

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Список сокращений	6

РАЗДЕЛ I ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТ И ГОЛОВНЫХ ЧАСТЕЙ

Глава 1.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ И ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	7
1.1.1. Исходные понятия теории управления	7
1.1.2. Роль и место принципов как основополагающих концептуальных положений в науке и технике	20
1.1.3. Принцип обратной связи	22
1.1.4. Принципы целенаправленного воздействия на состояние объекта при управлении его движением	25
1.1.5. Принцип декомпозиции (разделения) сложных задач в совокупность задач меньшей сложности	29
1.1.6. Принцип управления по схеме "наведение-стабилизация"	31
1.1.7. Принцип независимого (развязанного) управления	35
Глава 1.2. БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ РАКЕТА И ЕЕ ГОЛОВНАЯ ЧАСТЬ КАК ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ	38
1.2.1. Особенности баллистических ракет, траектории их полета, конструктивные схемы	38
1.2.2. Среда полета, силы и моменты, воздействующие на БР и ГЧ	49
1.2.3. Управляющие силы и моменты. Органы управления	60
1.2.4. Структура уравнений движения БР и ГЧ в схеме твердого тела переменной массы	76
1.2.5. Управляемость БР и ГЧ	89
1.2.6. Маневренность, поворотливость и стабилизируемость БР и ГЧ	102
1.2.7. Маневренность управляемых боевых блоков	107
Глава 1.3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТ И ГЧ	114
1.3.1. Определение системы управления	114
1.3.2. Функции систем управления и решаемые ею задачи	116
1.3.3. Принципы построения систем управления движением БР	122
1.3.4. Принципы построения систем управления боевыми блоками	133

1.3.5. Показатели качества систем управления	136
ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ I	155

РАЗДЕЛ II

ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ И ГОЛОВНЫХ ЧАСТЕЙ

ВВЕДЕНИЕ	157
Глава 2.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ	160
2.1.1. Классификация навигационных систем, применяемых при управлении подвижными объектами	160
2.1.2. Содержание принципа инерциальной навигации, его достоинства и недостатки	162
2.1.3. Уравнение измерений инерциального датчика линейных перемещений	165
2.1.4. Основное уравнение инерциальной навигации	173
2.1.5. Свойство неустойчивости основного уравнения инерциальной навигации	176
2.1.6. Градиентно-гравитационный метод навигации	181
Глава 2.2. СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ	186
2.2.1. Общая характеристика и классификация ИНС	186
2.2.2. Платформенные ИНС	189
2.2.3. Бесплатформенные ИНС	193
2.2.4. Схема БИНС акселерометрического типа	196
Глава 2.3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ НАВИГАЦИИ В ПЛАТФОРМЕННЫХ ИНС	206
2.3.1. Схемы интегрирования основного уравнения инерциальной навигации	206
2.3.2. Алгоритмы интегрирования уравнений навигации	210
2.3.3. Алгоритмы предварительной обработки информации	214
Глава 2.4. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ НАВИГАЦИИ В БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ ИНС	217
2.4.1. Особенности задачи навигации в бесплатформенных ИНС	217
2.4.2. Схема и алгоритмы интегрирования уравнений навигации в инерциальной системе координат	218
2.4.3. Схема и алгоритмы интегрирования уравнений навигации в связанной системе координат	222
2.4.4. Ошибки и схемная реализация интегрирования кинематических уравнений	227

2.4.5. Приближенное и численное интегрирование кинематических уравнений	237
2.4.6. Методы коррекции решений в процессе интегрирования кинематических уравнений	249
ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ II	253

РАЗДЕЛ III

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ НАВЕДЕНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ И ГЧ

ВВЕДЕНИЕ	254
Глава 3.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ НАВЕДЕНИЯ БР И ГЧ	256
3.1.1. Исходные понятия и определения	256
3.1.2. Виды и состав программ управления при наведении	261
3.1.3. Показатели качества методов наведения	271
Глава 3.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАЧ НАВЕДЕНИЯ	274
3.2.1. Граничные и терминальные условия наведения. Финитное условие и условия попадания	274
3.2.2. Ограничения на параметры движения БР и ГЧ	284
3.2.3. Условия оптимальности программ управления	287
3.2.4. Типовая постановка задачи наведения	289
Глава 3.3. ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ В ФУНКЦИОНАЛЬНОМ (ГРАНИЧНОМ) МЕТОДЕ НАВЕДЕНИЯ	293
3.3.1. Содержание вопроса	293
3.3.2. Простейшие оптимальные программы угла тангажа БР	294
3.3.3. Оптимальная программа управления полетом БР	302
3.3.4. Программы угла тангажа БР с учетом ограничений на параметры движения	305
3.3.5. Гибкие (параметрические) программы угла тангажа	308
Глава 3.4. УПРАВЛЕНИЕ ОТДЕЛЕНИЕМ ГЧ В ФУНКЦИОНАЛЬНОМ (ГРАНИЧНОМ) МЕТОДЕ НАВЕДЕНИЯ	311
3.4.1. Содержание задачи управления и подходы к ее решению	311
3.4.2. Функционалы управления дальностью полета	314
3.4.3. Функционалы управления дальностью полета в кажущихся параметрах	321
3.4.4. Задача управления боковым отклонением точки падения ГЧ от точки прицеливания	334
3.4.5. Общая характеристика свойств функционального (граничного) метода наведения	340

