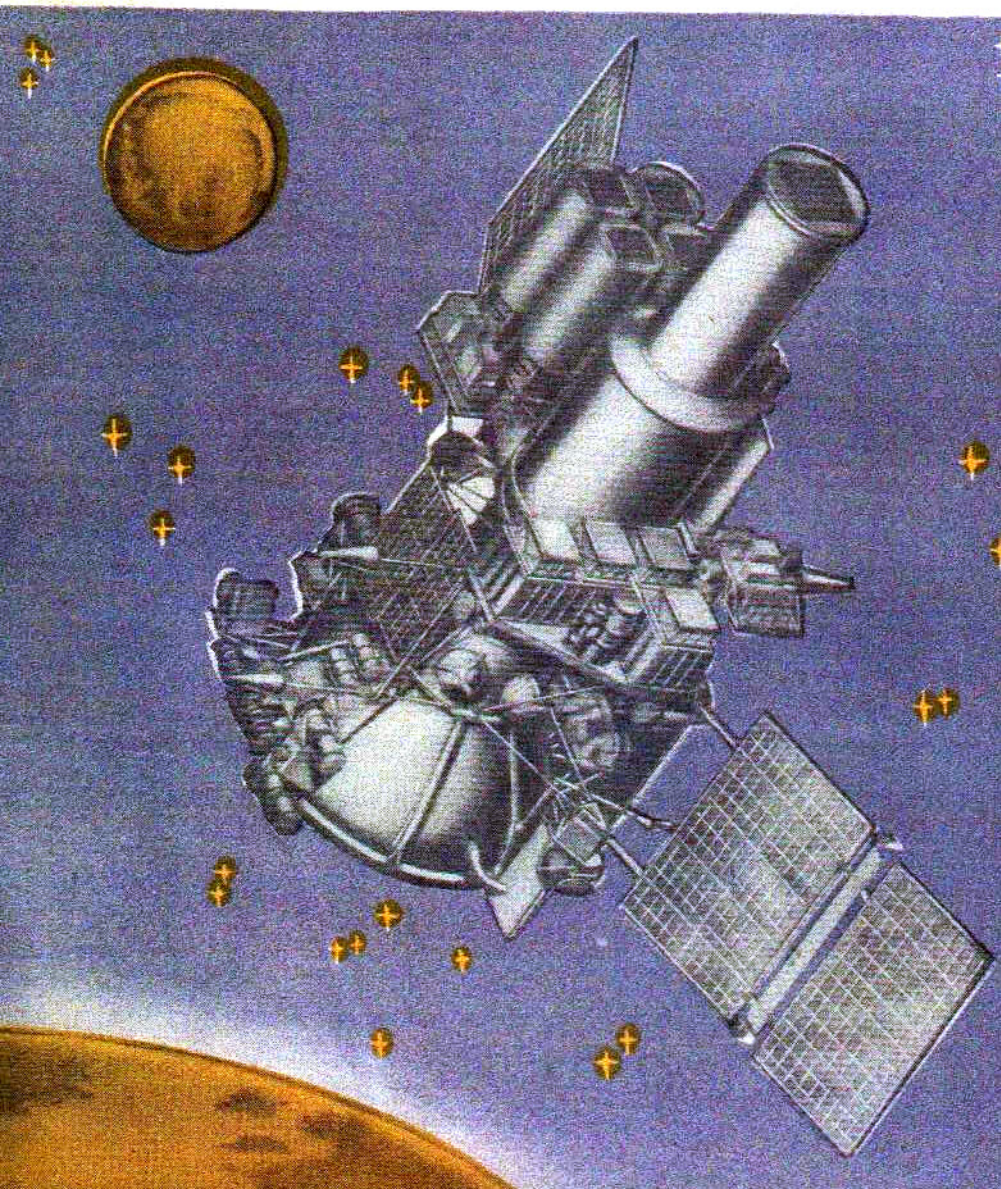


# АППАРАТУРА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



Аппаратура и методы исследования космического пространства. — М.: Наука, 1989. — 237 с.

ISBN 5-02-000040-X

В сборнике описана аппаратура для исследований в области физики космической плазмы, астрофизики высоких энергий, физики планет и планетных атмосфер. Научные приборы и комплексы, а также методы их разработки и испытания в наземных лабораториях и на специальных стендах были созданы в самое последнее время для крупнейших международных проектов, осуществляемых на космической станции "Фобос" и астрофизическом модуле "Рентген" выходящей станции "Мир", а также для планируемого в самое ближайшее время запуска астрофизической обсерватории "Гранат". Значительная часть из них создается или уже работает впервые. Эта аппаратура создавалась НИИ АН СССР совместно с другими институтами АН СССР и ведомственными организациями при участии разработчиков широкой международной кооперации.

Сборник обобщает богатый опыт научного космического приборостроения и рассчитан на научных и инженерно-технических работников специального и широкого профиля, а также студентов и аспирантов.

