

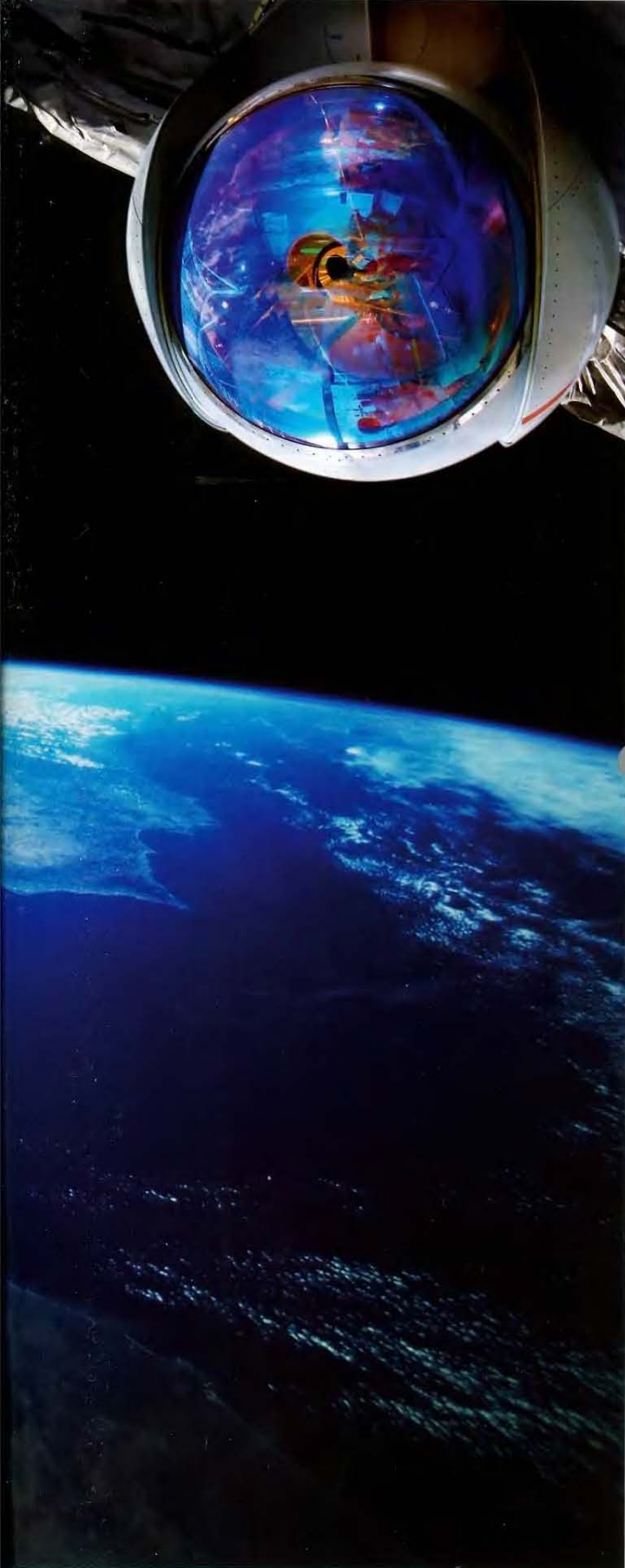


Любопытный ВЗГЛЯД ИЗ КОСМОСА

Идея использовать ракеты и космические аппараты (КА) для наблюдений за земной поверхностью возникла задолго до полета первого искусственного спутника Земли. По понятным причинам продвигали эту идею военные. Людям в погонах, далеким от романтики межпланетных путешествий, очень хотелось не просто заглянуть «за соседний забор», но и делать это регулярно. А по сравнению с классической аэрофотосъемкой спутники-шпионы сулили постоянное присутствие, всеохватность и недоступность воздействиям противника

Текст: Игорь Афанасьев, Дмитрий Воронцов





Трудно сказать достоверно, когда была сделана первая фотография из космоса. Во всяком случае первые документально зарегистрированные снимки земной поверхности были получены 24 октября 1946 года с помощью собранной в США А-4, запущенной с пусковой установки полигона White Sands в штате Нью-Мексико. Ракета поднялась на высоту 104,6 км, при этом фотоаппарат, стоящий на борту, снимал со скоростью 40 кадров в минуту. Пробыв в космосе всего несколько минут, А-4 разбилась при посадке. Фотоаппарат сохранить не удалось, но бронированная кассета с пленкой осталась цела. До сих пор чудом кажется короткий ролик, смонтированный из отдельных кадров и показывающий изогнутый горизонт и черноту космоса, попеременно мелькающие перед объективом вращающейся ракеты... До этого самыми "высотными" снимками Земли были фотографии, сделанные с аэростата Explorer II, поднявшегося в 1935 году на высоту свыше 22 км.

У нас работы в области космической съемки начались практически параллельно с американскими. Первая отечественная специальная космическая камера создавалась на основе аппарата для аэрофотосъемки. Однако

СЪЕМКА

реальные снимки из космоса в Советском Союзе были получены лишь летом 1957 года с помощью малогабаритного фотоаппарата АФА-39, поднятого ракетой на высоту около 120 км. Камера была разработана на Красногорском механическом заводе (КМЗ).

"Корона" против "Зенита"

28 февраля 1959 года на околоземную орбиту был запущен первый американский спутник-фоторазведчик, созданный по программе CORONA (открытое название Discoverer) с целью получения изображений земной поверхности (прежде всего территории СССР и Китая). Фотографии, полученные аппаратурой, разработанной фирмой Itek, возвращались на Землю в спускаемой капсуле. Реальная разведывательная аппаратура впервые была отправлена в космос летом 1959 года на четвертом аппарате серии, а первое успешное возвращение капсулы с отснятой пленкой было выполнено со спутника Discoverer 14 в августе 1960-го.

22 мая 1959 года вышло Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР № 569-264 о создании в СССР первого спутника-разведчика 2К ("Зенит") и, на его основе, пилотируемого корабля "Восток" (1К). В 1960 году на КМЗ началось проектирование аппаратуры "Фтор-2" для обзорно-картографической и детальной фотосъемки. К серийному выпуску приступили в 1962 году, а в начале 1964-го приказом министра обороны СССР № 0045 комплекс обзорной фоторазведки "Зенит-2" был принят на вооружение Советской армии. Так начиналась гонка "космических шпионов"...

Зеркала для чужих секретов

Но герой нашего рассказа – не сам спутник-разведчик, а его основной инструмент – фотоаппарат. Он, или, точнее, оптическая аппаратура, определяет рабочую орбиту и облик спутника, основное назначение которого – съемка земной поверхности.

Основа фотоаппарата – объектив. Конструктивно он может быть линзовым (рефрактор), зеркальным (рефлектор) и зеркально-линзовым.

Рефрактор представляет собой подзорную трубу, состоящую из последовательно расположенных двояковыпуклых линз, а рефлектор – из системы зеркал. Учитывая, что пространственное разрешение (говоря упрощенно, минимальный размер предмета, различимого на поверхности Земли) космической аппаратуры должно быть по возможности очень высоким, линзы рефрактора выполняются с большим фокусным расстоянием, что предопределяет их большие размеры. В конце 1960-х на КМЗ началась работа над созданием уникального объектива “Мезон-2А” с массой около 500 кг и диаметром линз 600 мм. По-видимому, это самый большой линзовый объектив, разработанный для применения в космосе. Линзы созданы по уникальной технологии, позволяющей соединить стекло и металл: образуется единая конструкция с общей силовой схемой. Сочетание “металл – стекло” обеспечивает жесткость и живучесть конструкции как на Земле, так и в космосе: линзы – не только оптические, но одновременно и силовые элементы конструкции. Объектив содержит восемь линз, выставленных друг относительно друга с погрешностью не более 1–2 микрон. По оценке специалистов, более крупный линзовый объектив создать уже нельзя – при дальнейшем увеличении диаметра внутренняя структура стекла “течет”...

Рефлектор концептуально проще и в простейшем случае состоит из параболического главного зеркала (в его фокусе создается действительное изображение объекта) и дополнительного плоского вторичного зеркала между фокусом и поверхностью глав-

ного зеркала (это так называемая схема Ньютона). Вторичное зеркало направляет световой поток на светочувствительный материал или в окуляр. Данная схема допускает больше компоновочных “вольностей”, а сам объектив получается легче и компактнее (в основном – короче) рефрактора. По сравнению с упомянутым выше линзовым объективом сопоставимый по характеристикам зеркальный объектив имеет массу всего 200–250 кг, а при размещении на КА компактность и малая масса – критически важные параметры. Учитывая эти обстоятельства, рефракторы не нашли применения в космической фотоаппаратуре.

А простота рефлектора обусловила его более низкую, по сравнению с рефрактором, стоимость. Размеры зеркал рефлектора не ограничены свойствами материала. К примеру, на “близких родственниках” – телескопе Hubble и американских разведывательных спутниках КН-11 – применяются зеркала диаметром около 2,4 м. Впрочем, зеркала рефлекторов “дешевы” только относительно. При их изготовлении используют слоистые композиции из кварцевого стекла и металла. Делались зеркала и из бериллия, отличающегося высокой термостабильностью формы, но дорогого и достаточно токсичного. Метровое зеркало с осно-

СЕКРЕТНАЯ КОРОНА

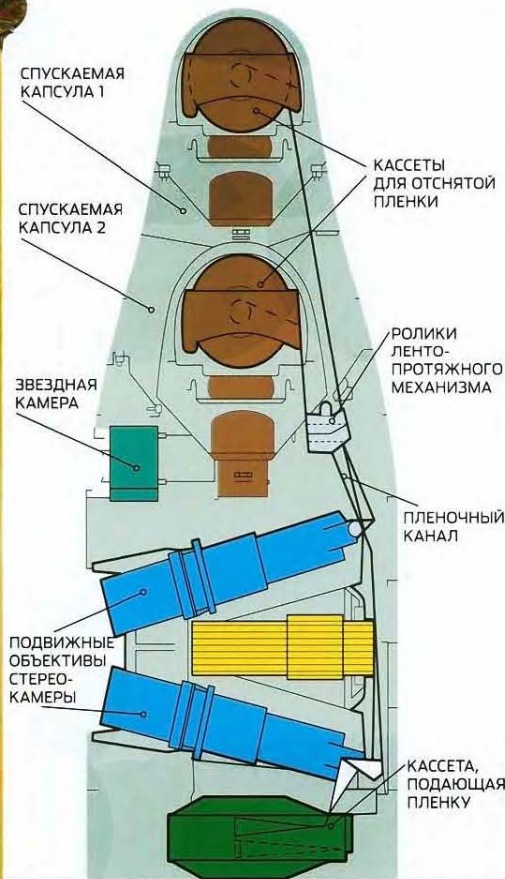
Спутники серии CORONA (индекс КН) были предназначены для съемки территорий СССР и Китая. Они запускались в интересах ЦРУ и ВВС США в 1959–1972 годах



СПУСКАЕМАЯ КАПСУЛА В таких капсулах, как на фото слева, отснятая пленка возвращалась на Землю

СПЕЦИАЛЬНАЯ ФОТОПЛЕНКА, которая применялась на спутниках КН, имела ширину 70 мм. В кассету заправлялось 9600 м пленки. Имея объектив с фокусным расстоянием 0,6 м, камера получала снимки с разрешением до 7,5 м. Спутники КН-4 несли на борту более совершенную оптическую систему с разрешением от 2,75 до 1,8 м

ПАНОРАМНАЯ СТЕРЕОКАМЕРА J-1 использовалась на спутниках КН-4А. Два подвижных объектива за одну экспозицию снимали полосу земной поверхности, при этом их оптические оси находились под углом 30° друг к другу



вой из углепластика стоит примерно €1 млн! А в целом цена оптической аппаратуры составляет как минимум 20% стоимости КА. Поэтому производить такие изделия могут лишь богатые и технологически развитые страны.

Фотошпионаж

В принципе, преобразовать оптическую картинку в изображение (на бумаге или экране телевизора/компьютера) можно разными способами – фотографическим, телевизионным или оптико-электронным (с помощью ПЗС-матриц). Сейчас последний кажется наиболее логичным, но не стоит забывать, что в 1950–1960-х оптико-электронных систем на базе приборов с зарядовой связью (ПЗС, англоязычное CCD – charge-coupled device) попросту не было: они появились в пригодном к использованию виде примерно в 1980-х.

Телевизионные системы, в которых изображение получалось в вакуумной электронной трубке типа “видикон”, “супервидикон” и т.п., оказались малопригодными для космической съемки земной поверхности из-за низкого разрешения, малой чувствительности и большой массы. Кроме того, передача изображения на Землю могла производиться только по радиоканалу, что создавало полвека назад известные трудности: полоса пропускания каналов спутника не справлялась с таким объемом информации. Вспомним телевизионные картинки весьма посредственного качества, напрямую передававшиеся на Землю телекамерами “Аполлона” с поверхности Луны...

Ко всему прочему по основным параметрам – пространственному разрешению и помехозащищенности – классические (аналоговые) фотоаппараты вне конкуренции: по

количеству информации на единицу площади датчика (пленки) они все еще превышают оптоэлектронику (хотя последняя подобралась уже совсем близко). Особенно при наличии качественной специальной пленки.

Таким образом, фотографирование исторически оказалось наиболее приемлемым способом наблюдения земной поверхности из космоса.

Можно ли увидеть звездочки?

Фотоаппаратура разведывательного спутника с учетом особенностей эксплуатации и назначения должна была отвечать ряду требований, подчас противоречивых.

ПРИ СВЕТЕ ДНЯ

Параметры орбит для разведывательных спутников подбираются специально. Например, для съемки нужен определенный уровень освещенности. Поэтому “шпионы” часто оббегают Землю по солнечно-синхронным орбитам, находясь большую часть года на свету: и для фотоаппаратуры благо, и солнечные батареи можно подзарядить постоянно. На таких же орбитах зачастую летают радиолокационные спутники: им освещенность не нужна, но требуется электроэнергия для “прожорливого” локатора.

Для обзорной разведки интересна полярная орбита (с наклоном 90°), она позволяет разглядеть всю поверхность Земли. Но на практике ее применяют редко, поскольку объектов, интересующих военных, в районе полюсов нет, а орбита не обладает полезными свойствами солнечно-синхронной. Часто орбиты спутников-шпионов эллиптические, с высотой перигея порядка 150–250 км, ведь чем ближе объект съемки, тем лучше разрешение. Естественно, перигей находится над самыми “вкусными” целями для разведки. Но в низком перигее растёт аэродинамическое сопротивление верхних слоев атмосферы, уменьшая срок жизни спутника. Для компенсации торможения увеличивают высоту апогея (до 600–700 км и выше), а также бортовой запас топлива. Например, топливо составляло около 40% массы спутника КН-11В!

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

История советских разведывательных спутников тесно связана с Красногорским механическим заводом (КМЗ), производящим оптику для космических фотокамер



ШАР СПУТНИКА “ЗЕНИТ” по форме идентичен спускаемому аппарату корабля “Восток” (слева)



ЗАДНИЙ ОТСЕК спускаемого аппарата спутника “Кобальт” с системой зарядки фотопленки (справа)



“КОБАЛЬТ-М” – серия современных российских спутников фоторазведки. Спускаемый аппарат спутника “Кобальт” строится вокруг объектива фотокамеры

Дело в том, что спутнику приходится вести два типа разведки: обзорную и детальную. Для первой высокое пространственное разрешение менее важно, нежели максимальный охват снимаемой поверхности. Здесь главное – увидеть картину (например, при обзоре театра военных действий) в целом. Напротив, для детальной фоторазведки чрезвычайно важно пространственное разрешение, требуемые значения которого составляют от 0,1–0,3 м до 1–2 м.

