РЕЙСЫ К ВЕНЕРЕ

О ПОЛЕТЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ СТАНЦИЙ «ВЕНЕРА-2» И «ВЕНЕРА-3»

С ДАВНИХ пор внимание ученых и всего человечества привлекают ближайшие к Земле планеты. Наблюдение планет с Земли позволило получить важные сведения об их природе, однако вследствие их удаленности, а также наличия земной атмосферы, мешающей наблюдениям, многие важнейшие характеристики планет не могут быть исследованы с Земли.

Особенно загадочной является планета Венера — ближайшее к нам после Луны небесное тело. Лучшие наземные телескопы способны различить на Венере детали размером не менее 500—1.000 километров, однако многолетние наблюдения не обнаружили присутствия каких-либо видимых деталей, так как поверхность планеты постоянно закрыта сплошным непрозрачным слоем облаков.

Исследование истинных физических условий на Венере, резко отличающихся от земных, представляет исключительный научный интерес. Эти волнующие вопросы могут быть разрешены только с помощью автоматических межпланетных станций, направляемых в непосредственную близость к планете, облетающих ее на малом расстоянии или спускающихся непосредственно в глубь ее атмосферы.

При создании таких станций приходится решать целый ряд принципиально новых задач, таких, как выведение станций на межпланетные орбиты, осуществление радиосвязи на расстояниях в десятки и сотни миллионов километров, создание новой аппаратуры для управления станцией и проведения измерений, а также разработка совершенных приборов для научных исследований.

Пуском автоматических станций «Венера-2» и «Венера-3» Советский Союз предпринял первую серьезную попытку провести прямое исследование этой планеты.

НАУЧНЫЕ задачи полета станции предусматривали: на первом этапе — исследования межпланетного пространства на траектории полета между орбитами Земли и Венеры, на втором этапе — исследование природы планеты Венера.

Для того чтобы обеспечить широкое изучение планеты, исследования предполагалось провести двумя различными методами: «Венера-2» должна была пройти на близком расстоянии от поверхности планеты, провести при этом ряд физических измерений и фотографирование планеты. «Венера-3» должна была войти в плотные слои атмосферы планеты и передать результаты непосредственных измерений температуры и давления на поверхности.

Конструкция автоматических станций «Венера-2» и «Венера-3» имеет много общего с конструкцией станций «Марс-1», «Зонд-1», «Зонд-2» и «Зонд-3».

Станции состоят из двух герметичных отсеков — орбитального и специального (рис. 1). В специальном отсеке станции «Венера-2» расположено фототелевизионное устройство, радиопередатчики сантиметрового диапазона, одна из аккумуляторных батарей и часть электронной аппаратуры, обеспечивающая функционирование отсека и некоторые научные измерения.

Специальным отсеком станции «Венера-3» является спускаемый аппарат, выполненный в виде шара диаметром 900 миллиметров. На поверхность шара нанесено теплостойкое покрытие, обеспечивающее защиту его от высоких температур при торможении в плотных слоях атмосферы Венеры. В спускаемом аппарате размещены передатчики дециметрового диапазона волн, которые должны были передать на Землю основные параметры атмосферы планеты и поверхности, замеренные научными приборами. Посадка на поверхность осуществляется с помощью парашютной системы.

В спускаемом аппарате установлен вымпел с гербом Советского Союза. Вымпел представляет собой полый шар диаметром 70 миллиметров, на поверхности которого выгравированы контуры материков Земли. Внутри шара находится медаль, на одной стороне которой изображен герб Советского Союза, а на другой — отчеканены планеты Солнечной системы и слова «Союз Советских Социалистических Республик, 1965». Положение Земли и Венеры на медали соответствует времени подлета станции к Венере.

Перед стартом спускаемый аппарат станции «Венера-3» был подвергнут тщательной стерилизации. Это необходимо, чтобы уничтожить все микроорганизмы земного происхождения и предотвратить возможность их переноса на Венеру.

На внешней поверхности орбитального отсека монтируются радиаторы системы терморегулирования, панели солнечных батарей, двигательная установка для коррекции траектории и газовые реактивные микродвигатели системы ориентации.

Основная аппаратура, обеспечивающая работу станции на траектории, сосредоточена в орбитальном отсеке. В нем находятся аккумуляторные батареи, передатчики и приемники дециметрового диапазона, телеметрические коммутаторы, приборы системы ориентации и коррекции движения станции, электронно-оптические датчики положения станции в пространстве и гироскопические приборы.

