

УДК 537.591

С. Н. ВЕРНОВ, П. В. ВАКУЛОВ, Н. Л. ГРИГОРОВ, Д. А. ЖУРАВЛЕВ,
В. И. ЗАЦЕПИН, И. П. ИВАНЕНКО, И. П. КУМΠΑН, Л. Г. МИЩЕНКО,
Л. П. ПАПИНА, В. В. ПЛАТОНОВ, И. Д. РАПОПОРТ, Ю. И. САМСОНОВ,
Г. А. САМСОНОВ, Л. Г. СМОЛЕНСКИЙ, В. А. СОБИНЯКОВ, В. К. СОКОЛОВ,
Ч. А. ТРЕТЬЯКОВА, Ю. В. ТРИГУБОВ, Л. О. ЧИКОВА, В. Я. ШЕСТОПЕРОВ,
В. Я. ШИРЯЕВА, Б. М. ЯКОВЛЕВ и И. В. ЯШИН

ВЫСОКОСТАБИЛЬНАЯ И ЭКОНОМИЧНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Весной 1984 г. на ИСЗ «Космос-1543» осуществлен эксперимент по изучению химического состава и энергетического спектра первичных частиц космических лучей в области энергий ≥ 1 ТэВ и характеристик их взаимодействий с атомными ядрами. Для проведения эксперимента был разработан и подготовлен прибор «Сокол», включающий три основных блока: ионизационный калориметр ИК и два блока для измерения зарядов первичных частиц ДЗ-1 и ДЗ-2 (рис. 1).

Ионизационный калориметр с общей толщиной поглощающего вещества около 5,5 пробегов для ядерного взаимодействия протонов служил для измерения энергии первичной частицы. Детекторами ионизации служили сцинтилляторы. Всего было использовано 80 детекторов, расположенных в 10 рядах.

Для измерения зарядов первичных легких ядер ($1 \leq Z \leq 6$) служил детектор ДЗ-1, состоящий из 11 черенковских счетчиков направленного действия (для уменьшения влияния «обратного тока»). Для измерения зарядов более тяжелых ядер ($6 \leq Z \leq 50$) использовался детектор ДЗ-2, состоящий из 4 черенковских счетчиков, работающих на принципе диффузного отражения.

Всего в приборе было 95 детекторов, нагруженных на 200 измерительных трактов (в большинстве каналов было два тракта — чувствительный и грубый, что обеспечивало 1200-кратный диапазон измерения амплитуд сигналов). Специально разработанные экономичные электронные схемы позволили снизить энергопотребление прибора до ~ 10 Вт, что в свою очередь при заданной емкости автономных источников питания позволило увеличить длительность эксперимента до одного месяца. Более детально конструкция прибора, характеристики отдельных детекторов, усилительных трактов и других схем, их идентичность приведены в [1, 2]. Предварительные длительные измерения в лабораторных условиях показали, что характеристики прибора стабильны и практически не меняются со временем (см. ниже).

Амплитуды сигналов во всех детекторах регистрировались только при выполнении определенных условий, которые могли изменяться с помощью команд, подаваемых с Земли. Этими условиями были: выделение во всем ионизационном калориметре энергии, превышающей заданную величину E ; выделение в нескольких рядах (m) ионизационного калориметра энергии, превышающей величину ϵ (в каждом из m рядов) и срабатывание детектора заряда ДЗ-1. Для выбора оптимального режима работы прибора на первом этапе эксперимента была подобрана такая комбинация E , ϵ и m , чтобы интервал времени между регистрацией двух частиц в среднем был в несколько раз больше «мертвого времени» аппаратуры, в течение которого происходила запись параметров

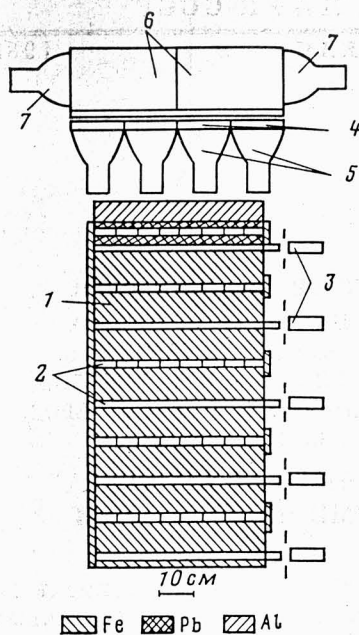


Рис. 1

Рис. 1. Схема прибора «Сокол». 1 — слой поглотителя ИК; 2 — сцинтилляторы; 4 — радиаторы счетчиков ДЗ-1; 6 — счетчики ДЗ-2; 3, 5, 7 — ФЭУ ИК, ДЗ-1 и ДЗ-2

Рис. 2. Темп счета управляющих сигналов во время эксперимента (после установления основного режима)

