

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ЯДЕРНО-АКТИВНОЙ КОМПОНЕНТЫ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Д. Т. ВАРДУМЯН, Г. А. МАРИКЯН, К. А. МАТЕВОСЯН, А. П. ОГАНЕСЯН

Установка для исследования ядерно-активной компоненты космических лучей содержит ионизационный калориметр, искровые камеры и годоскопическую систему счетчиков Гейгера-Мюллера. Она позволяет исследовать взаимодействия ядерно-активных частиц высоких энергий, определить их энергетический спектр и характер сопровождаемых частиц.

Ядерно-активная компонента космических лучей на высотах гор состоит в основном из нуклонов, пионов и в небольшом количестве K -мезонов. Исследование ядерных взаимодействий этой компоненты с веществом представляет большой интерес [1], особенно в области энергии, превышающей возможности современной ускорительной техники, т. е. $E > 10^{11}$ эв.

Как показывают исследования [2, 3] ядерно-активная компонента высоких энергий сопровождается потоком заряженных частиц и для изучения зависимости сечения ядерного взаимодействия от энергии необходимо выяснить характер этого сопровождения и выделить частицы, претерпевшие взаимодействие. С этой целью на высоте 2000 м над уровнем моря (Нор-Амберд) нами создана установка, состоящая из трех основных частей: ионизационного калориметра, годоскопической системы счетчиков Гейгера-Мюллера и двух искровых камер, расположенных над калориметром (рис. 1).

Ионизационный калориметр выделяет ядерно-активную компоненту с энергией выше определенного значения и позволяет определить энергетический спектр ионизационных толчков в калориметре. Годоскопическая система счетчиков предназначена для исследования плотности и характера ливневого сопровождения ядерно-активных частиц больших энергий. Искровые камеры позволяют определить направление входа и выхода заряженных частиц и выделить случаи образования ливней в веществе, расположенном между двумя камерами, что даст возможность определить сечение взаимодействия космических частиц высоких энергий с разными ядрами. Они позволяют также изучить характер ливневого сопровождения ядерно-активных частиц.

Основные узлы установки

1. Ионизационный калориметр является наиболее эффективным прибором для измерения энергии ядерно-активных частиц в области $> 5 \cdot 10^{10}$ эв и при энергии $\sim 10^{11}$ эв дает $\sim 30\%$ точность [4]. Расчеты показали, что для измерения энергий в области $10^{11} - 10^{12}$ эв,

необходимо иметь 9—10 рядов ионизационных камер и всего ~ 800 $\text{г}/\text{см}^2$ железа в калориметре. При этом ошибки измерения энергии 10^{11} эв составят $\leq 35\%$. Созданный ионизационный калориметр состоит из 9 рядов импульсных ионизационных камер, расположенных во взаимно перпендикулярных направлениях между железными слоями с общей толщиной 7,9 ядерных пробегов (59 радиационных единиц). Над 1 рядом камер расположен свинец толщиной 45 $\text{г}/\text{см}^2$, предназначенный для выделения электронов, идущих из атмосферы. Камеры имеют латунный катод четырехугольной формы с размерами 110×60 мм^2 (толщина 2 мм) и анод цилиндрической формы диаметром 3 мм. Они наполняются химически чистым аргонем до давления 5,0 атмосфер. Общее количество камер в калориметре—112 штук.

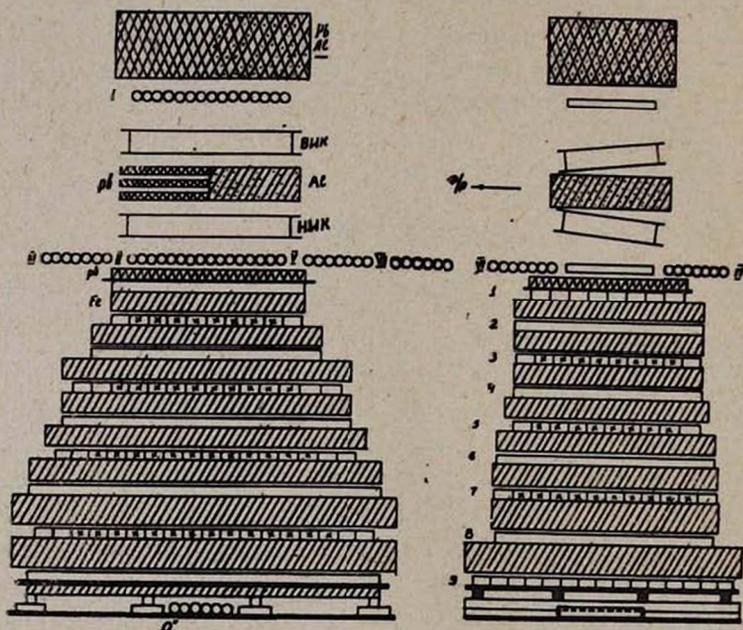


Рис. 1. Схематический вид установки в двух проекциях.

