

Прибор ПК (Пылевой Комплекс)

В 2022 году планируется осуществить запуск космического аппарата «ЭкзоМарс-2022», десантный модуль которого должен совершить посадку на поверхность Марса в экваториальной области планеты. В программу научных исследований в рамках данного проекта входит космический эксперимент ПК («Пылевой комплекс») по изучению пылевой составляющей нижней атмосферы Марса.

В целях проведения указанного эксперимента Группой исследований космической пыли ИКИ РАН создан прибор ПК, который включает несколько типов датчиков, предназначенных для изучения свойств и динамики пылевых частиц в приповерхностном слое марсианской атмосферы. Прибор позволяет проводить прямые измерения потоков частиц, их импульсов и электрических зарядов, а также измерять характеристики внешней среды, в которой движутся эти частицы: потенциал электрического поля и электрическую проводимость среды. Кроме того, прибор позволяет регистрировать электромагнитные шумы, генерируемые при движении пылевых частиц у поверхности Марса.

К научным задачам прибора относятся исследования физических характеристик пылевых частиц, наблюдения за их суточной и сезонной динамикой, цикличностью перемещения пылевых масс в атмосфере и в приповерхностном слое Марса, обнаружение и измерение характеристик электрических явлений, связанных с пылевыми потоками. Такие данные могут быть получены только с приборов, установленных на борту спускаемого аппарата. Ценность данных пылевого комплекса значительно возрастает при сопоставлении их с данными метеокомплекса и результатами исследования состава грунта.

Размещение прибора на стационарной долгоживущей платформе миссии «ЭкзоМарс-2022» предоставляет уникальную возможность для наблюдения за динамикой пыли в течение марсианского года, позволяет охватить измерениями длительный период от относительно спокойного состояния атмосферы до сезона пылевых бурь и пылевых вихрей, в режиме постоянного мониторинга получать и передавать данные о пылевой обстановке в районе посадки.

Эти данные важны не только для уточнения существующих моделей динамики пылевой составляющей марсианской атмосферы, но также для оценки эффективности солнечных батарей посадочного аппарата и марсохода, оценки степени влияния пылевых частиц на оптические поверхности и движущиеся узлы приборов и конструкций. Подобные измерения еще никогда не проводились на поверхности Марса.

В состав прибора входит ударный сенсор пылевых частиц (УС), датчик электрического поля (ДЭП), датчик электромагнитной активности (ЕМА), оптический счётчик частиц «MicroMED».

Ударный сенсор пылевых частиц (УС) представляет собой набор пьезокерамических пластин, ориентированных в четырех направлениях. На расстоянии ~ 10 мм от поверхности пьезопластины находится проводящая сетка, являющаяся электродом зарядочувствительного датчика. Пылевая частица, движимая ветром, при попадании в пластину регистрируется вследствие пьезоэффекта как электрический импульс, амплитуда которого пропорциональна механическому импульсу частицы. Если частица несёт на себе электрический заряд, то при прохождении через проводящую сетку, она индуцирует (наводит) в проводнике зеркальный заряд, регистрируемый на выходе зарядочувствительного усилителя. Измерение временного интервала между импульсами зарядового усилителя и пьезосенсора позволяет определить скорость частицы.

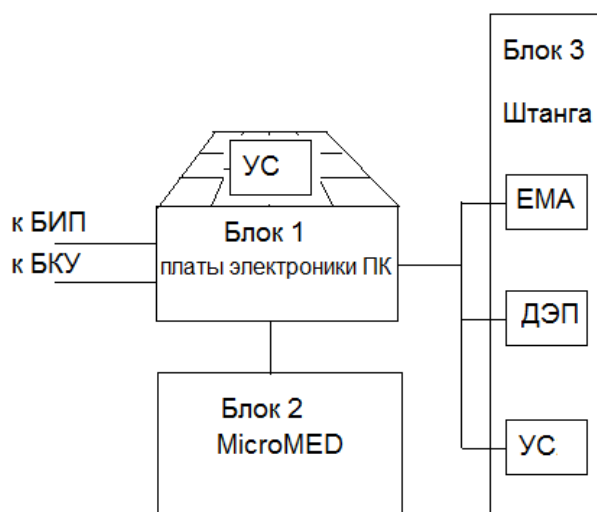
Датчик «MicroMED», представляющий собой счетчик аэрозольных частиц, производит прокачку заборного газа через освещаемый лазерным лучом счётный объем. Фотодиодом прибора регистрируются световые импульсные сигналы, рассеянные частицами аэрозоля, пересекающими данный объем. Эти импульсы анализируются электронной логикой прибора, подсчитывается число частиц и определяется их размер.