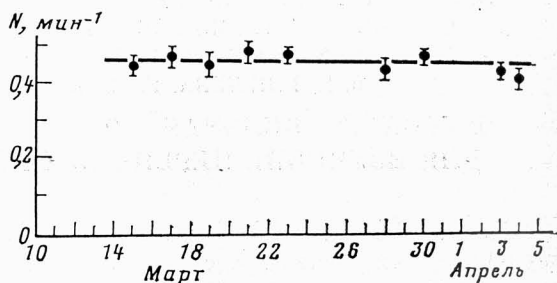


Рис. 2

зарегистрированной частицы и новые частицы не регистрировались. Этому условию соответствовали значения $E=1,5 \cdot 10^{12}$ эВ, $\epsilon=3,5 \cdot 10^{10}$ эВ и $m=7$. В таком режиме прибор проработал 85% времени всего эксперимента.

После установления основного режима работы в течение всего эксперимента регулярно контролировался ряд параметров прибора. Сюда относятся напряжение источника стабилизированного питания, чувствительность измерительных каналов отдельных счетчиков детекторов ДЗ-1 и ДЗ-2 и чувствительность каналов калориметра, а также частота выработки управляющих сигналов. Для проверки чувствительности на ФЭУ всех детекторов во время эксперимента через каждые ~30 мин подавались калибровочные световые сигналы. В таблице приведена средняя по серии измерений амплитуда импульсов на выходе соответствующего канала, нормированная к результатам предварительных наземных измерений. Для детекторов ионизационного калориметра в таблице приведены амплитуды суммы импульсов от всех ФЭУ соответствующего ряда (для 7 и 8 рядов вывод такой информации не был предусмотрен). Статистическая точность значений амплитуд, приведенных в таблице, $\sim \pm 7\%$. Отсюда следует, что на протяжении четырех с лишним месяцев, в том числе и во время эксперимента, чувствительность всех детекторов оставалась практически постоянной. На это же указывает и рис. 2, где приведен темп счета управляющих сигналов в разные дни эксперимента. Приведенные данные показывают, что за все время эксперимента научная аппаратура работала стабильно и надежно.

За время измерений было зарегистрировано около 15 000 событий, соответствующих энерговыделению в калориметре свыше $1,5 \cdot 10^{12}$ эВ. В настоящее время на ЭВМ ведется детальная обработка полного объема полученной научной информации. Предварительный анализ показывает, что примененная аппаратура позволяет проводить зарядовые измерения до энергии первичных частиц в несколько десятков ТэВ.

Научно-исследовательский институт
ядерной физики
Московского государственного университета
им. М. В. Ломоносова

Чувствительность каналов основных измерительных трактов во время предварительных измерений и при проведении эксперимента

Прибор	Предварительные измерения			Эксперимент			
	12.XII.1983 г.	31.I.1984 г.	17.II.1984 г.	15.III.1984 г.	25.III.1984 г.	1.IV.1984 г.	
ДЗ-1	1	1	0,86	0,84	0,89	0,90	0,95
	2	1	0,92	0,84	0,91	0,91	0,95
	3	1	0,99	0,95	1,05	1,08	1,11
	4	1	1,11	1,06	1,10	1,12	1,12
	5	1	1,00	0,90	1,00	0,97	1,00
	6	1	0,74	0,73	0,93	0,93	0,97
	7	1	0,94	0,97	1,02	1,02	1,05
	8	1	0,99	0,97	1,07	1,04	1,09
	9	1	0,93	0,90	0,96	0,94	0,97
	10	1	0,96	0,92	1,06	1,03	1,06
	11	1	0,97	0,93	1,00	1,01	1,01
ДЗ-2	1	1	0,97	0,90	1,02	1,03	1,00
	2	1	0,93	0,82	0,95	0,99	1,01
	3	1	1,04	1,04	1,06	1,10	1,10
	4	1	0,90	0,95	0,95	0,96	0,95
ИК	1	1	0,88	0,83	0,93	0,95	0,95
	2	1	0,90	0,83	1,00	1,02	1,01
	3	1	0,98	0,97	1,02	0,90	0,88
	4	1	0,93	0,87	0,96	0,95	0,96
	5	1	1,00	0,98	1,04	1,04	1,02
	6	1	0,94	0,92	0,96	0,97	0,97
	9	1	0,92	0,84	0,88	0,94	0,94
	10	1	0,93	0,86	1,01	1,01	1,03

Литература

1. Vernov S. N., Kumpan I. P., Mishenko L. G. et al. Proc. 17th ICRC. Paris, 1981, v. 8, p. 49.
2. Вернов С. Н., Вакулов П. В., Григоров Н. Л. и др. В кн.: Научное космическое приборостроение. М.: Металлургия, 1983, вып. 1, с. 73.