

# Камеры марсохода

*Александр Лакуша*

**Х**олодным ноябрьским утром 2011 года с космодрома имени Дж. Кеннеди, что расположен на мысе Канаверал во Флориде, стартовала очередная исследовательская экспедиция на Красную планету. Спустя восемь с половиной месяцев на поверхность Марса совершила управляемую мягкую посадку автономная передвижная научная лаборатория Curiosity, а попросту – марсоход. Аппарат обладает достаточно скромными габаритами (вписывается в комнату размерами 3,1×2,7×2,1 м) и весом 899 кг на Земле, или около 340 кг в условиях марсианского тяготения.

«Любопытство» (а так переводится имя марсохода) обеспечивается энергией с помощью комбинированной силовой установки, состоящей из комплекса солнечных батарей, генерирующих около 2,5 кВтч электроэнергии, но только днем, и батареи радиоизотопных элементов (использующих тепловой распад 4,8 кг Плутония-238), выдающих около 125 Вт электрической и 2 кВт тепловой энергии (что актуально в условиях марсианской ночи).

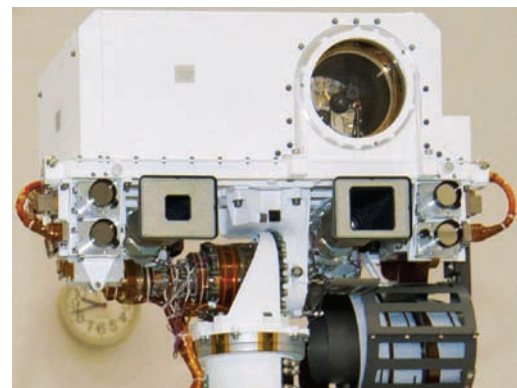
Встроенная литиево-ионная (Li-Ion) батарея обеспечивает дополнительной энергией, накопленной днем, системы марсохода в режимах повышенного потребления ночью, а также используется для стрельбы из лазерной пушки или во время сеансов связи с Землей. Напри-

мер, для усиления принимаемого слабого сигнала дециметрового диапазона применяется система Traveling Wave Tube Amplifier (TWTA), «сердцем» которой служит старая добрая лампа бегущей волны еще советского(!) производства. Во время своей работы TWTA потребляет до 175 Вт электроэнергии. Мощность же используемого для связи бортового передатчика дециметрового диапазона составляет более 100 Вт при потребляемых более 700 Вт.

Достаточные, но не безграничные энергетические возможности наложили свой отпечаток на конструктивные особенности автономной лаборатории и, в частности, на комплектацию научным оборудованием. Ведь даже перемещение марсохода по поверхности планеты осуществляется с помощью десяти небольших шаговых двигателей, шесть из которых установлены непосредственно в каждом колесе (колесная формула 6×6), а с помощью оставшихся четырех осуществляется поворот передних и задних пар колес. Единственным постоянным потребителем электроэнергии является пара бортовых компьютеров-близнецов (один резервный, на случай неполадок с основным) суммарной производительностью 400 MIPS, а все остальные приборы активируются или переводятся в спящий режим по программе. Планируется, что все системы аппарата исправно

проработают в течение одного марсианского года (около 686 земных суток).

В программе исследований Curiosity – изучение химического и биологического состава грунта, особенностей климата и свойств атмосферы Марса. Особенной ценностью в свете подготовки будущей экспедиции человека на Красную планету, обладают фото- и видеоматериалы, полученные с борта марсохода. Для этого у аппарата целых четыре «глаза»: спарка MastCam, MAHLI, MARDI – и все четыре были разработаны компанией Malin Space Science Systems. Камеры унифицированы по используемым компонентам, в том числе по модулям обработки RAW-изображения и блокам светочувствительных элементов – а это ПЗС KAI-202 производства компании Kodak, имеющие разрешение 1600×1200 и снабженные системой цветных микрофильтров RGB, расположенных согласно шаблону Байера.



*Блок камер MastCam*

MastCam – это пара камер с самыми широкими возможностями, расположенных на специальной телескопической мачте, чтобы их можно было поднять на максимально возможную высоту над поверхностью грунта. Одна из них – MAC (Medium Angle Camera – камера со средним фокусным расстоянием) – оснащена объективом с фокусным расстоянием 34 мм и углом поля зрения 15°. Другая камера – NAC (Narrow Angle Camera – длиннофокусная камера) – оснащена оптикой с фокусным расстоя-

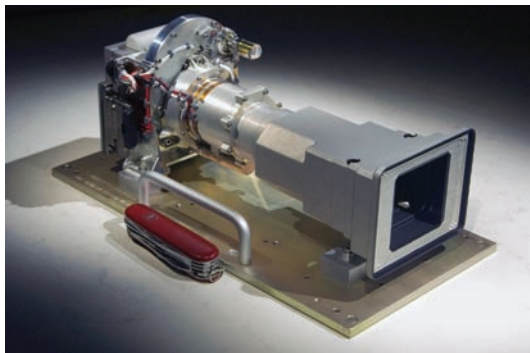


*Марсоход Curiosity перед полетом на Марс*

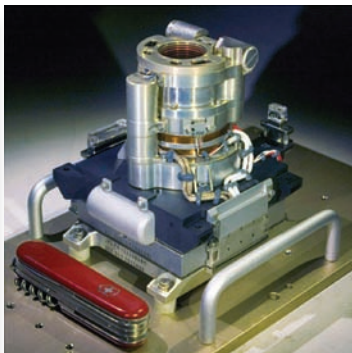
**VSN** VIDEO STREAM NETWORKS **ОДНО РЕШЕНИЕ**

для ВСЕХ ЗАДАЧ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА И ВЕЩАНИЯ

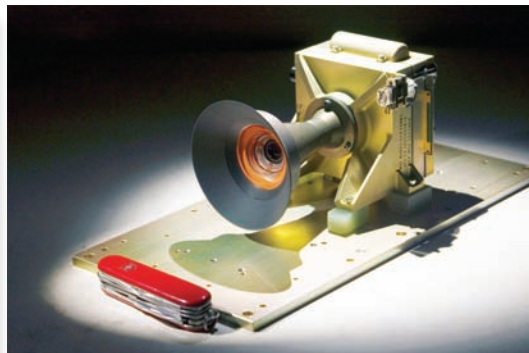
**digiton** systems  
официальный партнер VSN на территории РОССИИ и СНГ  
+7 812 324 66 42  
www.digiton.ru



Одна из камер MastCam



Камера MAHLI



Камера MARDI

нием 100 мм и углом поля зрения  $5,1^\circ$ . Объективы камер являются дискретными и снабжены средствами автоматической фокусировки, что позволяет фокусироваться на объектах, расположенных от камеры на расстоянии от 2,1 м до бесконечности. Кроме этого, каждая камера оснащена набором сменных цветных спектральных и ИК-фильтров. Фотосъемка осуществляется с полным разрешением  $1600 \times 1200$ , а видеосъемка – в формате  $1280 \times 720p10$  (10 кадр/с). Запись сжатых кодом JPEG фотоматериалов или видео в формате RAW осуществляется на встроенную flash-память объемом 8 ГБ для каждой из камер, достаточным для хранения более 5500 фотоизображений или до 9 минут видео. Еще одной интересной особенностью системы камер MastCam, нашедшей практическое применение, является способность склеивать кадры в панораму. Сформированные таким образом изображения выглядят ничуть не хуже тех, что могли бы быть получены с помощью одной камеры, но с большим разрешением.

Камера MAHLI закреплена на подвижной роботизированной руке марсохода. Ее назначение – макросъемка с близкого расстояния фактуры горных пород и частиц грунта с разрешением до 14,5 мкм, для чего она оснащена объективом с переменным фокусным расстоянием 18,3...21,3 мм и углом поля зрения  $33,8^\circ \dots 38,5^\circ$ . Съемка может производиться не только при пониженном уровне освещения, но и ночью – благодаря светодиодной белой или

ультрафиолетовой подсветке. Под воздействием ультрафиолетового излучения в некоторых карбонатных минералах и пирите возбуждается свое, вторичное излучение в видимом диапазоне света. Наличие таких минералов в марсианской почве послужит доказательством того, что в формировании поверхности Марса активное участие принимала вода. Сжатые в JPEG или RAW фотоизображения также записываются на встроенную flash-память.

А вспомогательная обзорная камера MARDI (угол поля зрения объектива  $90^\circ$ ) расположена непосредственно на корпусе марсохода. Во время спуска аппарата на поверхность Марса, примерно с высоты в 3,7 км, камера производила периодическую, с частотой 5 кадр/с, фотосъемку. «Фотосессия» длилась около 2 минут и закончилась практически у самого грунта, на высоте примерно 5 м. Полноцветные фотоизображения разрешением  $1600 \times 1200$  (время экспозиции 1,3 мс) позволили различить объекты, имеющие размеры 1,5 м, с расстояния в 2 км. MARDI, как и остальные ее «сестры», также имеет 8 ГБ памяти, достаточные для сохранения более 4000 снимков окружающего рельефа местности в месте посадки.

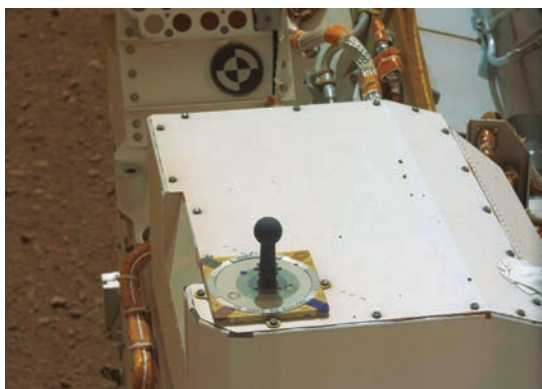
Как показали первые результаты проведенных фото- и видеосъемок, создатели марсохода не ошиблись при выборе разрешения камер, ограничившись вполне тривиальными двумя мегапикселями. Главным фактором, ограничивающим разрешение, стала низкая скорость передачи данных, доступная при отправке изображений на Землю, а также то, что таково было требование спецификаций, утвержденных еще в 2004 году. Используемые камеры позволяют фиксировать панорамные изображения высокого разрешения, но только 2D, а не 3D, которые хотел бы получить, например, кинорежиссер Джеймс Кэмерон. Воплощение в металле таких сложных проектов, как экспедиция автономной лаборатории на Марс, требует ощутимых затрат времени и средств, и не позволяет по ходу дела менять спецификации.

Из трех штатных способов передачи информации на Землю, доступных для аппара-

та Curiosity, только передатчик дециметрового диапазона может быть использован для отправки того количества данных, что содержится в изображениях. Но не непосредственно на Землю, а транзитом, используя для этого мощности двух спутников, обращающихся на орбитах вокруг Марса. Таким способом на Землю в день приходит порядка 250 Мбит информации, содержащей не только изображения, но и телеметрические данные с других бортовых приборов. Благодаря принятию еще на стадии проектирования осознанного решения об унификации применяемых на борту марсохода видеокамер, конструкторам компании Malin Space Science Systems не пришлось тестировать и готовить их по отдельности, индивидуально. В результате, как подтвердила практика, данное решение оказалось более надежным и менее дорогим.

Справедливости ради стоит отметить, что специально для марсохода создавались камеры с объективами с переменным фокусным расстоянием. Отказ от использования этих объективов в проекте означает, что 3D-видеоматериал, на получение которого так надеялась команда разработчиков и исследователей, так и не будет получен. У перспективных объективов с переменным фокусным расстоянием 6,5...100 мм обнаружилась «ахиллесова пята» – проблемы, вставшие на пути использования жидкой смазки в условиях марсианской атмосферы, характеризующейся малым атмосферным давлением и чрезвычайно низкими температурами. На момент разработки объективов, то есть семь лет назад, у этой проблемы не нашлось решения.

Знаменитый кинорежиссер Джеймс Кэмерон входил в рабочую группу экспертов, занимавшихся вопросами получения изображений с борта марсохода. Своими постоянными разговорами о 3D-видео, которое может снять Curiosity, перемещающийся среди марсианского пейзажа, он смог убедить руководство NASA возобновить работы над стереокамерой для марсохода. К сожалению, даже энергии неутомимого Кэмерона не хватило, чтобы завершить все работы в срок...



Кадр, снятый одной из камер MastCam