

Грунтозаборное устройство АМС «Венера»

Экстремальные условия на поверхности Венеры: температура до $+500^{\circ}\text{C}$ и давления до 10 МПа, а также агрессивная атмосфера, делают исследования ее весьма сложной научной и инженерной задачей.

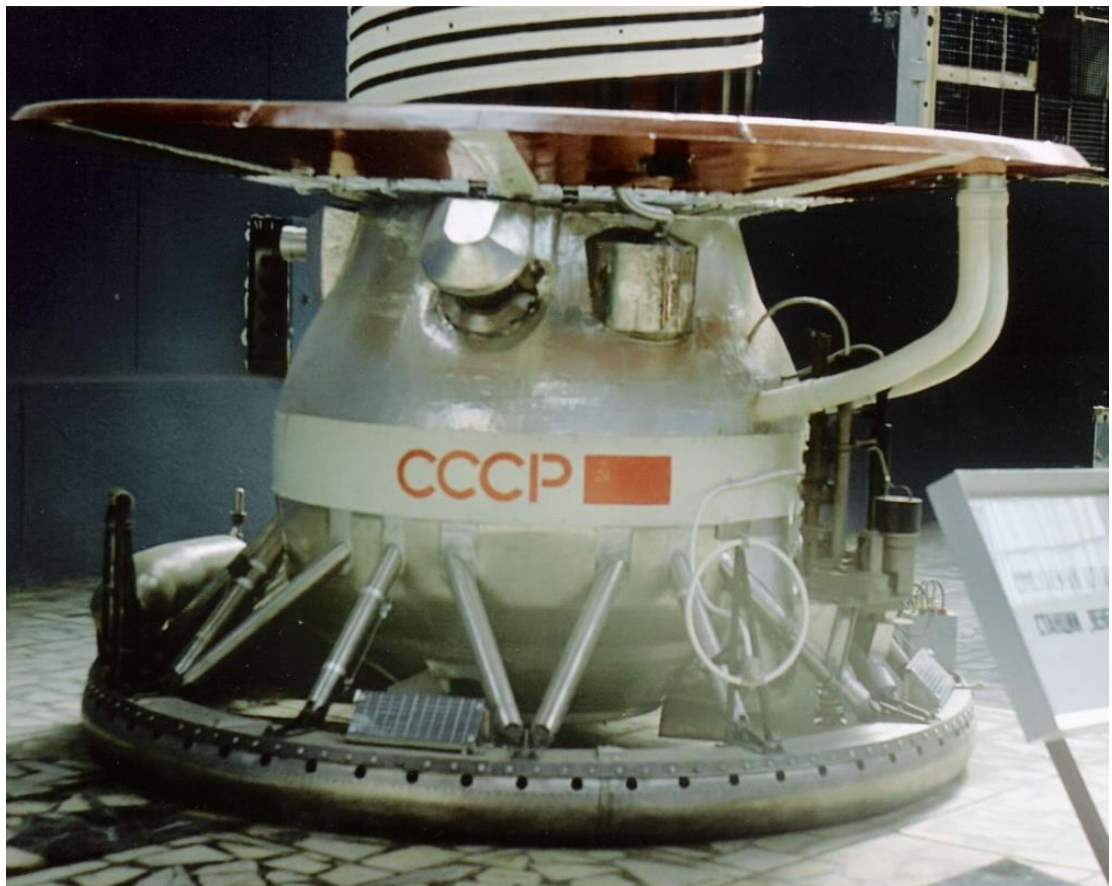


Рис. 1 АМС «Венера 13, 14» и «Вега 2»

Исследование химического состава грунта Венеры стало одной из главных задач посадочных аппаратов АМС «Венера-13,14» и «Вега 2».

Для реализации этой задачи был создан научный комплекс, состоящий из рентгеновского флуоресцентного спектрометра «Арахис» для исследования состава основных породообразующих элементов: окислов алюминия, кремния, железа, калия, кальция, титана и магния, и грунтозаборного устройства, которое должно было произвести отбор проб породы с поверхности Венеры, затем передать её в приемную камеру прибора, размещенного в герметичном и теплоизолированном отсеке посадочного аппарата.

Для того, чтобы прибор работал нормально после доставке пробы грунта, давление окружающей атмосферы над образцом не должно превышать 0.01-0,005 МПа, т.е давление внешней атмосферы требовалось понизить в 2000 раз, а температуру — в 15—20 раз.

