

**РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ
ВЕНЕРЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ДЛЯ ПОЛЕТОВ МЕЖПЛАНЕТНЫХ СТАНЦИЙ.
РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ 1978 г.**

*В. А. Котельников, Ю. Н. Александров, В. К. Головков, В. М. Дубровин,
А. Л. Зайцев, В. И. Каевицер, М. Д. Кислик, Ю. Ф. Колюка, А. А. Крымов,
Ю. К. Наумкин, Г. М. Петров, О. Н. Ржига, А. Т. Тагаевский, В. Ф. Тихонов,
А. Ф. Хасянов, А. М. Шаховской*

Астрономический журнал. 1980. Том 57. Вып. 1

Обсуждаются задачи радиолокационных наблюдений Венеры для обеспечения полетов АМС.

Приводятся сведения о построении численной теории движения Венеры и Земли на основе радиолокационных наблюдений Венеры на мерном интервале 1962–1977 гг.

Даны результаты измерений расстояния и скорости Венеры, полученные при радиолокации 1978 г. Установлено, что отклонения измеренных расстояний от расчетных значений, полученных на основе построенной численной теории, не превышают 6 км, тогда как отклонения от расчета по классической теории достигают 500 км.

Делается вывод, что для обеспечения полетов АМС к Венере целесообразно вместо классических теорий движения Земли и Венеры применять теории, построенные на основе радиолокационных измерений.

Radar observation of Venus and their use for the interplanetary vehicles flights. The results of the 1978 observations, by V. A. Kotel'nikov, Yu. N. Aleksandrov, V. K. Golovkov, V. M. Dubrovin, A. L. Zajtsev, V. I. Kaevitser, M. D. Kislik, Yu. F. Kolyuka, A. A. Krymov, Yu. K. Naumkin, G. M. Petrov, O. N. Rzhiga, A. T. Tagaevskij, V. F. Tikhonov, A. F. Khasyanov, A. M. Shakhovskoj. — The tasks of the radar observations of Venus for providing the interplanetary vehicles flights are discussed. The information, concerning the numerical theory of motion of Venus and of the Earth constructed on the basis of the radar observations of Venus during 1962–1977, is given. The results of the measurements of the distance and the velocity of Venus obtained in the 1978 observations, are presented. It is established that deviations of the measured distances from the calculated ones, obtained from the numerical theory, do not exceed 6 km, whereas the deviations from the classical theory reach 500 km. It is concluded that for providing the flights to Venus it is advisable to apply the theories based on the radar measurements rather than on the classical theories.

В связи с организацией полетов автоматических межпланетных станции (АМС) в начале 60-х годов возникла острая необходимость в существенном уточнении величины астрономической единицы (\mathcal{A}), так как существовавшая в то время ее неопределенность (50–70 тыс. км) при полетах к планетам могла приводить к промаху в несколько их радиусов. Эту задачу кардинально можно было решить только с помощью радиолокации планет, измеряя время распространения отраженных от них радиолокационных сигналов. Уже в 1961 г. по результатам первой успешной радиолокации Венеры было достигнуто уточнение астрономической единицы более чем на 2 порядка [1, 2]. Последующие радиолокационные наблюдения Венеры, выполненные в 60-х годах, позволили определить величину \mathcal{A} с точностью до нескольких километров [2]. Начиная с 1969 г., при расчетах орбит планет и АМС принималось уточненное значение $\mathcal{A} = 499,004\,780$ световых сек., что при скорости света $c = 299\,792,5$ км/сек соответствует $\mathcal{A} = 149\,597\,890$ км.

Таблица 1. Среднеквадратичные ошибки измерений расстояния (δr) и радиальной скорости (δV_r) за один пятиминутный сеанс радиолокации Венеры [5–7]

Ошибки	Год радиолокации Венеры								
	1961	1962	1964	1969	1970	1972	1975	1977	1978
δr , км	1000	15	4	4	0,75	0,6	0,45	0,3	0,3
δV_r , см/сек	40	6	6	2	2	2	1,2	0,8	0,8

