

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРБИТ ВЕНЕРЫ, ЗЕМЛИ,
МАРСА НА ОСНОВЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ
НАБЛЮДЕНИЙ ВЕНЕРЫ И МАРСА
В 1962–1978 гг.**

М. Д. Кислик, Ю. Ф. Колюка, В. А. Котельников, Г. М. Петров, В. Ф. Тихонов

Успехи физических наук. 1980. Том 131, вып. 3

Радиолокационные наблюдения планет, а также измерения параметров движения автоматических межпланетных станций обнаружили заметные ошибки в классических теориях движения Венеры, Земли и Марса. Эти теории были созданы работами Ньюкома, Данкома, Моргана и Клеменса в конце XIX – первой половине XX века на основе оптических наблюдений планет. Ошибки этих теорий доходят до нескольких сотен километров, что затрудняет решение навигационных задач при полетах к планетам.

После накопления радиолокационных наблюдений на интервале нескольких синодических периодов обращения Венеры и Марса Институтом радиотехники и электроники АН СССР совместно с рядом организаций были проведены работы по построению новых теорий движения этих планет и Земли¹⁾. Для этого были созданы и программно реализованы на ЭВМ алгоритмы определения орбит, предусматривающие совместную обработку радиолокационных и оптических наблюдений планет, оптических наблюдений Солнца, а также измерений параметров движения искусственных спутников планет и автоматических межпланетных станций. Описание движения небесных тел в этих алгоритмах производится численным интегрированием уравнений движения методом рекуррентных степенных разложений, детально разработанным применительно к рассматриваемой задаче. Вычислительная ошибка метода практически отсутствует. В качестве притягивающих тел рассматриваются Солнце, все большие планеты (кроме Нептуна и Плутона) и Луна. Определяемыми параметрами являются элементы орбит Венеры, Марса, барицентра системы Земля–Луна, искусственных космических объектов, а также астрономическая единица

¹⁾ Аналогичные работы для Венеры и Земли были выполнены также Институтом прикладной математики АН СССР.

зовались радиолокационные наблюдения Венеры в 1977 и 1978 гг., а также измерения расстояний до искусственных спутников Венеры «Венера-9» и «Венера-10» в 1976 г. и до автоматических межпланетных станций «Венера-11» и «Венера-12» в 1978 г. Разности ΔD не превысили на всем мерном интервале 2 км в 1977 г. и 6 км в 1978 г. Эти же разности для классических теорий движения Венеры и Земли оказались во много раз больше, достигнув в 1978 г. величины ~ 500 км. Аналогичные соотношения получились для разностей ΔR при определении орбит искусственных космических объектов по измерениям радиальной скорости и при описании движения Венеры и Земли, с одной стороны, — по полученному решению, с другой, — по классическим теориям. Для 1978 г. (при прогнозировании на два синодических периода обращения Венеры) эти данные представлены на рис. 1.

На втором этапе при полученном значении астрономической единицы были определены элементы орбит Марса и барицентра системы Земля–Луна по результатам: выполненных в СССР и США радиолокационных наблюдений Марса (1964–1971 гг.) и оптических наблюдений Марса и Солнца (1960–1975 гг.). Только для 1964–1965 гг., когда точность радиолокационных измерений была менее высокой, чем в последующие годы, разности ΔD достигают для полученного решения 25–30 км, на всей же остальной части мерного локационного интер-

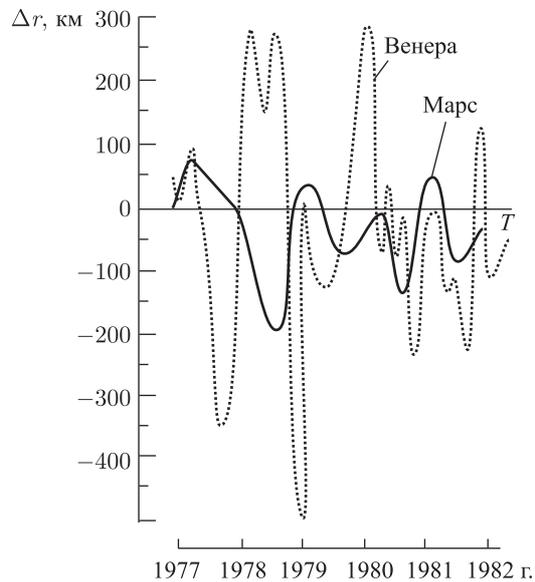


Рис. 2. Отклонения Δr геоцентрических дальностей Венеры и Марса, вычисленных по классическим теориям, от их значений, полученных по уточненным в работе орбитам планет

вала они не превышают 10 км. Принимая во внимание особенности рельефа Марса, имеющего перепады высот до 15 км, достигнутое согласование измеренных и расчетных дальностей можно считать вполне удовлетворительным. Разности ΔD для классических теорий доходят на мерном интервале до 80 км. Элементы орбиты барицентра системы Земля–Луна, полученные на первом и втором этапах обработки, хорошо совпадают между собой: различия не выходят за пределы, допускаемые формальными оценками ошибок их определения. Исключение составляет только большая полуось орбиты, для которой это различие составляет $6 \cdot 10^{-8}$ а.е. Последнее, как показал предварительный анализ, может быть в некоторой степени объяснено релятивистскими эффектами.

На рис. 2 приведены для 1977–1982 гг. отклонения прогнозируемых геоцентрических дальностей Венеры и Марса, вычисленных по классическим теориям, от их значений, полученных по определенным в настоящей работе орбитам планет. Для Венеры эти отклонения доходят до 500 км, для Марса — до 200 км. Очевидно, что в задачах, связанных с обеспечением полетов к Венере и Марсу, целесообразно использовать вместо классических теорий новые теории движения этих планет и Земли, построенные на основе радиолокационных наблюдений.

Литература

1. М. Д. Кислик, Ю. Ф. Колюка, В. А. Котельников, Г. М. Петров, В. Ф. Тихонов. — ДАН СССР, 1978, т. 241, с. 1046.
2. М. Д. Кислик, Ю. Ф. Колюка, В. А. Котельников, Г. М. Петров, В. Ф. Тихонов. — Ibid., 1979, т. 249, с. 78.
3. В. А. Котельников и др. — Астрон. ж., т. 57, вып. 1, 3, 1980, т. 57, с. 3.