Разрешение в 30 см позволяет “увидеть” отдельно стоящего человека или отдельно лежащий кирпич. Разрешения в 1 м достаточно, чтобы отличить автомобиль от танка. А вот рассказы о том, что американские спутники-шпионы способны различать звездочки на погонах военных или считывать номера легковых автомобилей, относятся к разряду анекдотов. Для того чтобы пересчитать звездочки на погонах капитана, требуется разрешение примерно в 0,5 см, а номера легковых автомобилей не пишут на крышах машин. Вот определить название любого американского авианосца по снимку из космоса можно без проблем: номера кораблей обычно рисуют на палубах многометровыми цифрами!

Для увеличения детальности наблюдения наземных объектов увеличивается фокусное расстояние объектива.

ЛУННАЯ РАЗВЕДКА

В СССР первой задачей “настоящей” съемки из космоса стала разработка системы фотографирования обратной стороны Луны. 7 октября 1959 года аппаратура АФА-Е1 разработки КМЗ, установленная на автоматической межпланетной станции “Луна-3”, 40 минут вела съемку невидимой стороны Луны с расстояния 65 000 км. Полученная 35-мм пленка автоматически проявлялась прямо на борту КА, а негативные изображения лунного диска были отсканированы и спустя несколько дней переданы на Землю по радиоканалу. Промежуточная регистрация изображений на пленке дала возможность существенно сузить полосу частот сигнала за счет увеличения времени передачи снимка.

Чтобы обеспечить при этом компактность и небольшую массу аппаратуры, приходится применять объективы с изломом оптической оси, то есть менять направление вышедшего из объектива светового потока, пропуская его через систему призм или зеркал. Когда и эти резервы улучшения характеристик исчерпываются, приходится искать иные пути – например, снижать высоту орбиты КА. Но это уменьшает срок активного существования спутника из-за роста аэродинамического торможения. Чтобы снизить лобовое сопротивление за счет уменьшения миделя (наиболь-

шего по площади поперечного сечения КА), приходится менять компоновку – переходить к “горизонтальным” конфигурациям аппаратов, когда продольная ось спутника направлена по вектору скорости.

Дорогое удовольствие

Помимо прочего объектив космического фотоаппарата не должен деформироваться при переменных тепловых режимах. Для обеспечения стабильности теплового режима объективы фотоаппаратов закрываются крышками-блендами, которые убираются

НЕМЕЦКИЙ ШПИОН

Системы высокотехнологичной спутниковой разведки создаются в наши дни в Европейском союзе

СИСТЕМА SAR-LUPE,

включающая в себя пять разведывательных спутников, разворачивается на орбите властями Германии в интересах бундесвера. Задача спутников – радиолокационное сканирование поверхности Земли с высоким разрешением

ГЛАВНОЕ “ОРУЖИЕ” СИСТЕМЫ SAR-LUPE – радар с синтезированной апертурой. По договоренности с немецким правительством спутники запускаются российскими ракетами с космодрома “Плесецк”



только в момент фотографирования. Разумеется, фотоаппаратура должна обладать низким электропотреблением и высокой надежностью.

Но оптика – это еще не все. Необходимы затворные механизмы, кассеты с пленкой, механизм ее протяжки, а зачастую и отдельные возвращаемые капсулы для отснятого материала (чтобы не ждать спуска всего спутника). Не забудем, что спутник-разведчик движется относительно поверхности Земли со скоростью порядка 7,5–7,8 км/с, и если не принять мер, кадры просто “смажутся”. Для компенсации перемещения КА фотоаппарат оснащают специальными системами – вокруг фотообъектива вырастает целый комплекс устройств и механизмов.

В результате стоимость космического фотоаппарата приобретает поистине космический масштаб. Уже в 1960-х это стало серьезной проблемой, решение которой выдвинулось в многократном использовании дорогостоящих спутников и их начинки.

В СССР повторное использование практиковалось со времен внедрения КА “Зенит-4” и “Янтарь-2К”: фотоаппаратура встраивалась в спускаемый аппарат и, в зависимости от “жесткости” посадки, полностью или частично использовалась многократно. А в спутнике “Янтарь-2К” спускаемый аппарат вообще конструктивно объединялся с фотоаппаратом “Жемчуг-4”.

Лишь бы не было войны

За годы развития фотоаппаратура отечественных спутников дистанционного зондирования Земли достигла высокой степени совершенства. К примеру, для комплекса “Орлец” (“Дон”) был создан длиннофокусный фотоаппарат с уникальными характеристиками с зеркалом диаметром 900 мм облегченной конструкции. Как отмечали военные потребители информации, он буквально позволял снять “всю Европу одним махом!” Кадр пленки, полученный этой аппаратурой, имеет размеры 2,5x0,4 м; при этом на нем можно зафиксировать изображение поверхности площадью до 74 000 км², а за один сеанс съемки получить до 80 кадров. С учетом угловых разворотов спутника полоса обзора “Орлеца” достигала фантастических 1800 км! Кроме того, для новых разведывательных спутников были внедрены улучшенные фотопленки на основе тонкой эмульсии (разрешение оптического фотоаппарата зависит от размера кристалла светочувствительного материала).

Для пилотируемых орбитальных станций серии “Алмаз” разработки НПО машиностроения (в открытой печати известных как “Салют-2, -3, -5”) в Красногорске была создана аппаратура “Агат-1”, оборудованная телескопическим объективом с фокусным расстоянием 6,3 м и диаметром зеркала почти 1 м!

Кстати, в настоящее время на западном рынке через одну из российских компаний можно приобрести субметровые архивные снимки, сделанные в период с 1992 по 2001 год российскими КА детальной фоторазведки с разрешением 0,95, 1,56 и 2 м.

Фотоаппараты космического назначения сыграли важнейшую роль в обеспечении высшего политического руководства СССР и США достоверной и объективной информацией о состоянии стратегических вооружений и намерений друг друга. В итоге они помогли сохранить мир, не дав “холодной” войне перерасти в “горячую”.

Но, как бы ни был хорош пленочный фотоаппарат, его время уходит. Аналоговой аппаратуре, при всех ее достоинствах, свойственны низкая оперативность передачи информации на Землю и риск утраты отснятого фотоматериала. К тому же применение фотопленки лимитирует срок активной жизни КА: пленка закончилась – спутник-шпион превратился в бесполезную железку на орбите.

На смену пленочным аппаратам приходят лишённые указанных недостатков оптико-электронные системы. Конечно, пока они не дотягивают по разрешению, но очень быстро прогрессируют. Вспомним: еще пару десятков лет назад “моментальные” фотоаппараты Polaroid воспринимались как чудо техники. И где они сейчас?! **ИИМ**

ПРОДОЛЬНО ИЛИ ГОРИЗОНТАЛЬНО?

Обычно спутники-разведчики компонуются по двум основным схемам – вертикальной и горизонтальной. При вертикальной компоновке оптическая ось телескопа (или объектива) совпадает с продольной осью спутника, которая перпендикулярна вектору скорости и направлена к Земле. По такой схеме выполнялись советские спутники семейств “Янтарь”, “Орлец”. Горизонтальная компоновка (продольная ось спутника направлена по вектору скорости) более выгодна с точки зрения аэродинамики. Пример такой компоновки – американский фоторазведчик KH-4. Конструктивной основой спутника была ступень Agena: она выводила аппарат на орбиту и выполняла задачи приборно-агрегатного отсека, обеспечивая трехосную

ориентацию и стабилизацию, а также энергопитание и управление спутником. В передней части аппарата размещался отсек целевой аппаратуры, пленка сматывалась в две капсулы, размещаемые одна за другой в передней части спутника. А вот израильский ИСЗ Ofeq сконструирован по вертикальной схеме, но в едином корпусе, который представляет собой пространственную раму. Вкупе с миниатюрной аппаратурой это позволило создать спутник массой менее 300 кг! При этом “малютка” получает изображения земной поверхности с разрешением порядка 0,5 м, а срок службы Ofeq достигает 4–6 лет. Сравните с 18-тонным KH-11B, который может работать на орбите 7 лет – не намного дольше, чем крошечный Ofeq.

НИЗКООРБИТАЛЬНЫЕ СПУТНИКИ OFEQ (Израиль) запускаются ракетами-носителями “Шавит” также израильского производства. Первый пуск – 1988 год