Instruments and methods for space studies. — М.: Nauka, 1989.

This book describes the instrumentation for studying space plasma physics, astrophysics of high energies, physics of planets and planetary atmospheres. Scientific instruments and systems as well as methods for their development and testing in ground-based laboratories with specially designed stands have been engineered in the last few years for the largest International Projects: the PHOBOS space station, the RENTGEN astrophysical module on the MIR station, and the GRANAT astrophysical observatory planned to be launched in the immediate future. A major part of these instruments are now in the making or the operation for the first time. The Space Research Institute, USSR Academy of Sciences has generated the instrumentation in collaboration with other institutes of the USSR Academy of Sciences and state agencies with the participation of specialists from the countries involved in the wide international cooperation.

The book generalizes a wealth of experience in space instrument engineering; and scientists, engineers, research fellows and students will find authoritative accounts in the chapters with which they are most closely concerned.

Редакционная коллегия:

*В.М. Балабанов (отв. редактор),  
Р.А. Сюняев, Т.К. Бреус, Э.В. Воронцова*

Рецензенты:

*доктор физико-математических наук Н.П. Демьякин,  
доктор физико-математических наук профессор А.М. Гальпер*

А  $\frac{3500000000-470}{055(02)-89}$  738-89, кн. 2

© Институт космических исследований АН СССР, 1989

ISBN 5-02-000040-X

3. *March E., Mühlhäuser K.H., Schwenn R. et al. Solar wind protons: Three-dimensional velocity distributions and derived plasma parameters measured between 0,3 and 1 A, U // J. Geophys. Res. 1982. Vol. 84. P. 52-72.*
4. *March E., Mühlhäuser K.H., Rosenbauer H. et al. Solar wind helium ions: observations of Helios Solar Probes between 0,3 and 1 A.U. 2 // Ibid. P. 35-51.*
5. *Wilken B. Identification techniques for nuclear particles on space plasma research and selected experimental results // Rep. Progr. Phys. 1984. Vol. 47. P. 767-853.*

УДК 523.62-726:520.662.07

*П. Курай<sup>1</sup>, Н. Шютте<sup>2</sup>, М. Веризин<sup>3</sup>, К. Грингауз<sup>2</sup>,  
Т. Гомбоши<sup>1</sup>, Т. Семереи<sup>1</sup>, И.Т. Сюч<sup>1</sup>, С. Шеронова<sup>2</sup>,  
А. Надь<sup>3</sup>, Т. Кравенс<sup>3</sup>, У. Шарп<sup>3</sup>*

**ЭКСПЕРИМЕНТ АЭГ-Д (комплекс ЭСТЕР)**

## **ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ ПО ЭНЕРГИЯМ И НАПРАВЛЕНИЯМ В ПРОЕКТЕ "ОБОС"**

### **1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА**

Низкоэнергичные заряженные частицы играют значительную роль в энергетическом балансе ионосфер и магнитосфер планет, определяют динамику плазменных процессов в солнечном ветре и межпланетной среде [1].

Измерения последних лет продемонстрировали существенную роль низкоэнергичных электронов и ионов в процессах ионизации, передачи энергии, а также в процессах взаимодействия волна-частица, развивающихся в ионосферно-магнитосферных системах планет. Однако до сих пор имеется много нерешенных проблем: так, в полной мере не известны источники ионизации и энергизации ночных ионосфер планет, влияние низкоэнергичных частиц на астрономические процессы. Нет пока ясности и в интерпретации данных измерений в марсианской ионосфере. Например, для объяснения наблюдавшихся в экспериментах [2, 3] значений электронной плотности, по-видимому, необходимо привлечь дополнительный источник ионизации. Кроме того, практически отсутствуют экспериментальные данные о характере взаимодействия солнечного ветра с марсианской ионосферой, так же как экспериментальные сведения об ионном составе и температуре заряженных частиц вблизи планеты.

Для понимания процессов притока и диссипации плазмы, ее энергизации и термализации чрезвычайно важно иметь полную информацию о функции распределения заряженных частиц по энергиям, так как механизмы энергообмена, взаимодействий волн с плазмой проявляются в тех или иных отклонениях функции распределения от максвелловской. Данные об анизотропии функции распределения в зависимости от энергии могут свидетельствовать о природе зарегистрированных частиц.

<sup>1</sup>ЦИФИ ВАН.

<sup>2</sup>ИКИ АН СССР.

<sup>3</sup>Мичиганский университет, США.

Для получения информации о параметрах околопланетной плазмы используются различные приборы. Сведения об интегральных энергетических распределениях получают при помощи ленгмюровских зондов и плоских анализаторов с тормозящим полем (потенциалом), а о дифференциальных распределениях — посредством различных электростатических анализаторов. Исторически приборы первых двух типов применяли для получения сведения о концентрации и температуре частиц, а вторые — для измерения спектра надтепловых электронов.

