

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԳԵՄԻԱ  
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

---

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ  
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Պ Ր Ա Կ XLV ВЫПУСК

Պատասխանատու խմբագիր Վ. Հ. ՀԱՄԱԵՐՁՈՒՄՅԱՆ  
Ответственный редактор В. А. АМБАРЦУМЯН

Г. А. ГУРЗАДЯН

## ОБ ОДНОМ ПРИНЦИПЕ РАБОТЫ ОРБИТАЛЬНОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ, УПРАВЛЯЕМОЙ КОСМОНАВТОМ

С появлением космических кораблей и орбитальных станций, управляемых космонавтами, открываются новые возможности ведения астрофизических наблюдений во внеатмосферных условиях. Прежде всего, на таких станциях можно разместить более крупные телескопы и прочую астрономическую аппаратуру. Во-вторых, присутствие на орбитальной станции космонавта, даже не являющегося профессиональным астрономом, даст возможность предусмотреть программу наблюдений более широкую и более сложную, чем тогда, когда управление обсерватории целиком возлагается на автоматические системы, действующие с вполне определенной, заранее заложенной и не подлежащей изменению программой.

Особо важна роль космонавта в случаях, когда астрономические наблюдения ведутся фотографическим методом, на фотопленках или фотопластинках. При всех неудобствах и трудностях технического характера преимущества применения фотоматериалов и самого фотографического метода для ведения внеатмосферных наблюдений следует считать более чем бесспорными. Фотографический метод есть и остается наиболее эффективным, а порою незаменимым средством в тех случаях, когда речь идет о получении массовой информации от обширных областей звездного неба, об изучении макроструктуры протяженных небесных объектов, исследовании их тонкой структуры с высоким угловым разрешением и т. д.

Далее, имеются признаки того, что фотографические пленки нельзя слишком долго, скажем несколько месяцев, держать в космическом пространстве; они будут завуалированы. Между тем орбитальные станции и обсерватории рассчитываются на многие месяцы активной работы в Космосе, с периодической заменой экипажа станции. Выход из положения, очевидно, следует искать в том, чтобы периодически, скажем раз в месяц, доставлять на Землю кассеты из орбитальных станций с отснятыми фотопленками и, наоборот, доставлять с Земли

на орбитальную станцию свежие фотопленки, с их последующей установкой в кассетные части телескопов и спектрографов.

Представим себе большую обсерваторию на орбите, оснащенную всеми необходимыми средствами для ведения автономной и программной работы, т. е. проведения астрономических наблюдений без присутствия космонавта. В принципе, конечно, мыслимо создание таких систем, которые позволяли бы после выполнения программы наблюдений осуществить отделение кассет с отснятыми фотопленками от орбитальных телескопов, доставку этих кассет на Землю, а затем обратный процесс—доставку на орбитальную обсерваторию новых кассет со свежими фотопленками, стыковку транспортного корабля с ней и установку кассет на свои посадочные места на телескопах и спектрографах с помощью манипуляторов. Но все это будет сложно, громоздко и, быть может, ненадежно.

Операции, связанные с заменой кассет и фотопленок, следует отнести к числу тех, которые могут быть осуществлены гораздо легче и куда надежнее космонавтом с привлечением минимальных средств автоматики. Даже частичное выполнение этих операций космонавтом, скажем, только отделение кассет с отснятой фотопленкой от телескопов, с целью их последующей отправки на Землю, без установки новых кассет, может быть осуществлено значительно эффективнее, чем автоматическими устройствами.

Наконец, главное—управление работой астрофизической обсерватории космонавтом. Независимо от конкретных научных задач, решения которых могут быть возложены на орбитальную станцию, совершенно ясно, что в подавляющем числе случаев обсерватория должна быть размещена *вне* космического корабля или орбитальной станции. Это—во всех тех случаях, когда либо телескоп очень большой, либо же аппаратура, независимо от ее размеров, рассчитана на прием излучения в области далекого ультрафиолета (короче 2000 А) и рентгеновских лучей. Только в отдельных случаях, когда аппаратура с небольшой апертурой рассчитана на работу в области длиннее 2000 А, ее можно разместить и *внутри* орбитальной станции, перед одним из ее иллюминаторов, изготовленных из чистого кварца.

Задачи многоцелевой орбитальной станции, естественно, не могут быть ограничены обеспечением необходимых условий только для нормальной работы находящейся в ней астрофизической обсерватории. Например, нельзя требовать, чтобы орбитальная станция всегда и с высокой точностью занимала вполне определенную ориентацию в течение длительного времени относительно звездных систем координат; в этом случае все было бы проще, поскольку простой программной уставкой можно было бы повернуть и нацелить телескоп на любую область, доступную с данного положения станции.

Поэтому важно найти решение следующей более общей задачи: нацеливания телескопа или телескопов на нужную звезду и на нужную область неба без программной уставки при более или менее произвольной ориентации корабля относительно неба. Иначе говоря, возникает задача о распознавании светила (объекта) на небе, куда следует направить телескоп.

Распознавание объекта на небе и нацеливание на него телескопа следует считать первой и основной задачей, которая может быть решена более эффективно космонавтом, ведущим астрономические наблюдения на орбите.

Более определенно постановка задачи следующая. Телескоп со своей монтировкой и вспомогательной аппаратурой находится вне корабля и закреплен к его корпусу. Космонавт все время находится внутри корабля и непосредственного доступа к телескопу—в скафандре или через специальный шлюз—не имеет. Более того, телескоп находится даже вне поля зрения космонавта при нормальном обзоре через иллюминаторы корабля. Требуется, чтобы космонавт с помощью системы дистанционного управления направил телескоп на нужный объект на небе с заданной точностью и с последующим обеспечением его точного слежения (гидирования) за объектом. Ниже мы остановимся на одном возможном принципе практического решения этой задачи.

Этот принцип основан на использовании дополнительной оптической визирной трубки, установленной напротив одного из иллюминаторов корабля, и введении первичной следящей системы грубой наводки между этой визирной трубкой и монтировкой телескопа. При этом в качестве датчика положения (или угла) используются потенциометры, установленные по одной паре на осях монтировок обеих систем—визирной трубки и телескопа.

Общая схема обоих узлов системы приведена на рис. 1. Визирная трубка 1 с полем зрения  $5-6^\circ$  устанавливается перед иллюминатором 2 через опору 3 к корпусу корабля и может вращаться вокруг осей  $\omega_1$  и  $\omega_2$  с помощью небольшой монтировки. Недалеко от этого места, непосредственно к корпусу корабля 4 и во внешнем пространстве от него, закреплен телескоп 5 с двухосной монтировкой 6; последняя также может осуществлять вращательные движения вокруг осей  $\omega_1$  и  $\omega_2$ . Важно, чтобы соответствующие оси монтировок—визира и телескопа—были параллельны друг другу с точностью порядка  $10'$  дуги. Далее, оси вращения обеих монтировок—визира и телескопа—соединены между собой электрически (условные пунктирные линии на рис. 1), т. е. со следящей системой наводки. Тогда любой поворот визирной трубки вокруг оси, например  $\omega_2$ , на величину угла  $\varphi$ , будет соответствовать такому же повороту телескопа вокруг той же оси (рис. 1).

Имея в виду нелегкие условия работы космонавта на орбите, небольшую разрешающую силу визирной трубки, необходимость сравнительно быстрого поиска и захвата нужной звезды, в особенности при качке корабля, нельзя ожидать, чтобы таким способом телескоп был направлен на нужную звезду с точностью лучшей, чем  $\pm 0.5$ .

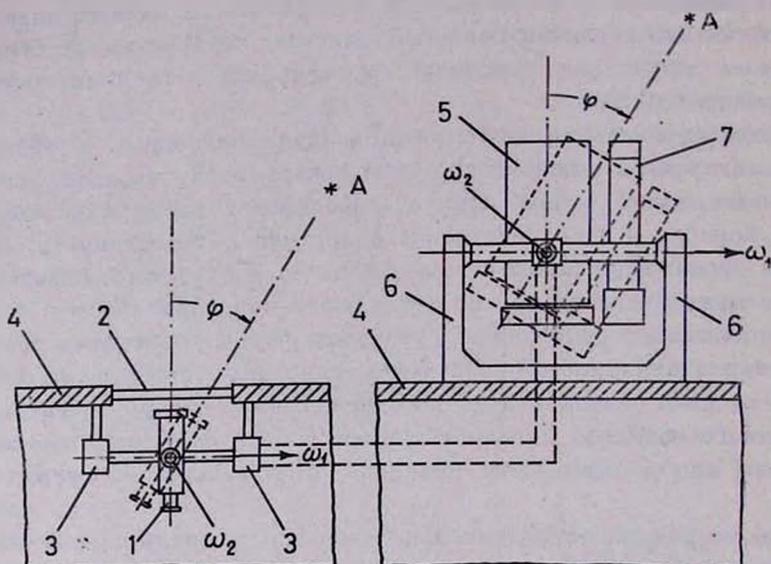


Рис. 1. Принципиальная схема управления работой телескопа (справа) путем его принудительного нацеливания на звезду А с помощью визирной системы (слева).

Նկ. 1. Աստղադիտակի կառավարման սկզբունքային սխեման (աջից) երբ այն աստղի վրա է ուղղվում հեռադիտակային սխեմայի օգնությամբ (ձախից):

Повтому к телескопу, параллельно его оптической оси, крепится звездный двухосный фотогид 7 с полем зрения около  $3^\circ$ —значительно большим, чем точность захвата телескопом (теперь уже фотогидом) звезды А. Как только нацеленная звезда А окажется в поле зрения фотогида, автоматически подключается следящая система тонкой наводки, которая, работая уже независимо от первичной следящей системы, доводит эту звезду до оптической оси фотогида (телескопа) и осуществляет автоматическое слежение за ней с заданной точностью (минуты или секунды дуги). С переходом звезды А в поле зрения фотогида автоматически отключается наводящая следящая система от визирной трубки и монтировки телескопа. Переход телескопа в режим точного слежения за звездой, т. е. появление звезды на оптической оси звездного фотогида, фиксируется зажиганием электрической лампочки на пульте управления всей системы, который находится рядом с визирной трубкой. В этот момент космонавт нажимает кнопку пуска программного устройства, которое и программирует всю дальнейшую

работу телескопа, т. е. фотографирование объекта с заданной последовательностью экспозиций. Для перехода на другую звезду отключается следящая система телескопа, подключается первичная следящая система визира, и все начинается снова.

Что касается угла обзора визирной трубки, в пределах которого может быть осуществлен поиск и захват нужной звезды, то он зависит от размеров иллюминатора и визирной трубки. Практически этот угол может быть довольно большим—порядка  $\pm 30^\circ$ . Это одновременно является предельным углом качки орбитальной станции, допустимым при работе обсерватории.

Описанный принцип управления работой орбитальной обсерватории космонавтом был заложен в основу разработки системы „Орион“, установленной на орбитальной станции „Салют“ и предназначенной для получения индивидуальных спектрограмм звезд в области длин волн 2000—3800 А.

В системе „Орион“ роль космонавта заключается, главным образом, в распознавании нужного объекта (звезды) на небе и нацеливании на него визирной трубки. Само гидирование звезды с заданной точностью, экспонирование, а также программирование работы телескопа осуществляется автоматически, без вмешательства космонавта.

Одной из основных задач, поставленных во время первого полета космической обсерватории „Орион“, была проверка в натуральных условиях практичности и жизнеспособности описанного выше принципа работы обсерватории, управляемой космонавтом, не являющимся профессиональным астрономом, но прошедшим некоторую подготовку на Земле. При этом необходимо было обеспечить требуемую точность получаемых научных данных и надежность работы автоматических систем и кинематических узлов.

Как показывает анализ данных первого полета „Ориона“ на „Салюте“, заложенный в его основу принцип работы орбитальной обсерватории совместно с космонавтом оправдал себя полностью и может быть применен в дальнейшем при разработке более мощных космических обсерваторий.

