

УДК 629.76(075.8)
ББК 34.4
Л88

Лысенко, Л. Н.

Л88 Наведение баллистических ракет : учебное пособие / Л. Н. Лысенко. — 2-е изд. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — 445, [3] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5502-7

Изложены научные и методологические основы наведения баллистических ракет. Рассмотрены вопросы программирования движения (задачи наведения) и информационно-навигационного обеспечения управления (задачи навигации), а также проблемы определения точности стрельбы (задачи оценки точности возмущенного движения). Показаны направления решений соответствующих задач при создании ракетных комплексов тактического, оперативно-тактического и стратегического назначения, возможные пути совершенствования баллистико-навигационного обеспечения полета ракет указанных классов.

Содержание пособия соответствует курсу лекций, читаемых в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов технических вузов, слушателей военных академий, а также аспирантов, инженеров и научных работников, специализирующихся в области баллистики, динамики полета и управления движением летательных аппаратов.

УДК 629.76(075.8)
ББК 34.4



Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте: info@baumanpress.ru

ISBN 978-5-7038-5502-7

© Лысенко Л.Н., 2016
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020
© Оформление. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
От автора.....	8
Основные сокращения и обозначения.....	12
Введение.....	16
Раздел I. Внешние условия полета ракет.....	25
<i>Глава 1. Фигура и гравитационное поле Земли.....</i>	<i>26</i>
1.1. Фигура Земли и ее модели.....	26
1.2. Потенциал силы земного тяготения и его классическое представление.....	30
1.3. Применение метода точечных масс.....	37
<i>Глава 2. Магнитное поле Земли.....</i>	<i>40</i>
2.1. Основные понятия и элементы земного магнетизма.....	40
2.2. Математическое описание магнитного поля Земли.....	41
<i>Глава 3. Атмосфера Земли.....</i>	<i>42</i>
3.1. Состав и свойства атмосферы.....	42
3.2. Стандартная атмосфера.....	44
3.3. Учет характеристик реальной атмосферы.....	46
Раздел II. Баллистическое обеспечение полета управляемых баллистических ракет	49
<i>Глава 4. Математические основы баллистического обеспечения полета.....</i>	<i>51</i>
4.1. Системы координат и методы их преобразований.....	51
4.2. Силы и моменты, действующие на БР в полете.....	61
4.3. Векторно-матричные представления уравнений движения ракет как тел переменной массы.....	77
4.4. Системы скалярных дифференциальных уравнений пространственного движения ЛА баллистического типа на активном и пассивном участках траектории.....	82
4.5. Упрощенные уравнения движения БР.....	89
4.6. Уравнения движения БР с учетом упругих колебаний ее корпуса.....	93
4.7. Возмущенное движение БР и общая характеристика методов его исследования.....	97
4.8. Линеаризация уравнений движения.....	100
4.9. Общий подход к расчету попадающей траектории.....	106
4.10. Обзор возможных методов определения баллистических производных.....	110

Глава 5. Синтез программ управления движением баллистических ракет на восходящем участке траектории	116
5.1. Требования, предъявляемые к программам управления и оптимизация их модельных структур	116
5.2. Особенности и различия в выборе программ движения БР на атмосферном и внеатмосферном участках АУТ	127
5.3. Программы максимальной дальности	129
5.4. Выбор программы движения БР с учетом характеристик точности	133
5.5. Особенности выбора и реализации программ движения БР с РДТТ	134
Глава 6. Решение краевых задач полета управляемых баллистических ракет	135
6.1. Формулировка и общая характеристика КБЗ	135
6.2. Требования, предъявляемые к математическим моделям движения КБЗ	140
6.3. Типовая схема решения краевой баллистической задачи полета БР с моноблочной ГЧ	142
6.4. Особенности постановки и решения краевой баллистической задачи полета БР с разделяющейся ГЧ	147
6.5. Специфика решения краевых задач для БР без отсечки тяги	153
6.6. Вычисление баллистических производных в КБЗ	157
6.7. Связь между ЧБП, задаваемыми в различных прямоугольных системах координат	169
Раздел III. Методы наведения баллистических ракет и их головных частей	171
Глава 7. Методы наведения баллистических ракет	172
7.1. Общая характеристика методов наведения БР	172
7.2. Принципы построения алгоритмов функционального наведения	174
7.3. Упрощенные линейные методы управления выключением ДУ БР	181
7.4. Возможные подходы к реализации терминального наведения	189
7.5. Алгоритмизация процедур расчета типового варианта метода терминального наведения	194
7.6. Метод требуемой скорости в варианте Q -наведения	206
7.7. Особенности реализации метода конечной требуемой скорости	213
Глава 8. Управление полетом ступени разведения при построении боевых порядков элементов боевого оснащения	220
8.1. Боевое оснащение МБР	220
8.2. Построение БП	224
8.3. Баллистическое обеспечение построения БП	227
8.4. Управление переориентацией ступени разведения на этапе построения БП	229
8.5. Основные виды маневров, осуществляемых при управлении вращательно-поступательным движением последней ступени БР	231