Заряд, приобретаемый космическим аппаратом в плазме, не позволяет получать с достаточной точностью данные о тепловой плазме при помощи обычных дифференциальных анализаторов. Поэтому весьма актуально, чтобы принцип действия приборов, применяемых для измерения параметров околопланетной плазмы, позволял принимать во внимание и потенциал космического аппарата.

Наличие вторичных электронов и фотоэлектронов в окрестности космического аппарата, как правило, ограничивает возможность надежной регистрации низкоэнергичных ионов и электронов окружающей плазмы. В связи с этим желательно, чтобы рабочие параметры прибора можно было варьировать в зависимости от внешних условий.

## 2. ОПИСАНИЕ ПРИБОРА, МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ

Прибор АЭГ-Ф-Д предназначен для измерения функций распределения электронов и ионов по энергиям и направлениям в солнечном ветре и вблизи планеты Марс, исследования механизмов распространения и ускорения низкоэнергичных частиц в ионосфере планеты и переходной области. Он представляет собой дифференциальный, бессточный электростатический анализатор. Принцип действия такого анализатора в упрощенном виде показан на схеме рис. 1. Прибор состоит из трех осесимметричных электродов. Все они имеют форму гиперболоидов вращения с общей осью, проходящей через вершины концевых электродов. На электроды подаются такие потенциалы, что в пространстве между ними создается осесимметричное поле с распределением потенциалов  $\phi(\rho, Z)$ , обеспечивающее селекцию заряженных частиц: при фиксированных потенциалах на электродах пропускаются частицы с соответствующими начальными значениями энергий, положения и направления, остальные не подходят.

Поле в цилиндрической системе координат дается выражением [4]

$$\phi(\rho, Z) = (\Phi_C - \Phi_B) \left| \frac{\rho_C^2 + 2z^2 - \rho^2}{\rho_C^2 + 2z_0^2} \right| + \phi,$$

где  $\Phi_B$  — потенциал центрального электрода, форма которого определяется уравнением

$$\rho = (2z^2 + \rho_C^2)^{1/2},$$

$\Phi_C$  — потенциал концевых электродов, форма которых описывается уравнением

$$z_C = \pm(z_0^2 + \rho^2/2)^{1/2},$$

где  $\rho_0$  — расстояние от центра полости до экватора среднего гиперболического

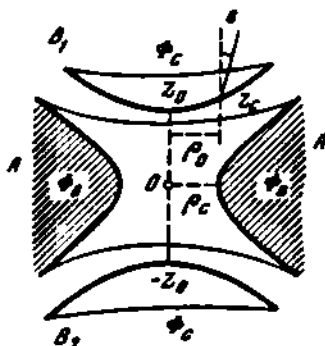
ского электрода,  $z_0$  — расстояние по оси от центра полости до вершины концевых электродов.

Применение анализатора АЭГ-Ф-Д для регистрации частиц малых энергий имеет следующие преимущества:

1. Потенциал центрального электрода больше энергии регистрируемых электронов, тогда как в обычных дифференциальных анализаторах анализирующее напряжение значительно меньше энергии частиц. Следовательно, при регистрации малых энергий прибор оказывается менее чувствительным к стабильности и точности напряжения на электродах [5].

Рис. 1. Схематическое изображение бессточного анализатора, состоящего из трех осесимметричных гиперболических электродов

$\Phi_B$  — потенциал центрального гиперболического электрода А (на который подается анализирующее напряжение  $U_{АН}$ );  $\Phi_C$  — потенциалы входного и выходного гиперболических электродов В1 и В2;  $\rho, \epsilon$  и  $z_c$  — координаты входной частицы



2. Вблизи поверхности электродов проходит только незначительная часть траекторий частиц в отличие от обычных анализаторов, где частицы в течение всего времени пребывания в анализирующем поле находятся вблизи электродов. Поэтому влияние контактной разности потенциалов на траектории частиц уменьшено, что значительно повышает точность регистрации частиц с энергиями в области нескольких электрон-вольт.

3. При регистрации любого сорта частиц, положительных и отрицательных, работа прибора ведется в тормозящем и ускоряющем режимах. Если электроны отклоняются в режиме торможения, то положительные ионы отклоняются в режиме ускорения.

4. Геометрия прибора и распределение электрического поля в межэлектродном промежутке таковы, что выходной щели могут достигнуть только те частицы, которые после ускорения соответственно в такой же мере замедлились. Ускоренные частицы попасть в зону выходного отверстия не могут. Таким образом реализуется высокая селективность анализатора данного типа.

### 3. КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА И ЕГО ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Функционально прибор АЭГ-Ф-Д можно подразделить на две части: блоки датчиков (2 шт.), размещенные в цилиндрических частях корпуса прибора, продольные оси которых расположены под углом  $90^\circ$  друг к другу, и блок электроники, размещенный в его основании (рис. 2).