Филиал БАО по Космическим Исследованиям,  
СКБ „Астро“

ՏԻԵՋՆԵՐԱԳԻԱՑԻ ԿՈՂՄԻՑ ԿԱՌԱՎԱՐՎՈՂ ՈՒՂՆԾՐԱՑԻՆ  
ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՄԻ ՍԿՋՐՈՒՆՔԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Քննարկվում է բազմանպատակային ուղեծրային կայանի վրա դրված որևէ աստղադիտարանի միջոցով բարձր ճշտությամբ դիտումներ կատարելու հնարավորությունը այն դեպքում, երբ աստղադիտարանի կառավարումը իրագործվում է ոչ աստղագետ տիեզերագնացի միջոցով: Հստ էության խոսքը վերաբերվում է կայանից դուրս տեղակայված աստղադիտակի (կամ աստղադիտակների) այս կամ այն աստղի վրա ուղղելուն՝ տիեզերանավի ավել կամ պակաս շափով կամայական կողմնորոշման դեպքում: Այդ խնդիրը ներկա դեպքում լուծվում է լրացուցիչ հեռադիտակային սիստեմի օգնությամբ, որը նախօրոք դրված է տիեզերանավի պատուհաններից մեկի առջև (ներսից) և որը միացված է դրսում գտնվող աստղադիտակի նախնական հետևող սիստեմի հետ: Որպես դիրքի կամ անկյան տվիչ՝ այս դեպքում օգտագործվում են պոտենցիոմետրերը: Տիեզերագնացը հիշյալ հեռադիտակի օգնությամբ բռնում է ուսումնասիրության ենթակա աստղը, իսկ նախնական հետևող սիստեմը ինքնըստինքյան ուղղում է աստղադիտակը հենց այդ նույն աստղի վրա՝  $\pm 0^{\circ}.5$  ճշտությամբ: Դա բավական է, որպեսզի աստղը բռնվի այս անգամ արդեն աստղադիտակի վրա տեղակայված ճշգրիտ օպտիկական սարքի միջոցով, որը և ապահովում է աստղին հետևելը՝ բարձր ճշտությամբ: Այս պահից էլ սկսվում է աստղադիտակի ծրագրային աշխատանքը, որը տարվում է ինքնակամ կերպով՝ առանց տիեզերագնացի միջամտության:

G. A. GURZADYAN

HIGHLIGHTING A MODE OF OPERATION OF THE ORBITAL  
ASTRONOMICAL OBSERVATORY MANNED  
BY A COSMONAUT

S u m m a r y

The paper deals with the problem of introducing high-precision astronomical observations with the help of an astrophysical observatory installed in a multipurpose orbital station and manned by a cosmonaut who is not a professional astronomer. As a matter of fact the principal concern is to level the telescope or telescopes outside the spaceship at the proper star without programmed assignment when the ship is more or less arbitrarily oriented in respect of the sky. The task assigned is resolved with the help of an additional optical aiming tube set

against one of the illuminators of the spaceship and by introducing a primary follow-up system of rough sighting between the aiming tube and the installation of the telescope. In this case potentiometers are used as position (or angle) sensors. The spaceman levels the aiming tube at the proper star while the primary system directs the telescope to the same star with the accuracy of  $\pm 0.5$ . This is sufficient for the proper star to be caught by the photoguide, set on the telescope, which does the automatic tracking of the star with high precision. This marks the beginning of the programmed work of the telescope controlled by a board programming device.

Г. А. ГУРЗАДЯН и Э. А. АРУТЮНЯН

## ОРБИТАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ „ОРИОН“

На космической станции „Салют“, выведенной на орбиту вокруг Земли в мае 1971 г., была установлена астрофизическая обсерватория „Орион“. Она была предназначена главным образом для получения индивидуальных спектрограмм горячих звезд в области длин волн 2000—3800 Å и со спектральным разрешением около 5 Å (на 2600 Å). Работой „Ориона“ на орбите управлял космонавт, находящийся все время внутри космической станции. Принцип совместной работы космонавта и автоматических систем „Ориона“ описан в [1].

По существу „Орион“ был первым значительным опытом размещения астрофизической обсерватории на внешнем пространстве космической станции, непосредственно на ее корпусе. К тому же „Орион“ сохранил свою работоспособность сравнительно долго — почти два с половиной месяца, считая с момента его вывода на орбиту до момента, когда экипаж „Салюта“ покинул станцию. Разумеется, этого нельзя было достигнуть, не обеспечив нужный уровень инженерной разработки всего комплекса, начиная от общей компоновки „Ориона“ и кончая его отдельными узлами и элементами. Полагая, что этот опыт может оказаться полезным при разработке будущих аналогичных экспериментов, мы нашли целесообразным посвятить отдельную статью краткому описанию конструкции и компоновки аппаратуры „Ориона“.

Основным в „Орионе“ является зеркальный телескоп системы Мерсенна, со световым диаметром большого зеркала 280 мм, малого зеркала 50 мм и эффективным фокусным расстоянием 1400 мм. Полный диаметр большого зеркала равен 300 мм, толщина в центре 18 мм. Для удобства оптической юстировки телескопа в центре этого зеркала оставлено отверстие диаметром 80 мм.

Напротив отраженного от второго зеркала параллельного пучка света установлен бесщелевой спектрограф системы Уодсворда с вогнутой дифракционной решеткой, в фокусе которой, на расстоянии

250 мм от нее строится спектрограмма объекта в диапазоне 2000—3800 Å (оптическая схема „Ориона“ см. в [2]).

Оба зеркала „Ориона“ изготовлены из ситала, а их оправы — из инвара; при этом коэффициенты линейного расширения примененных нами ситала и инвара почти одинаковы в пределах ожидаемой температуры элементов. Зеркала были установлены в своих оправках свободно, с обеспечением зазора между оправой и зеркалом в размере 0,003—0,005 мм. Покрытие зеркала — алюминиевое, без каких-либо защитных слоев.

С целью сохранения параллельности отраженного от второго зеркала светового пучка при колебаниях температуры спайдер мерсенновского зеркала был закреплен к оправе главного зеркала тремя инваровыми дистанционными стержнями. Тубус телескопа решен в виде трубы из титанового сплава с жестким поясом, на котором крепятся спектрограф и остальные приборы и при помощи которого сам телескоп устанавливается на монтировке.

Спектрограф состоит из трех основных частей: узла дифракционной решетки, фотокамеры и механизма расширения спектрограммы. Фотокамера с фильмовым каналом (т. е. с фокальной плоскостью) закреплена к корпусу спектрографа неподвижно, а юстировка и фокусировка самого спектрографа осуществляется только перемещениями и поворотами самой дифракционной решетки. Соответственно с этим и была разработана конструкция узла дифракционной решетки, обеспечивающая плавное ее перемещение вдоль оптической оси спектрографа и такие же плавные развороты вокруг двух взаимноперпендикулярных осей. Найденное окончательное положение дифракционной решетки фиксировалось и закреплялось затем наглухо.

Фотокамера начинается с криволинейного фильмового канала, представляющего собой часть окружности радиусом 103 мм. Чистая ширина канала — 12 мм, что достаточно при работе с фотопленкой шириною 16 мм. В фотокамеру входят две кассеты — питающая и приемная, а также привод перемотки приемной кассеты. Последняя закреплена к корпусу спектрографа при помощи пирозамка. После выполнения программы работы „Ориона“ отдельной командой с бортового пульта управления эта кассета отделяется одновременно как от корпуса фотокамеры, так и от привода перемотки, после чего осуществляется ее транспортировка внутрь корабля через пристроенный к его корпусу специальный шлюз. Отделение (расчеховка) приемной кассеты сопровождается одновременно выполнением еще двух операций: автоматическое отрезание фотопленки, оставшейся неиспользованной в первичной кассете, и закрывание входной щели кассеты маленькой крышкой.

Перед фильмовым каналом, в специальном пазе, установлена кварцевая плоскопараллельная пластинка толщиной 2 мм, служащая

светофильтром для отстранения второго порядка спектра (т. е. области, короче 1900 А) от нашего рабочего диапазона. Здесь же размещен затвор камеры, выполненный в виде вращающейся вокруг продольной оси цилиндрической трубки с широкой щелью. Вращение осуществляется с помощью электромагнита по сигналу, поступающему из программника в момент перемотки пленки.

Весь тракт прохождения фотопленки — от питающей кассеты через फिल्मный канал до собирающей кассеты — скомпанован так, чтобы исключить возможность соприкосновения с металлом центральной полосы, шириною 10 мм, стороны фотопленки, покрытой эмульсией.

Что касается расширения спектрограмм (в размере 0,4 мм), то оно осуществляется с помощью обычного кулачкового механизма, сообщающего упругие качания узлу дифракционной решетки в плоскости, перпендикулярной направлению дисперсии. Хотелось отметить очень хорошую равномерность, которая была достигнута таким путем в расширенной спектрограмме. Проверка равномерности расширения спектрограмм была осуществлена на оптико-механическом стенде, специально созданном для этой цели. Спектрограф изготовлен в основном из титановых сплавов.

К корпусу телескопа параллельно его оптической оси закреплен двухкоординатный звездный фотогид. Он предназначен для захвата звезды (до  $4^m - 4^m.5$ ), спектрограммы которой нужно получить, и автоматического слежения (гидирования) за ней с точностью до  $10''$ . Фотогид работает по принципу вращающегося от электродвигателя зеркального ножа-модулятора в комбинации с генератором опорных напряжений (подробности см. в [3]). Оптическая система фотоида — линзовая (просветленная), поле зрения  $3^\circ$ , диаметр входного зрачка 70 мм, фокусное расстояние 450 мм, порог чувствительности  $5''$ . Фотогид был снабжен откидной диафрагмой, уменьшающей поле зрения до  $40'$ , благодаря чему можно обеспечить захват и слежение за объектами, в непосредственной близости от которых находятся яркие звезды.

Особое внимание было обращено на обеспечение герметизации узла модулятора звездного фотоида с приводным электродвигателем и генератором опорных напряжений; эти узлы были залиты герметиком. Полная герметизация этого узла потребовала установки приспособления для накачки сухого воздуха и проверки возможности запотевания оптики приемной части фотоида при низких температурах.

На корпусе телескопа имеется также площадка для установки, по желанию, других приборов специального назначения. Так, например, в тех случаях, когда в период вывода орбитальной станции на орбиту в пределах доступной области неба (со стороны теневой части орбиты) окажутся некоторые яркие туманности, то, установив на упомянутой площадке портативный небулярный спектрограф, можно попытаться получить их спектрограммы. В таких случаях питающая

и приемная кассеты выполняются совместно с фильмовым каналом в виде отдельного блока небольших размеров. Этот блок закрепляется к корпусу спектрографа при помощи другого пирозамка, он может быть отделен по команде с бортового пульта управления и транспортирован внутрь корабля аналогично тому, как это делается в случае звездного спектрографа.

Телескоп со всеми закрепленными на нем приборами устанавливается на монтировке типа карданного подвеса. Поскольку телескоп предназначен для получения спектрограмм индивидуальных звезд, то в данном случае достаточно иметь двухосную монтировку с двумя приводами. Последние работают по сигналам рассогласования, поступающим от звездного фотогида. Приводы выполнены с частично герметизированными редукторами с применением специальных электродвигателей, пригодных для работы в условиях Космоса. Последние две пары зубчатых зацеплений приводов снабжены люфтоввыбирающими устройствами. Герметизация подшипников и зубчатых зацеплений осуществлена фторопластовыми уплотнительными втулками. Шарикоподшипники применены стандартные, смазка — консистентная.

С целью предохранения приборов и приводов от воздействия вибрационных нагрузок, ударов и перегрузок на активном участке движения ракеты весь блок телескопа с его монтировкой зачекован в транспортировочном положении при помощи двух пирозамков к корпусу корабля. Расчековка пирозамков осуществляется уже после вывода станции на орбиту нажатием кнопки на пульте управления „Ориона“.

Весь блок телескопа „Ориона“ с монтировкой был установлен на наружной поверхности космической станции, в специально отведенной для этой цели нише. С внешней стороны эта ниша закрытаматами экранно-вакуумной термоизоляции, за исключением входных отверстий оптических приборов. Благодаря этому обеспечивается нужный температурный режим приборов „Ориона“ за счет диффузии тепла от корпуса станции. Специального обогрева не имеется ни в одной части „Ориона“. Общая схема структуры и компоновки телескопического узла системы „Орион“ приведена на рис. 1 в двух проекциях.

Важной составной частью „Ориона“ является визирная система. Она предназначена для дистанционного наведения блока телескопа, находящегося снаружи, на исследуемый объект с помощью синхронно-следящей системы с точностью, обеспечивающей захват объекта (звезды) звездным фотогидом. Лишь после этого подключается система точной наводки и автоматического слежения, уже без участия оператора. Сам поиск объекта осуществляется космонавтом визуально, а нацеливание на него визирной трубки — вручную, с помощью клавишных переключателей.

Визирная система представляет собой коллиматорный прицел, установленный на небольшой двухосной монтировке. Последняя связана электрически с монтировкой телескопа с помощью двух электро-механических приводов и грубой следящей системы с потенциометри-