Образец породы облучался радиоактивными изотопами плутония-238 и железа-55. Внутренние электронные оболочки атомов возбуждались, и они излучали рентгеновские кванты, которые регистрировались газоразрядными датчиками, анализировались и запоминались 256-канальным амплитудным анализатором. Эта информация за четыре минуты доставлялась на Землю, где ученые анализировали характеристический спектр излучения, ширина и высота линий которого говорит об относительном содержании разных химических элементов в породе.

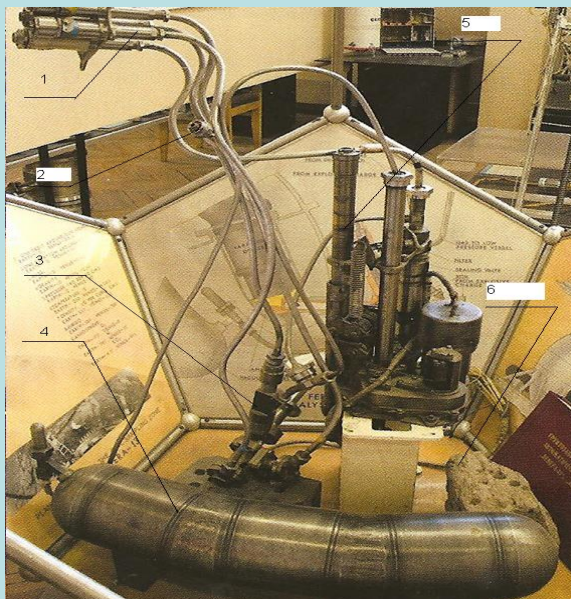
Таким образом грунтозаборное устройство должно обеспечить отбор мелкодисперсной пробы грунта с поверхности Венеры, переместить эту пробу на площадку под прибором и обеспечить необходимые условия эксплуатации исследовательского прибора. Кроме того, грунтозаборное устройство должно обладать высокой надежностью работы его элементов, работающих в условиях Венеры и не нарушать теплоизоляцию посадочного модуля для обеспечения требуемой длительности его существования в условиях Венеры.

По результатам детального анализа конструктивных схем различных грунтозаборных устройства с учетом реальных условий эксплуатации на поверхности Венеры, обеспечения требований работы научного прибора и компоновки его на посадочном модуле была выбрана конструктивная схема грунтозаборного устройства на основе бурового устройства для отбора пробы грунта, пневматической системы перегрузки пробы грунта под исследовательский прибор («пылесос») и вакуумной системы снижения давления под прибором до требуемого уровня.

Созданное для АМС «Венера 13,14» и «Вега 2», грунтозаборное устройство (заводской индекс ГЗУ «ВБ 02»), состоит из следующих функциональных узлов (Рис. 2):

- буровое устройство поз. 5 для бурения и забора пробы грунта;
- блок газогенераторов поз. 1, состоящий из электродетонаторов и генераторов рабочего газа для работы исполнительных пиротехнических устройств;
- система перегрузки пробы грунта, состоящая из механизма подачи грунта в анализирующий прибор поз. 3 и вакуумной емкости поз 4,
- системы трубопроводов поз 2.

Грунтозаборные устройства ВБ02 для АМС «Венера-13» «Венера-14», «Вега-2»



- 1 – Блок газогенераторов;
- 2 – система трубопроводов;
- 3 – механизм подачи грунта в анализирующий прибор;
- 4 – вакуумная ёмкость;
- 5 – буровое устройство;
- 6 – образец грунта.