Блоки датчиков прибора представляют собой идентичные гиперболические анализаторы, чувствительные элементы которых имеют сложный

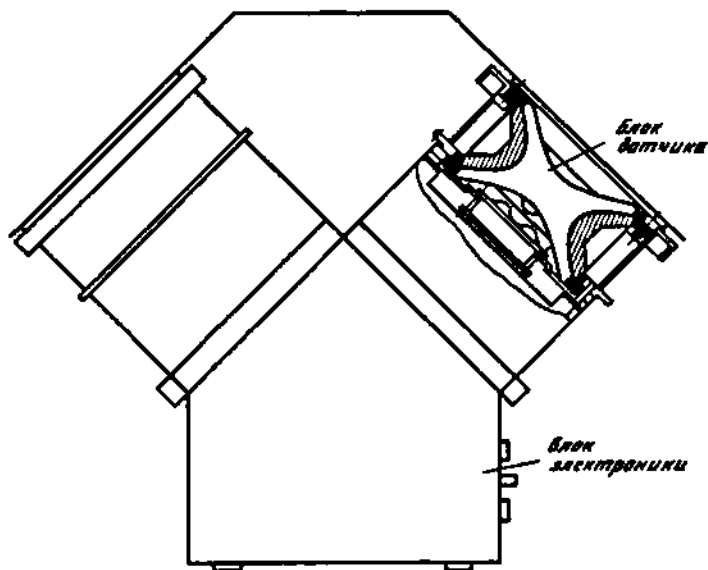


Рис. 2. Конструкция прибора. Два датчика размещены в цилиндрических частях корпуса прибора, блок электроники — в его основании

секционный анод. Благодаря этому каждый анализатор позволяет выделить потоки частиц, приходящие из различных направлений.

На центральный электрод (А) относительно входного и выходного электродов (В1 и В2) (см. рис. 1) подается анализирующее напряжение  $U_{АН}$  (отрицательное или положительное в зависимости от знака регистрируемых частиц). Частицы фокусируются на выходе анализирующего устройства.

Регистрация частиц осуществляется посредством вторичного электронного умножителя на основе микроканальных пластин (МКП) типа ВЭУ-7-3 с несколькими независимыми анодами.

Прибор сконструирован так, что при угле зрения  $90^\circ$  частицы из разных телесных секторов проходят через входное отверстие и по выходе из поля линз и серии диафрагм попадают на вход микроканальной пластины в различных зонах, где регистрируются посредством секционного анода. Для каждого фиксированного напряжения  $U_{АН}$  угловое разрешение в пределах телесного угла  $22,5^\circ$ , которое определяется размерами и конфигурацией отверстий во входном и выходном электродах В1 и В2, составляет  $\approx 12^\circ$ .

Анализирующее напряжение (в диапазоне от 0,5 до 1200 В), значения которого передаются двумя байтами, изменяется степенями, начальное значение и длительность могут изменяться в зависимости от режима работы прибора, информативности ТМ системы и задач эксперимента как по программе, так и по команде с Земли.

Напряжение на входном электроде изменяется степенями. Начальное значение и шаг изменения также могут изменяться программно или по команде с Земли.

Основные параметры прибора приведены ниже.

Масса	3,5 кг
Габариты	410x25x290 мм
Потребление:	
максимальное	5,0 Вт
минимальное	1,0 Вт
Объем телеметрической информации	
по трассе	(2-6 бл) x 960 бит/20 мин
на припланетной орбите	(4-6 бл) x 960 бит/1 мин
Измеряемые частоты	Электронды и ионы
Уровень фона	1-2 импульс/с
Диапазон энергий	0,2-800 эВ
Разрешение по энергии	10-25%
Угловое разрешение	22,5°
Динамический диапазон	$6,5 \cdot 10^4$
Длительность измерительного цикла	0,75 с - 1,2 мин
Временное разрешение	10 нс

Блок-схема прибора приведена на рис. 3. Для обеспечения одновременной и независимой работы двух датчиков большинство функциональных элементов прибора дублировано.

Прибор включает следующие функциональные блоки:

цифроаналоговый преобразователь напряжения на входном электроде (ЦАП-НВЭ),

источник напряжения на входном электроде (НВЭ),

цифроаналоговый преобразователь анализирующих напряжений (ЦАП-АН),

высоковольтное устройство анализирующих напряжений  $\pm 1000$ В (ВВУ-АН),

высоковольтное устройство для ускорения частиц на входе МКП  $\pm 1000$ В (ВВУ-УН),

высоковольтное устройство питания МКП 2200-3500 В (ВВУ-ВКП),

зарядочувствительные усилители (ЗЧУ),

пересчетное устройство на 16 бит для регистрации сигналов зарядочувствительных усилителей (ПУ),

устройство контроля зарядочувствительных усилителей (УКУ),

калибровочные электронные источники для проверки чувствительности МКП (КЭИ),

таймер (Т), определяющий временной режим работы пересчетных устройств,

нагреватель (Н) для обеспечения подогрева прибора.