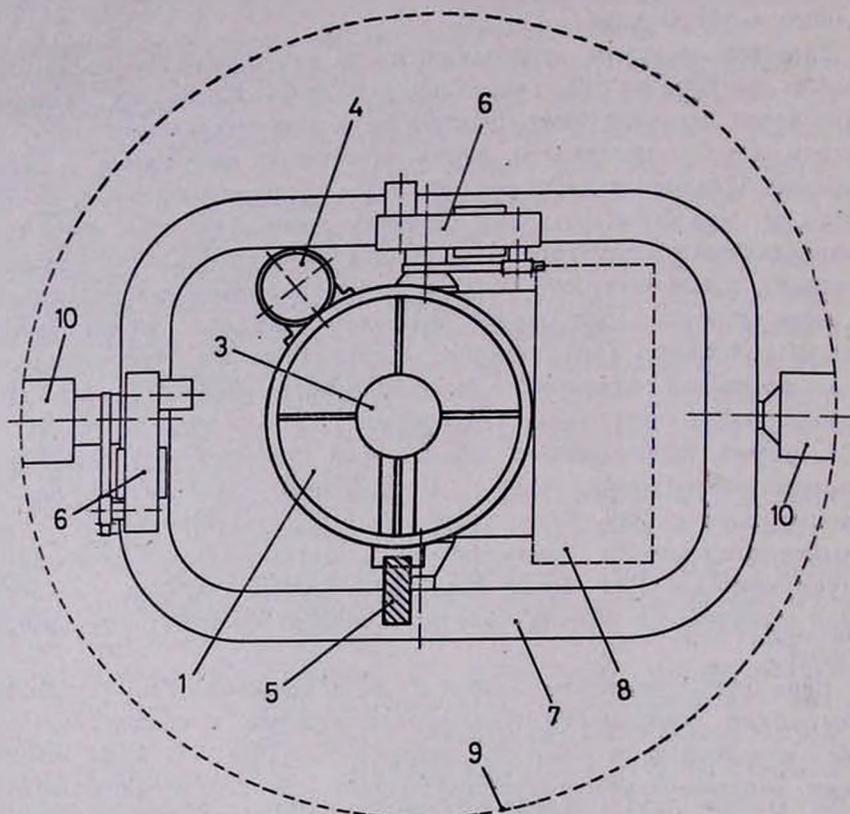


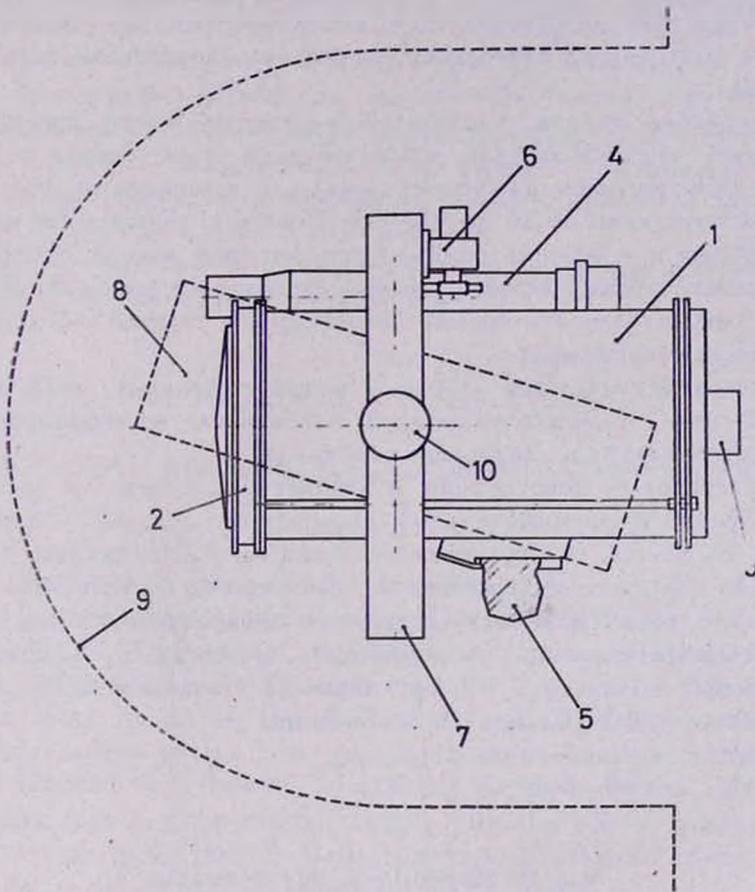
Рис. 1. Компановка и схематический вид обсерватории «Орион»: 1—телескоп лонского зеркала, 4—звездный фотогид, 5—кассета звездного спектрографа, 6—электрического прибора, 9—ниша на корпусе корабля, 10—посадочные места «Ориона»

ԴՎ. 1. «Օրիոն» աստղադիտարանի ընդհանուր տեսքը և գործիքային կազմը. 1. Աստղա-  
Ստղադիտարանի սպիռը, 5. Աստղային սպեկտրոգրաֆի կասետան, 6. Հեռանդ սիստեմի էլեկտրաշար-  
հորան տրեկերանավի մարմնի վրա, 10. «Օրիոնի» նստելատեղը խորանի մեջ:

ческими датчиками угла (подробности см. в [3]). Визир имеет две угловые скорости наведения — замедленную ( $15' \text{сек}^{-1}$ ) и ускоренную ( $1,5 \text{сек}^{-1}$ ). Зона обзора визира имеет квадратную форму со стороной  $35^\circ$ , поле зрения увеличительной трубки  $9^\circ$ , увеличение шестикратное, угловое разрешение  $1'$ .

Весь блок визирной системы установлен внутри орбитальной станции, перед одним из ее иллюминаторов, находящимся к тому же недалеко от ниши основной аппаратуры «Орион».

Визир и блок телескопа с монтировкой после установки на борт станции взаимно юстируются, с точностью около  $10'$ , на параллель-

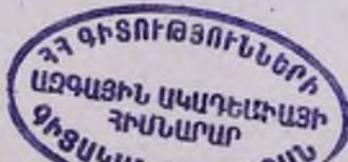


с бесщелевым звездным спектрографом, 2—оправа большого зеркала, 3—оправа матричных приводов следящей системы, 7—двухосная монтировка, 8—посадочное место за- в вине.

դիտակը ոչ նեղֆային սպեկտրոգրաֆով: 2. Մեծ հայելու նեցուկը: 3. Փոքր հայելու նեցուկը: 4. Ժիշենը, 7. Երկառաճեցֆային մեխանիկական սեղանը, 8. Լացցուցիչ գործիքի նստելատեղը, 9.

ность их оптических осей. Отработка рассогласования между главными осями обеих систем при штатной работе осуществляется по сигналам, поступающим от потенциометров, установленных на осях монтировки обоих блоков.

В составе „Ориона“ имеется еще бортовой пульт управления. Он выполнен в форме прямоугольной коробки сравнительно небольших размеров и установлен около визирной трубки. С помощью этого пульта управления космонавт осуществляет управление всеми си-



стемами „Ориона“, начиная с расчеховки и кончая транспортировкой кассет через шлюз. Само управление осуществляется путем выдачи команд как в автоматическом режиме, так и в ручном. Через пульт управления осуществляется также контроль за выполнением команд и контроль за состоянием аппаратуры средствами визуальной индикации.

В коробке пульта управления размещено также программное устройство, обеспечивающее автоматический цикл съемки от одной до пяти спектрограмм для одной звезды, в зависимости от ее яркости, с экспозициями от 10 до 810 сек. Вместе с тем имеется возможность работы и в ручном режиме, при котором можно сфотографировать спектрограмму звезды с любой экспозицией (не более 30 мин, т. е. продолжительности пребывания станции в теневой части орбиты) при помощи секундомера.

Аппаратура системы „Орион“ и его отдельные узлы прошли сбывчный цикл наземных испытаний, в том числе на вибропрочность, холодоустойчивость и вакуумные испытания.

В разработке конструкции и кинематических систем телескопа, спектрографа и вспомогательной аппаратуры „Орион“ принимали участие А. Кашин, Н. Аракелян, Э. Казарян, Р. Исаджанян, М. Арутюнян, А. Сарксян. Юстировка и фокусировка оптических систем „Ориона“, а также наземные испытания аппаратуры велись при непосредственном участии Г. Лорецияна, Дж. Оганесян, Р. Л. Оганесяна, Р. Епремяна. Аппаратура „Орион“ была изготовлена в СКБ „Астро“ под наблюдением Е. Сарьяна и Р. Бабаяна.

Филиал БАО по Космическим Исследованиям.

СКБ „Астро“

Գ. Ա. ԳՈՒՐԶԱԴՅԱՆ, Է. Ա. ԶԱՐԻՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՈՒՂԵԾՐԱՅԻՆ «ՕՐԻՈՆ» ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Քերվում է ուղեծրային «Օրիոն» աստղադիտարանի կոնստրուկցիայի օպտիկական և կինեմատիկական հանգույցների նկարագրությունը: Աստղադիտարանը տեղակայված է եղել «Սալլուտ» ուղեծրային կայանի վրա և նախատեսված էր առանձին աստղերի կարծալիք սպեկտրոգրամները ստանալու համար: «Օրիոն»-ը բաղկացած է Միրսենն տիպի հայելային դիտակից (տրամաչափը 280 մմ) և անճեղք սպեկտրոգրաֆից, հագեցած դիֆրակցիոն ցանցով: Սպեկտրոգրաֆի լուսանկարող հանգույցը ամրացված է անշարժ, իսկ սարքավորման ճշգրիտ տեղակայումը և ֆոկուսիրովկան իրականացվում է դիֆրակցիոն ցանցի հանգույցի տեղաշարժումներով: Այդ նույն հանգույցին

հաղորդվում է նաև ճոճական շարժում՝ սպեկտրոգրամները լայնացնելու նպատակով: Հիմնական դիտակի մարմինն և նրա առանցքին զուգահեռ տեղակայված է հետևող օպտիկական սխեման, որը նախատեսված է մինչև  $4^m$  աստղերին բռնելու և հետևելու համար: Հետևող օպտիկական սարքի կլբի մասը հերմետիկացված է: Հիմնական դիտակը տեղակայված է երկառանցք մեխանիկական սեղանի վրա, որը դիտակին հնարավորութուն է տալիս հետևելու նկարահանվող աստղին՝ պահանջվող ճշտությամբ: Ամբողջ դիտակը իր շարժական մասերով նախապես կապանքվում է վառողային ամրացուցիչների օգնությամբ, որոնք արձակվում են միայն այն բանից հետո, երբ արհեստական կայանը ուղեծիր է դուրս բերվում:

«Օրիոն»-ը ունի հատուկ տեսափող՝ դիտակը աստղի վրա ուղղելու համար, ինչպես նաև կառավարման փոքրիկ խցիկ:

G. A. GURZADYAN, E. A. HARUTYUNIAN

## THE ORBITAL ASTROPHYSICAL OBSERVATORY „ORION“

### S u m m a r y

A description is given of the construction, optical and kinematic parts of the astrophysical observatory „Orion“, installed in the orbital station „Salyut“. The „Orion“ consists of a mirror telescope of the Mersenn system with a light diametre of the large mirror 280 mm and a slitless spectrograph of the Wadsworth system with a diffraction lattice. The camera with a film gate is fastened firmly, the spectrograph is adjusted and focused by shifting the part of the diffraction lattice. The part is given elastic swings with the aim of enlarging the spectrogram up to 0.4 mm. A stellar photoguide designed to catch and guide stars up to  $4^m$  is fastened to the body of the telescope, parallel to its optical axis. The part of the modulator of the stellar guide is hermetically sealed. The telescope is mounted on a biaxial installation of the cardan suspension type. In flight the telescope is sealed by means of two separation charges to the body of the spaceship. The unsealing is effected after the station is put into orbit.

The „Orion“ is equipped with a sight system of guidance and an board control desk with programing device.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. А. Гурзаян, Сообщ. Бюраканск. обс., вып. 45, 5, 1972.
2. [В. И. Пацаев], Джульетта Оганесян, Г. А. Гурзаян, Сообщ. Бюраканск. обс., вып. 45, 20, 1972.
3. М. Н. Крмоян, А. В. Захарян, Ш. М. Арутюнян, Сообщ. Бюраканск. обс., вып. 45, 27, 1972.

В. И. ПАЦАЕВ | ДЖУЛЬЕТТА ОГАНЕСЯН, Г. А. ГУРЗАДЯН

### СПЕКТРОГРАММЫ $\alpha$ Lyra и $\beta$ Cep В ОБЛАСТИ 2000—3800 АНГСТРЕМ

Во время полета орбитальной станции „Салют“, пилотируемой космонавтами Г. Т. Добровольским, В. Н. Волковым и В. И. Пацаевым, было получено шесть спектрограмм  $\beta$  Cep (18 июня 1971 г.) и девять спектрограмм  $\alpha$  Lyra (21 июня 1971 г.) в диапазоне длин волн 2000—3800 А и со спектральным разрешением около 5 А на 2600 А.

Спектрограммы получены с помощью системы „Орион“, представляющей собой телескоп оптической системы Мерсенна со световым диаметром главного зеркала 280 мм, работающим в комбинации с бесщелевым спектрографом системы Уодсворда (рис. 1). Использована вогнутая дифракционная решетка с радиусом кривизны 500 мм,

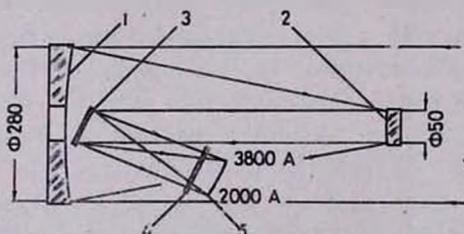


Рис. 1. Оптическая схема звездного телескопа со спектрографом „Орион“. 1—большое параболическое зеркало, 2—малое параболическое зеркало, 3—дифракционная решетка, 4—плоскопараллельная кварцевая пластинка, 5—фотопленка.

Նկ. 1. «Օրիոնի» աստղադիտակի և սպեկտրոգրաֆի օպտիկական սխեման. 1. Մեծ պարաբոլիկ հայելին, 2. Փոքր պարաբոլիկ հայելին, 3. Դիֆրակցիոն ցանցը, 4. Հարթ-զուգահեռ կվարցային սալիկ, 5. Ֆոտոմագապիկներ:

размерами заштрихованной части  $50 \times 55$  мм. Штрихи зачерчены на алюминиевом слое, нанесенном на стеклянную подложку. Число штрихов 1200 на 1 мм, а форма штрихов выбрана так, что в результате обеспечивается максимальная концентрация излучения около 2600 А. Дисперсия спектрографа 32 А/мм. При относительном отверстии 1:5 или эквивалентном фокусном расстоянии телескопа со спектрографом,

равном 1400 мм, угловой масштаб в фокальной плоскости камеры спектрографа получается 2,5 на 1 мм.

Спектрограф „Ориона“ рассчитан на получение коротковолновых спектрограмм звезд до 5<sup>m</sup> при получасовой экспозиции. Принцип работы „Ориона“ совместно с космонавтом, а также описание его конструкции и электронных систем приведены в [1—3]. Спектрограммы были получены фотографическим способом на перфорированной пленке шириною 16 мм, покрытой эмульсией типа УФС-4 [4].