В то же время радиолокационные наблюдения показали, что и после внесения поправки в величину астрономической единицы остаются значительные расхождения между измеренными расстояниями и расстояниями, вычисленными на основе классических теорий движения планет. Эти расхождения достигали нескольких сотен км [3, 6, 7]. Поэтому при каждом полете АМС приходилось наряду с траекторными радиотехническими измерениями, определяющими положение станции, проводить также радиолокационные измерения для уточнения положения планеты. При полетах станций к Венере продолжительности радиолокационных циклов наблюдений составляли 2–3 месяца (вблизи нижних соединений), причем в каждом из них выполнялось по несколько сотен сеансов измерений. В процессе подготовки к наблюдениям для повышения точности измерений совершенствовались аппаратура и методика. Как видно из табл. 1, достаточно высокая точность измерений расстояния (~ 15 км) была получена уже в 1962 г., а в последних циклах (1977, 1978 гг.) аппаратурная точность измерений расстояния до ближайших к Земле участков поверхности Венеры была доведена нами до 300 м.

В результате систематических радиолокационных наблюдений Венеры на мерном интервале в 15 лет (1962–1977 гг.) был накоплен обширный наблюдательный материал [3–7], на основе которого в 1977 г.

Институтом радиотехники и электроники АН СССР совместно с рядом организаций была выполнена работа по определению орбит Венеры и Земли [8] ¹⁾. Работа завершилась построением численной теории движения Венеры и Земли, позволяющей прогнозировать их взаимное положение на ближайшие годы на 2 порядка точнее, чем это обеспечивает аналитическая теория Ньюкома с поправками Данкома (для Венеры) и Моргана (для Земли). При построении численной теории наряду с радиолокационными измерениями, выполненными в СССР, были использованы также результаты радиолокационных наблюдений Венеры в США, оптические измерения угловых координат Венеры и Солнца в Николаевской обсерватории АН СССР и Морской обсерватории США, радиотехнические измерения дальностей искусственных спутников «Венера-9» и «Венера-10» в 1975 г.

В число уточняемых параметров совместно с 12 элементами орбит Венеры и центра масс системы Земля–Луна были включены также астрономическая единица (\mathcal{A}) и радиус Венеры ($R_{\text{в}}$), значения которых получились равными: $\mathcal{A} = 499,0047746 \pm 0,0000022$ световых сек., что при скорости света $c = 299\,792,5$ км/сек соответствует $\mathcal{A} = 149\,597\,888,9 \pm 0,7$ км, $R_{\text{в}} = 6052,3 \pm 0,3$ км (приведенные здесь ошибки являются формальными, полученными из внутренней сходимости измерений при обработке методом наименьших квадратов). Как и следовало ожидать, новые значения \mathcal{A} и $R_{\text{в}}$ мало отличаются от прежних значений, полученных в 60-х годах ($\mathcal{A} = 149\,597\,890$ км, $R_{\text{в}} = 6050$ км).

Следует отметить, что численная теория движения Венеры и Земли [8] построена фактически на основе наблюдений, охватываемых мерным интервалом 1962–1975 гг., наблюдения же 1977 г. использовались только для контрольных целей — для проверки точности рассчитанного прогноза. Среднеквадратичные значения отклонений измеренных расстояний от их расчетных значений по численной теории монотонно уменьшаются от 12 км в 1962 г. до 1,7 км в 1975 г., отклонения измеренных в 1977 г. расстояний от прогноза не превышают 2 км [8] и, по-видимому, в значительной мере обусловлены влиянием рельефа поверхности Венеры.

В период с октября по декабрь 1978 г. Институтом радиотехники и электроники АН СССР совместно с рядом организаций был выполнен очередной цикл радиолокационных наблюдений Венеры для обеспечения полетов к ней АМС «Венера-11» и «Венера-12». В этих наблюдениях получена дополнительная измерительная информация, позволившая выяснить фактическую точность прогнозирования на основе построенной численной теории [8] при увеличении интервала прогноза до 3 лет.

¹⁾ Аналогичная работа была выполнена также в Ин-те прикладной математики АН СССР [9].

