

**МЕХАНИКА
КОСМИЧЕСКОГО
ПОЛЕТА**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1977**

И. М. ИВАНОВ, А. И. МАРТЫНОВ

**УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ
КОСМИЧЕСКОГО
АППАРАТА
В АТМОСФЕРЕ МАРСА**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1977

6.Т5.2

И 20

УДК 629.154.4

Управление движением космического аппарата в атмосфере Марса. Иванов Н. М., Мартынов А. П. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1977, 416 стр.

Монография посвящена проблеме управления движением КА в атмосфере Марса при спуске на поверхность планеты и при выходе на орбиту искусственного спутника.

Приводится общая постановка и методика решения основных баллистико-навигационных задач торможения в атмосфере Марса из условия доставки максимума полезной нагрузки на поверхность планеты или на орбиту спутника. Формулируются критерии оптимальности. Определяется оптимальное управление движением КА скользящего и планирующего типов. Проводится анализ оптимальных траекторий для различных проектно-баллистических параметров КА и широкого диапазона начальных условий. Синтезируются алгоритмы управления. Выводы проиллюстрированы многочисленными числовыми примерами.

Табл. 28, илл. 109, библиограф. указ. 111.

Николай Михайлович Иванов, Александр Иванович Мартынов

Управление движением космического аппарата в атмосфере Марса

М., 1977 г., 416 стр. с илл.

Редактор *О. Э. Цыпкина*

Техн. редактор *И. Ш. Аксельрод*

Корректор *Н. Д. Дорохова*

Сдано в набор 8/VIII 1977 г. Подписано к печати 29/XI 1977 г.
Бумага 84×108^{1/2}. Физ. печ. л. 13. Условн. печ. л. 21,84. Уч.-изд. л. 21,95.
Тираж 1470 экз. Т-20758. Цена книги 2 р. 50 к. Заказ № 2749

Издательство «Наука»

Главная редакция физико-математической литературы
117071, Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

2-я типография издательства «Наука».
Москва, Шубинский пер., д. 10

31901—176
И $\frac{053(02)-77}{158-78}$

© Главная редакция
физико-математической литературы
издательства «Наука», 1977

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
Введение	11

РАЗДЕЛ 1

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ В АТМОСФЕРЕ МАРСА

Глава 1. Планета Марс	19
§ 1.1. Общие сведения	19
§ 1.2. Поверхность планеты и ее рельеф	20
§ 1.3. Атмосфера Марса	22
§ 1.4. Ветры в нижней атмосфере	24
§ 1.5. Облака	25
§ 1.6. Некоторые результаты исследований Марса с помощью КА «Викинг»	26
Глава 2. Основные проблемы управления движением в атмосфере Марса	31
§ 2.1. Условия полета КА к плотным слоям атмосферы	31
§ 2.2. Модели атмосферы	37
§ 2.3. Анализ траекторий КА в атмосфере Марса	41
§ 2.4. Особенности движения КА в атмосфере Марса	51
Глава 3. Постановка задачи мягкой посадки	59
§ 3.1. Основные проблемы задачи оптимизации	59
§ 3.2. Выбор критерия оптимальности	61
§ 3.3. Классификация систем мягкой посадки	79
§ 3.4. Математическая модель движения КА	83
§ 3.5. Упрощение основной задачи оптимизации	87

РАЗДЕЛ 2

СПУСК НА ПОВЕРХНОСТЬ МАРСА

Глава 4. Реактивная система мягкой посадки	90
§ 4.1. Исходные предпосылки	90
§ 4.2. Оптимальное управление КА на участке реактивного торможения	94

§ 4.3.	Выбор оптимальной тяговооруженности	100
§ 4.4.	Влияние начальных условий на массу реактивной СМП	106
Глава 5. Парашютно-реактивная система мягкой посадки		109
§ 5.1.	Обсуждение проблемы. Исходные предпосылки	109
§ 5.2.	Выбор основных проектно-баллистических параметров парашютно-реактивной системы	120
§ 5.3.	Требования к участку аэродинамического торможения	129
§ 5.4.	Система мягкой посадки спускаемого аппарата «Марс-6»	134
§ 5.5.	Система мягкой посадки КА «Викинг»	138
Глава 6. Оптимальное управление конечной скоростью спуска КА на участке основного аэродинамического торможения		149
§ 6.1.	Установившееся движение КА в атмосфере	149
§ 6.2.	Постановка задачи. Необходимые условия оптимальности	153
§ 6.3.	Общий анализ оптимальных траекторий	159
§ 6.4.	Анализ численных результатов	169
§ 6.5.	Дополнительные задачи оптимального управления КА на траекториях минимальной конечной скорости	176
§ 6.6.	Об эффективности использования оптимального управления	184
§ 6.7.	О границах применимости критерия минимума конечной скорости	189
§ 6.8.	Оптимальное управление конечной скоростью спуска КА с большим аэродинамическим качеством	192
	Постановка задачи (92). Минимизация конечной скорости спуска (197). Минимизация времени спуска и максимальной перегрузки на траекториях минимальной конечной скорости (206).	
§ 6.9.	Оптимизация зоны маневра КА на траекториях минимальной конечной скорости спуска	213
	Оптимизация продольной дальности спуска (214). Максимизация боковой дальности спуска (224).	
Глава 7. Некоторые задачи баллистического проектирования		238
§ 7.1.	Краткая характеристика основных направлений проектирования КА	238
§ 7.2.	Выбор способа управления	243
§ 7.3.	Область применимости КА различных типов	247
§ 7.4.	Выбор основных проектно-баллистических параметров КА	251
§ 7.5.	Оптимальное управление КА из условия максимума конечной высоты	258
	Об эквивалентности задач максимизации конечной высоты и минимизации конечной скорости спуска (259). Анализ оптимальных траекторий (261).	

Глава 8. Алгоритмы управления спуском	270
§ 8.1. Постановка задачи. Принцип гарантирующего управления	270
§ 8.2. Синтез дискретных алгоритмов управления конечной скоростью спуска КА	286
Синтез линейного алгоритма управления (286). Синтез алгоритмов управления с упрощенной логикой (299).	
§ 8.3. Алгоритмы управления относительно опорной траектории	314
§ 8.4. Адаптивный алгоритм управления конечной скоростью спуска	321
Алгоритм с использованием прогнозирования конечных условий (323). Алгоритм с использованием опорной траектории (349).	
 РАЗДЕЛ 3	
ОРБИТАЛЬНО-ДЕСАНТНАЯ СХЕМА СПУСКА	
Глава 9. Оптимальное управление при выведении КА на орбиту ИСМ с использованием аэродинамического торможения	355
§ 9.1. Обсуждение проблемы	355
§ 9.2. Оптимальное управление КА на участке аэродинамического торможения	357
§ 9.3. Анализ численных результатов	360
§ 9.4. Выбор основных проектно-баллистических характеристик КА	364
Глава 10. Синтез алгоритмов управления при выведении КА на орбиту ИСМ	370
§ 10.1. Постановка задачи	370
§ 10.2. Адаптивный алгоритм управления КА на атмосферном участке полета	372
§ 10.3. Алгоритм предварительного формирования орбиты ИСМ на участке ракетодинамического маневра	382
§ 10.4. О некоторых путях совершенствования алгоритма управления	386
Глава 11. Спуск КА с орбиты ИСМ	389
§ 11.1. Постановка задачи и способы ее решения	389
§ 11.2. О возможном классе орбит ИСМ	391
§ 11.3. Внеатмосферный участок спуска	393
§ 11.4. Участок аэродинамического торможения и мягкой посадки КА	397
§ 11.5. Определение оптимальных условий входа КА в атмосферу	399
Литература	408
Основные обозначения	415