В орбитальном отсеке также размещено электронное программное устройство, осуществляющее управление всеми системами станции и автоматическое включение аппаратуры для проведения сеансов радиосвязи через заданные интервалы времени. Кроме того, сеансы связи могут проводиться по командам с Земли.

Для нормальной работы приборов станции необходим определенный тепловой режим, который обеспечивается системой терморегулирования. Основным источником электрической энергии для всех устройств станции служат солнечные батареи, расположенные на двух панелях. Параллельно к ним подключены буферные аккумуляторы.

Передатчики автоматических космических станций, работающих в дециметровом и сантиметровом диапазонах волн, могут поочередно подключаться к остронаправленной антенне, имеющей форму параболоида. С помощью этой антенны вся излучаемая мощность передатчика направляется на Землю узким лучом, что значительно повышает надежность радиосвязи и увеличивает скорость и качество передачи информации.

Вымпел, доставленный 1 марта 1966 года на поверхность планеты Венера советской автоматической станцией «Венера-3». Он представляет собой полый шар, на поверхности которого выгравированы контуры Земли. Внутри шара — медаль, на одной стороне которой герб Советского Союза, на другой — планеты Солнечной системы.

Фотохроника ТАСС.

Прием радиокоманд на борту станции проводится через малонаправленную антенну. К этой антенне имеет возможность подключаться радиопередатчик дециметрового диапазона. Таким образом, радиосвязь может осуществляться и без ориентации на Землю, правда, с несколько меньшей скоростью передачи информации, чем при работе через параболическую антенну.

Радиоприемники межпланетных станций помимо команд принимают также специальные радиосигналы с Земли для измерения расстояния между станцией и Землей и скорости удаления станции от нашей планеты. По времени, затраченному сигналом для прохождения пути от Земли к станции и обратно, определяется расстояние, а по изменению частоты сигнала (эффект Допплера) — скорость удаления станции. Кроме того, наземные приемные устройства измеряют угловые координаты станции, т. е. углы, под которыми межпланетная станция видна с Земли. Двусторонняя связь со станцией осуществляется Центром дальней космической связи с помощью сверхчувствительных приемников и мощных передатчиков.

Одной из наиболее ответственных систем станции является система ориентации и коррекции. Эта система обеспечивает необходимую ориентацию станции в пространстве на различных этапах полета.

В состав системы ориентации автоматических станций входят электронно-оптические датчики, газовые реактивные микродвигатели, гироскопические измерители скорости вращения станции и приборы управления. Положение станции в пространстве определяется электронно-оптическими датчиками, в поле зрения которых должны находиться Солнце, звезда или Земля. При отклонении станции от заданного положения, от датчиков поступают сигналы в систему управления, которая с помощью микродвигателей возвращает станцию в исходное положение.

Ответственной задачей системы управления является поддержание постоянной ориентации солнечных батарей таким образом, чтобы они освещались прямыми лучами Солнца в течение всего времени полета. Для постоянной ориентации станций на Солнце используется специальный электронно-оптический датчик, позволяющий осуществить поиск Солнца из любого положения станции в пространстве. После того, как Солнце попадает в поле зрения центральной трубки датчика, эта ориентация станции поддерживается системой управления до очередного маневра.

Перед началом сеанса радиосвязи с использованием параболической антенны станция должна занять такое положение в пространстве, чтобы ось антенны во время сеанса была направлена на Землю с точностью до долей углового градуса. Эта ориентация достигается с помощью датчика, состоящего из двух оптических трубок — «солнечной» и «земной». Ось «земной» трубки направлена по оси параболической антенны, а «солнечная» трубка может поворачиваться в соответствии с изменением угла «Солнце — станция — Земля» при полете станции по межпланетной траектории. Ориентация производится в такой последовательности. Станция поворачивается и захватывает Солнце «солнечной» трубкой. Затем осуществляется поворот станции вокруг оси «солнечной» трубки до попадания Земли в поле зрения «земной» трубки.

После этого вращение станции прекращается, передатчик подключается к параболической антенне и начинается передача информации. В течение всего сеанса связи ориентация станции на оба светила поддерживается с помощью системы управления. По окончании сеанса станция возвращается к постоянной ориентации солнечных батарей на Солнце.

Для ориентации станции во время проведения коррекции предусмотрен специальный астродатчик. С его помощью продольная ось корректирующей двигательной установки, совпадающая с продольной осью станции, может быть ориентирована в любом направлении. Этот датчик представляет собой сложный электронно-оптический прибор, имеющий подвижные оптические трубки: «солнечную» и «звездную».