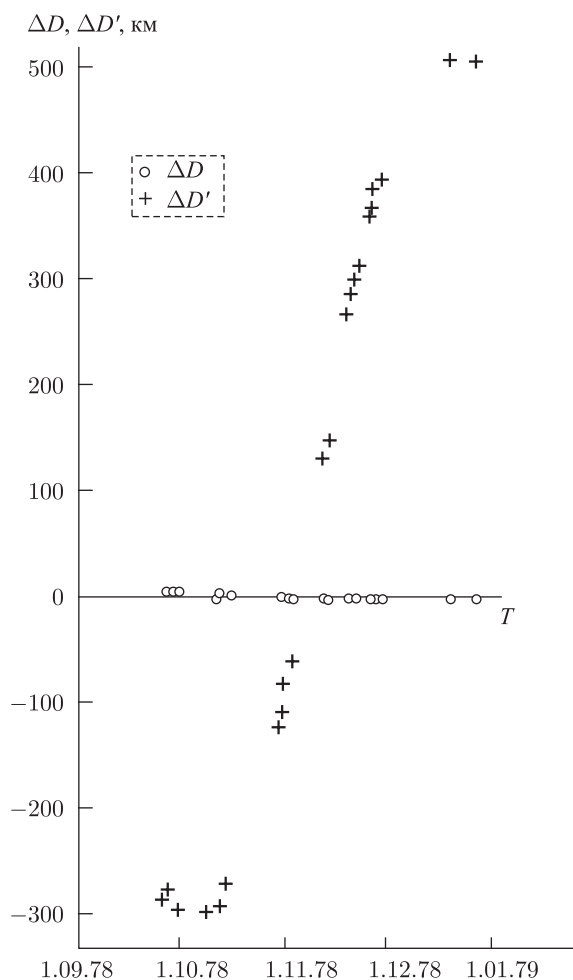


Рис. 1. Отклонения измеренных расстояний до Венеры от расчетных значений для двух вариантов вычисления орбит Венеры и Земли: ΔD — по орбитам, вычисленным на основе работы [8], $\Delta D'$ — по орбитам, вычисленным на основе аналитической теории Ньюкома с поправками Данкома и Моргана

Измерения проводились с помощью того же планетного радиолокатора, который использовался в прежних измерениях [6, 7]. Номинальное значение частоты радиолокатора $f_0 = 768\,719\,220$ Гц (длина волны $\lambda_c = 39$ см).

Для измерения расстояния в качестве зондирующего сигнала применялся непрерывный радиолокационный сигнал с периодической линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) в двух вариантах комбинации ее параметров — девиации частоты F_M и периода модуляции T_M :

1) $F_m = 32$ кГц, $T_m = 0,25$ сек, 2) $F_m = 128$ кГц, $T_m = 0,5$ сек, ЛЧМ-сигнал формировался из стабильного колебания методом прямого цифрового синтеза. В режиме излучения, длительность которого изменялась в зависимости от расстояния до Венеры (4,5–8 мин), начало модуляции привязывалось к началу целой минуты всемирного координированного времени UTC. В режиме приема (такой же длительности) ЛЧМ-сигнал использовался в качестве гетеродинного колебания приемника для демодуляции принимаемых сигналов, поэтому он синтезировался вторично с задержкой начала модуляции на прогнозируемое время распространения сигнала. Отсчет прогнозируемой задержки осуществлялся с дискретностью 0,1 мкс путем счета числа периодов эталонного колебания, имевшего частоту 10 МГц.

В частоту излучаемого сигнала вводилась поправка на прогнозируемое значение доплеровского смещения частоты отраженного сигнала, при этом частота излучаемого сигнала в течение сеанса изменялась по программе таким образом, чтобы частота принимаемого сигнала оставалась постоянной и равной f_0 . Программное изменение частоты осуществлялось с дискретностью 0,01 Гц по закону полинома 3-й степени. Изменение запаздывания отраженного сигнала за время сеанса компенсировалось также при излучении сигнала путем ввода соответствующей доплеровской поправки в частоту того колебания, из которого синтезировался модулированный сигнал.

Излучаемый сигнал передатчика, гетеродинные сигналы приемника, задающие колебания синтезаторов сигналов и колебание для отсчета прогнозируемой задержки формировались из эталонного колебания водородного стандарта частоты.