Рис. 2 Грунтозаборное устройство ВБ 02

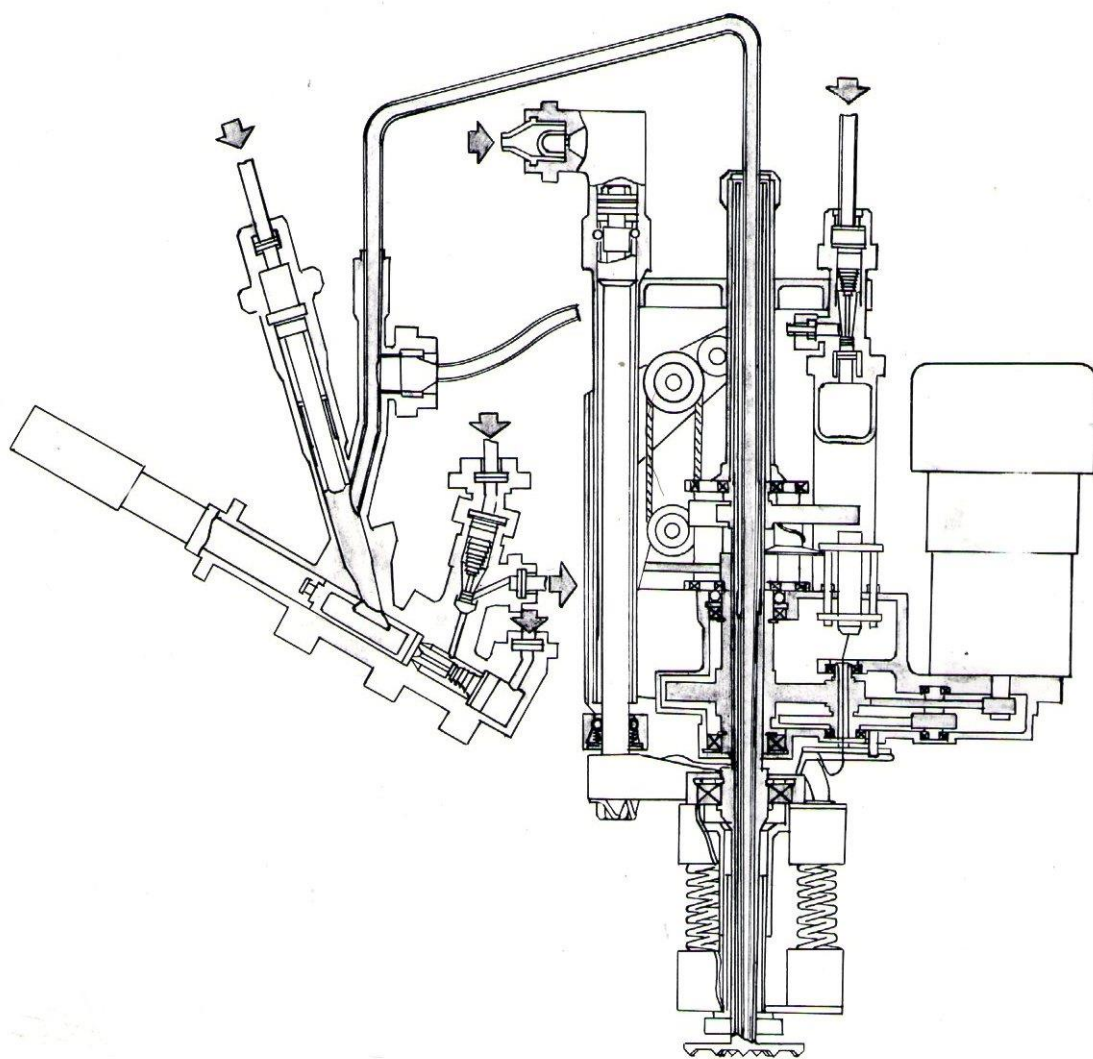
Буровое устройство (Рис. 3) размещено между тором посадочного устройства и корпусом посадочного аппарата и не защищено теплоизоляцией. Для обеспечения безопасности бурового устройства при посадке на каменистую поверхность клиренс между ним и поверхностью составляет 200 мм. Блок газогенераторов и механизм перегрузки пробы размещены на наружной поверхности посадочного аппарата под общей теплоизоляцией, причем часть механизма перегрузки входит в приборный отсек посадочного модуля под прибор «АРАХАС».. Для уменьшения теплового потока от ГЗУ в приборный отсек посадочного аппарата на корпус механизма перегрузки и блок газогенераторов установлены тепловые аккумуляторы, а трубопроводы выполнены из жаропрочной стали, обладающей низкой теплопроводностью.

