

МИКРОСКОП-СПЕКТРОМЕТР ПРОЕКТА «ФОБОС-ГРУНТ»

*О.И. Кораблев¹, А.В. Бондаренко², А.Ю. Иванов¹, О.Е. Козлов¹,
В.А. Котцов¹, А.Б. Ульянов¹, Ж.-П. Бибринг³, Ж.Ж. Фурмонд³*

¹ Институт космических исследований Российской академии наук, Москва

² ООО «Растр Технолоджи», Москва

³ Институт космической астрофизики, Франция

Одной из основных задач проекта «Фобос-Грунт» является изучение грунта в месте посадки спускаемого аппарата (СА). Для реализации этой задачи СА планируется оснастить манипулятором с целым набором специальных инструментов. Одним из таких инструментов является микроскоп-спектрометр. Для расширения функциональных возможностей камера оснащена набором светодиодов с разной длиной волны излучения, что преобразует ее в спектрометр. Манипулятор помещает образец грунта на предметное стекло перед объективом микроскопа и наблюдения производят при последовательном включении диодов с разной длиной волны. Это позволяет наблюдать компонентный состав частиц, составляющих образец грунта, и их спектральные характеристики отражения для пяти спектральных зон излучения.

Main aim of Phobos Grunt mission is studying of soil at the landing place. Therefore, lander will be equipped with manipulator and special pack of instruments. One of them is microscope-spectrometer. To extend function possibilities camera provided with set of LEDs with various emission wavelengths that allow spectrometer studies. Manipulator moves soil probe on microscope object glass. Sequential measurements take place with various LEDs. As a result, component analysis of soil particles and obtaining spectral characteristics for five wavelengths can be made.

Одной из основных задач космического проекта «Фобос-Грунт» является изучение грунта в месте посадки на поверхность спутника Марса — Фобоса. Для реализации этой задачи спускаемый аппарат планируется оснастить манипулятором с целым набором специальных инструментов для научных исследований, в том числе средствами наблюдения.

Один из таких инструментов — микроскоп — позволяет наблюдать детальную структуру поверхности. Для более

эффективного распознавания минералогического состава используется микроскоп-спектрометр. Для такого расширения функциональных возможностей (преобразования в спектрометр) видеокамера микроскопа оснащена набором светодиодов с разной длиной волны излучения. Для оценки спектральных характеристик выбраны пять зон спектра со следующими эффективными длинами волн: 505, 600, 670, 750 и 880 нм. Последовательное освещение образца грунта светодиодами с разной длиной волны излучения позволяет получить набор оценок отражения, который характеризует оптические свойства, связанные с природой грунта.

Микроскоп-спектрометр закреплен вблизи манипулятора. Входная оптика имеет сапфировое предметное стекло, положение которого жестко фиксировано в плоскости фокусировки наблюдаемого объекта и термостабилизировано.

Конструкция оптической части выполнена из титана в виде конуса, в его крайней узкой части закреплено сапфировое стекло. Внутри конуса, вокруг микрообъектива, размещены светодиоды, распределенные симметричными группами по три. При разработке осветителя ставилось требование равномерности освещения и отсутствия зеркальных отражений. Внешний вид прототипа микроскопа-спектрометра представлен на рис. 1. В передней входной части микроскопа на изображении виден конусообразный экран вокруг объектива, в котором размещены светодиоды.

Механическая конструкция загрузчика с двигателем должна обеспечить прижим

Рис. 1. Технологический образец микроскопа-спектрометра со светодиодами в конусообразной части вокруг объектива



и удаление образца грунта. В процессе разработки было рассмотрено несколько вариантов технологии загрузки и удаления грунта. Были предложены шнековый и щеточный варианты, вертикальное и горизонтальное размещение оси привода, применение разных материалов для сметания грунта. Разработаны варианты загрузочно-сметающего устройства, которые учитывают технологию взаимодействия с манипулятором и очень незначительную силу тяжести на поверхности Фобоса. Одна из предложенных схем с горизонтальным размещением микроскопа показана на рис. 2.

В фотоприемной части камеры микроскопа использована матрица ПЗС фирмы Томпсон. Применение твердотельного фотоприемника обеспечивает совмещение яркостной видеоинформации соответствующих точек в последовательности изображений, полученных при наблюдении в разных зонах спектра.

Прибор включается при подаче питания. Блок электроники управляет заданной последовательностью выполнения операций. Информация накапливается в буферной памяти прибора, может храниться и считываться для передачи в заданное время сеансов связи.

