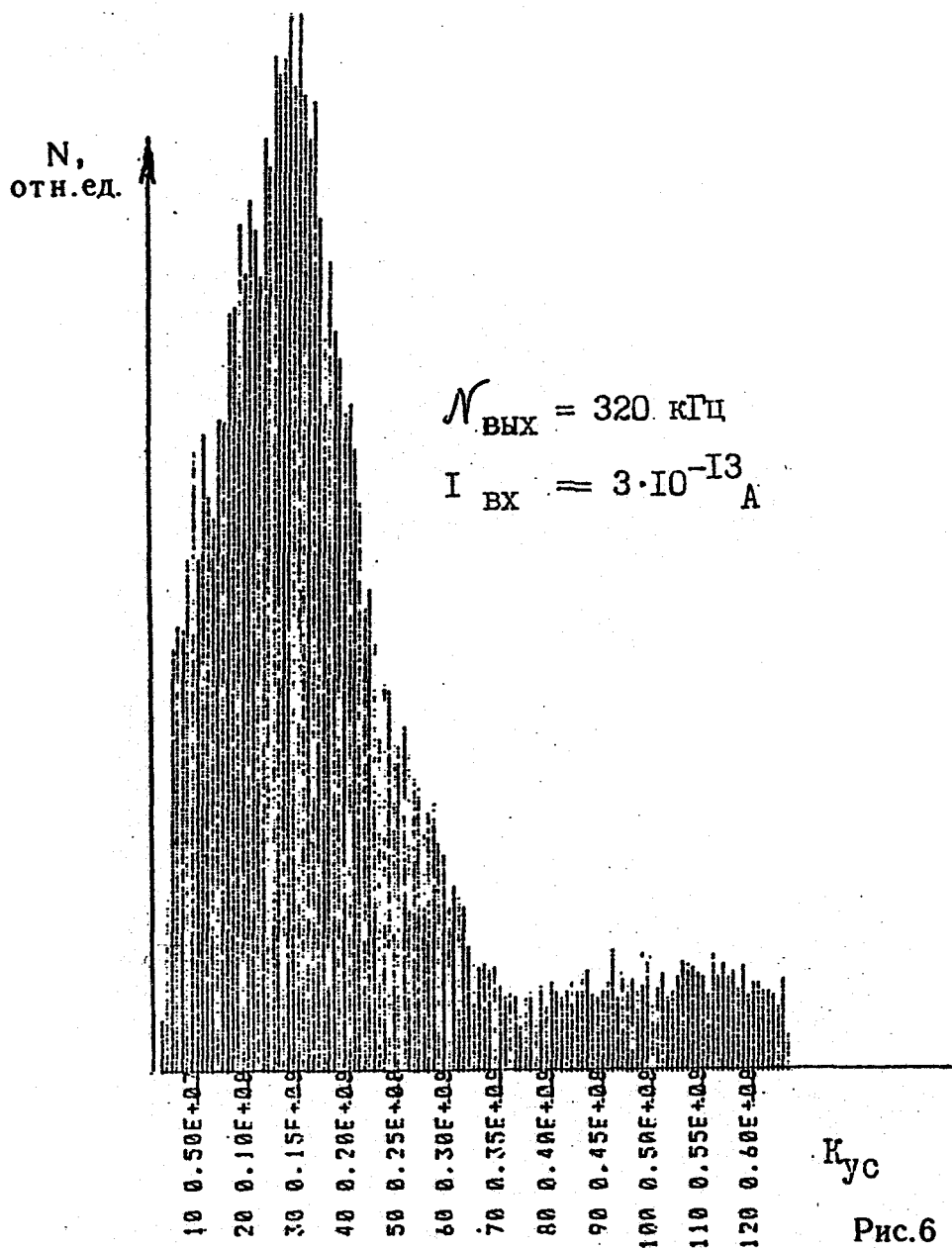


Рис.6

Согласно модельным представлениям, амплитудные и угловые распределения электронов расширяются по мере увеличения напряжения на МКП; максимум углового распределения смещается в сторону больших углов. При этом изменяется и энергетическое распределение электронов, которое характеризуется увеличением дисперсии при практически стабильном положении максимума плотности распределения в области 20 эВ.

В качестве иллюстрации на рис.8 и 9 показаны соответственно расчетные энергетическое и угловое распределения вылетающих электронов при трех значениях напряжения на МКП (длина канала 1 мм и диаметр - 25 мкм).

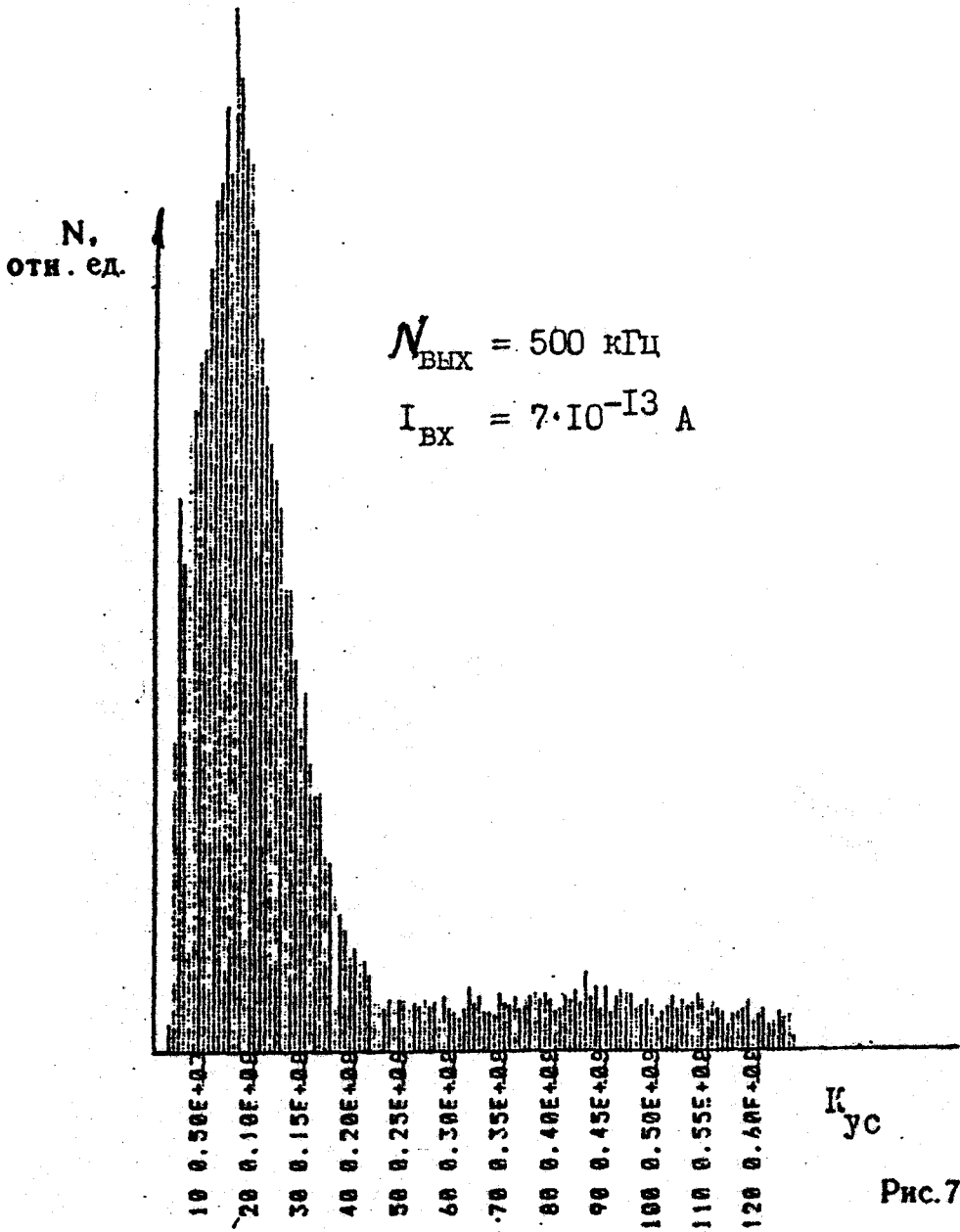


Рис.7

Из результатов моделирования, показанных на рис.8, следует, что максимум энергии вылетающих электронов наблюдается в диапазоне от 20 до 30 эВ, что хорошо согласуется с экспериментальными данными, приведенными в [7].

Характер изменения углового распределения (рис.9) можно объяснить тем, что с возрастанием напряжения на пластине растет число электронов, вылетающих из области, непосредственно прилегающей к выходу канала.