Обработка принятых сигналов осуществлялась на ЭВМ. При этом сначала методом быстрого преобразования Фурье производился спектральный анализ с разрешением 0,122 Гц и синтезировалось двумерное распределение мощности отраженных сигналов по запаздыванию и частоте [10], затем полученное распределение анализировалось с учетом корреляционных свойств зондирующего сигнала и закономерностей отражения сигналов поверхностью планеты. В результате анализа определялись запаздывание и доплеровская поправка частоты сигнала, отраженного от ближайшей к Земле области планеты, а также параметры, характеризующие отражательные свойства и рельеф ее поверхности.

Результаты измерений запаздывания и доплеровской поправки частоты отраженных сигналов приведены в табл. 2 и 3 соответственно. В первом столбце таблиц даны моменты начала излучений сигналов в системе всемирного координированного времени UTC, во втором столбце — измеренные величины, третий столбец содержит среднеквадратичные ошибки измерений.

На рис. 1 кружками показаны усредненные по дням наблюдений отклонения (ΔD , км) измеренных расстояний до Венеры от расчетных значений, вычисленных на основе численной теории [8]. Величины ΔD только в начале мерного интервала достигают 6–7 км (при среднеквад-

Таблица 2. Время запаздывания при радиолокации Венеры в 1978 г.

Время излучения, час, мин	Измеренное время запаздывания, мкс	Среднеквадратичная ошибка, мкс	Время излучения, час, мин	Измеренное время запаздывания, мкс	Среднеквадратичная ошибка, мкс
26.IX.1978			11 56	283275198,1	2
			12 10	283248367,9	2
11 24	467815213,5	500	12 24	283221653,0	2
12 06	467604668,9	15	12 38	283195049,2	2
12 26	467504754,5	15	12 52	283168553,1	2
13 00	467335410,7	15	13 06	283142163,0	2
13 20	467236091,1	15	13 20	283115371,1	2
13 44	467117187,6	15	30.X.1978		
14 10	466988707,0	15	09 26	280833034,4	2
27.IX.1978			12 32	280502356,6	2
15 20	459476393,5	15	12 46	280478320,2	2
29.IX.1978			13 00	280454389,2	2
12 52	446017742,5	15	13 28	280406827,5	2
13 36	445804445,5	15	1.XI.1978		
10.X.1978			09 16	276149469,3	2
			09 30	276128920,1	2
11 28	373332813,4	500	09 44	276108501,6	2
13 20	372856206,7	15	11 14	275980306,2	2
11.X.1978			11 28	275960834,2	2
12 08	367052838,0	15	11 42	275941488,2	2
13 40	366669937,0	15	12 10	275903147,5	2
14 02	366579020,8	8	12 24	275884148,8	2
14.X.1978			12 38	275865265,1	4
11 46	349510879,5	16	12 52	275846484,4	4
12 46	349275424,5	30	13 06	275827803,8	4
29.X.1978			2.XI.1978		
09 10	283602721,5	4	08 14	274280515,4	2
09 24	283574417,0	4	08 34	274254252,7	2
09 38	283546239,3	4	08 48	274236015,0	2
11 10	283364196,7	4	09 22	274192261,3	4
11 26	283333091,3	2	11 30	274034350,5	4
			11 44	274017720,4	4
			11 58	274001203,9	2

Таблица 2 (продолжение)