На зарядочувствительные усилители (ЗЧУ) через высоковольтные разделительные конденсаторы подаются импульсы длительностью несколько наносекунд с коллекторов МКП. Характеристики преусилителя-дискриминатора: чувствительность  $10^{-14}$  Кл, максимальная скорость счета  $10^6$  Гц. Импульсы на выходе дискриминатора имеют следующие параметры: время нарастания 25 нс, время спада 90-220 нс, полная длительность импульса 260-310 нс.

После усилителей-дискриминаторов импульсы поступают на пересчетное устройство ПУ.

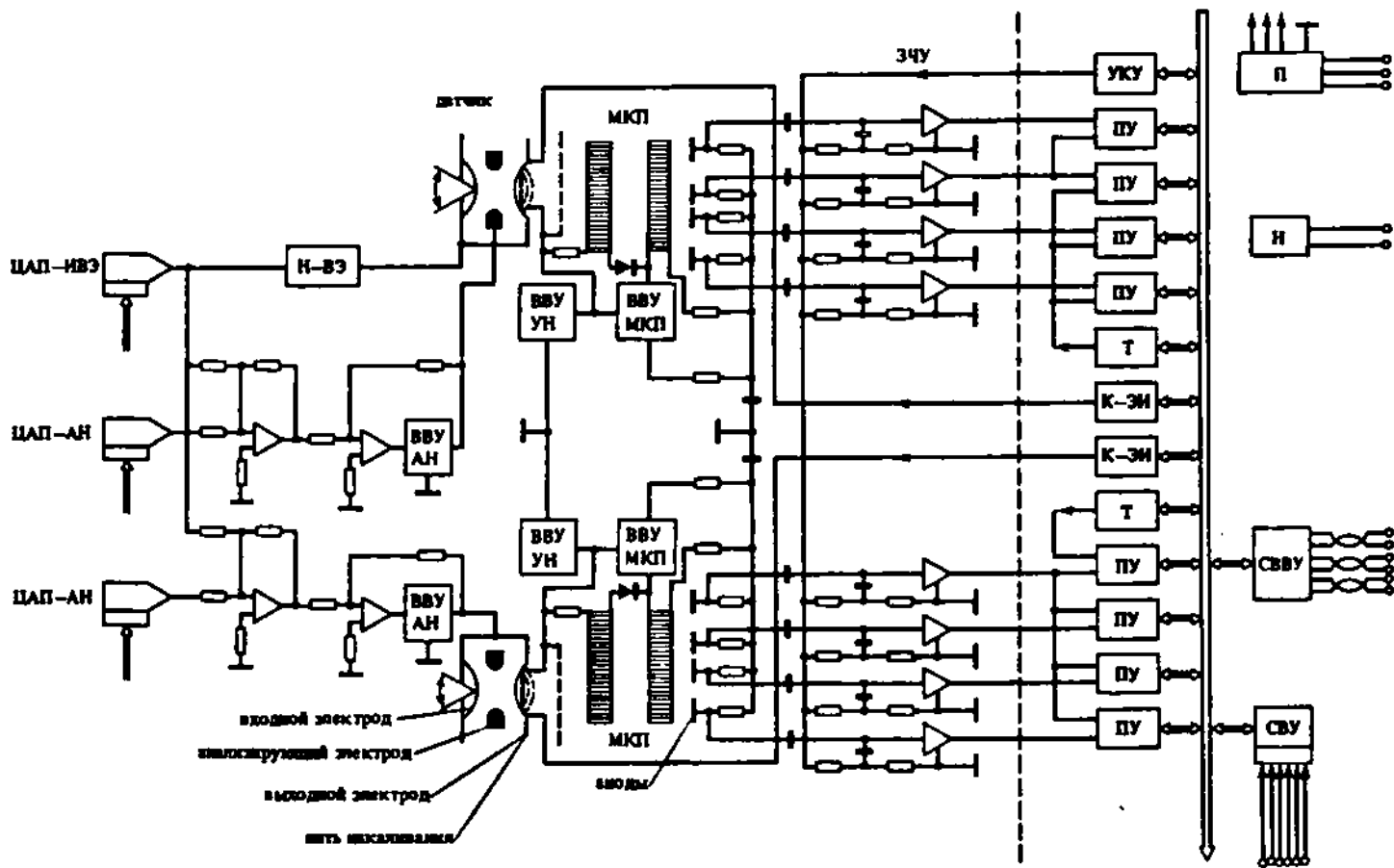


Рис. 3. Блок-схема прибора



Высоковольтный источник ВВУ-МКП обеспечивает питание МКП (ВЭУ-7).  
Высоковольтный источник ВВУ-УН постоянного напряжения предназначен для ускорения электронов между выходом анализирующего устройства и входом МКП.

Источник напряжения ВВУ-АН представляет собой источник анализирующих напряжений, изменяющихся от 0,5 эВ до 1200 В и подающихся на гиперболические линзы.