Итак, разработан комплекс методических исследований и аппаратуры, позволяющий надежно регистрировать и исследовать

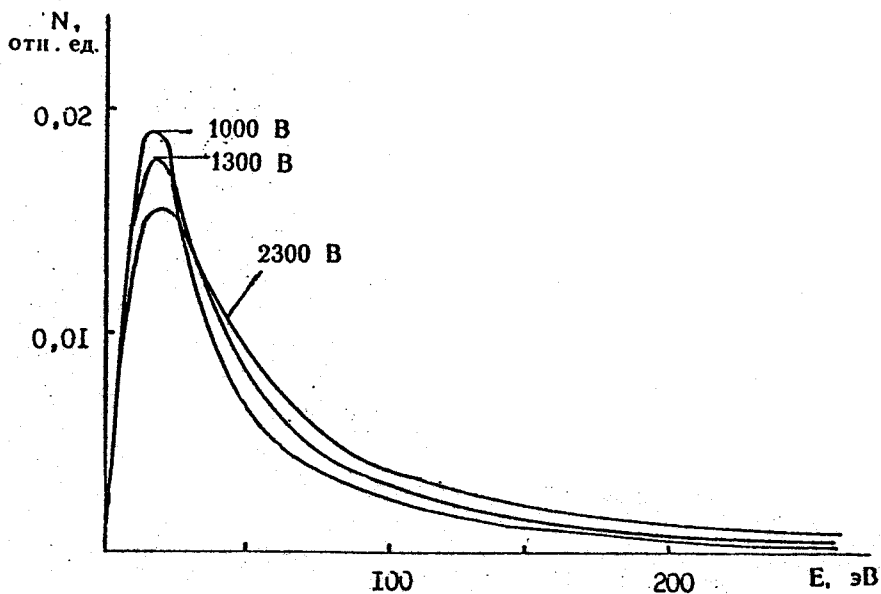


Рис.8

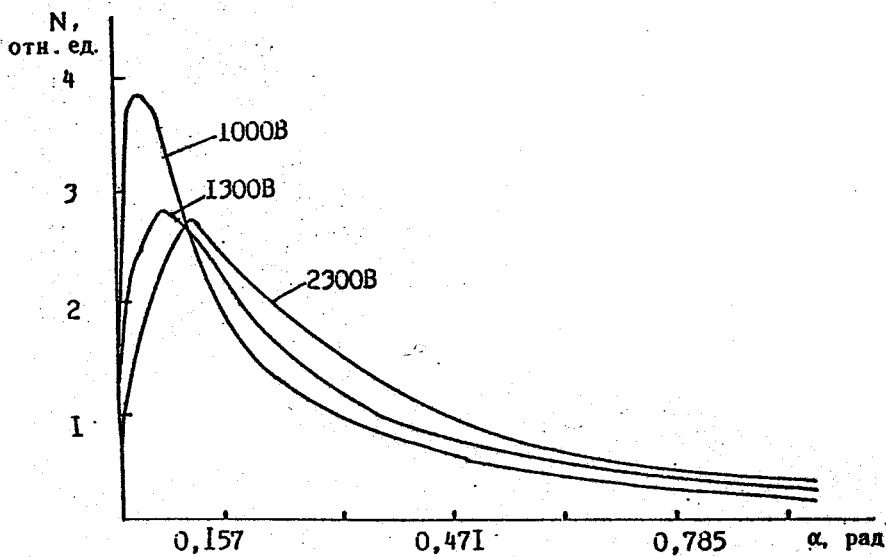


Рис.9

выходные характеристики сигналов МКП. Сочетание экспериментальных данных и модельных представлений позволяет более полно представить физические особенности работы МКП и более четко разделить влияние самой МКП и тракта регистрации на получаемый выходной сигнал, т.е. существенно повысить достоверность регистрации и анализа.

Л и т е р а т у р а

1. Volkov G.I. et al. Wide-angle electron detector. Space Sci. Instrum., 1978, v.4, p.189-199.
2. Gringauz K.I. et al. Natural precipitation of electrons and effect observed during the operation of the electron gun during the Araks experiments.//Ann. de Geophys.,1980, v.36, p.363-370.
3. Shutte N.M. et al. Observation of electron and ion fluxes in the vicinity of Mars with the HARP spectrometer.//Nature, 1989, N.6243, p.614-616.
4. Зенькович А.Г., Новиков Е.В., Пажитных П.В. и др. Многоканальная система измерения параметров сигналов наносекундной длительности// Высокоскоростная фотография, фотоника и метрология быстропротекающих процессов. Тез.докл. 13-й все-союзн.науч.-техн.конф. - М.: 1987, с.147.
5. Апанасович В.В., Новиков Е.В., Новиков Е.Г., Степурко В.М. Измерительный комплекс для статистического анализа потоков сигналов на базе ДВК-2М// Разработка и внедрение в народное хозяйство персональных ЭВМ. Тез.докл. 1-й всесоюзн.школы-семинара. - Минск, 1988, с.151-153.
6. Данилевич В.А., Новиков Е.В. Многоstopовые системы статистического временного анализа случайных потоков сигналов// Приборы и техника эксперимента. - 1987, № 3, с.7-21.
7. Косида, Хособути. Энергетические спектры электронов, вылетающих из микроканальной пластины// Приборы для научных исследований. - 1985, № 7, с.23.