Время излучения, час, мин	Измеренное время запаздывания, мкс	Среднеквадратичная ошибка, мкс	Время излучения, час, мин	Измеренное время запаздывания, мкс	Среднеквадратичная ошибка, мкс
12 28	273966206,5	2	12 14	285363829,4	2
12 42	273950044,8	2			
13 04	273924861,1	6			
	11.XI.1978			20.XI.1978	
			08 36	288001614,0	2
			08 50	288033238,9	2
12 18	269651319,6	2	09 04	288064987,3	4
12 32	269660860,3	2	09 20	288101435,7	4
12 46	269670496,9	2	09 34	288133462,9	4
	12.XI.1978		09 48	288165613,9	4
			10 04	288202507,1	4
08 28	270451451,5	2	10 18	288234911,2	4
08 42	270461867,4	2	10 32	288267434,3	4
08 56	270472420,4	2	10 46	288300065,4	4
09 10	270483107,4	2	11 00	288332803,5	4
09 38	270504882,6	4	11 14	288365647,0	4
09 54	270517562,9	4	11 28	288398582,3	2
11 28	270595390,3	2	11 42	288431618,9	2
11 42	270607439,2	2	11 56	288464740,7	2
11 56	270619590,4	2	12 10	288497944,0	2
12 10	270631847,9	9			
12 24	270644205,9	4		21.XI.1978	
	18.XI.1978		08 00	291259081,6	2
			08 14	291292676,2	2
09 20	282118985,4	4	08 44	291365101,5	2
09 34	282146157,7	4	09 30	291477293,6	2
09 48	282173456,8	4	09 44	291511706,7	2
11 24	282363843,2	4	10 00	291551183,2	2
11 38	282392026,2	4	10 20	291600746,7	2
11 52	282420311,6	2	10 34	291635578,3	2
12 06	282448682,6	2	11 02	201705559,1	4
12 20	282477137,5	2	11 16	291740698,9	4
	19.XI.1978		11 30	291775943,5	4
			11 50	291826438,1	4
09 30	285008495,3	2	12 04	291861883,0	4
09 58	285068078,1	2			
11 44	285297791,5	2		24.XI.1978	
12 00	285332964,3	2	10 14	302999871,1	2

Таблица 2 (продолжение)

Время излучения, час, мин	Измеренное время запаздывания, мкс	Среднеквадратичная ошибка, мкс	Время излучения, час, мин	Измеренное время запаздывания, мкс	Среднеквадратичная ошибка, мкс
10 28	303041009,6	2	11 42	311914872,0	2
10 42	303082245,6	2	11 56	311960348,4	2
10 56	303123586,5	2			
11 10	303165020,2	2		27.XI.1978	
11 26	303212488,0	2	08 56	315968005,6	2
11 40	303254006,4	4	09 10	316014190,3	2
12 04	303325639,8	4	09 24	316060390,2	2
			09 38	316106706,6	2
	25.XI.1978		11 54	316561837,1	2
08 18	306866629,5	2			
08 32	306908731,9	2		18.XII.1978	
08 46	306950965,4	2	07 24	441746103,7	8
09 00	306993320,1	2	07 44	441842880,3	8
09 14	307035798,9	2	08 10	441969031,0	8
			08 30	442066322,5	8
	26.XI.1978		08 50	442163827,0	4
09 12	311433225,9	2			
09 30	311490385,8	2		26.XII.1978	
09 44	311534976,2	2	09 40	499398927,8	20
09 58	311579680,3	2	10 04	499522529,9	20
10 50	311746639,0	2	10 24	499625712,9	20
11 04	311791816,4	2	10 44	499729018,5	8

ратичной ошибке измерений ~ 2 км), а на остальной части интервала составляют 1–3 км (среднеквадратичные ошибки усредненных отклонений ΔD на большей части интервала наблюдений не превышали 300 м). На том же рисунке крестиками показаны отклонения ($\Delta D'$, км) измеренных расстояний от расчетных значений, вычисленных на основе аналитической теории Ньюкома (с поправками Данкома и Моргана). Как видно, отклонения $\Delta D'$ на интервале наблюдений доходят до 500 км.

В декабре 1978 г. с помощью наземного радиотехнического дальномера проведены также измерения расстояний до орбитальных аппаратов АМС «Венера-11» и «Венера-12» в районах их максимального сближения с Венерой. Эти измерения позволили провести косвенную проверку теорий движения Земли и Венеры. Афродитоцентрические орбиты АМС «Венера-11» и «Венера-12» были определены по наземным измерениям их радиальной скорости. Расчеты выполнялись в двух вариантах. В первом варианте использовалась численная теория движения Земли и Венеры [8], во втором — аналитическая теория Ньюкома