Буровое устройство ГЗУ ВБ 02

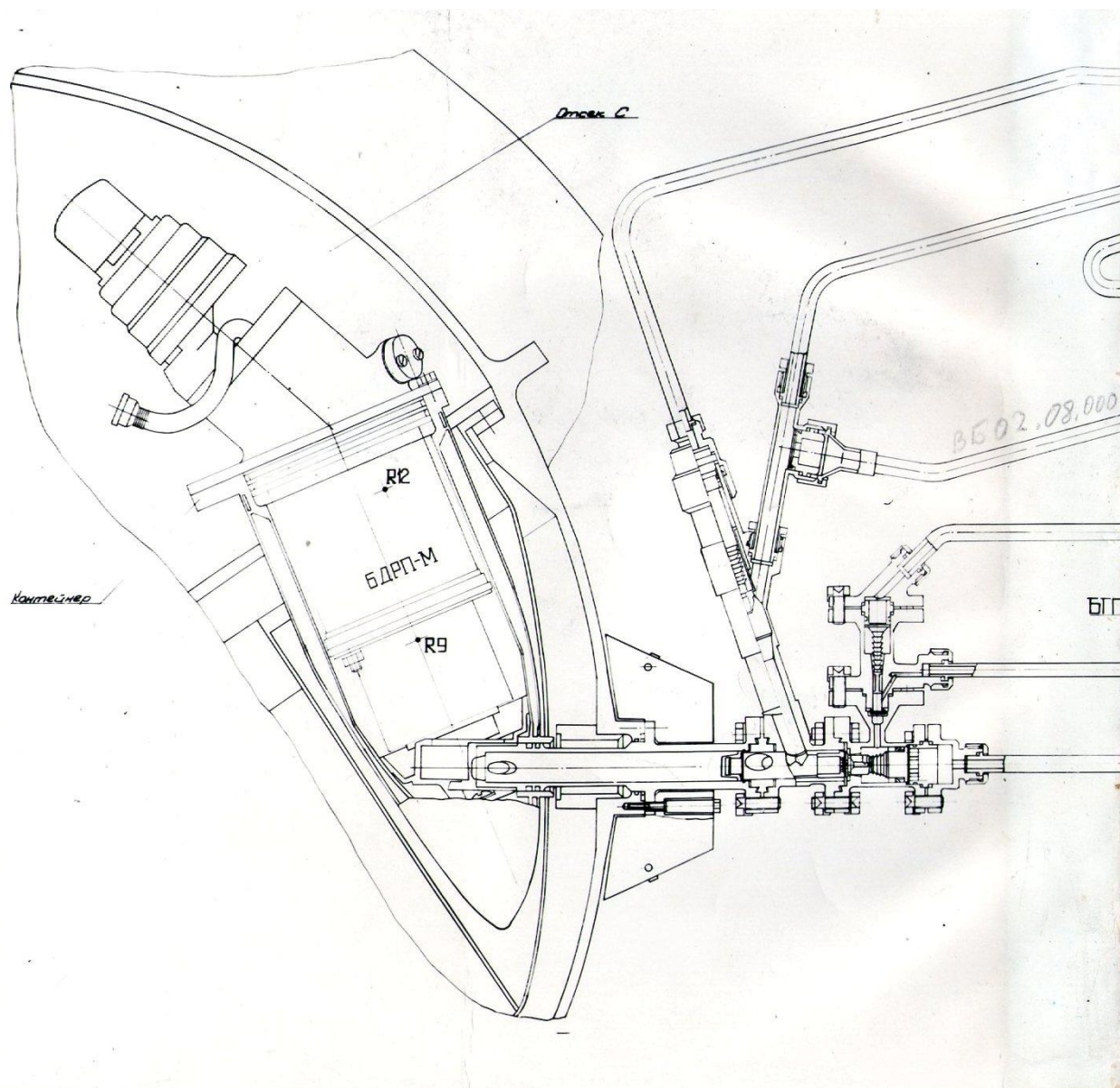


- способ забора грунта бурение,
- способ бурения вращательный
- способ транспортировки грунта пневматический
- диаметр бурового инструмента, мм 16
- глубина бурения, мм 36
- объем пробы грунта, см³ 1,6
- Управление по командам СУ КА
- максимальный ток, А 3
- масса ГЗУ, кг 26,2
- время работы, сек 204

Принципиальная схема ГЗУ ВБ02 приведена на рисунке

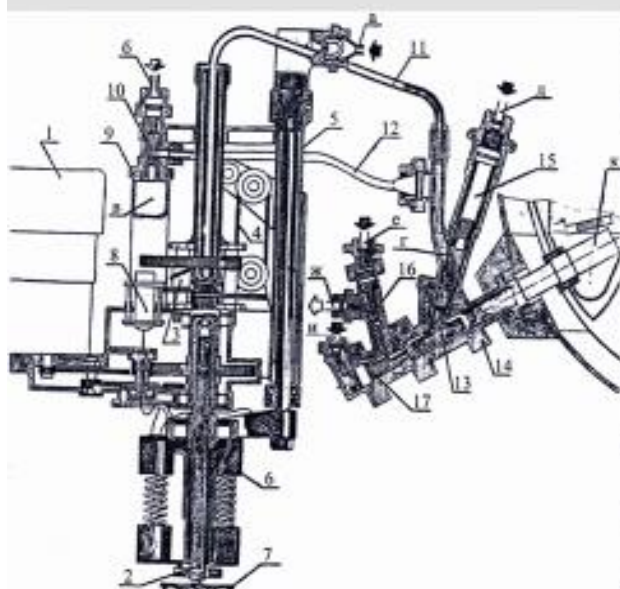


КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА ГЗУ



Компоновка механизма перегрузки пробы и прибора «АРАХИС»