Углы между продольной осью станции и оптическими осями «солнечной» и «звездной» трубок определяются расчетом по результатам траекторных измерений; значения этих углов передаются на борт по командной радиолинии. После передачи этих значений осуществляется поворот оптических трубок в заданное положение, относительно продольной оси станции. В начале сеанса астрокоррекции станция осуществляет разворот в пространстве до тех пор, пока в поле зрения оптических трубок датчика не окажутся сначала Солнце, а затем звезда Канопус. Так как трубки датчика уже повернуты на заданные углы, ось двигателя станции занимает требуемое для коррекции положение в пространстве. При этом достигается высокая точность ориентации — несколько угловых минут.

В систему коррекции входят также жидкостной реактивный двигатель и два гироскопических прибора. Один из гироскопических приборов предназначен для «запоминания» положения станции в пространстве перед включением и во время работы двигателя, другой — для выключения двигателя при достижении заданной скорости.

СТАНЦИЯ «Венера-2» была запущена 12 ноября 1965 года с целью пролета вблизи планеты Венера. Для выполнения поставленной задачи необходимо было обеспечить пролет ее у Венеры со стороны, освещенной Солнцем, на расстоянии не более 40 тысяч километров от поверхности. 16 ноября была запущена станция «Венера-3» с целью достижения поверхности планеты.

Для удобства радиосвязи станция должна была совершить посадку в центре видимого с Земли диска планеты.

Выведение каждой станции на межпланетные траектории было осуществлено в два этапа. Сначала последняя ступень ракеты-носителя вместе со станцией была выведена на орбиту спутника Земли. Затем в заранее определенный момент с орбиты спутника Земли был осуществлен запуск последней ступени, и станция была выведена на траекторию полета к Венере.

Выполнение поставленных перед станциями задач требует очень высокой точности выведения межпланетных аппаратов на траектории движения к Венере. При выведении на межпланетные траектории скорость обеих станций в момент выключения двигателя последней ступени составляла около 11.500 метров в секунду. При таких скоростях отклонение в величине скорости в конце участка выведения в 1 метр в секунду приводит к отклонениям у планеты на величину порядка 30 тысяч километров. Обеспечение таких точностей выведения представляет большие технические трудности, поэтому для обеих межпланетных станций предусматривалась возможность проведения в полете коррекции движения.

Коррекцию движения можно было проводить несколько раз и различными способами. Коррекция может быть «солнечно-звездной» или «солнечной». В первом случае на борту станции работает «солнечно-звездная» система ориентации, которая использует в качестве опорных светил Солнце и звезду Канопус. Эта система в принципе позволяет ориентировать ось корректирующего двигателя в пространстве в любом направлении, что дает возможность не только обеспечивать попадание в заданную точку планеты, но и изменять время встречи ее с планетой. Последнее необходимо, чтобы обеспечить подлет станций к планете Венера в период видимости их из Центра дальней космической связи.

В случае «солнечной» коррекции ось корректирующего двигателя в зависимости от отклонения действительной траектории от расчетной направляется на Солнце или от Солнца и фиксируется.

Изменение параметров траектории полета станции «Венера-2» и «Венера-3» и определение прогноза их движения осуществлялось специальным комплексом радиоизмерительных средств и вычислительными центрами.

В процессе траекторных измерений определялась дальность до станций, радиальная скорость и угловые координаты станций. Это дало возможность с высокой точностью определить элементы траектории станции: составляющие скорости и координаты.

Результаты траекторных измерений обрабатывались на электронно-вычислительных машинах независимо несколькими вычислительными центрами. С целью получения с высокой точностью прогноза движения станций был выполнен большой объем траекторных измерений. В частности, для станции «Венера-3» измерения произведены в 31 сеансе связи, в том числе на участке до коррекции — в 16 сеансах. Общий объем информации, полученной при этом, составил свыше 1.300 измерений дальности, 5.000 измерений радиальной скорости и 7.000 измерений угловых координат.

В результате обработки траекторных измерений после вывода станции на межпланетную орбиту было установлено, что траектория станции «Венера-3» близка к расчетной. Минимальное расстояние пролета у планеты составляет 24.000 километров от поверхности, и пролет происходит над ее освещенной частью. Таким образом, условия пролета полностью удовлетворяли поставленным требованиям и не было необходимости проводить коррекцию траектории движения станции «Венера-2». На рисунке 2 представлена схема полета станции вблизи планеты Венера.