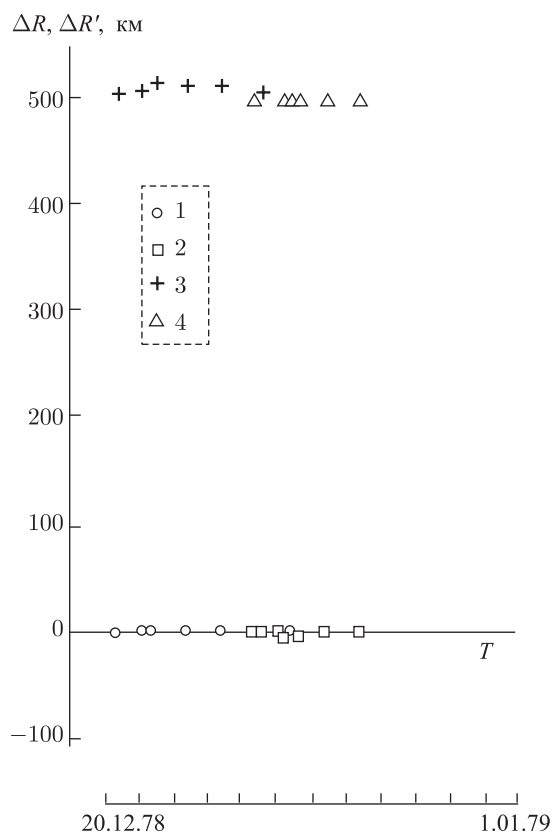


Рис. 2. Отклонения измеренных расстояний до АМС «Венера-11» (2, 4) и «Венера-12» (1, 3) от расчетных значений для двух вариантов вычисления орбит Венеры и Земли: 1, 2 — для орбит, найденных на основе работы [8], 3, 4 — для орбит, полученных на основе аналитической теории Ньюкома с поправками Данкома и Моргана

(с поправками Данкома и Моргана). Результаты сравнения измеренных и расчетных расстояний для каждого из вариантов показаны на рис. 2. Разности ΔR для первого варианта как для «Венеры-11», так и для «Венеры-12» не превышают 3 км. Соответствующие разности $\Delta R'$ для второго варианта достигают 500 км. Эти результаты находятся в полном согласии с данными рассмотренных выше радиолокационных наблюдений 1978 г.

Полученные в настоящей работе оценки ΔD и ΔR характеризуют точность прогноза радиального геоцентрического движения Венеры по численной теории [8] на интервале продолжительностью в два синодических периода обращения Венеры (3.2 года). Эта точность практически не уступает точности согласования измеренных и расчетных

Таблица 3. Доплеровская поправка при радиолокации Венеры в 1978 г.

Время излучения, час, мин	Измеренная доплеровская поправка, Гц	Среднеквадратичная ошибка, Гц	Время излучения, час, мин	Измеренная доплеровская поправка, Гц	Среднеквадратичная ошибка, Гц
			14 02	-52 872,321	0,25
26.IX.1978					
09 42	-65 041,146	0,25		14.X.1978	
10 56	-64 569,209	0,25	09 42	-51 404,453	0,25
11 24	-64 374,977	0,12	11 46	-50 409,060	0,25
11 46	-64 219,151	0,12	12 20	-50 247,185	0,25
12 06	-64 076,298	0,12			
12 26	-63 933,387	0,12		29.X,1978	
13 00	-63 693,250	0,12	08 32	-26 253,710	0,06
13 20	-63 555,360	0,12	08 50	-26 115,513	0,06
13 44	-63 394,912	0,25	09 10	-25 957,790	0,06
14 10	-63 229,108	0,12	09 24	-25 845,215	0,06
			09 38	-25 731,212	0,00
27.IX.1978			11 10	-24 972,250	0,00
15 00	-62 470,481	0,25	11 26	-24 843,030	0,06
15 20	-62 369,299	0,25	11 42	-24 716,000	0,06
			11 56	-24 607,018	0,06
29.IX.1978			12 10	-24 500,464	0,06
09 42	-63 559,553	0,25	12 24	-24 396,566	0,06
10 14	-63 361,349	0,25	12 38	-24 295,665	0,06
12 00	-62 629,660	0,25	12 52	-24 198,067	0,06
12 30	-62 115,136	0,25	13 06	-24 104,059	0,06
12 52	-62 259,652	0,25	13 34	-23 927,866	0,06
13 36	-61 959,257	0,25			
10.X.1978				30.X.1978	
09 56	-55 585,476	0,20	08 54	-23 800,593	0,06
13 20	-54 130,028	0,20	09 12	-23 656,125	0,06
14 00	-53 872,847	0,12	09 26	-23 541,934	0,02
14 36	-53 664,322	0,12	11 02	-22 744,703	0,06
			11 46	-22 391,484	0,06
			12 04	-22 252,843	0,06
11.X,1978			12 32	-22 046,425	0,02
09 50	-54 643,615	0,12	12 46	-21 947,969	0,02
12 08	-53 650,119	0,12	13 00	-21 853,094	0,02
13 40	-53 009,878	0,12	13 28	-21 675,239	0,02