Источник напряжения НВЭ предназначен для получения ступенчатого напряжения, подающегося на входной электрод датчика.

Кроме того, прибор содержит тестовый генератор, который выдает частоты, необходимые для получения различных опорных напряжений, импульсы для калибровки предусилителей; элементы (СВВУ), которые превращают параллельный код в последовательный и обратно, осуществляют связь БЭВ (ДПУ-Б) с АЭГ-Ф-Д (НАРР).

#### 4. РЕЖИМ РАБОТЫ ПРИБОРА

Функционально предусмотрены три режима работы прибора: ПОИСК, ИЗМЕРЕНИЕ, КАЛИБРОВКА. Режим работы ПОИСК обеспечивает измерение электронов и ионов малых энергий в ионосфере Марса. Режим ПОИСК позволяет изменять ступенчато потенциал входного электрода по отношению к потенциалу окружающей плазмы и, таким образом, регулировать потенциал входа, что, в свою очередь, позволит измерять спектры электронов и ионов малых энергий.

Режим КАЛИБРОВКА осуществляется по команде с Земли в зависимости от условий эксперимента и необходимости, позволяя контролировать служебные данные и проверять чувствительность зарядочувствительных усилителей, а также работоспособность и чувствительность пластин.

В режиме ИЗМЕРЕНИЙ при фиксированном напряжении на входном электроде периодически изменяется полярность и номинальные значения анализирующего напряжения на центральном электроде.

Чтобы расширить возможности вариаций закона изменений анализирующего напряжения (на центральном электроде), весь диапазон напряжений разбит на три диапазона (№ 1, 2, 3), для каждого из которых можно выбрать свой шаг измерения напряжения и число энергетических ступеней.

Режимы работы прибора предусматривают возможность измерений либо только электронов, либо только ионов, либо ионов и электронов последовательными циклами. Длительность цикла составляет 0,75–82 с. При этом закон изменения анализирующих напряжений при регистрации ионов и электронов может быть одинаков ("симметричный") и неодинаков ("асимметричный"). Соответственно число энергетических уровней, их длительность и закон изменения могут меняться. А именно диапазон изменения анализирующих напряжений разбивается на три части, в пределах которых по определенному закону можно менять "шаг" энергетических ступеней, их длительность (0,01–1 с) и число (25–75).

Частота повторения полного цикла измерений составляет 1,20,20Х3, в последнем случае диапазон изменения энергетических ступеней последователь-

но разбивается на три части (по 25 ступеней), периодичность которых составляет 20 мин, и весь диапазон измеряется за 60 мин.

В целом в приборе БЗ-Э содержится шесть различных программ функционирования прибора АЭГ-Ф-Д (режимов работы прибора), каждая из которых может быть выбрана или изменена по команде с Земли. Программы функционирования прибора составлялись исходя из наиболее вероятных значений измеряемых параметров заряженных частиц: состава, концентрации и энергии.

Первый режим работы прибора — режим "Трасса 1". Измеряются только электроны с энергиями 0,2–800 эВ. Ионы не измеряются. Число энергетических ступеней 25. Время экспозиции — 1 с.

Второй режим работы предназначен также для измерений электронов на трассе — "Трасса 2". Диапазон энергий 0,2–800 эВ. Ионы не измеряются. Число ступеней 75. Время экспозиции 1 с.

Третий режим работы предназначен для 1-й переходной орбиты вокруг Марса (4200 км, 79 000 км — 3 сут — режим "Марс-1"). Измеряются электроны и ионы. Число энергетических ступеней 25. Время экспозиции 200 мс.

Четвертый режим работы предназначен для 2-переходной орбиты вокруг Марса (9700 км, 7900 км, 3 сут — "Марс-2"). Измеряются только электроны. Число ступеней 25 (обеспечивается измерение электронов с высоким пространственным разрешением, по три спектра в минуту). Время экспозиции 500 мс.

Пятый режим работы (режим "Марс-3") предназначен для круговой орбиты вокруг Марса. Измеряются ионы и электроны. Число ступеней 75. Время экспозиции 500 мс. Режим ПОИСК — по команде с Земли.

Шестой режим работы предназначен для синхронной орбиты вокруг Марса (сближение с Фобосом — режим "Марс-4"). Измеряются электроны и ионы. Число ступеней 75. Время экспозиции 200 мс.

Информативность. Результаты измерительных циклов следуют с частотой 20 мин (в режиме "Трасса") и с частотой 1 мин (вблизи планеты и периодически в режиме "Трасса"). Характер измерительного цикла и его длительность могут изменяться в зависимости от условий работы и объема ТМ информации.