Станция «Венера-3», по данным измерений, после выведения на межпланетную траекторию должна была пролететь на расстоянии 60.550 километров от центра планеты в 0 часов 0 минут 37 секунд 1 марта 1966 года.

В это время станция не могла наблюдаться из Центра дальней космической связи. Поэтому необходимо было провести коррекцию, которая и была выполнена 26 декабря 1965 года в 18 часов 04 минуты, когда станция находилась на расстоянии 12.900 000 километров от Земли. Коррекция была выполнена с использованием «солнечно-звездной» ориентации.

Необходимая величина корректирующего импульса вместе с двумя угловыми уставками были переданы на борт автоматической станции. В результате коррекций радиальная скорость станции должна была измениться на 19,75 метра в секунду.

По заданию после коррекции станция должна была достигнуть поверхности Венеры в 10 часов утра по московскому времени 1 марта 1966 года в центре видимого с Земли диска планеты. Сразу же после проведения коррекции было замерено фактическое изменение радиальной скорости. Оно составило величину 19,68 метра в секунду, отличающуюся от заданной всего лишь на 0,07 метра в секунду. Столь малые отклонения в скорости коррекции были обеспечены высокой точностью ориентации и отработки импульса корректирующим двигателем. Обработка траекторных измерений, проведенных за период полета с момента коррекции до 13 февраля 1966 года включительно, показала, что действительная траектория станции «Венера-3» мало отличается от заданной и отклонение фактической точки посадки от расчетной не превышает 150 километров.

Время встречи станции «Венера-3» с планетой приходилось на 9 часов 56 минут 26 секунд московского времени 1 марта 1966 года, что отличалось от заданного менее чем на 4 минуты. При этом угол между направлением на Землю и местной вертикалью в точке посадки составлял 1 градус 30 минут. Таким образом, отпала необходимость в проведении дополнительной коррекции траектории полета.

В процессе обработки материалов измерений и расчета параметров действительной орбиты станции было обращено серьезное внимание на оценку максимальных погрешностей определения координат точки посадки станции на планету Венера.

Известно, что точность прогноза движения станции определяется двумя группами ошибок:

небольшими случайными и систематическими ошибками радиотехнических измерений дальности, радиальной скорости и углов; ошибками знания астрономической единицы (величины среднего расстояния Земли от Солнца) и других астрономических постоянных.

Подробная обработка результатов траекторных измерений показала, что за счет аппаратурных погрешностей измерений максимальное отклонение действительной точки посадки станции «Венера-3» от прогнозируемой составляет не более 600 километров. Максимальная же погрешность прогноза координат точки посадки станции за счет ошибок в астрономических постоянных не превышает 500 километров.

Таким образом, суммарная максимальная ошибка вычисления координат точки посадки станции на планету Венера, получаемая как среднее квадратическое этих величин, не превосходит 800 километров, а ошибка во времени встречи станции с планетой составляет всего 5 минут.

Дальнейшие измерения при подлете станции к планете показали ускорение движения станции, вызванное уже непосредственным притяжением планеты.

Необходимо отметить, что Венера, обладая значительной массой, равной примерно массе Земли, сильно притягивает приближающиеся к ней космические тела.

Так, например, область захвата межпланетной станции «Венера-3» (область попадающих в планету траекторий, рисунок 3) определяется кругом, имеющим радиус 15.000 километров, значительно превосходящий геометрический радиус планеты Венеры (6.100 километров). Следовательно, попадание в планету обеспечивалось даже в том случае, если бы погрешности прогнозирования координат точки посадки были больше указанных в 10—15 раз.

В результате полета станций «Венера-2» и «Венера-3» получен большой и разнообразный материал траекторных измерений, который представляет самостоятельную научную ценность для изучения проблем сверхдальних измерений и межпланетных перелетов.

Сложность задачи проектирования межпланетных космических станций состоит в том, что мы недостаточно знаем физические условия полета станций в межпланетном космическом пространстве. Кроме того, на Земле при испытаниях подобных аппаратов трудно создать условия, полностью идентичные условиям в космосе. Окончательные испытания бортовых систем и станций в целом проходят фактически уже в полете, при целевых пусках.

Полет автоматических станций «Венера-2» и «Венера-3» показал, что условия работы космических аппаратов в непосредственной близости от Венеры еще мало изучены. При приближении станций к планете, так же, как и на американском аппарате «Маринер II», было отмечено заметное увеличение температуры, превысившей расчетные значения.