Астрономические наблюдения с помощью системы „Орион“ ведутся только в теневой части орбиты. Подготовка к наблюдению начинается задолго до того как орбитальная станция входит в теневую часть орбиты. Сама подготовка заключается главным образом в том; чтобы сориентировать орбитальную станцию в нужном положении относительно звездного неба. Более определенно это означает, что в момент входа станции в тень Земли иллюминатор, перед которым стоит визирная трубка дистанционного наведения телескопа „Ориона“, должен быть направлен в сторону, например, созвездия Лиры, если данный виток орбиты намечен для получения спектрограммы  $\alpha$  Луга или какой-нибудь другой соседней с ней звезды. Дальше все происходит так, как это описано в [1, 2]. Манипулируя клавишами переключений, на эту звезду нацеливается визирная трубка так, чтобы она оказалась в ее центре с точностью  $\pm 0''5$ . Примерно через 5—6 сек после этого зажигается электрическая лампочка-индикатор на бортовом пульте управления „Ориона“, оповещающая о том, что звезда захвачена фотогидом (находящимся снаружи, на блоке телескопа) и автоматически установлена на его оптической оси. В этот момент нажатием кнопки на пульте пускается программное устройство, которое и программирует весь желаемый цикл получения спектрограмм с разными экспозициями.

В получении спектрограмм  $\alpha$  Луга и  $\beta$  Сеп принимал участие весь экипаж космической станции „Салют“. Обязанности при этом были распределены следующим образом: командир корабля Г. Т. Добровольский управлял ориентацией станции, стремясь удержать ее в нужном положении относительно небесных систем координат, бортинженер В. Н. Волков следил за бортовыми системами, а инженер-испытатель В. И. Пацаев непосредственно управлял работой системы „Орион“ через его визирную трубку и пульт управления.

Спектрограммы  $\alpha$  Луга и  $\beta$  Сеп получены с экспозициями от 10 сек до 6 мин. Все спектрограммы получены с расширением до размеров 0,4 мм. Однако в некоторых случаях, в особенности при длительных экспозициях, расширение оказалось в два-три раза больше расчетного. По предварительным данным это было вызвано кратковременным рас-

стройством (автоколебанием) одной из осей следящей системы в плоскости, перпендикулярной направлению дисперсии спектрографа.

После выполнения программы наблюдений кассета с отснятой фотопленкой была отцеплена от аппаратуры „Орион“ и доставлена внутрь „Салюта“ с помощью небольшого шлюза. Проявка и дальнейшая обработка пленки была осуществлена в наземных условиях уже после того как пленка была доставлена космонавтами на Землю с помощью спускаемого аппарата.

Важно отметить, что необходимые для построения характеристической кривой спектрограммы были сняты на кусках той же фотопленки, которая осталась неиспользованной внутри кассеты „Ориона“. Именно для этой цели была произведена перемотка, уже в конце работы, всей оставшейся в первичной кассете фотопленки на приемную кассету. Стандартные спектрограммы получены в лабораторных условиях сразу же после того, как пленка с „Ориона“ была доставлена на Землю. Благодаря этому была обеспечена полная однородность в физических параметрах (степень завуалированности, спектральная чувствительность, контрастность и т. д.) основной и стандартной пленок.

По-видимому, это требование — получение стандартных спектрограмм (или снимков) на кусках вернувшихся из Космоса фотопленок — следует считать необходимым и важным при подобных экспериментах, поскольку, как показал опыт „Ориона“, явление завуалированности для побывавших в космическом пространстве пленок неизбежно. После более чем двухмесячного периода пребывания во внеатмосферных условиях пленка „Ориона“ оказалась сильно завуалированной; плотность фонового почернения пленки УФШ-4 оказалась около 0,8—0,9. Причина образования вуали не совсем ясна, но очевидна роль гамма-излучения, которое могло возникнуть как вторичный продукт в результате взаимодействия первичных космических лучей с веществом.

Характеристические кривые построены по лабораторным спектрограммам от ртутной лампы, полученным через ступенчатый ослабитель. При измерениях использованы внефокальные изображения отдельных спектральных линий. Ввиду заметной выраженной зависимости наклона характеристической кривой от длины волны при измерениях основных спектрограмм было использовано несколько характеристических кривых для отдельных участков длин волн (рис. 2).

Уже беглый взгляд на проявленную пленку показывает, что, к сожалению, большинство спектрограмм  $\alpha$  Ly $\alpha$  ( $m_v = 0,14$ , спектральный тип Al V) и в особенности  $\beta$  Cen ( $m_v = 0,86$ , спектральный тип B3 II) оказались сильно передержанными, а следовательно, только их коротковолновые концы могут быть измерены. Однако имеются спектрограммы (хотя и немного) с нормальной по всей длине плотностью

почернения. На рис. 3 приведены образцы спектрограмм этих звезд, а на рис. 4 — микрофотометрические записи этих спектрограмм, снятые на саморегистрирующем микрофотометре МФ-4.

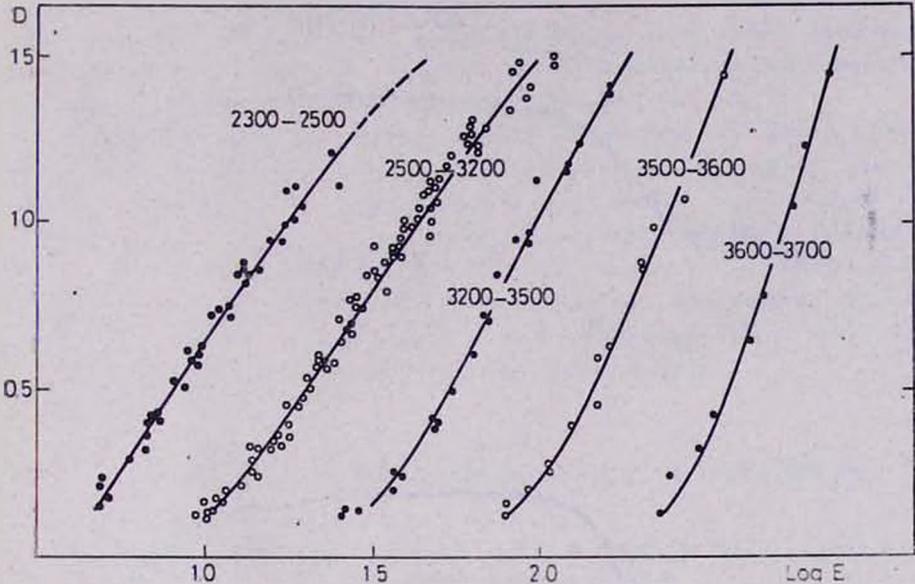


Рис. 2. Характеристические кривые фотопленки УФС-4, залежавшейся длительное время в космическом пространстве.

Նկ. 2. УФС-4 ֆոտոնագրափնի խառակտերիստիկ կորը:

Результаты измерения и, в частности, наблюдаемое распределение энергии в непрерывном спектре этих звезд в области 2000—3800 Å, будут приведены в другом месте. Здесь же ограничимся общими замечаниями. На спектрограмме, например,  $\alpha$  Lyr хорошо видны по-

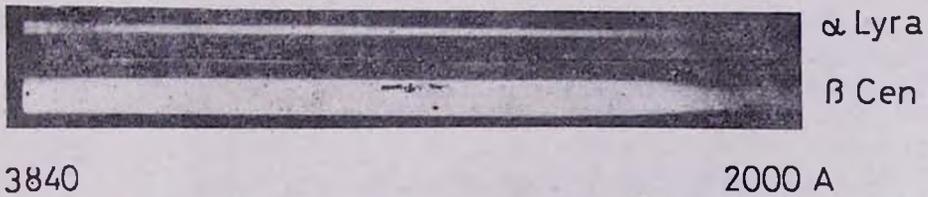


Рис. 3. Образцы спектрограмм  $\alpha$  Lyr и  $\beta$  Cen, полученные с помощью системы «Орион» в области длин волн 2000—3800 Å.

Նկ. 3. «Օրիոն» սարգավորման օգնությամբ  $\alpha$  Lyr և  $\beta$  Cen աստղերի համար ստացված սպեկտրագրամների նմուշներ՝ սպեկտրի 2000—3800 անգստերի հատվածում:

следние линии поглощения бальмеровской серии водорода (начиная с H8, H9 и далее). Виден бальмеровский скачок около 3650 Å. На всех спектрограммах  $\alpha$  Lyr хорошо видна, около 2800 Å, широкая линия поглощения — дублет ионизованного магнезия (2796 MgII и 2803

MgII). Довольно отчетливо выделяется также сравнительно интенсивная линия поглощения около 2500 Å и другие слабые линии в сторону коротковолнового конца спектрограммы.

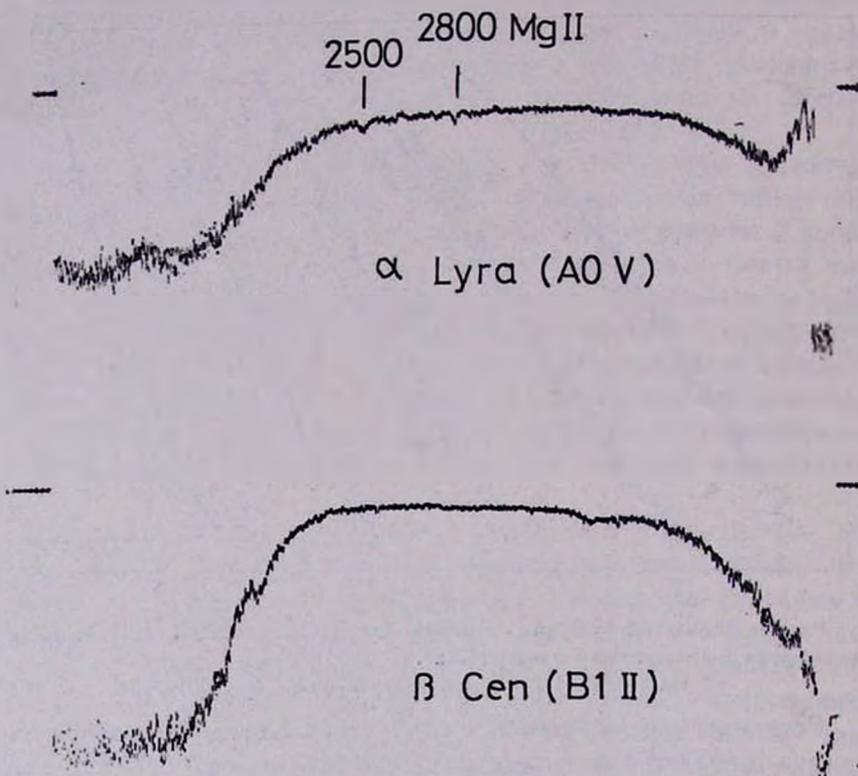


Рис. 4. Микрофотометрические записи спектрограмм α Lyra и β Cen.

Ֆի. 4. α Lyra և β Cen աստղերի սպեկտրագրամների միկրոֆոտոմետրիկ աղճակագրումների նմուշներ:

Выражаем глубокую благодарность А. Кашину и М. Крмоянцу за помощь, оказанную при подготовке программы наблюдений.

Филиал БАО по Космическим Исследованиям.

СКБ „Астро“

Վ. Ի. ՊԱՇԱԵՎ, ՋՈՒԼԵՏԱ ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Գ. Ա. ԳՈՒՐԶԱԴՅԱՆ

α Lyra և β Cen ԱՍՏՂԵՐԻ ՍՊԵԿՏՐՈԳՐԱՄՆԵՐԸ 2000—3800  
ԱՆԳՍՏՐԵՄ ԱՂԻՔՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

«Սալլուտ» ուղեծրային կայանի թռիչքի ընթացքում ստացվել է վեց սպեկտրոգրամ՝ β Cen և ինը սպեկտրոգրամ՝ α Lyra-ի համար սպեկտրի 2000—3800 անգստրեմ հատվածում: Սպեկտրոգրամները ստացվել են

«Օրիոն» ուղեծրային աստղադիտարանի օգնությամբ, որը տեղակայված էր «Սալյուտի» արտաքին մասում և կառավարվում էր տիեզերագնացի օգնությամբ:

Սպեկտրոգրամները ստացվել են լուսանկարչական մեթոդով լուսազդայուն ժապավենի վրա մոտ 5 անգստրեմ անշատող ուժով (2600 անգստրեմի վրա)։ Դիտումների ծրագիրն ավարտելուց հետո լուսանկարչական ժապավենը հասցվել է երկիր, որտեղ և տարվել է նրա հետագա մշակումը:

Բնութագրիչ կորի կառուցման համար անհրաժեշտ սպեկտրոգրամները ստացվել են լարորատոր պայմաններում և հիմնական ժապավենի շօգտագործված կտորների վրա: Այդ ժապավենը տիեզերական տարածության մեջ երկար մնալուց հետո (ավելի քան երկու ամիս), խիստ սևացել էր (սևացման խտությունը հասնում է 0.8—0.9): Բացի այդ ստացված սպեկտրոգրամների մեծ մասը նույնպես սևացել էին՝ զերլուսակայման պատճառով: Չնայած դրան, հաջողվել է շափազրել առավել հաջող սպեկտրոգրամները, որոնց վրա հայտնաբերվել են բավական լավ նկատելի կլանման գծեր:

[V. I. PATSAEV], JOULETTA OHANESYAN, G. A. GURZADYAN

## SPECTROGRAMS OF $\alpha$ LYRA AND $\beta$ CEN IN THE RANGE OF 2000—3800 ÅNGSTRÖMS

### S u m m a r y

When the orbital station „Salyut“ was in flight six spectrograms of  $\beta$  Cen (June 18, 1971) and nine spectrograms of  $\alpha$  Lyra (June 21, 1971) were obtained in the range of 2000—3800 Å. The spectrograms were received with the help of the observatory „Orion“ installed on the external surface of the „Salyut“ and remote-controlled by the spaceman from within.