Глава 3.5. НАВЕДЕНИЕ ПО МЕТОДУ ТЕКУЩЕЙ ТРЕБУЕМОЙ СКОРОСТИ	343
ВВЕДЕНИЕ	343
3.5.1. Сущность метода текущей требуемой скорости	344
3.5.2. Метод требуемой скорости в варианте Q-системы	346
3.5.3. Анализ оптимальности управления при наведении по методу требуемой скорости	351
3.5.4. Свойство симметрии матрицы Q	356
3.5.5. Общая характеристика свойств метода наведения по текущей требуемой скорости	359
Глава 3.6. НАВЕДЕНИЕ ПО МЕТОДУ КОНЕЧНОЙ ТРЕБУЕМОЙ СКОРОСТИ	361
3.6.1. Сущность метода наведения	361
3.6.2. Алгоритмы метода наведения	370
3.6.3. Общая характеристика свойств метода наведения по конечной требуемой скорости	381
Глава 3.7. НАВЕДЕНИЕ ПО МЕТОДУ ТРЕБУЕМЫХ УСКОРЕНИЙ	383
3.7.1. Содержание метода	383
3.7.2. Варианты задания программ требуемых ускорений степенными полиномами	388
3.7.3. Анализ оптимальности программ управления	398
3.7.4. Некоторые вопросы практического применения метода требуемых ускорений	402
3.7.5. Наведение управляемого боевого блока по методу требуемых ускорений	405
3.7.6. Итоговая оценка свойств метода требуемых ускорений	420
ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ III	421
РАЗДЕЛ IV	
МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ СТУПЕНИ РАЗВЕДЕНИЯ	
Глава 4.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ СТУПЕНИ РАЗВЕДЕНИЯ	423
4.1.1. Состав боевого оснащения баллистических ракет	423
4.1.2. Боевые порядки элементов боевого оснащения	425
4.1.3. Конструктивные схемы ступени разведения и способы построения боевых порядков	429
Глава 4.2. БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ БОЕВЫХ ПОРЯДКОВ ЭЛЕМЕНТОВ БОЕВОГО ОСНАЩЕНИЯ	435
4.2.1. Анализ задачи построения боевых порядков в схеме импульсного разведения	435

4.2.2. Требуемые приращения скорости в задаче построения боевых порядков	440
4.2.3. Ортогонализация градиентных направлений и осей основной баллистической системы координат	452
4.2.4. Учет переменной баллистических производных и ориентации осей баллистических систем координат при построении боевых порядков	454
Глава 4.3. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОТОМ СТУПЕНИ РАЗВЕДЕНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ БОЕВЫХ ПОРЯДКОВ	460
4.3.1. Общая характеристика управляемого движения ступени разведения	460
4.3.2. Алгоритм управления переориентацией ступени разведения, оптимальный по быстродействию	466
4.3.3. Алгоритмы замкнутого терминального управления вращательным движением ступени разведения	477
4.3.4. Алгоритмы замкнутого терминального управления вращательно-поступательным движением ступени разведения	484
4.3.5. Задача оптимизации маршрута обхода целей	501
ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ IV	510
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Необходимые сведения из теории управляемости	511
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Обзор исходных положений механики и физики, лежащих в основе принципа инерциальной навигации	529
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Параметры ориентации ЛА. Кинематические уравнения вращательного движения	554

Учебное издание

**РАЗОРЕНОВ Геннадий Николаевич
БАХРАМОВ Эрнест Атавич
ТИТОВ Юрий Федорович**

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ
АППАРАТАМИ
(БАЛЛИСТИЧЕСКИМИ РАКЕТАМИ
И ИХ ГОЛОВНЫМИ ЧАСТЯМИ)**

Редактор *А.А. Цветкова*

Художественный редактор *Т.Н. Галицына*

Технические редакторы *Т.И. Андреева, С.А. Журкина*

Корректоры *Л.И. Сажина, Л.Е. Солюшкина, Т.Р. Колганова*

Лицензия ИД № 05672 от 22.08.01 г.

Сдано в набор 24.06.02.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 35,77.

Тираж 1000 экз.

Подписано в печать 09.12.02.

Гарантируемая "Таймс".

Усл. кр.-отт. 35,77.

Формат 60×88/16.

Печать офсетная.

Уч.-изд. л. 33,08.

Заказ 7674

ФГУП "Издательство "Машиностроение"
107076, Москва, Строминский пер., 4

Отпечатано в ГУП ППП "Типография "Наука" РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6