Каждый измерительный цикл описывается 16-битовыми словами (выходная информация 8 пересчетных устройств ПУ: для каждого значения анализирующего напряжения регистрируются потоки заряженных частиц из восьми угловых интервалов), т.е. для передачи полного объема информации прибора АЭГ-Ф-Д требуется максимум 600 байт и 120 байт — для передачи служебной информации. В блоке БЗ-В переданные в последовательном коде 16 битовые сигналы ПУ сжимаются до 8 бит (4 бита — мантисса, 2 бита — характеристика). В зависимости от режима работы АЭГ-Ф-Д объем информации может быть представлен 8X25, 8X75 или 8X50 байтами.

В соответствии с программой работы в полете для передачи информации прибора АЭГ-Ф-Д используется различное количество блоков ТМ информации: 6 блоков (720 байт), 4 блока (480 байт) или 2 блока (240 байт).

В медленном режиме вывод информации каждые 20 мин, в быстром режиме каждую 20-ю минуту или вывод информации в течение 19 мин в каждом 20-минутном цикле.

5. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ  
РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИБОРОМ АЭГ-Ф-Д

Число частиц ( $E$ ), зарегистрированных анодами прибора, задается выражением [6]

$$N(E) = \int \epsilon(E) F(E) A \Omega T(E) dE,$$

где  $F(E)$  — поток электронов на входной щели в  $\text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1} \cdot \text{эВ}^{-1}$ ,  $A$  — площадь входного отверстия,  $\Omega$  — телесный угол входного отверстия,  $T(E)$  — пропускание прибора, зависящее от энергии,  $\epsilon(E)$  — эффективность МКП (микроканальной пластины).

Для АЭГ-Ф-Д

$$\int \epsilon(E) T(E) dE = C E_B T_{EB} \epsilon_{EB},$$

где  $C = \Delta E/E$ ,  $T_{EB}$  и  $\epsilon_{EB}$  — параметры пропускания и эффективности, зависящие от  $E_B$ <sup>1</sup>. Усредненный поток частиц для данного значения  $E_B$  определяется так:

$$\bar{F}(E_B) = \frac{\int \epsilon_{EB}(E) F(E) T(E) dE}{\int \epsilon_{EB}(E) T(E) dE}.$$

Тогда выражение для  $N(E)$  будет иметь следующий вид:

$$N(E) = C A \Omega T E_B \epsilon_{EB} \bar{F}(E_B).$$

Выходной сигнал  $R$  прибора за время экспозиции  $\tau$  равен произведению  $\tau$  на  $N(E)$ .

Таким образом,

$$\bar{F}(E_B) \approx \frac{R}{\tau C A \Omega T E_B \epsilon_{EB}}.$$

Результаты калибровки. Некоторые данные о результатах калибровки проиллюстрированы на рис. 4 и 5.

Угловое разрешение прибора можно проследить на рис. 4, на котором приведены сравнительные значения выходной скорости счета в зависимости от анализирующего напряжения  $U_{АН}$  для всех 4 анодов. Электронный поток падал на входное окно прибора под углом  $\alpha = 14^\circ$ . Видно, что четкий сигнал был зарегистрирован только в одном канале № 3 ( $\bar{\alpha} = +11^\circ$ ).

Угловая диаграмма анализатора продемонстрирована на рис. 5. Видно, что чувствительность центральных угловых каналов № 2 и 3 ( $\bar{\alpha} = 11 \pm 5^\circ$ ) значительно выше, чем у крайних каналов. Однако в целом угловая диаграмма анализатора может быть аппроксимирована трапециевидальной функцией.

Заключение. Прибор АЭГ-Ф-Д позволяет регистрировать потоки электронов и ионов солнечного ветра с энергиями от 0,2 до  $\approx 800$  эВ; поле зрения  $160 \times 20 \times 10^\circ$ , в пределах которого выделяются восемь независимых

<sup>1</sup>  $E_B$  — энергия анализируемых частиц, соответствующая данному напряжению на центральном электроде В при фиксированном направлении.

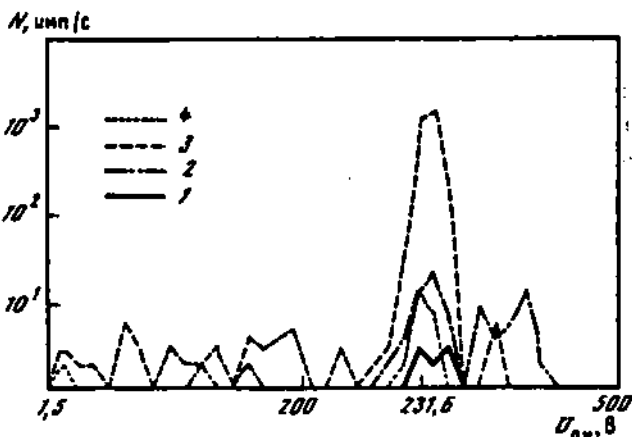


Рис. 4. Изменение выходной скорости счета ( $N$ , имп/с) в зависимости от анализирующего напряжения для четырех анодов

Электронный поток падал под углом  $\alpha = 14^\circ$ ,  $\bar{\alpha}$ : 1 --  $34^\circ$ ; 2 --  $11^\circ$ ; 3 --  $11^\circ$ ; 4 --  $34^\circ$