Исследования вольт-амперных характеристик используемых камер показали, что все они переходят в плато при напряжениях 150—200 в. Следовательно, применяемое в установке рабочее напряжение 800 в достаточно для обеспечения полного собирания ионов независимо от места прохождения частицы через камеру. Конструкция камер не позволяет подавать более высокое напряжение, хотя оно уменьшило бы время собирания ионов на аноде, что очень важно для своевременного запуска искровых камер. Ионизационные камеры питаются от сухих батарей и имеют индивидуальные радиотехнические линейные усилители (рис. 2) с коэффициентом ~ 3000 . После усиления импульсы поступают на ячейки памяти (последняя лампа рис. 2) и через механические коммутаторы КОМ-3 (рис. 3) на схему регистрации. Здесь они уси-

ливаются и с помощью шлейфового осциллографа фотографируются [5] на высокочувствительной бумаге шириной 12 см. Применяемые схемы позволяют регистрировать амплитуду импульсов в 150-кратном диапазоне с точностью $\sim 10\%$.

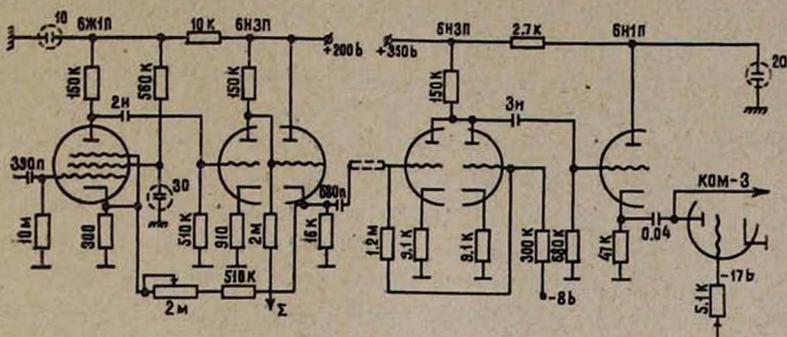


Рис. 2. Усилители и ячейка „памяти“.

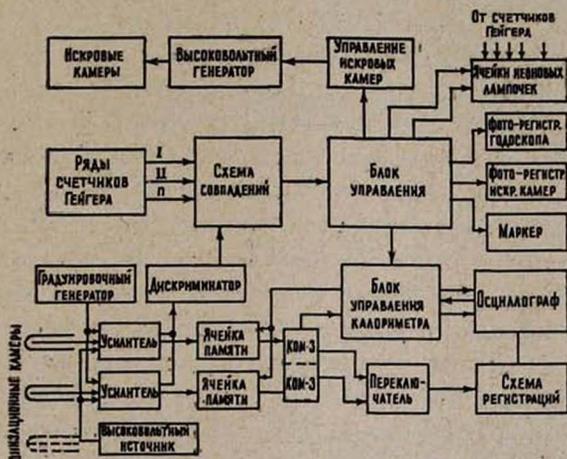


Рис. 3. Блок-схема установки.

Импульсы из выходов усилителей камер, отмеченных знаком „X“ (рис. 1), суммируются, усиливаются и подаются на вход дискриминатора Шмитта [6], который выдает отрицательный прямоугольный импульс только в том случае, когда величина ионизационного толчка в калориметре превышает выбранную нами пороговую величину.

2. Годоскопическая система счетчиков Гейгера—Мюллера содержит 166 счетчиков с общей площадью 2,8 м². Ряды I и II (рис. 1) включены в схему совпадения. Когда заряженная частица проходит через эти ряды, схема, построенная по принципу совпадения Росси, выдает сигнал, который формируется в прямоугольный импульс длительностью 20 мксек и поступает на первый канал двойного совпадения. На второй канал поступает импульс от дискриминатора Шмитта и при их совпадении во времени образуется импульс, запускающий блоки управления установки.

При запуске установки от μ -мезонов (для контроля) вместе с

I и II рядами на совпадение включается также „0“ ряд счетчиков, расположенный под калориметром.