The spectrograms were obtained by photographic means on a film with the spectral resolution of about 5 Å on 2600 Å. After completing the program of observations the cassette containing the film with the pictures taken was delivered to the Earth where the spectrograms were developed. The laboratory standards essential for plotting the characteristic curve were taken on pieces of films returning from space. After two months' orbiting in outer space the latter proved to be quite fogged (the density of the background blackening was 0.8—0.9). Most of the spectrograms of  $\alpha$  Lyra and  $\beta$  Cen obtained were overexposed. The paper carries specimens of microphotometric recordings of normal spectrograms. They indicate a number of absorption lines.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. А. Гурзядян, Сообщ. Бюраканск. обс., вып. 45, 5, 1972.
2. Г. А. Гурзядян, Э. А. Арутюнян, Сообщ. Бюраканск. обс., вып. 45, 12, 1972.
3. М. Н. Крмоян, А. Э. Захарян, Ш. М. Арутюнян, Сообщ. Бюраканск. обс., 45, 27, 1972.
4. В. М. Уварова, А. Н. Ошуркова, М. Р. Шпольский и др., Журнал прикл. спектр., 2, 475, 1965.

М. Н. КРМОЯН, А. Э. ЗАХАРЯН, Ш. М. АРУТЮНЯН

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ АППАРАТУРЫ „ОРИОН“

Обсерватория „Орион“ представляет собой связку из телескопа и фотогида, установленную со своей двухосной монтировкой на внешней стороне космического корабля „Салют“. Каждая из осей монтировки снабжена своим электромеханическим автоматическим приводом, управляемым как от визирного устройства, так и от индивидуального звездного двухкоординатного фотогида.

Электропитание обсерватории производится с борта космического корабля. Подключение всех механизмов обсерватории и управление ими также осуществляется с борта корабля, с помощью автономного пульта управления.

Блок-схема управления „Орион“ показана на рис. 1. С целью предохранения аппаратуры „Орион“ от вибрационных перегрузок она предварительно закрепляется с помощью пирочек. Расчеховка производится уже после вывода на орбиту с помощью пиросредств, путем нажатия специальной кнопки на пульте управления.

Наведение телескопа „Орион“ на нужную звезду производится визирным устройством, имеющим квадратное поле обзора со сторонами  $35 \times 35$  градусов. Описание принципа работы „Ориона“ с использованием визирной системы приведено в [1]. Привод визира выполнен на двигателях постоянного тока типа ДПМ и дает возможность наводки по двум координатам и с двумя скоростями —  $1^{\circ}5'$  и  $15'/\text{сек}$ .

Время экспонирования спектров звезд задается электромеханическим программно-временным устройством (ПВУ). Оно управляет протяжным механизмом спектрографа, открытием и закрытием затвора и механизмом расширения спектрограммы. Помимо ПВУ, те же операции можно выполнить и вручную с того же пульта управления. С него же производится ручное управление затвором фотогида. После окончания всех работ по фотографированию спектрограмм кассеты расчеховываются пиросредствами и транспортируются в кабину корабля. Все операции по управлению и наведению контролируются с пульта при помощи световой индикации.

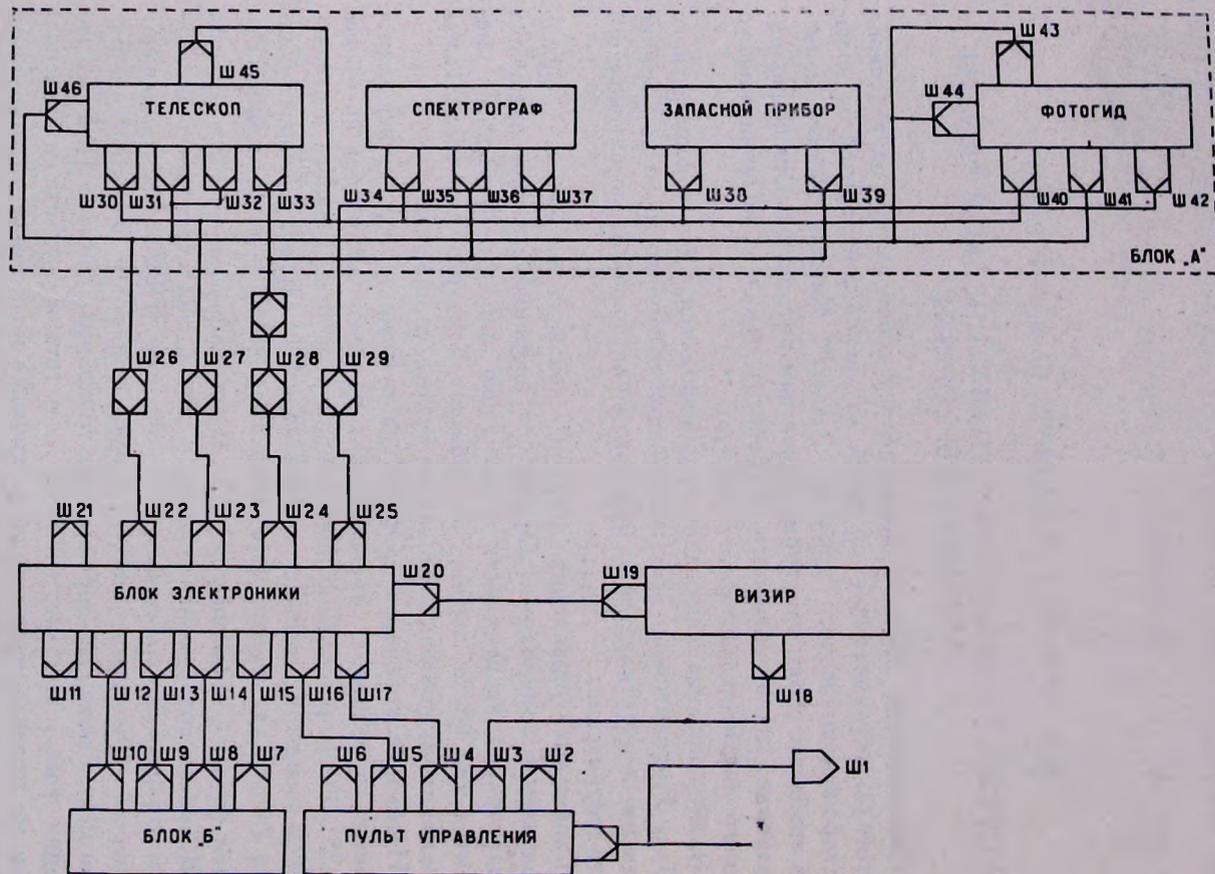


Рис. 1. Блок-схема системы «Орион».

Նկ. 1. «Օրիոնի» բլոկային սխեման:

Следящая система работает в двух режимах, полуавтоматическом (наведение) и автоматическом (слежение). После наведения визира на звезду вручную включается следящая система, которая согласовывает оси телескопа и визира с точностью 10 угловых минут. Датчиками углового рассогласования в этом режиме являются предезионные потенциометры, установленные на осях визира и монтировки, и включенные по мостовой схеме. После отработки рассогласования специальное устройство производит переключение следящей системы на работу от фотогида. В этом случае происходит захват фотогидом данной звезды и стабилизация оси телескопов с заданной точностью, т. е.  $\pm 15''$ .



Рис. 2. Блок-схема звездного фотогида.

Նկ. 2. Աստղային տվիչի բլոկային սխեման

Изображение звезды строится входным объективом на анализатор, представляющий собой зеркальный модулятор, затем через линзу поля на каскад фотоумножителя (ФЭУ). Сигнал от ФЭУ поступает через предварительный усилитель на резонансный усилитель, после чего на вход следящей системы. Имеется возможность изменять поле зрения фотогида, а в случае необходимости закрывать его.

Основные технические параметры фотогида следующие: световой диаметр — 68 мм; фокусное расстояние — 450 мм; поле зрения —  $2,5^\circ$ ; зона нечувствительности —  $5''$ ; частота сигнала — 150 гц; линейная зона —  $35''$ , область спектральной чувствительности — 3200—8000 А. Блок-схема следящей системы приведена на рис. 3.

Следящая система построена на базе двигателя постоянного тока. Для управления исполнительным двигателем применен принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Такой способ управления имеет ряд преимуществ перед непрерывным (высокий к. п. д., небольшие габариты и вес). При правильном выборе частоты переключений жесткость механических характеристик двигателя не уступает естественным характеристикам, а привод приобретает хорошие регулировочные свойства. Кроме того, при отсутствии сигнала якорь двигателя закорочен, что позволяет получить переходный процесс с малым перерегулированием.

Исследование динамических свойств импульсного привода с ШИМ, строго говоря, должно проводиться методами, применяемыми для импульсных систем. Однако, если выбрать частоту коммутации достаточно большой, то практически выполняются условия эквивалентности импульсной и непрерывной систем, сформулированные в теореме В. А. Котельникова [2]:

$$\begin{aligned} 0 \leq \omega \leq \omega_0 - \omega_{\text{ср}}, \\ \omega_0 \geq 2\omega_{\text{ср}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\omega_0 = 2\pi f$  — угловая частота коммутации,  
 $\omega_{\text{ср}}$  — угловая частота среза системы,  
 $\omega$  — угловая частота внешнего возмущения.

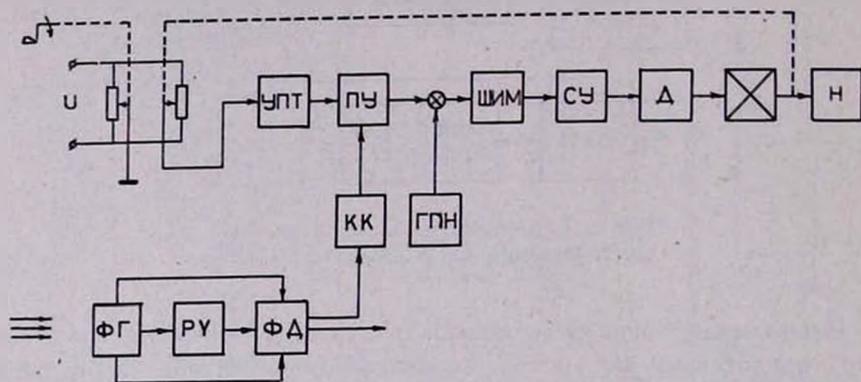


Рис. 3. Блок-схема следящих систем «Ориона» (Визир-телескоп и телескоп звезда).

Նկ. 3. «Օրիոնի» հետևող սիստեմի բլոկային սխեման (հեռադիրտակ-առադիրտակ և առադիրտակ-առադ)

В принципе системы с ШИМ нелинейны, но они с достаточной точностью могут быть рассмотрены как линейные, если все элементы, кроме импульсного звена, сами линейны [3, 4]. Таким образом, расчет динамики системы — устойчивость, точность, переходные процессы при малых отклонениях и т. д. — может быть проведен с помощью методов, разработанных для линейных непрерывных систем.

Порядок расчета системы в режиме слежения следующий. Сначала система рассматривается как непрерывная линейная и методом логарифмических частотных характеристик находится последовательное корректирующее устройство, обеспечивающее устойчивость и заданные динамические свойства системы. И лишь после этого методом динамического баланса исследуется влияние люфта редуктора на устойчивость системы.

На основании предъявленных к системе требований были построены желаемые логарифмическая амплитудная и фазовая частотная характеристики, а также амплитудная и фазовая частотная характеристики нескорректированной системы. Затем был произведен анализ последовательного корректирующего устройства.

Было выбрано пассивное корректирующее устройство интегро-дифференцирующего типа с передаточной функцией

$$W_k(p) = \frac{(0.7p + 1)(0.03p + 1)}{(6p + 1)(0.004p + 1)}. \quad (2)$$

Включение корректирующего устройства обеспечивает получение требуемых динамических свойств системы. На устойчивость системы могут оказать большое влияние нелинейности (люфты, насыщение, сухое трение в редукторе). Здесь, однако, ограничимся исследованием влияния наиболее значительных из них — люфтов, с целью выяснения возможности появления автоколебаний.

Исследование проводилось методом гармонического баланса. Установить возможность существования автоколебаний, а также определить их амплитуды и частоты, можно с помощью уравнения [5]:

$$W_1(j\omega) J\left(\frac{A}{\Delta}\right) + 1 = 0, \quad (3)$$

где  $W_1(j\omega)$  — передаточная функция линейной части системы  $J\left(\frac{A}{\Delta}\right)$  — эквивалентная амплитудная характеристика нелинейного элемента.

Обычно решение этого уравнения находят графическим путем. Для этой цели на комплексной плоскости строится амплитудно-фазовая характеристика линейной части системы и обратная эквивалентная амплитудная характеристика нелинейного элемента с обратным знаком. Если эти две характеристики пересекаются, то это значит, что существует действительное значение частоты, удовлетворяющее уравнению (3). Если же кривые  $W_1(j\omega)$  и  $J\left(\frac{A}{\Delta}\right)$  не пересекаются, то автоколебания в системе невозможны. Проведем эти построения для нашей системы (рис. 4), увидим, что в нашем случае под действием люфта автоколебания невозможны.