Датчики электрического поля (ДЭП) предназначены для измерения напряжённости электрического поля и его изменений. Датчики выполнены в виде нескольких зондов, расположенных на раскрывающейся штанге на фиксированном расстоянии друг от друга. Они позволяют измерять как стационарные (медленно меняющиеся) значения полей, так и резкие их всплески и возмущения, связанные с пылевыми вихрями.

Датчик электрической активности (ЕМА) предназначен для регистрации переменного электромагнитного излучения в диапазоне частот от 0,1 до 1 МГц. Прибором регистрируется амплитуда шумового сигнала в полосе фильтра усилителя, фиксируются относительная величина усредненной амплитуды шумового сигнала, связанного с изменением атмосферных и пылевых условий в районе посадки. Такие измерения предполагают наличие в нижней части атмосферы Марса электрических разрядов, связанных с пробоем газовой среды, сопровождающимся электромагнитным излучением. Микроразряд (пробой) возможен при накоплении электрического заряда в слоях и отдельных пылинках, при их движении, трении.

Совместная работа датчиков четырёх различных типов, проводящих измерения физически связанных, но разнородных процессов в составе единого прибора, обеспечивается специальной электроникой и программным обеспечением, позволяющими реализовывать различные схемы опроса датчиков, накопления, предварительной обработки и телеметрической передачи получаемой информации.

Функциональная схема Пылевого Комплекса выглядит следующим образом:



(БИП - блок интерфейсов и памяти, БКУ - бортовой комплекс управления)

Схема расположения датчиков на посадочной платформе:



Основные технические характеристики прибора ПК

Общие:

Общая масса, кг	1,6 кг
Рабочее энергопотребление, Вт	10 Вт
Информативность Мб/сутки	4
Ресурс работы, лет	1

Блок 1:

Масса, кг	0,8 кг
Рабочее энергопотребление, Вт	5 Вт
Габариты, мм	120 × 120 × 138
Чувствительность пьезоэлектрических датчиков, Н·с	10^{-12}
Диапазон измерений пьезоэлектрических датчиков, Н·с	$10^{-12} \dots 10^{-2}$
Точность измерения пьезоэлектрических датчиков, %	35
Чувствительность сетки, Кл	$1,6 \cdot 10^{-16}$
Информативность, кБайт/сутки	38,4
Длительность цикла измерения, мс	2
Диапазон рабочих температур, °С	-20...+40
Оптимальная температура, °С	+20
Ресурс работы, лет	3