Были также замечены некоторые нарушения в радиосвязи при подлете к планете. Последний сеанс радиосвязи со станцией «Венера-3» при ее сближении с планетой не состоялся. Причины нарушения радиосвязи пока установить не удалось. В настоящее время проводится подробный анализ работы станции по результатам телеметрической информации на предыдущих сеансах.

При подлете станции «Венера-2» к планете с ней также не состоялся сеанс радиосвязи. Однако на борт были выданы необходимые команды, включающие автономный режим исследований в пролетном сеансе по заранее заданной программе. Результат эксперимента станет известен, если с «Венерой-2» будет восстановлена радиосвязь.

В настоящее время станция «Венера-2» продолжает полет по гелиоцентрической орбите. 4 марта ее удаление от Земли составило около 65 миллионов километров.

Всего за время полета со станцией «Венера-3» было осуществлено 63 сеанса связи, со станцией «Венера-2» — 26 сеансов. Большее количество сеансов со станцией «Венера-3» было проведено с целью более точного измерения траектории движения. В течение всего полета по траектории в сеансах связи на Землю передавались научные данные и телеметрическая информация о работе систем станции.

МЕЖПЛАНЕТНОЕ космическое пространство является объектом многочисленных научных исследований. Из Солнца во все стороны истекает более или менее стабильно со скоростью около 500 километров в секунду поток ионизованного газа, так называемый солнечный ветер. Активные области Солнца эпизодически «выбрасывают» потоки частиц со скоростью 1.000—3.000 километров в секунду, а иногда и частицы очень больших энергий, или солнечные космические лучи. Наконец, извне в Солнечную систему приходят частицы огромных энергий, движущиеся со скоростью, очень близкой к скорости света, — космические лучи. Особенно велика концентрация заряженных частиц вблизи Земли — в ее радиационном поясе, где эти частицы удерживает земное магнитное поле.

Потоки солнечных частиц несут с собою магнитное поле, хотя и слабое, но вполне измеримое аппаратурой космических ракет, удаляющихся за пределы земной магнитосферы.

Значительный интерес представляет изучение всех этих явлений в настоящее время в период минимума солнечной активности, когда протекание эпизодических, изолированных во времени выбросов вещества из Солнца и связанных с этим магнитных возмущений может быть прослежено в более отчетливом виде благодаря их относительной редкости. В частности, весьма существенно исследование переходной области от магнитного поля Земли к межпланетному магнитному полю, т. е. определение границы земной магнитосферы.

Эта медаль внутри вымпела была доставлена 1 марта 1966 года на поверхность планеты Венера автоматической станцией «Венера-3». На снимках показана лицевая и обсротная стороны медали.

Фотохроника ТАСС.

Выход станции за пределы магнитосферы позволяет изучать малоэнергичную составляющую космических лучей, которая не достигает поверхности Земли из-за ее магнитного поля. Именно эта составляющая в основном обусловливает изменение интенсивности космических лучей в течение одиннадцатилетнего цикла солнечной активности, а также внезапные возрастания опасной для космонавтов радиации во время солнечных хромосферных вспышек. Большой научный интерес имеет также изучение изменения интенсивности космического излучения с удалением от Солнца или с приближением к нему.

Для изучения физических условий в космическом пространстве на станциях «Венера-2» и «Венера-3» были установлены следующие научные приборы:

— трехкомпонентный феррозондовый магнитометр для измерения межпланетных магнитных полей;

— газоразрядные счетчики и полупроводниковый детектор для исследования космических лучей;

— специальные датчики (ловушки) для измерения потоков заряженных частиц малых энергий и определения величин потоков солнечной плазмы и их энергетических спектров;

— пьезоэлектрические датчики для исследования микрометеоров;

— радиоприемник для измерения космического радиоизлучения в диапазонах длин волн 150 и 1.500 метров и 15 километров.

Перечисленный комплекс приборов охватывает основные характеристики физических условий в межпланетном пространстве.

Полученные при полете станций «Венера-2» и «Венера-3» данные физических исследований в настоящее время изучаются. Результаты будут опубликованы в научных журналах.

(ТАСС).