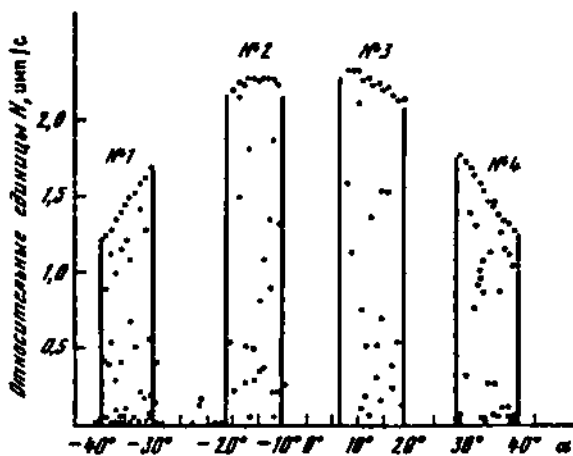


Рис. 5. Угловая диаграмма для первого датчика

направлений  $\approx 11 \times 10^\circ$ . Потенциал входного электрода может изменяться в пределах от  $+20$  до  $-20$  В, что расширяет возможности прямых измерений электронов солнечного ветра независимо от потенциала космического аппарата.

#### СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- МКП — микроканальная пластина
- ВВУ АН — высоковольтное устройство анализирующих напряжений
- Н-ВЭ — напряжение входного электрода
- ВВУ-УН — высоковольтное устройство ускоряющего напряжения
- ВВУ-МКП — высоковольтное устройство питания МКП

ЦАП-АН	— цифроаналоговый преобразователь анализирующих напряжений
ЦАП-НВЭ	— цифроаналоговый преобразователь напряжения входного электрода
Т	— таймер
ПУ	— пересчетное устройство
СВВУ	— согласующее входное/выходное устройство
К-ЭИ	— калибровочный электронный источник
УКУ	— устройство калибровки зарядочувствительных усилителей
СВУ	— служебное вспомогательное устройство
ЗЧУ	— зарядочувствительный усилитель
П	— питание
Н	— нагреватель

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hays P.B., Nady A.F. // *Planet and Space Sci.* 1973. Vol. 21. P. 1301–1306.
2. Fildbo G., Eshelmen V.R. // *Ibid.* 1968. Vol. 16. P. 1035–1059.
3. McElroy M.B., Connell J.C. // *J. Geophys. Res.* 1971. Vol. 76. P. 6674–6690.
4. Hays P.B., Sharp W.E. // *Ibid.* 1973. Vol. 78. P. 1153.
5. Shyn T.W., Sharp W.E., Hays P.B. // *Rev. Sci. Instrum.* 1976. Vol. 43, N 9. P. 1005–1015.
6. Sharp W.E., Hays P.B., Culter J.R., Dobbs M.E. // *Ibid.* 1981. Vol. 52, N 2. P. 256–261.

УДК 520.662.07:523.62.726:629.76

*Х. Грюнвальд<sup>1</sup>, К. Грингауз<sup>2</sup>, Б. Вилкен<sup>1</sup>, И. Аксфорд<sup>1</sup>,  
К. Бекер<sup>1</sup>, М. Веригин<sup>2</sup>, Г. Владимиров<sup>2</sup>, Ф. Глим<sup>2</sup>,  
Л. Денщикова<sup>2</sup>, Х. Динсе<sup>3</sup>, П. Кираш<sup>4</sup>, И. Клименко<sup>2</sup>,  
А. Ремизов<sup>2</sup>, В. Ридлер<sup>5</sup>, В. Риек<sup>3</sup>, А. Рихтер<sup>1</sup>,  
Х. Розенбауэр<sup>1</sup>, Ш. Салаи<sup>5</sup>, К. Сеге<sup>4</sup>, К. Швингеншу<sup>5</sup>,  
Р. Шмидт<sup>1</sup>, М. Штеллер<sup>5</sup>*

### ЭНЕРГО-ЗАРЯДО-МАСС-СПЕКТРОМЕТР СОВИКОМС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛЫХ КОМПОНЕНТОВ ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ И В ОКОЛОМАРСИАНСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ С БОРТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ "ФОБОС-1, -2"

#### 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Исторически сложилось, что в исследованиях космической плазмы анализ ионов по величине отношения их энергии к заряду  $E/q$  стал традиционным путем, на котором выявлены физически плодотворные связи между различными плазменными компонентами. Хотя пионерские работы в этой области и смогли привести к новому уровню понимания на основе

<sup>1</sup> Институт аэронавтики о-ва М. Планка, ФРГ.

<sup>2</sup> Институт космических исследований АН СССР.

<sup>3</sup> Технический университет Брауншвейга, ФРГ

<sup>4</sup> Центральный институт физических исследований, ВНР.

<sup>5</sup> Институт космических исследований Австрийской АН.