Принципиальная схема ГЗУ ВБ 02



а) – штуцер пирогцилиндра; б) – штуцер устройства перегрузки; в) – плоть устройства перегрузки с начальным давлением 1 кгс/см^2 ; г) – штозовое отверстие механизма перегрузки для подачи грунта в капсулу; д, е, ж, и – штуцеры механизма перегрузки; к – зона анализа грунта

1 – электродвигатель; 2 – грунтозаборный инструмент; 3 – барабан; 4 – полиспастная система; 5 – пирогцилиндр; 6 – платформа; 7 – опора; 8 – датчик полного хода грунтозаборного инструмента; 9 – устройство перегрузки; 10 – игла; 11, 12 – трубопровод; 13 – капсула; 14 – механизм подачи грунта; 15 – затвор; 16 – игла; 17 – толкатель

Принципиальная схема ГЗУ ВБ 02

Буровое устройство состоит из трубчатого сверла с перьевым резцом, электродвигателя, редуктора, механизма опускания на грунт с опорной пятой, механизма подачи и системы отбора пробы.

Внутренняя полость сверла телескопическим элементом и трубопроводом через фильтр соединена с перегрузочной емкостью, внутри которой давление порядка $0,1 \text{ МПа}$, закрытой пиротехнической мембраной. Механизм опускания представляет собой пирогцилиндр с шариковым замком, который обеспечивает быстрое опускание бурового устройства на грунт (выбор клиренса) и фиксацию их в этом положении. Грунтозацепы опорной пяты обеспечивают фиксацию сверла относительно грунта даже при больших углах наклона его поверхности. Дальнейшую подачу и прижатие сверла к грунту производится тросовым механизмом подачи, состоящего из приводного барабана для намотки троса и полиспаста.

Электродвигатель бурового устройства через редуктор приводит во вращение трубчатое сверло и барабан намотки троса механизма подачи, который обеспечивает подачу вращающегося сверла в грунт. Разбуренный грунт собирается во внутренней полости сверла. После полного выдвижения сверла электродвигатель выключается. По окончании бурения срабатывает пирогенератор, который пробивает запорную мембрану перегрузочной емкости системы отбора пробы. Проба грунта под действием давления внешней атмосферы транспортируется из сверла в сторону перегрузочной емкости, отделяется от атмосферного потока на фильтре и сыпается в

приемный лоток механизма подачи грунта под анализирующий прибор (Рис. 4) .

Механизм перегрузки пробы представляет собой пиротехническое устройство, которое обеспечивает сброс транспортирующего газа в вакуумную емкость и подачу пробы грунта под анализируемый прибор. При срабатывании газогенераторов вначале отсекается трубопровод перегрузки грунта от внешней атмосферы, открывает вакуумную емкости для снижения давления в полости приемного лотка с грунтом до допустимого значения, после чего перемещается приемного лоток с грунтом под исследовательский прибор.

Вакуумная емкость объемом 10 литров имеет остаточное давление менее 0,001 МПа.

Блок газогенераторов состоит из электродетонаторов и газообразующих зарядов высокого давления, которые собраны в одном блоке и соединены с исполнительными механизмами трубопроводами высокого давления. Для обеспечения допустимого теплового режима блок газогенераторов размещен под теплоизоляцией посадочного аппарата и снабжен теплоаккумулятором.

Управление работой грунтозаборного устройства производится программно-временным устройством (ПВУ) посадочного аппарата без участия оператора.

Через 30 сек после завершения спуска по команде ПВУ сработал газогенератор пиропистона и буровое устройство опустились на грунт между «шаром» посадочного аппарата и «тором» системы мягкой посадки. Затем включился электродвигатель бурового устройства, который привел во вращение буровой инструмент и тросовой механизм подачи его на забой. Буровой инструмент трубчатого типа с перьевым резцом, проходя через отверстие в опоре, внедрился в грунт. Бурение продолжалось две минуты и буровой инструмент заполнился венерианской породой. Затем сработал другой газогенератор, который прорвал мембрану перегрузочной емкости, и под напором внешней атмосферы грунт из сверла по трубопроводу переместился в стороны перегрузочной емкости и, после отделения от атмосферы на фильтре, высыпался в приемный лоток механизма перегрузки пробы под анализирующий прибор. При этом, естественно, давление в нем сравнялось с наружным, и его надо было снизить. Сработали следующий пирогенератор, который закупорил приемный лоток и соединили его с вакуумной емкостью, из-за чего давление в нем снизилось до расчетного. Сработал следующий пирогенератор, и лоток с грунтом переместилась в прибор «Арахиса».

Аналогичным образом грунтозаборное устройство ВБ 02 сработало на всех АМС «Венера 13 и 14» и «Вега 2». Подобный эксперимент на Венере больше не проводился.