Все счетчики имеют индивидуальную схему питания и неоновую ячейку [7] для регистрации прохождения заряженной частицы через данный счетчик. Неоновые лампы ячеек фотографируются на пленку шириной 35 мм. Кроме указанных на рис. 1 рядов имеются еще два ряда счетчиков, один из них расположен на расстоянии 3 м от центра установки, а другой может быть установлен на расстоянии до 20 метров.

Предполагая, что калориметр в основном регистрирует стволы воздушных ливней, по данным гейгеровских счетчиков мы сможем определить распределение плотностей по расстояниям от центра регистрируемого ливня. В создании годоскопической системы счетчиков возникли трудности, связанные с наводками высоковольтного импульса питания искровых камер и запаздыванием управляющего импульса годоскопа, которые были преодолены экранированием счетчиков и затягиванием импульсов от них.

3. Искровые камеры (ВИК и НИК, рис. 1) с размерами $103 \times 55 \times 12$ см³, имеют стеклянные стенки и дюралюминиевые электроды толщиной 5 мм, передние стекла оптические, а задние матовые. Для приклеивания стенок и электродов камер использован эпоксидный клей. Камеры наполняются чистым неоном до давления 600 тор и несколько месяцев сохраняют хорошую рабочую характеристику. Питание искровых камер осуществляется от генератора (с удвоением) высоковольтных импульсов Маркса-Аркадьева [8], который запускается импульсом от блока управления установки. Выходная емкость генератора 626 пф, длительность импульса ~ 22 нсек, а величина 70 кВ.

Искровые камеры и вся система их питания заключены в двухслойный экран и приняты меры для исключения попадания электромагнитного поля в радиотехнические схемы или в сеть питания установки. Несмотря на это, уровень наводок на усилителях калориметра такой, что пока не позволяет с достаточной точностью измерять энергию частиц в каждом событии, и мы ограничиваемся определением интегрального энергетического спектра ядерно-активной компоненты при данном пороге срабатывания искровых камер.

Фотографирование треков в искровых камерах производится стереофотоаппаратом (с базой 40 см) с двумя объективами „Индустар 51“ на фотопленку шириной 80 мм с чувствительностью 1200 единиц ГОСТ. Наличие в одном кадре снимков обеих камер облегчает обработку полученных данных и исключает ошибки, связанные со шивкой при раздельном фотографировании камер.

Измерения и результаты

Представленной установкой регистрируются события, когда заряженная частица проходит через I и II ряды счетчиков и в калориметре создает локальный ливень с числом частиц, большем порогового значения, что соответствует попаданию в установку ядерно-ак-

тивной частицы с энергией, выше пороговой. Порог устанавливается дискриминатором Шмитта и регулярно проверяется подачей на входы усилителей сигналов определенной величины. Радиотехническая система (рис. 3) срабатывает и выдает импульс, который усиливается и поступает на блок управления калориметра, чем запускается шлейфовый осциллограф и производится регистрация импульсов от камер калориметра (рис. 4). Этот же импульс поступает на схему управления искровых камер, и рабочий высоковольтный импульс подается на электроды камер. В обычных условиях работы камер подача высоковольтного импульса происходит после прохождения частицы с задержками до 1 мксек. При этом, как известно, в камерах с большими межэлектродными промежутками получают высококачественные треки. В нашем же случае, из-за запаздывания образования запускающего импульса в ионизационном калориметре, высоковольтный импульс поступает на камеры с задержками 15—20 мксек, поэтому были исследованы рабочие характеристики искровых камер при больших задержках [9].

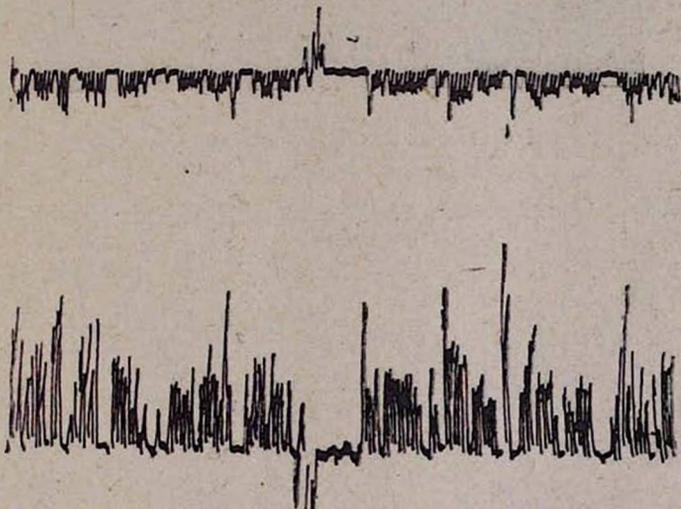


Рис. 4. Фотография импульсов ионизационных камер.

Оказалось, что при задержках до 50 мксек применяемые искровые камеры сохраняют высокую эффективность регистрации (одновременно) многих частиц, хотя несколько ухудшается качество треков. Сохраняется также способность регистрации наклонных треков до углов $\sim 40^\circ$. Нами получены снимки (рис. 5), где имеется более 60 треков частиц, проходящих через искровые камеры. В этих случаях срабатывают почти все ячейки счетчиков I и II рядов.

Управление годоскопическими ячейками осуществляется схемой, представленной на рис. 6. Она дает два импульса: MI_1 — длительностью 40 мксек и величиной 120 в и MI_2 — длительностью 0,1 сек и величиной 150 в, поступающих соответственно на антидинаatronные сетки и аноды ламп ячеек. При этом зажигаются и гаснут неоновые лампы, относящиеся к счетчикам, через которые прошли заряженные частицы.

С помощью этой схемы запускаются фоторегистраторы искровых камер и неоновых ламп годоскопа. При этом на время ~ 5 сек запирается вход этой схемы и прекращается поступление новых импульсов на блоки управления. Маркировка получаемых снимков производится бинарным пересчетным устройством [10], на выходах которого имеются неоновые лампы. Запаралеленные группы этих ламп фотографируются как с годоскопическими неоновыми лампами, так и с искровыми камерами. Кроме того, информация блока маркировки регистрируется шлейфовым осциллографом. Это позволяет выделить снимки, соответствующие данному событию.

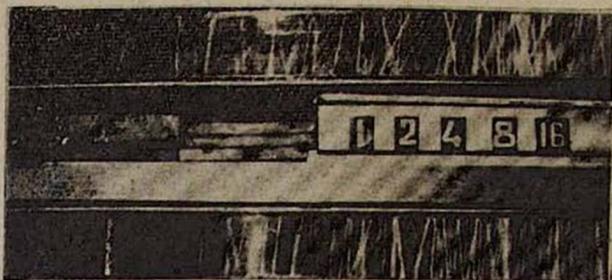


Рис. 5. Фотография ливня в искровых камерах.

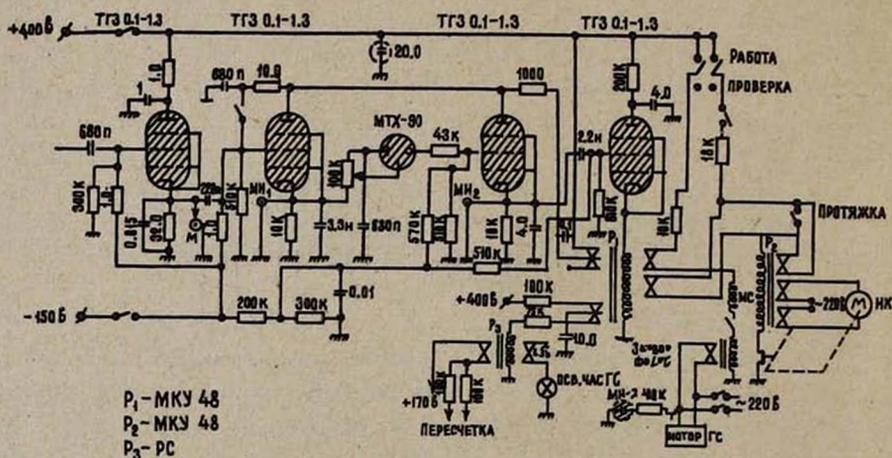


Рис. 6. Схема блока управления.

Контроль работы радиотехнической системы измерения импульсов от ионизационных камер производится подачей калибровочных сигналов на входы всех усилителей с последующим фотографированием шлейфовым осциллографом. Получаемые контрольнокалибровочные снимки используются для перехода от измеряемых величин импульсов на число частиц, проходящих через отдельные камеры. Это позволяет определить суммарную энергию ливнеобразующей первичной частицы (частиц) и построить их энергетический спектр.