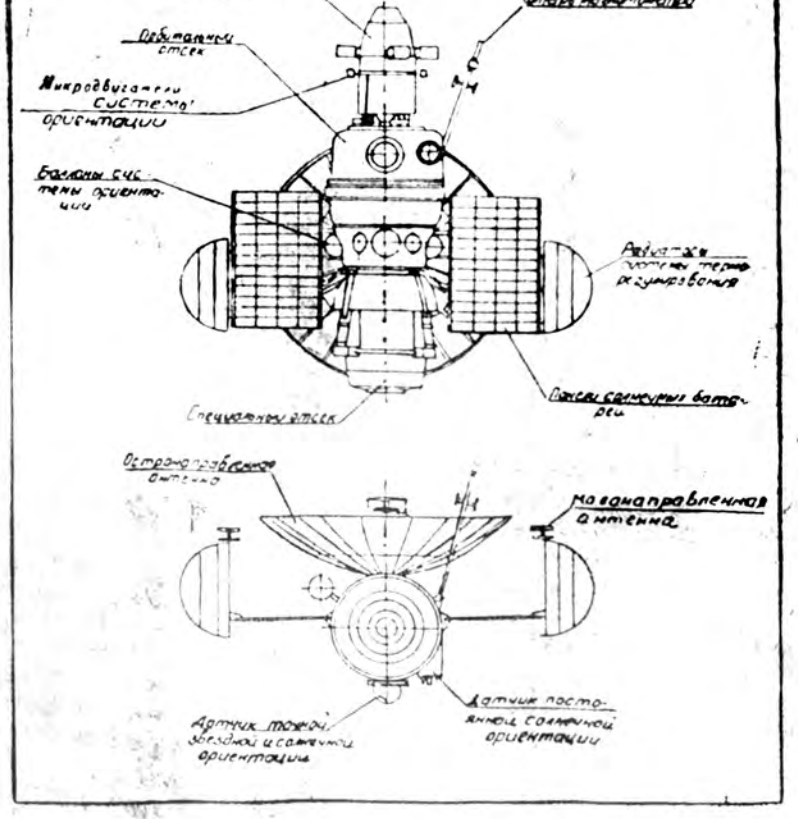

РИСУНОК № 1. СХЕМА СТАНЦИИ «ВЕНЕРА-2» («ВЕНЕРА-3»).

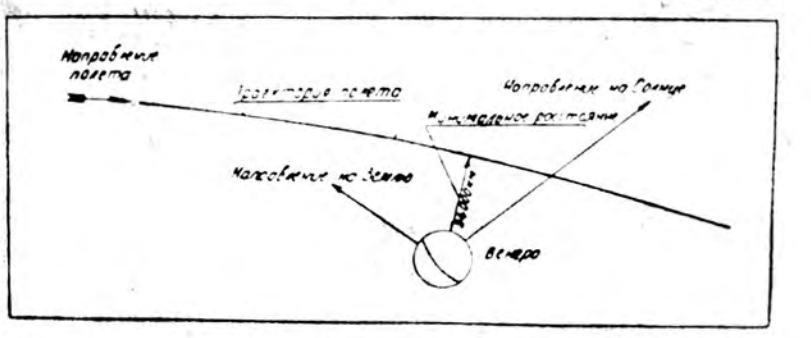

РИСУНОК № 2. СХЕМА ПРОЛЕТА СТАНЦИИ «ВЕНЕРА-2» ОКОЛО ПЛАНЕТЫ ВЕНЕРА.

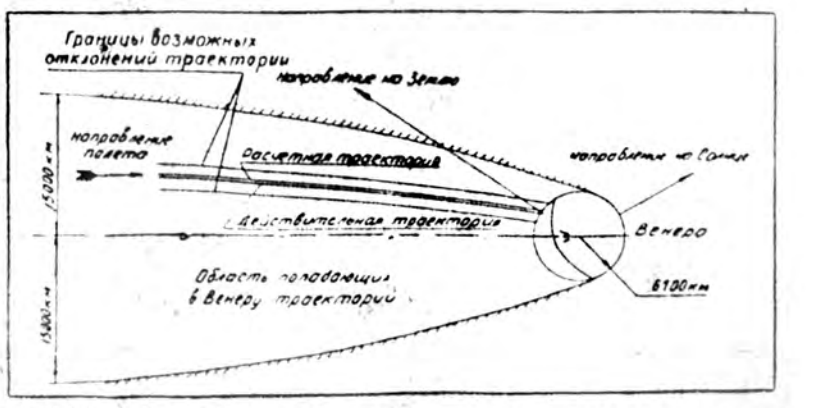

РИСУНОК № 3. СХЕМА СБЛИЖЕНИЯ СТАНЦИИ «ВЕНЕРА-3» С ПЛАНЕТОЙ ВЕНЕРА.