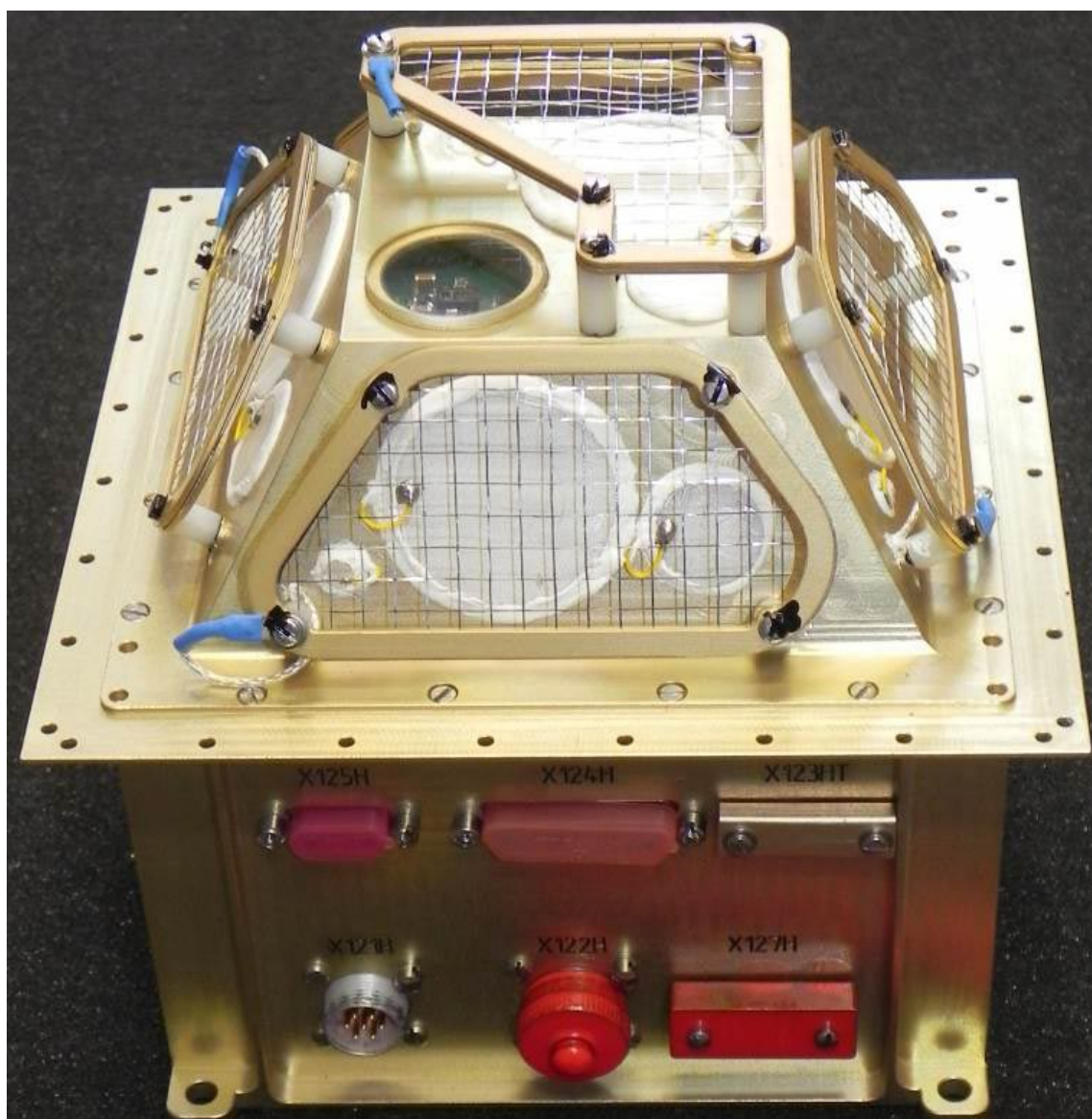
Блок 2:

Масса, кг	0,5
Рабочее энергопотребление, Вт	< 2,3
Габариты, мм	178 × 90 × 52
Информативность, кБайт/сутки	300
Ресурс работы, лет	1

Блок 3:

Масса	0,3 кг
Энергопотребление датчиков на штанге, Вт	Рабочее < 1, при расчеховке штанги не более 5 Вт
Габариты штанги, мм	765,5 × 56,3 × 53 мм
Характеристики УС2	
чувствительность УС2, Н·с	10 ⁻¹²
диапазон измерений, Н·с	10 ⁻¹² ... 10 ⁻²
точность измерения, %	35
информативность, кБайт/сутки	38,4
Чувствительность сетки, Кл	1,6·10 ⁻¹⁶
Характеристики ДЭП	
Датчик ИП – диапазон измерений при Ratm = 10 ¹¹ Ω	±100 кВ
Датчик ИП – погрешность измерений при Ratm = 10 ¹¹ Ω	±10 %
Датчик ИП – информативность	240 бит/с
Датчик ИТ – диапазон измерений	10 ⁻¹³ - 10 ⁻⁹ А
Датчик ИТ – погрешность измерений	10 ⁻¹³ А
Датчик ИТ – информативность	240 бит/с
Характеристики ЕМА	
Чувствительность	30 мкВ/м
Диапазон измерений:	0,1 – 1 МГц
Информативность в режиме мониторинга	1 Байт/с, 100 кБ/сутки
Информативность во всплесковом режиме	2 Мбайт/с, длительность записи 10 мс, объем однократной записи 20 кБайт
Ресурс работы, лет	3