Процесс наблюдений осуществляется следующим образом. Манипулятор выбирает пробу на заданном участке по-

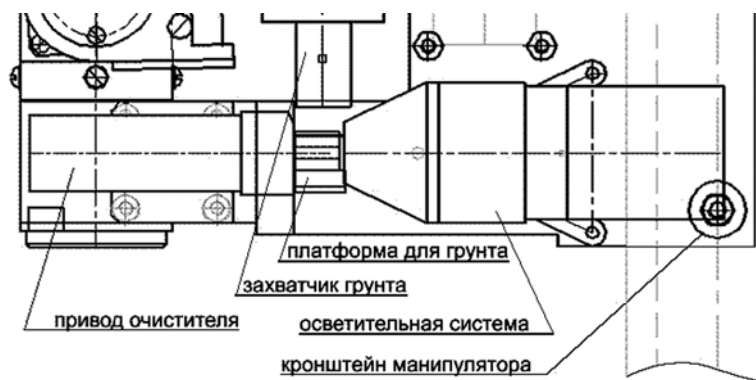


Рис. 2. Вариант горизонтального расположения микроскопа с платформой для размещения проб грунта и приводом очистителя

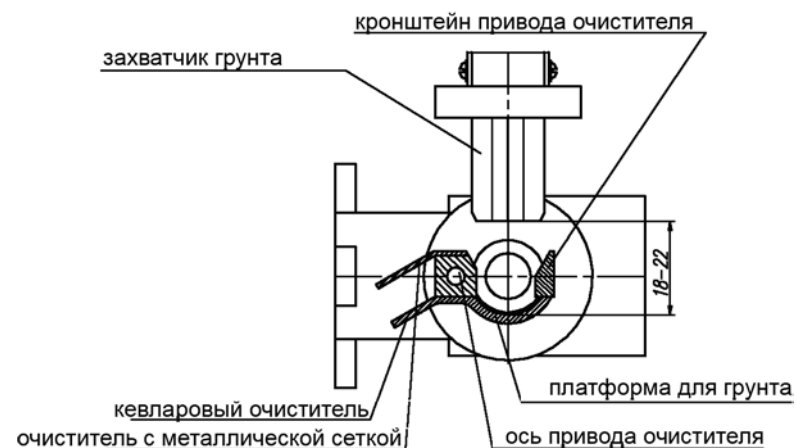


Рис. 3. Платформа для наблюдения образцов с захватчиком грунта и механизмом очистителя

верхности и помещает образец грунта на предметное стекло перед объективом микроскопа. Затем проводятся наблюдения этого образца при последовательном его освещении светодиодами с разной длиной волны. После этого очиститель приходит в движение, вращаясь вокруг своей оси, удаляя грунт металлической сеткой и протирая стекло кевларовым очистителем (рис. 3).

В процессе наблюдения формируется трехмерный кадр видеоинформации, который можно представить в виде многослойной структуры наложенных друг на друга черно-белых изображений: каждое из них дает монохроматическое отображение наблюдаемой пробы. Послойный набор значений яркости соответствующих точек формирует ее дискретную спектральную характеристику для пяти спектральных зон излучения.

Получаемая видеоинформация может быть представлена для рассмотрения в цветокодированном виде или анализироваться в векторной форме для многомерного (пятимерного в нашем случае) векторного пространства спектральных факторов.

Узел микроскопа со светодиодами и фотоприемной матрицей изготавливается и поставляется французским Институтом космической астрофизики. Электронный блок управления и загрузочный узел изготавливаются Институтом космических исследований Российской академии наук в кооперации с российской фирмой «Растр Технолоджи».

УДК 519.6

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ФОБОСА

Л.А. Болдачева, Ю.К. Зайко, Р.А. Никитушкин, А.А. Новалов

Филиал ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», Калуга

Разработаны эффективные алгоритмы обработки видеоизображений с целью выделения границ фрагментов, определения координат центров и расстояний до центра оптической системы видеокамер. Создан пакет прикладных программ, выполняющих обработку видеоизображений в моно- и стереорежимах. Разработан также алгоритм определения расстояния от центра объектива видеокамеры до выбранного фрагмента по одному видеокадру.

Effective algorithms of processing of videoimages with the purpose of allocation of fragments borders, determining of coordinates of the centers and distances up to the center of videocameras optical system are developed. The package of the applied programs which are carrying out processing of videoimages in a mode mono- and stereo is described. The algorithm of distance definition from the center of an objective of a video-camera up to the chosen fragment on one videoframe is also developed.

Введение

Выбор Фобоса (рис. 1) в качестве объекта исследований для планируемой миссии «Фобос-Грунт» связан с возможностью решения широкого спектра научных задач физики Солнечной системы. Ожидаемые результаты дадут ответ на

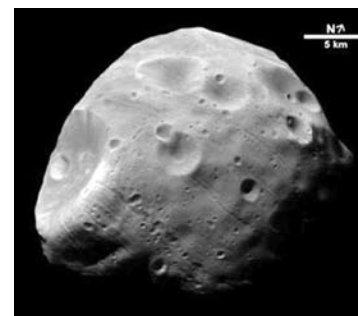


Рис. 1. Вид Фобоса

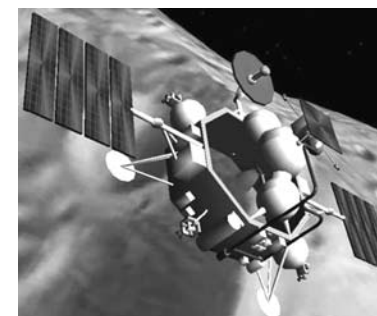


Рис. 2. Перелетный модуль на орбите