Экспериментальное исследование следящей системы заключалось в определении реакции на скачок (рис. 5). Перерегулирование получается больше расчетного из-за наличия насыщения в характеристике фотодатчика. Несмотря на это, система полностью удовлетворяет заданным показателям качества.

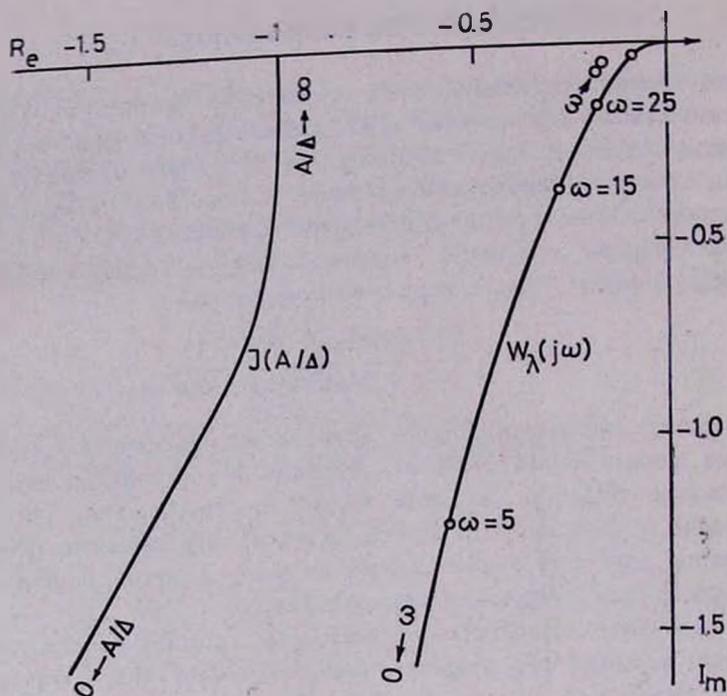


Рис. 4. Частотные характеристики линейной части следящей системы и нелинейного звена (люфта).

Նկ. 4. Հետևող սխեմայի գծային մասի և ոչ գծային օղակի հաճախականությունային բնութագիրը:

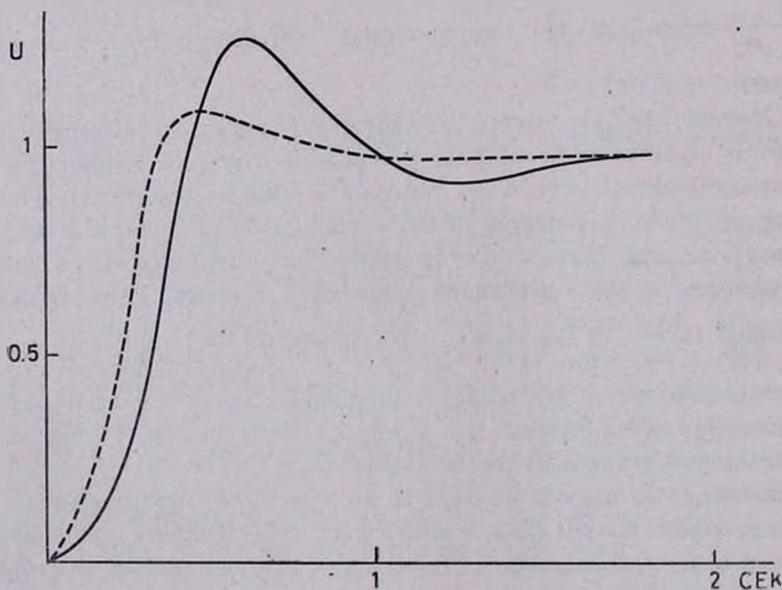


Рис. 5. Графики переходного процесса: сплошная линия — эксперимент, пунктирная линия — расчетный (ордината — напряжение в относительных величинах).

Նկ. 5. Անցումային պրոցեսի գրաֆիկը. հոծ գիծը — էմպիրիմենտը, ընդհատված գիծը — հաշվարկը (օրդինատում բերված է լարվածությունը կամայական միավորներով):

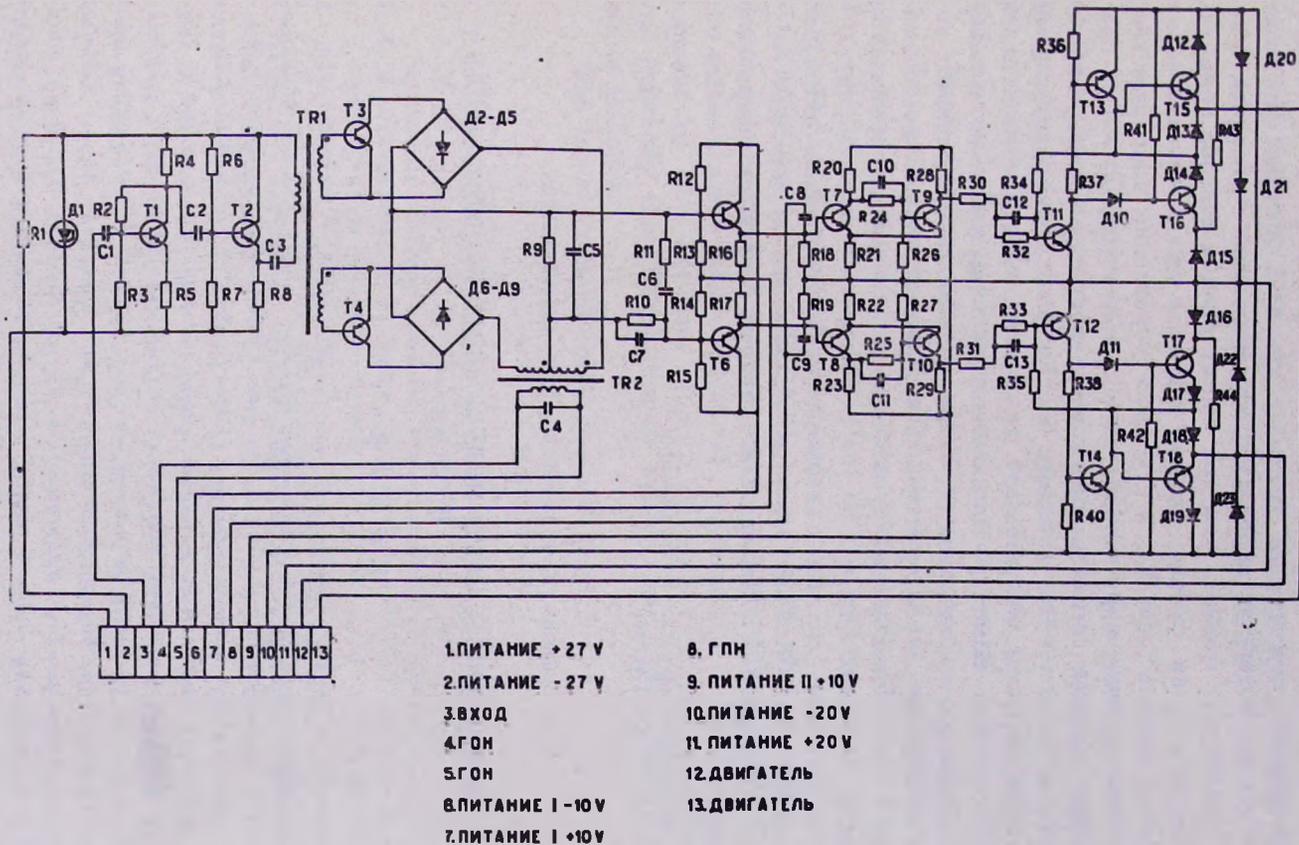


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема усилительной части следящей системы «Ориона».

Նկ. 6. «Օրիոն» սիստեմի ուժեղացուցիչային հանգույցի սկզբունքային էլեկտրական սխեման:

Принципиальная схема следящей системы приведена на рис. 6. Выходной каскад ( $T_{11} + T_{15}$ ) построен по мостовой схеме с несимметричным законом коммутации транзисторов. Как известно, при этом дополнительные потери в двигателе, обусловленные пульсацией тока якоря, значительно меньше, чем при симметричном способе коммутации. При отсутствии сигнала якорь двигателя закорачивается через насыщенные транзисторы  $T_{13}$  и  $T_{16}$ . Для управления выходным каскадом используется широтно-импульсный модулятор  $T_7 + T_{10}$ , преобразующий входной сигнал в последовательность импульсов неизменной частоты, длительность которых пропорциональна управляющему сигналу. Он построен по принципу сравнения на входе порогового элемента (триггера Шмидта) напряжения, пропорционального сигналу рассогласования с пилообразным. Схема надежна и обеспечивает хорошую линейность характеристики „вход-выход“, изменение скважности от 0 до 1. Резонансный усилитель и фазовый дискриминатор собраны по обычным схемам.

В разработке системы автоматического управления „Ориона“ принимали участие Ф. Хачатрян и С. Сагателян, а также В. Арутюнян, Р. Айвазян и Э. Мартиросян, которым выражаем искреннюю благодарность.

Филиал БАО по Космическим Исследованиям.  
СКБ „Астро“

Մ. Ն. ԿՐՄՈՅԱՆ, Ա. Յ. ՉԱԽԱՐՅԱՆ, Տ. Մ. ԱՐՄԵՆՅԱՆ

«ՕՐԻՈՆ» ՈՒՂԵԾՐԱՅԻՆ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ ԱՎՏՈՄԱՏ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՍԻՍՏԵՄԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բերվում է «Օրիոն» ուղեծրային աստղադիտարանի կառավարման և հետևելու էլեկտրական սիստեմի նկարագրությունը, այն է, հետևող օպտիկական սարքի, կառավարման խցիկի և մնացած էլեկտրական սարքերի աշխատանքի սկզբունքները և կառուցվածքը: Հիմնավորվում է լայնական-իմպուլսային սկզբունքի ընտրությունը ներկա դեպքի համար: Շարադրված է հաշվարկների մեթոդը, հարմոնիկ հաշվեկշռի սկզբունքով քննարկվել է լուսֆորի ալոհեցությունը սիստեմի կալունություն վրա: Բերված է ուժեղացնող սիստեմների սխեմաները, ինչպես նաև անցումային պրոցեսի կորը, հանված փորձնական ճանապարհով՝ մեկուսացված թռիչքի համար: Այդ կորը տարրերվում է հաշվայինից աննշան լափով, որտեղից հետևցնում ենք, որ ընտրված հետևող սիստեմը բավարարում է տրված տեխնիկական պահանջներին:

M. N. KRMOYAN, A. Z. ZAKHARYAN, SH. M. HARUTYUNYAN

## THE CONTROL SYSTEM OF THE AUTOMATIC OPERATION OF THE „ORION“ EQUIPMENT

### S u m m a r y

A description of the electric scheme of orientation and tracking of the „Orion“ system is given. The method of the operation of the system is set forth along with a description of the function of several parts: the photoguide, the control desk and the sight. Reasons for the choice of the method of pulse-width modulation are given.

Block diagrams of the whole system, the follow-up system and the photoguide are provided. The method of estimating the dynamics of the follow-up system is formulated concisely. A corrector is selected. Through harmonic balance the effect on the stability of the gap system in the reducer has been investigated.

A scheme of the amplifying part of the follow-up system with a detailed description of its function is provided. The paper also carries the experimentally taken curve of the transient process in the development of the unit-jump slightly differing from the calculated jump and indicating that the follow-up system meets the technical requirements assigned.

The basic technical conditions are given.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. А. Гурвадян, Сообщ. Бюраканск. обс., вып., 45, 5, 1972.
2. Л. Д. Панкратьев, Б. И. Петров, В. А. Полковников, В. П. Широков, Импульсные и релейные приводы с электромагнитными муфтами, М., 1970, стр. 22.
3. Л. Д. Панкратьев, И. Г. Паппе, Б. И. Петров, В. А. Полковников, Импульсные и релейные следящие приводы постоянного тока с полупроводниковыми усилителями, М., 1968, стр. 57.
4. Я. Э. Цыпкин, Теория импульсных систем, М., 1958, стр. 299.
5. Техническая кибернетика, под редакцией В. В. Солодовникова, книга III, часть I, М., 1967, стр. 337.

Г. А. ГУРЗАДЯН, ДЖУЛЬЕТТА ОГАНЕСЯН, Р. А. ЕПРЕМЯН

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КАЛИБРОВКА СПЕКТРОГРАФА “ОРИОНА”

Телескоп “Ориона” со спектрографом, предназначенный для получения коротковолновых спектрограмм звезд, перед установкой на орбитальную станцию “Салют” [1, 2] был энергетически откалиброван в своем рабочем диапазоне от 2000 до 3800 А. Цель калибровки — найти кривую относительной спектральной чувствительности всей оптической системы с приемником излучения в указанном интервале длин волн.

Оптическая система “Орион” состоит из следующих элементов [1]:

— Большое зеркало, покрытое алюминием.

— Маленькое зеркало (системы Мерсенна), покрытое алюминием.

Относительное отверстие мерсенновского телескопа 1:5.

— Вогнутая дифракционная решетка (относительное отверстие 1:5), число штрихов 1200 на 1 мм, нанесенных на алюминиевый слой. Решетка дает концентрацию на 2600 А. Оптическая схема спектрографа — Уодсворда. Угол падения светового пучка на решетку —  $18^{\circ}5$ .

— Плоскопараллельная кварцевая пластинка толщиной 2 мм, служащая в качестве светофильтра для устранения второго порядка спектра (область короче 1900 А).

— Фотоэмульсия в качестве приемника излучения типа УФС-4 [3].

Энергетическая калибровка осуществлена с использованием синхротронного излучения от электронного кольцевого ускорителя Ереванского физического института. Описание синхротронной установки, созданной специально для целей энергетической калибровки астрономической аппаратуры, основные характеристики синхротронного пучка, методика калибровки и пр. приведены в [4].

Сама калибровка осуществлена следующим образом. Аппаратура “Орион”, т. е. телескоп со спектрографом, целиком была размещена в вакуумной камере, находящейся в конце тракта синхротронной установки. Заранее кассета спектрографа была заряжена рабочей фотопленкой. После достижения нужного уровня вакуума в камере ( $\sim 10^{-3}$  мм).

была получена серия спектрограмм синхротронного излучения с различными экспозициями через входную диафрагму заданного размера, установленную перед главным зеркалом "Ориона". Характеристическая кривая была построена по спектрограммам, полученным на этой же пленке (УФС-4), но при помощи лабораторного кварцевого спектрографа.

Было построено четыре таких кривых, соответствующих разным диапазонам длин волн (рис. 1). Следует заметить, что наклоны этих кривых, построенные для свежей пленки УФС-4, заметно отличаются от наклонов характеристических кривых, построенных для того же типа пленки, но пролежавшей продолжительное время в космическом пространстве (см. рис. 2 в [1]).

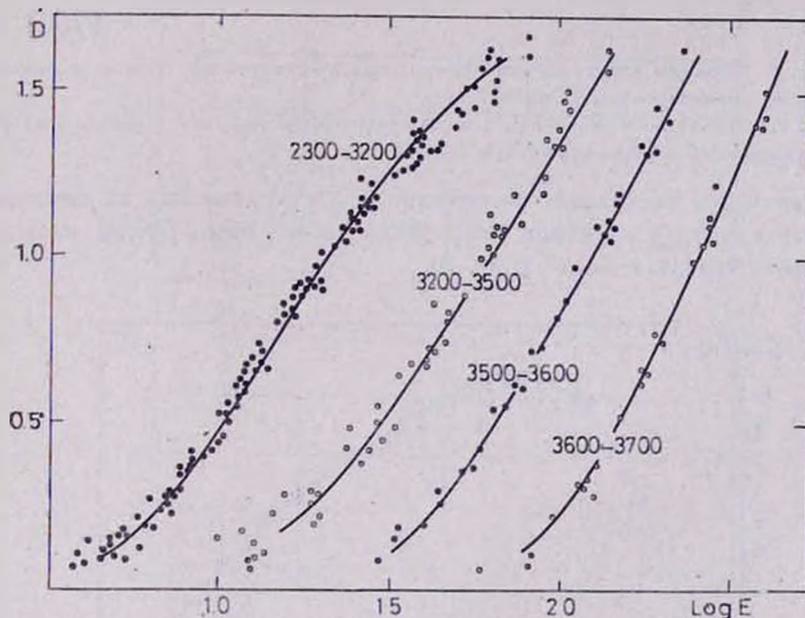


Рис. 1. Характеристические кривые пленки УФС-4 в разных диапазонах длин волн.

Նկ. 1. УФС-4 ֆոտոմապակների խառակտերիստիկ կորերը տարբեր ալիքային երկարության տիրույթներում:

Ввиду того, что дошедший до вакуумной камеры синхротронной установки поток излучения довольно велик (см. [4]), пришлось, с целью получения нормальных почернений на пленке, сильно задиафрагмировать входное отверстие телескопа до размеров  $2 \times 2$  мм даже при работе с экспозициями порядка нескольких секунд.

Образцы спектрограмм синхротронного излучения, полученные с помощью "Ориона", приведены на рис. 2.

В результате обработки четырех таких спектрограмм была получена кривая распределения непрерывной энергии в спектрограмме, зафиксированной на фотопленке, после прохождения синхротронного

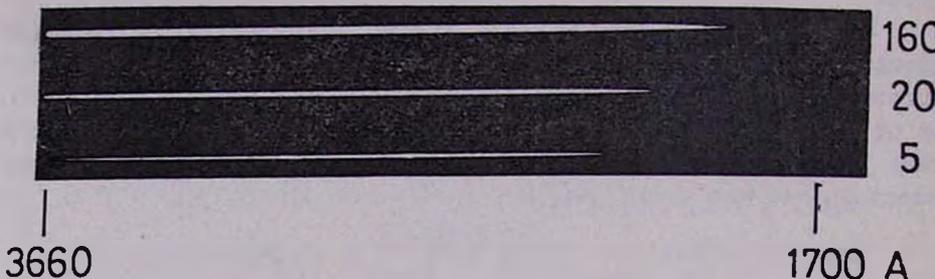


Рис. 2. Образцы спектрограмм синхротронного излучения, снятые с помощью телескопа со спектрографом „Орион“.

Նկ. 2. «Օրիոն» ամրադիտակի և սպեկտրագրաֆի օգնությամբ ստացված սինխրոտրոնի անընդմիջական սպեկտրագրամների նմուշներ:

излучения через все элементы оптики, и неисправленная за изменение чувствительности в заданном интервале длин волн. Будем называть эту кривую “наблюдаемой” (рис. 3).

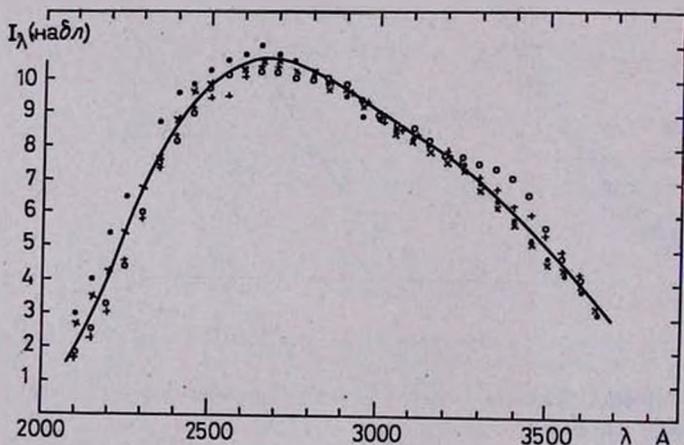


Рис. 3. „Наблюдаемое“ распределение энергии в спектре синхротронного излучения, полученное с помощью „Ориона“.

Նկ. 3. «Ռիտված» էներգիայի բաշխումը «Օրիոնի» օգնությամբ ստացված սինխրոտրոնի անընդմիջական սպեկտրում:

Относительная чувствительность комбинации оптическая система плюс эмульсия на данной волне определяется величиною  $\delta_\lambda$  и дается соотношением

$$\delta_\lambda = \frac{J_\lambda (\text{синхр.})}{J_\lambda (\text{набл.})}, \quad (1)$$

где  $J_\lambda$  (набл.) есть интенсивность (в относительных единицах) излучения в наблюдаемом спектре и на данной волне, а  $J_\lambda$  (синхр.) — интенсивность излучения (тоже в относительных единицах) в спектре источника, в данном случае в спектре синхротронного излучения. Последний известен довольно хорошо (подробности см. в [4]). Интересно заметить, что спектр синхротронного излучения в интересующем нас диапазоне длин волн (2000—3800 Å) практически не зависит от энергии и потока электронов и постоянен при всех режимах работы ускорителя; этот спектр представлен графически на рис. 4.

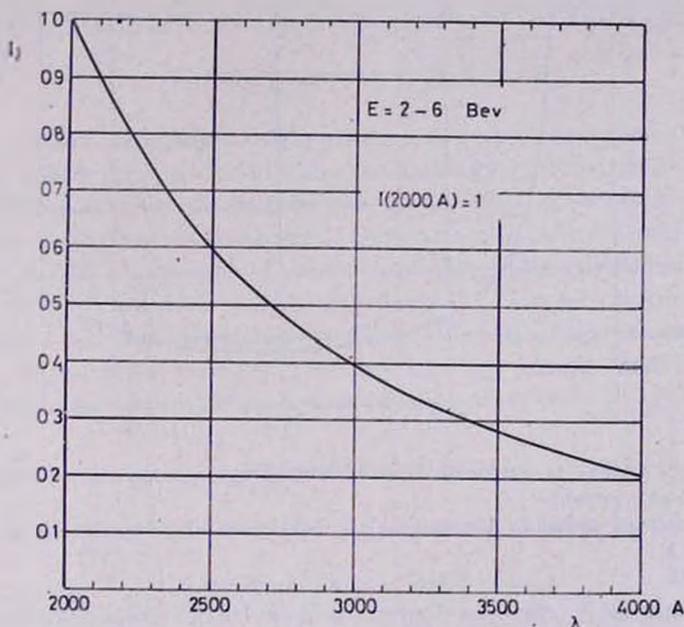


Рис. 4. Распределение энергии в спектре синхротронного излучения в интервале энергии электронов 2—6 Гэв (интенсивность излучения принята за единицу на  $\lambda = 2000$  Å).

Նկ. 4. Էներգիայի բաշխումը (կամայական միավորներով) սինխրոտրոնի ճառագայթման սպեկտրում էլեկտրոնների 2—6 միլիարդ էլեկտրոնովոլտ էներգիաների դեպքում:

Таким образом, нам известны  $J_\lambda$  (набл.) (рис. 3) и  $J_\lambda$  (синхр.) (рис. 4). С их помощью найдем из (1) относительную чувствительность “Ориона”, т. е. функцию  $\delta_\lambda$ ; она приведена графически на рис. 5 в произвольных единицах. Эта кривая приведена без поправок на астигматизм оптической системы и на расширение спектрограммы

Имея функцию  $\delta_\lambda$ , нетрудно найти истинное (относительное) распределение энергии в спектре любой звезды, спектрограммы которой

будут получены с помощью «Ориона» во внеатмосферных условиях. Для этой цели достаточно умножить наблюдаемую интенсивность на спектрограмме  $J_\lambda$  на величину  $S_\lambda$ , соответствующую данной волне.

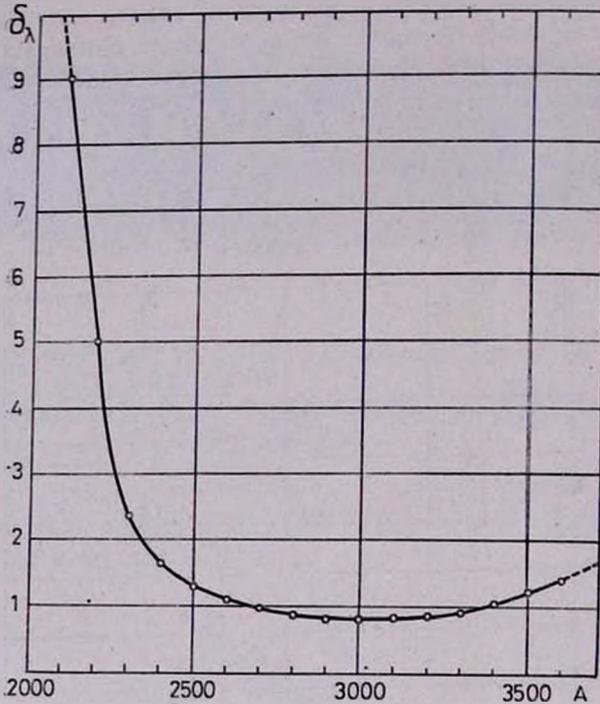


Рис. 5. Кривая относительной спектральной чувствительности системы «Орион» (редукционная кривая).

Նկ. «Օրիոն» սխեմայի հարաբերական սպեկտրալ զգայնության կորը (կամայական միավորներով):

Выражаем глубокую благодарность Р. Р. Атабекяну за помощь, оказанную во время работы на синхротронной установке, и Р. Х. Оганесяну, принимавшему активное участие в обработке спектрограмм.

Գ. Ա. ԳՈՒՐԶԱԴՅԱՆ, ԶՈՒԼԵՏԱ ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ռ. Ա. ԵՓՐԵՄՅԱՆ

«ՕՐԻՈՆ»-Ի ՍՊԵԿՏՐՈԳՐԱՆԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ՉԱՓԱԳՐՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

«Օրիոն» աստղագիտակը իր սպեկտրոգրաֆով հանդերձ, որը նախատեսված է առանձին աստղերի սպեկտրոգրամները ստանալու համար, նախքան

«Սալյուտ» տիեզերական կայանի վրա դնելը, ենթարկվել է էներգետիկ շափազման սպեկտրի 2000—3800 անգստրիմ հատվածում: Այդ նպատակով օգտագործվել է սինխրոտրոն ճառագայթումը, որը առաջանում է էլեկտրոնային օղակաձև արագացուցիչի աշխատանքի ընթացքում: Զափազման շնորհիվ գտնվել է «Օրիոն»-ի ամբողջ օպտիկական սխեմայի, ինչպես նաև օգտագործված լուսանկարչական ժապավենի հարաբերական սպեկտրայ կորը (նկ. 4), որը և օգտագործվում է աստղերի անընդհատ սպեկտրներում էներգիայի իրական բաշխման օրենքը որոշելիս:

G. A. GURZADYAN, JOULETTA OHANESYAN, P. A. YEPREMYAN

## ENERGY CALIBRATION OF THE „ORION“ SPECTROGRAPH

### S u m m a r y

The „Orion“ telescope with a spectrograph designed to obtain short-wave spectrograms of the stars, was energy calibrated in the range of 2000—3000 Å before its installation in the orbital station „Salyut“. Synchrotron radiation has been used from the electronic circular accelerator, with maximum energy of electrons 6 Bev. The calibration resulted in the curve of relative sensitivity of the entire optical system „Orion“ and the photoemulsion applied (Fig. 4). This curve may be used ever since to determine the law of the actual distribution of energy in the continuous spectrum of stars.

### Л И Т Е Р А У Р А

1. В. И. Пацаев, Дж. Б. Оцинесян, Г. А. Гурзидян, Сообщ. Бюраканск. обс., вып. 45, 20, 1972.
2. Г. А. Гурзидян, Э. А. Арутюнян, Сообщ. Бюраканск. обс., вып. 45, 20, 1972.
3. В. М. Уварова, А. Н. Ошуркова, М. Р. Шпольский и др., Журн. прикл. спектр., 2, 475, 1965.
4. Г. А. Гурзидян, Дж. Б. Оцинесян, Астрон. журнал, 48, 1289, 1971.

В. М. УВАРОВА, М. Р. ШПОЛЬСКИЙ, А. Н. ОШУРКОВА  
ДЖУЛЬЕТТА ОГАНЕСЯН, Н. В. УВАРОВА

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛЕНКИ УФС-4, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ В АППАРАТУРЕ „ОРИОН“

В настоящее время фотографические материалы, чувствительные к коротковолновому ультрафиолетовому излучению, широко применяются в различных областях науки и техники.

В Госниихимфотопроекте разработан ряд фотоматериалов для регистрации всего коротковолнового диапазона спектра, короче 3000 А, включая область мягкого рентгеновского излучения [1—3]. Эти фотоматериалы успешно использовались в ракетных экспериментах по изучению ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения Солнца [4—6].

*Фотографические характеристики пленки УФС-4.* В спектральной астрофизической аппаратуре „Орион“, предназначенной для исследования коротковолнового излучения звезд, использовалась фотопленка УФС-4. Эта пленка обладает достаточно хорошей чувствительностью в интервале длин волн 4000—1800 А и высокой разрешающей способностью ( $R = 130 \text{ лин./мм}$  в видимой области спектра). Здесь следует указать, что в ультрафиолетовой области спектра разрешающая способность пленки гораздо выше и обусловлена тем, что ультрафиолетовое излучение очень интенсивно поглощается фотослоем, а отражение от микрокристаллов галогенида серебра очень мало (не более  $10\text{--}15\%$ ).

Фотопленка УФС-4 обладает высокой концентрацией галогенида серебра в слое. Кроме того, часть желатины в фотослое заменена другими веществами для улучшения физико-механических свойств фотослоя. Последнее обстоятельство необходимо для фотоматериалов, работающих в глубоком вакууме: фотослой должен выдержать пребывание и перемотку при вакууме порядка  $10^{-9}$  мм ртутного столба без нарушения целостности эмульсионного слоя. В аппаратуре „Орион“ была использована пленка УФС-4 (эмульсия № 59) шириной 16 мм на триацетатной основе.

Абсолютная чувствительность пленки УФШ-4 в области длин волн 4400—2500 Å была определена в ГОИ на спектросенситометре ФСР-9. В спектральном интервале 4000—2500; Å она [практически постоянна и составляет 0,3 эрг/см<sup>2</sup> при плотности почернения  $D = 1,0$  и 0,06—0,08 эрг/см<sup>2</sup> при  $D = 0,3$ . На электронном микроскопе ЭМ-7 с применением метода угольных реплик был измерен средний размер эмульсионных микрокристаллов ( $d \approx 0,7$  мкм) и определена плотность упаковки микрокристаллов на единице поверхности эмульсионного слоя. Она составила  $\sim 2,5 \cdot 10^8$  микрокристаллов на 1 см<sup>2</sup>. По этим данным можно определить среднюю квантовую чувствительность единичного микрокристалла  $n_{mk}$  из соотношения

$$n_{mk} = 6 \cdot 10^{11} \frac{H_s}{h\nu \cdot N},$$

где  $H_s$  — экспозиция в эрг/см<sup>2</sup>;

$h\nu$  — энергия кванта в электрон-вольтах;

$N$  — число микрокристаллов на 1 см<sup>2</sup> поверхности фотослоя.

Фотопленка УФШ-4 во время длительного пребывания в аппаратуре „Орион“ могла подвергаться облучению заряженными частицами и  $\gamma$ -излучением. В связи с этим предварительно было определено влияние излучения на сенситометрические характеристики фотопленки УФШ-4. Образцы пленки облучались различными дозами гамма-излучения от источника  $Co^{60}$ , после чего экспонировались на спектрографе ИСП-22 (источник [излучения — ртутнокварцевая лампа ПРК-2). Фотообработка пленки производилась в проявителе Д-19 при 20°C в течение 5 мин. Найденные в результате измерений сенситометрические характеристики пленок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики фотосвойств пленки УФШ-4

Фотографические характеристики	Дозы в радах								
	0	0.3	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0
$S_{\lambda} = 2400$ Å отн. ед.	5.8	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	—
$\gamma$	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	—
$D_0$	0.09	0.14	0.16	0.22	0.28	0.34	0.42	0.54	0.92

Как следует из данных табл. 1, чувствительность фотослоя и коэффициент контрастности остаются практически неизменными, несмотря на увеличение дозы облучения от 0,3 до 3 рада. На образце пленки, облученной суммарной дозой в 5 рада, измерить  $S$  и  $\gamma$  не удалось из-за сильной фоновой вуали.

Радиационная стойкость пленки УФШ-4 обусловлена, по-видимому, двумя следующими факторами:

1. Фоновая вуаль распределена по всей толщине эмульсионного слоя, тогда как изображение при действии ультрафиолетового излучения образуется только в одном-двух элементарных слоях микрокристаллов.

2. Эмульсионный слой пленки УФШ-4 содержит значительно большее количество микрокристаллов, чем обычные фотоматериалы, поэтому выбывание в состав фона части эмульсионных микрокристаллов практически не сказывается на чувствительности фотослоя.

*Фотографическая обработка пленки УФШ-4, экспонированной в аппаратуре „Орион“.* Предварительный осмотр штатных пленок, находившихся в течение двух месяцев в „Орионе“, т. е. в условиях глубокого вакуума, показал, что эмульсионный слой не имел повреждений и не отслаивался от основы. Не были обнаружены также механические повреждения в перфорационных отверстиях после перемотки в условиях эксперимента. С целью установления плотности фоновой вуали, образовавшейся в результате воздействия ионизирующей радиации, были проведены испытания неэкспонированных отрезков штатной пленки. Одновременно проводились испытания пленки УФШ-4 архивного хранения.

Образцы пленок (штатной и архивной) обрабатывались в проявителе Д-19 в течение различного времени. Температура проявителя 20°С. Ниже, в табл. 2, приведены полученные данные о плотности вуали на пленке УФШ-4 (эмульсия № 59).

Таблица 2

Продолжительность проявления в мин	Архивная пленка	Штатная пленка
	$D_0$	$D_0 + D_f$
3	0.09	0.80
4	0.10	0.92
6	0.12	1.18
8	0.15	1.45

Как следует из данных, приведенных в табл. 2, штатная пленка имеет весьма высокую вуаль, порядка 0,9—1. Тот факт, что вуаль на пленке архивного хранения осталась практически неизменной, дает возможность заключить, что вуаль на штатной пленке обусловлена фоновым излучением.

Сопоставление данных, приведенных в табл. 1 и 2, свидетельствует о том, что штатные пленки были облучены суммарной дозой порядка 5 рад. В связи с этим возник вопрос о снижении плотности вуали на штатных пленках, возможно, без изменения чувствительности фотослоя.

Уменьшение плотности вуали можно осуществить двумя способами: сокращением продолжительности проявления и введением в проявитель Д-19 антивуалирующего вещества — бензотриазола.

Сокращение времени проявления до 3 минут привело к некоторому уменьшению плотности вуали (от 0,92 до 0,8) без падения чувствительности фотопленки. Значительно более эффективно снижает фоновую вуаль бензотриазол, введенный в проявитель Д-19. Однако при этом происходит некоторое уменьшение чувствительности фотослоя (~ на 30%).

В табл. 3 приведены полученные данные — зависимость фотографических характеристик пленки УФС-1 от условий фотографической обработки.

Таблица 3

Проявитель	Время проявл. в мин	Архивная пленка			Штатная пленка		
		$D_0$	$S_{0.3}$ отн. ед.	$\gamma$	$D_0$	$S_{0.3}$ отн. ед.	$\gamma$
Д-19	2	0.1	4.0	1.5	—	—	—
	3	0.1	6.0	1.5	0.9	—	—
	4	0.1	6.0	1.8	1.0	6.0	2.5
Д-19 + 15 мл бензотриазола	4	—	—	—	0.8	4.5	1.6
Д-19 + 30 мл бензотриазола	4	—	—	—	0.4	1.0	0.8

В связи с тем, что не были известны абсолютные потоки излучения от регистрируемых небесных источников, штатная фотопленка УФС-1 проявлялась в стандартном проявителе Д-19 в течение трех минут при 20°C и без примеси бензотриазола.

На основе вышеизложенного можно сделать следующее заключение:

1. Фотопленка УФС-1 выдержала пребывание и перемотку в условиях открытого Космоса в течение двух месяцев в спектральной аппаратуре „Орион“ без заметного изменения физико-механических характеристик слоя.

2. Несмотря на наличие сильного фона от ионизирующего излучения, чувствительность фотопленки к ультрафиолетовому излучению осталась практически неизменной.

3. В последующих экспериментах с пленками для регистрации ультрафиолетового излучения, когда они одновременно подвергаются облучению ионизирующей радиацией, можно рекомендовать использование проявителя Д-19 с введением в него бензотриазола для уменьшения плотности фона. Однако в этом случае вопрос об измерениях самих

негативов остается открытым до тех пор, пока не будет разработана методика фотометрирования пленок с искусственно подавленным фоном.

Авторы выражают благодарность Г. Н. Савальской, С. И. Уколову, Е. А. Малькову и В. Н. Сундуковой, принимавших участие в изготовлении, испытании и обработке штатных образцов фотопленки УФС-4.

Վ. Մ. ՈՒՎԱՐՈՎԱ, Մ. Ռ. ՇՊՈԼՍԿԻ, Ա. Ն. ՕՇՈՒՐԿՈՎԱ,  
ԶՈՒԼԵՏԱ ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ն. Վ. ՈՒՎԱՐՈՎԱ

«ՕՐԻՈՆՈՒՄ» ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ՄՓՄ-4 ԺԱՊԱՎԵՆԻ ԼՈՒՍԱՆԿԱՐՉԱԿԱՆ  
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Առանձին աստղերի կարճալիք սպեկտրոգրամները ուղեծրային «Օրիոն» աստղադիտարանի միջոցով ստանալու նպատակով օգտագործվել է ՄՓՄ-4 լուսազգայուն ժապավենը, որը ունի բավական լավ զգայնություն սպեկտրի 1800—4000 անգստրեմ հատվածում և բարձր անջատող ուժ։ Ապացուցվել է այդ ժապավենի օգտագործման հնարավորությունը տիեզերական տարածության մեջ ավելի քան երկու ամիս մնալուց հետո։ Չնայած առաջացած բավական թանձր ֆոնին, հիշյալ ժամանակամիջոցում ժապավենի զգայնությունը գրեթե չի փոխվել։ Չեն նկատվել նաև շատ թե քիչ նկատելի փոփոխություններ ժապավենի ֆիզիկո-մեխանիկական հատկությունների մեջ։

V. M. UVAROVA, M. P. SHPOLSKIY, A. N. OSHURKOVA,  
JOULETTA OHANESYAN, N. V. UVAROVA

AN INVESTIGATION OF THE PHOTOGRAPHIC  
CHARACTERISTICS OF THE FILM UFSH-4 USED  
IN THE „ORION“ EQUIPMENT

S u m m a r y

To get the spectrograms of particular stars with the help of the orbital observatory „Orion“ an adequately sensitive film of the UFSH-4 type, with high resolution capacity, has been used in the interval of wavelengths 4000—1800 Å. The possibility of prolonged orbiting of this film in the conditions of outer space (over two months) has been proved. The sensitivity of this film has practically remained unchanged over the past period despite the heavy foginess formed (with a density of about 0.8—0.9). No any appreciable changes in the physico-mechanical characteristics of the emulsion layer of the above film have been discovered.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. М. Уварова, М. Р. Шпольский и др., Изв. АН СССР, сер. физ., 26, 967, 1962.
2. В. М. Уварова, М. Р. Шпольский, ЖН и ПФ я К, 9, 286, 1963.
3. В. М. Уварова, А. Н. Ошуркова, М. Р. Шпольский и др., Ж. прикл. спектр. 2, 475, 1965.
4. И. А. Житник, В. В. Крутов и др., Космич. исслед., 2, 920, 1964.
5. Г. А. Гурзядян, ДАН Арм.ССР, 43, 28, 1966.
6. В. А. Иозенас, В. А. Краснопольский и др., Физика атмосферы и океана, 5, 149, 1960.