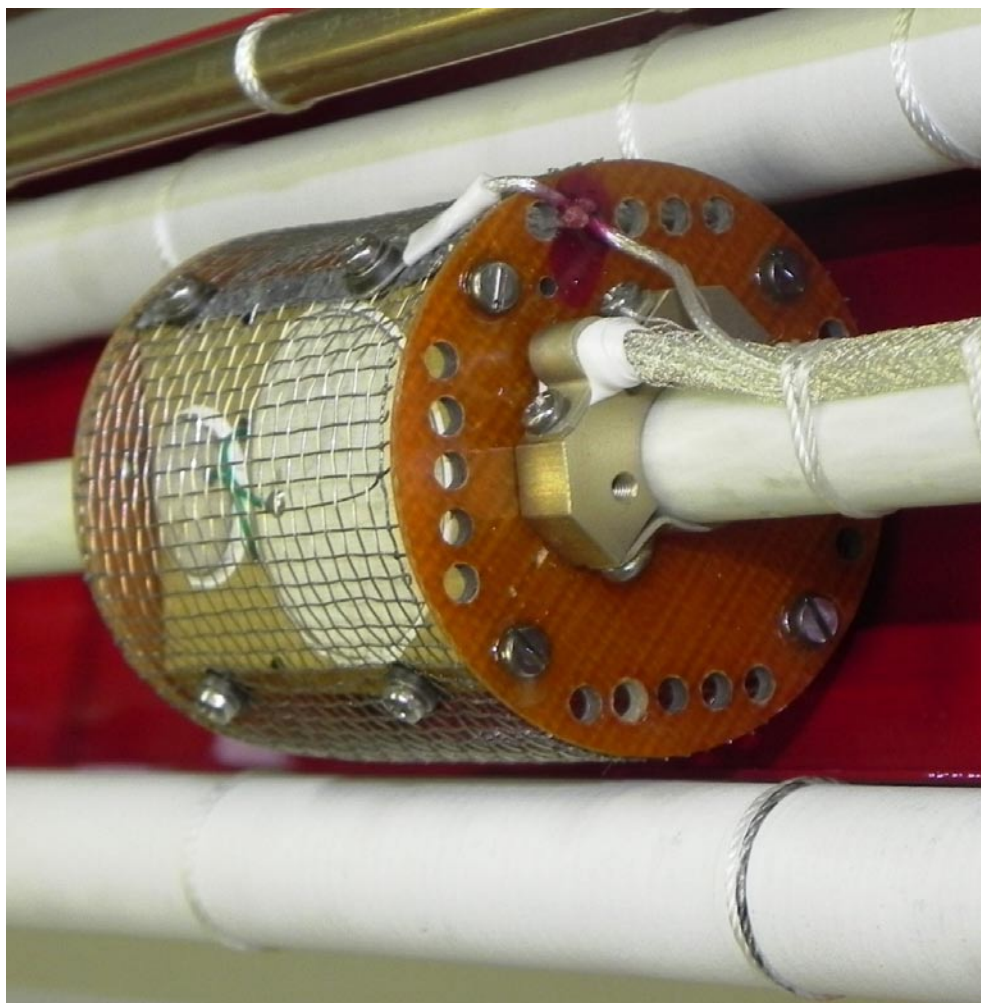
Общий вид прибора:



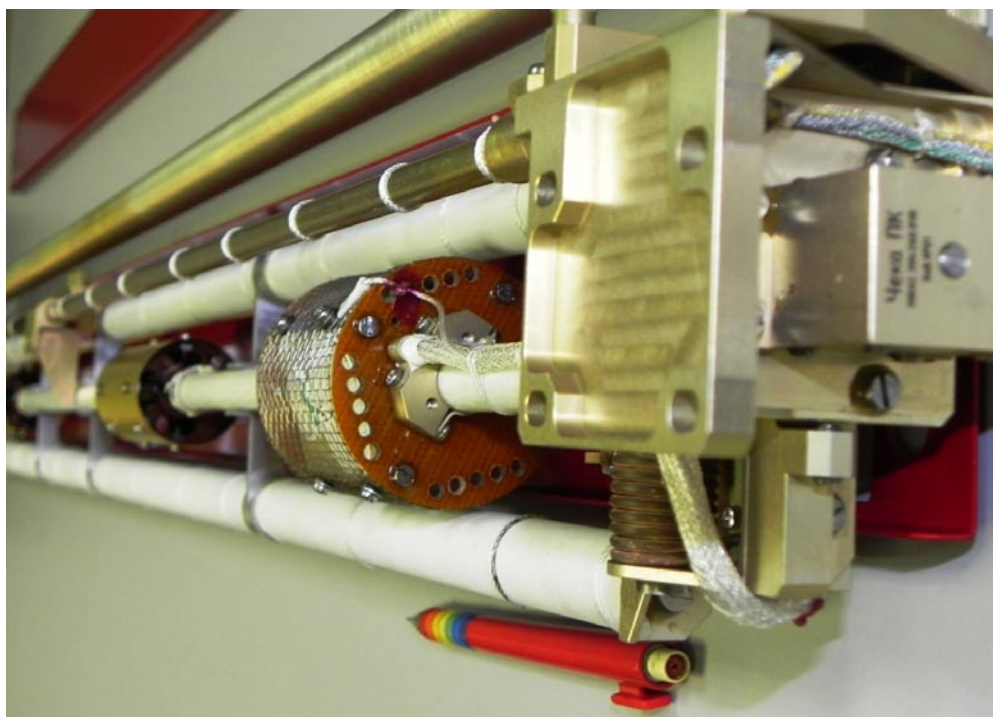
Штанга в сборе со снятой верхней защитной крышкой:



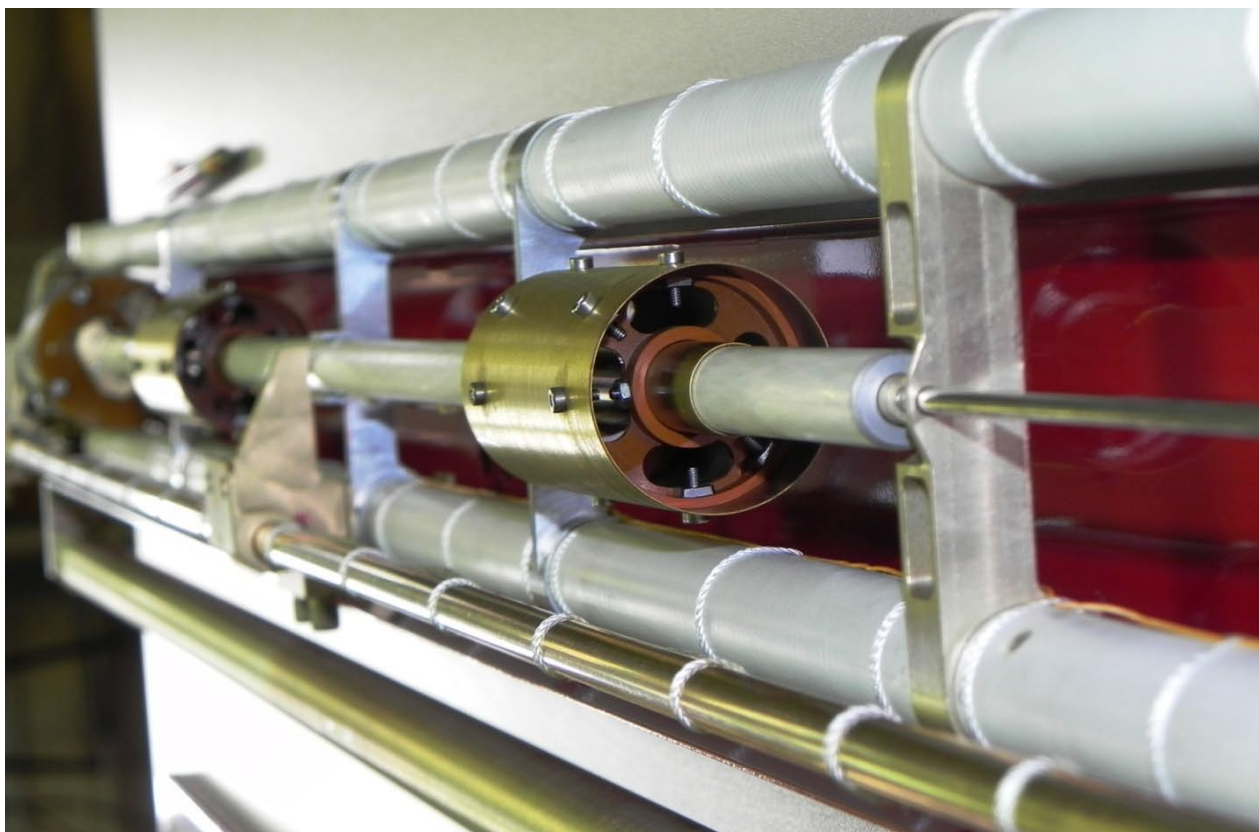
Узел пьезодатчиков штанги ПК:



Вид штанги со стороны чеки:



Датчик электрического поля на штанге:



Блок MicroMED:

