

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Величественные достижения последних лет в области исследования космоса: вывод на орбиту Советским Союзом первых искусственных спутников Земли, многочисленные запуски советских и американских спутников различного назначения, посылка космических аппаратов к Луне, Венере, Марсу, полеты космонавтов — все это привлекло внимание широких слоев читателей к проблемам космонавтики, в том числе к ее траекторным задачам.

Динамика космического полета имеет своим предметом изучение движения искусственных небесных тел, учет влияния различных факторов на характер этого движения. Эта ветвь механики известна также под иными названиями: «прикладная небесная механика», «космодинамика», «небесная баллистика», «астродинамика».

Теория полета искусственных небесных тел существенным образом использует методы и результаты классической небесной механики, занимающейся изучением движения естественных небесных тел. Сейчас небесная механика предстает в новом свете — как введение в динамику космического полета.

В данной книге основное внимание уделено именно тем траекторным задачам космонавтики, которые наиболее близки к классической небесной механике. Другие вопросы космодинамики (некоторые из них упомянуты во введении) автор надеется изложить в книге, продолжающей данную.

Книга адресована тем, кто желает получить представление о небесно-механическом аппарате космонавтики; о простейших задачах космодинамики и методах их решения. Это могут быть студенты технических вузов и физико-математических факультетов, инженеры, преподаватели естественно-математического профиля. У читателя

предполагается знакомство с основами высшей математики в объеме программы втуза.

В течение последних лет у нас и за рубежом было выполнено большое число интересных и глубоких исследований, посвященных динамике космического полета. Данная книга может послужить введением к этим работам \*). После ее чтения читателю будет легче приступить к изучению специальных статей и монографий, в частности монографий, выпускаемых Главной редакцией физико-математической литературы издательства «Наука» в серии «Механика космического полета».

Неотъемлемой частью этой книги являются включенные в нее задачи. Они разнообразны по содержанию и степени трудности. Многие из них снабжены ответами или решениями, помещенными в конце книги. Одни задачи представляют собой иллюстративные примеры к соответствующему теоретическому материалу, другие же представляют самостоятельный интерес. Поэтому к задачам необходимо отнестись так же внимательно, как и к остальному тексту. Крайне желательно, чтобы читатель самостоятельно представил себе ход решения каждой из задач и по крайней мере некоторые из них решил полностью. Это не займет много времени, если привлечь хотя бы простейшие счетные приборы (арифмометр или логарифмическую линейку), а также таблицы, указанные в списке литературы. Некоторые астрономические константы, которые могут потребоваться читателю при решении задач, собраны в приложении.

Для математических справок, потребность в которых может возникнуть при чтении книги, читателю достаточно обратиться к пособиям [0.16—0.20] списка литературы.

Введение к книге содержит краткий обзор некоторых основных проблем, интересующих космодинамику.

Глава I дает представление о ньютоновском потенциале тел сферической и несферической структуры.

Главы II—IV посвящены движению спутника центрального тела, принимаемого за материальную точку или тело

---

\*) Некоторые из этих работ перечислены в конце книги в списке литературы (который, разумеется, ни в коей мере не претендует на полноту).

сферической структуры (невозмущенное движение). Использование аппарата векторного исчисления позволило сделать изложение теории невозмущенного движения более компактным. Привлечение комплексных чисел дало возможность одновременно, единым приемом рассмотреть эллиптическое и гиперболическое движения.

Глава II посвящена в основном изложению обычных, традиционных вопросов задачи двух тел. Формулы для скорости космического аппарата (§ 9) используются для приближенной оценки времени перелета по дуге гиперболической орбиты вдали от притягивающего центра. В § 12 выясняется возможность применения аппарата комплексных переменных для вывода всех важнейших формул задачи двух тел. В § 11 рассмотрена также задача о движении космолета с солнечным парусом (дифференциальные уравнения этой задачи сходны с дифференциальными уравнениями задачи двух тел).

В главе III рассказывается о способах нахождения времени перелета космического аппарата по заданной дуге известной орбиты. Приведены формулы для времени перелета по дуге параболы или дуге эллипса малого эксцентриситета. Довольно подробно рассмотрено уравнение Кеплера, изложен метод его решения (для эллиптического и гиперболического движений).

В главе IV рассматривается кеплерово движение относительно заданной в пространстве системы отсчета. Рассмотрены задачи о нахождении положения спутника по заданным элементам его орбиты и о нахождении элементов орбиты по нескольким известным положениям спутника. Привлечение простейших сведений о матрицах и о векторах позволяет изложить эти вопросы весьма компактно. В § 6 главы IV рассказано о возможности прогнозирования траектории близкого спутника на поверхности Земли. Здесь мы впервые отступаем от кеплеровых движений, когда учитываем вращение плоскости орбиты, вызванное сжатием Земли.

Для изучения движения космических аппаратов большое значение имеет проблема  $n$  тел. В главе V выведены (в векторной форме) дифференциальные уравнения проблемы  $n$  тел в различных системах отсчета. Интеграл площадей и интеграл энергии устанавливаются для движения

системы  $n$  взаимно тяготеющих точек относительно произвольной, заранее выбранной точки пространства. В обзорном плане рассказано о лагранжевых движениях, о рядах Зундмана и Ли-Гребнера, о финальных движениях в проблеме трех тел.

В главе VI формулы предыдущей главы используются для введения понятия о сфере действия. Излагается сущность кусочно конического метода приближенного расчета космических траекторий; в качестве примера рассмотрена задача о полете к Венере.

Глава VII посвящена актуальной для космонавтики ограниченной задаче трех тел (уравнения движения, интеграл Якоби, точки либрации, линии Хилла). Рассказано о некоторых работах по задаче трех тел, проведенных в последнее время.

Глава VIII содержит начальные сведения о теории возмущений. Уравнения для возмущений в элементах орбиты выведены методом, предложенным А. И. Лурье. §§ 2 и 3 должны дать некоторое представление о влиянии геофизических факторов на движение искусственных спутников.

Каждый параграф имеет свою нумерацию формул. При ссылке на формулы из другого параграфа указываются номера главы, параграфа, формулы; например, запись (2.8.1) означает: глава II, § 8, формула (1).

Приношу свою глубокую признательность Д. Е. Охотимскому, В. А. Егорову, В. И. Левантовскому и П. Т. Резниковскому, чьи ценные замечания и советы позволили значительно улучшить книгу. Благодарю также Р. Х. Кристаллинского и В. А. Петрова за оказанную мне помощь при оформлении рукописи и проверке некоторых вычислений.

Буду признателен всем читателям, которые сообщат мне свои критические замечания по данной книге.

*М. Балк*