Процессы взаимодействия частиц с разными ядрами нами исследуются при пороге срабатывания установки в интервале энергии $5 \cdot 10^{10}$ эв + 10^{12} эв. С этой целью между искровыми камерами расположено вещество — в одной половине — свинец, толщиной 0,5 ядерных пробегов, а в другой — алюминий эквивалентной (по ядерному пробегу) толщины. Если сечение ядерного взаимодействия при исследуемых энергиях зависит от атомного номера не как $A^{2/3}$, а как $\sim A$, то в свинце мы должны заметить ~ 2 раза больше случаев взаимодействия, чем в алюминии.

Пробег взаимодействия частиц с энергией большей, чем пороговое значение установки, определяется также методом „пропускания“. Для этого над I рядом счетчиков устанавливается свинец толщиной 170 г/см² или алюминий эквивалентной толщины, или же телесный угол установки оставляется свободным. Причем эти три позиции регулярно чередуются и, при остальных неизменных условиях, определяются интенсивности регистрации событий под разными поглотителями.

Имеющиеся предварительные экспериментальные данные согласуются с тем, что до энергии 500 Бэв отношение пробегов поглощения в свинце и в алюминии такое же, какое получено при энергиях до 30 Бэв.

Авторы приносят благодарность Р. Еринджакяну, К. Артиняну, В. Уварову, Р. Аревяну, Р. Карапетяну, Э. Мамерджановой и А. Арутюняну за активное участие в создании установки.

Ереванский физический
институт

Поступила 6 мая 1966

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Грибов, Б. Л. Иоффе, И. Я. Померанчук, А. П. Рудик, Препринт ИТЭФ АН СССР, № 50 (1962).
2. R. Raghavan, B. V. Sreekantan, H. Aubritmanian and S. D. Verma, Journal of the Phys. Soc. of Japan, 7, 251 (1962).
3. Г. С. Аюбян, В. Н. Болотов, М. И. Дайон, М. И. Девিশев, В. М. Князев, Г. А. Марибян, К. А. Матевосян, А. П. Шмелева, Изв. АН СССР, серия физическая, 29, 1953 (1965).
4. Н. Л. Григоров, В. С. Мурзин, И. Д. Раппопорт, ЖЭТФ, 36, 1068 (1959).
5. В. Н. Болотов, М. И. Девিশев, В. В. Филатов, А. П. Шмелева, ПТЭ, 2, 66 (1962).
6. А. А. Санин, Электронные приборы ядерной физики, М., 1961.
7. Г. С. Аюбян, Г. А. Марибян, В. М. Харитоков, Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 12, 85 (1959).
8. М. А. Бабиков, И. С. Коमारов, А. С. Сергеев, Техника высоких напряжений, М., 1963.
9. Н. Х. Бостанджян, Г. А. Марибян, К. А. Матевосян, Изв. АН АрмССР, Физика, 1, 55 (1966).
10. А. М. Бонч-Бруевич, Применение электронных ламп в экспериментальной физике, М., 1955.

ՏԻԵՋՆԵՐԱԿԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅՔՆԵՐԻ ՄԻՋՈՒԿԱ-ԱԿՏԻՎ
ՐԱՂԱԴՐԻՉԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Գ. Տ. ՎԱՐՄԻՈՒՄՅԱՆ, Գ. Հ. ՄԱՐԻԿՅԱՆ, Կ. Ա. ՄԱՏԵՎՈՍՅԱՆ, Ա. Պ. ՀՈՎՀԱՆԻՍՅԱՆ

Տիեզերական ճառագայթների միջուկա-ակտիվ բաղադրիչի հետազոտության սարքավորումը բնորոշում է իոնացման կալորիմետր, կայծային խցիկներ և Գեյգեր-Մյուլլերի հաշվիչների հոդոսկոպիկ սխեման: Այն հնարավորություն է տալիս հետազոտել բարձր էներգիայով օժտված միջուկա-ակտիվ մասնիկների փոխազդեցությունները, որոշել նրանց էներգետիկ սպեկտրը և ուղեկցող մասնիկների բնույթը:

ON THE INVESTIGATION OF COSMIC RAY
NUCLEAR-ACTIVE COMPONENT

D. T. VARDUMIAN, G. A. MARIKIAN, K. A. MATEVOSIAN,
A. P. HOVHANISIAN

The arrangement for the investigation of cosmic ray nuclear-active component consists of an ionization calorimeter, spark chambers and a hodoscope system of Geiger-Muller counters. It allows to study the interactions of high energy nuclear active particles, to determine their energetic spectrum and the character of the accompanying particles.