Глава 9. Управление маневрированием боевым блоком на нисходящем участке траектории	235
9.1. Содержание возможных видов атмосферного маневрирования	235
9.2. Постановка задач управления атмосферным маневрированием	240
9.3. Теоретические основы метода требуемых ускорений	245
9.4. Практические аспекты применения метода требуемых ускорений	247
Глава 10. Самонаведение при подлете к цели	255
10.1. Предпосылки необходимости и технической реализуемости процессов самонаведения БР и их ББ	255
10.2. Кинематический анализ основных свойств траекторий наведения и общие сведения о методах самонаведения	256
10.3. Динамика самонаведения при реализации метода пропорциональной навигации	259
Глава 11. Математические основы алгоритмизации обзорно-сравнительного метода при наведении по эталонам местности	272
11.1. Принцип построения и классификация КЭНС	272
11.2. Основы реализации многоальтернативных задач теории принятия решений в КЭНС	277
11.3. Корреляционно-экстремальный алгоритм фиксации прохождения ЛА района, характеризуемого аномалией геофизического поля	284
11.4. Оптимизация поисковых алгоритмов работы КЭНС	286
Раздел IV. Навигация баллистических ракет и их головных частей	289
Глава 12. Теоретические основы инерциальной навигации	292
12.1. Кажущееся ускорение и кажущаяся скорость БР	292
12.2. Принцип инерциальных измерений и основное уравнение инерциальной навигации	294
12.3. Особенности решения задач навигации при использовании БИНС	297
12.4. Основные источники и характер эволюций ошибок ИНС	302
12.5. Свойство неустойчивости решения основного уравнения инерциальной навигации	305
12.6. Начальная выставка ИНС	307
Глава 13. Статистическая динамика навигационных систем	310
13.1. Элементы системного анализа задач навигации и управления движением	310
13.2. Теорема разделения и ее применение при решении задач навигации и управления	319

13.3. Способы включения оптимального фильтра в контур навигационной системы	325
13.4. Понижение размерности фильтра в навигационных системах на основе наблюдающих устройств минимальной размерности	332
13.5. Беспойсковые и рекуррентно-поисковые алгоритмы оценивания навигационных координат в КЭНС	334

Глава 14. Коррекция движения летательных аппаратов баллистического типа и баллистико-навигационное обеспечение их автономных систем управления от дополнительных источников навигационной информации	337
---	------------

14.1. Общая постановка задачи коррекции	337
14.2. Градиентная и параметрическая коррекция программного движения ..	341
14.3. Коррекция движения с использованием эталонов местности	351
14.4. Коррекция движения от спутниковых навигационных систем	355

Глава 15. Элементы искусственного интеллекта в системах навигации и управления полетом баллистической ракеты и их аппаратно-алгоритмическая реализация	362
---	------------

15.1. Определения, основные задачи применения и классификация	362
15.2. Структура и возможные принципы действия бортового сегмента интеллектуальных систем управления БР	364
15.3. Применение систем видеонаведения и условия их эксплуатации	369
15.4. Характеристики системы видеонаведения	374
15.5. Особенности реализации алгоритмического обеспечения систем наведения	377
15.6. Формирование структуры системы наведения и анализ основных алгоритмических операций	380
15.7. Аппаратная реализация	384
15.8. Возможности применения обучаемых сетей	386
15.9. Эталонная информация и базы данных для обучения системы	388

Раздел V. Оценка точности полета баллистических ракет	392
--	------------

Глава 16. Общетеоретические основы оценки точностных характеристик движения баллистической ракеты	395
--	------------

16.1. Исходные положения статистической схемы анализа рассеивания	395
16.2. Характеристики точности попадания в цель	402
16.3. Определение характеристик рассеивания методом статистических испытаний	406

Глава 17. Влияние требований по повышению точности баллистических ракет на совершенствование баллистико-навигационного обеспечения полета	413
17.1. Общая характеристика основных ошибок и априори неопределенных факторов, влияющих на точность движения БР	413
17.2. Погрешности геодезической привязки боевой стартовой позиции и оценка численных значений их составляющих	415
17.3. Влияние начальных ошибок выставки	423
17.4. Техническое рассеивание БР и влияние методических ошибок	426
17.5. Комплексный анализ составляющих рассеивания, обусловленных действием возмущающих факторов и ошибок управления	433
Литература	437