Таблица 3 (продолжение)

Время излучения, час, мин	Измеренная доплеровская поправка, Гц	Среднеквадратичная ошибка, Гц	Время излучения, час, мин	Измеренная доплеровская поправка, Гц	Среднеквадратичная ошибка, Гц
	1.XI.1978		08 42	9 594,785	0,02
			08 56	9 717,654	0,02
09 02	-18 979,303	0,12	09 10	9 840,460	0,02
09 16	-18 863,455	0,06	09 38	10 084,532	0,02
09 30	-18 746,379	0,06	09 54	10 222,220	0,02
09 44	-18 628,459	0,06	11 14	10 870,596	0,06
11 14	-17 874,782	0,02	11 28	10 974,284	0,02
11 28	-17 761,899	0,02	11 42	11 074,216	0,02
11 42	-17 651,156	0,02	11 56	11 170,162	0,02
12 10	-17 437,362	0,02	12 10	11 261,844	0,02
12 24	-17 334,940	0,02	12 24	11 348,435	0,02
12 38	-17 235,900	0,02	12 38	11 431,472	0,06
12 52	-17 140,579	0,02		18.XI.1978	
13 06	-17 049,207	0,02	08 44	24 500,624	0,12
13 20	-16 961,998	0,06	09 00	24 637,890	0,06
	2.XI.1978		09 20	24 807,516	0,06
08 00	-17 012,003	0,06	09 34	24 924,487	0,06
08 14	-16 903,634	0,02	09 48	25 039,551	0,06
08 34	-16 744,402	0,02	11 08	25 644,313	0,06
08 48	-16 630,361	0,02	11 24	25 751,239	0,04
09 22	-16 346,846	0,02	11 52	25 924,394	0,04
11 10	-15 387,777	0,06	12 06	26 003,866	0,04
11 30	-15 275,398	0,02	12 20	23 078,285	0,04
11 44	-15 165,289	0,02		19.XI.1978	
11 58	-15 057,828	0,02	09 02	26 915,512	0,06
12 28	-14 838,026	0,02	09 16	27 033,360	0,06
12 42	-14 740,936	0,02	09 30	27 149,627	0,06
13 04	-14 596,281	0,02	09 58	27 376,121	0,06
	11.XI.1978		11 44	28 117,761	0,04
12 04	8 598,488	0,06	12 00	28 203,622	0,04
12 32	8 776,275	0,02	12 14	28 282,770	0,04
12 46	8 858,111	0,02		20.XI.1978	
	12.XI.1978		07 54	28 521,582	0,12
08 12	9 333,292	0,06	08 08	28 641,222	0,12
08 28	9 472,313	0,02	08 22	28 761,058	0,04

Таблица 3 (продолжение)

Время излучения, час, мин	Измеренная доплеровская поправка, Гц	Среднеквадратичная ошибка, Гц	Время излучения, час, мин	Измеренная доплеровская поправка, Гц	Среднеквадратичная ошибка, Гц
08 36	28 880,638	0,04	08 48	38 934,573	0,18
08 50	28 999,589	0,04	09 02	37 043,359	0,12
09 04	29 117,553	0,04	09 24	37 223,167	0,12
09 20	29 250,587	0,06	09 46	37 392,120	0,10
09 34	29 365,083	0,06	10 14	37 596,491	0,04
09 48	29 477,418	0,06	10 28	37 693,658	0,04
10 04	29 602,717	0,06	10 42	37 786,915	0,04
10 18	29 709,370	0,06	10 56	37 876,067	0,04
10 32	29 812,783	0,06	11 10	37 960,787	0,04
10 46	29 912,693	0,06	11 26	38 051,968	0,06
11 00	30 008,783	0,06	11 40	38 120,174	0,06
11 14	30 100,729	0,06	12 04	38 242,131	0,06
11 28	30 188,351	0,04			
11 42	30 271,367	0,04		25.XI.1978	
11 56	30 349,522	0,04	07 46	38 208,835	0,10
12 10	30 422,611	0,04	08 00	38 325,406	0,20
			08 18	38 474,915	0,04
	21.XI.1978		08 32	38 590,290	0,04
07 14	30 295,056	0,12	08 46	38 704,534	0,04
07 28	30 412,386	0,12	09 00	38 817,260	0,04
07 46	30 564,623	0,06	09 14	38 964,049	0,04
08 00	30 683,653	0,06	09 42	39 142,796	0,12
08 14	30 802,923	0,06	09 58	39 260,461	0,12
08 44	31 057,360	0,06	10 12	39 359,866	0,12
09 10	31 274,352	0,06	10 26	39 455,678	0,12
09 30	31 437,387	0,04	11 48	39 930,079	0,12
09 44	31 549,010	0,04	12 00	39 985,333	0,12
10 00	31 673,473	0,04			
10 20	31 823,583	0,04		26.XI.1978	
10 34	31 924,694	0,04	08 16	40 166,880	0,12
11 02	32 115,598	0,06	08 30	40 281,517	0,12
11 16	32 204,807	0,06	08 44	40 394,947	0,12
11 30	32 259,591	0,06	09 12	40 616,548	0,04
11 50	32 402,352	0,06	09 30	40 754,356	0,06
12 04	32 475,196	0,06	09 44	40 858,522	0,06
			09 58	40 959,572	0,06
	24.XI.1978		10 50	41 303,086	0,06
08 34	36 319,570	0,12	11 04	41 385,684	0,06

Таблица 3 (продолжение)

Время излучения, час, мин	Измеренная доплеровская поправка, Гц	Среднеквадратичная ошибка, Гц	Время излучения, час, мин	Измеренная доплеровская поправка, Гц	Среднеквадратичная ошибка, Гц
11 42	41 585,536	0,06	07 44	62 068,716	0,12
11 56	41 649,577	0,06	08 10	62 255,053	0,12
			08 30	62 393,435	0,12
	27.XI.1978		08 50	62 526,400	0,12
08 42	42 007,063	0,12			
08 56	42 117,939	0,06		26.XII.1978	
09 10	42 226,842	0,06	09 40	65 931,387	0,25
09 24	42 372,492	0,06	10 04	66 049,201	0,25
09 38	42 437,347	0,06	10 24	66 136,743	0,25
11 54	43 245,259	0,06	10 44	66 213,930	0,25
	18.XII.1978				
07 24	61 921,739	0,12			

значении расстояния до Венеры, достигнутой при обработке экспериментальных данных на мерном интервале 1962–1975 гг.

Изложенные результаты подтверждают сделанный в [8] вывод, что при обеспечении полетов к Венере целесообразно вместо классических теорий движения Земли и Венеры применять теории, построенные на основе радиолокационных наблюдений Венеры.

Авторы выражают благодарность Р. А. Андрееву, С. М. Барабошкину, В. Е. Зимову, Е. Ф. Кущенко, А. Г. Мелихову, В. М. Подоляину, Ю. В. Филину, О. С. Шампаровой, а также всем сотрудникам, участвовавшим в подготовке и проведении измерений.

Институт радиотехники и электроники
Академии наук СССР, Москва

Поступила в редакцию 22 августа
1979 г.

Литература

1. В. А. Котельников и др., Докл. АН СССР, 145, 1035, 1962.
2. В. А. Котельников и др., Сб. тр. ИРЭ АН СССР. Проблемы современной радиотехники и электроники, 1, 47, 1978.
3. В. А. Котельников и др., Докл. АН СССР, 151, 532, 1963.
4. В. А. Котельников и др., Докл. АН СССР, 163, 50, 1965.
5. В. А. Котельников и др., Астрон. ж., 50, 836, 1973.
6. В. А. Котельников и др., Астрон. ж., 53, 1270, 1976.
7. В. А. Котельников и др., Астрон. ж., 56, 405, 1979.
8. М. Д. Кислик и др., Докл. АН СССР, 241, 1046, 1978.
9. Э. А. Аким, В. А. Степанянц, Докл. АН СССР, 233, 314, 1977.
10. Ю. Н. Александров и др., Астрон. ж., 49, 175, 1972.