

УДК 623.54:623.451
ББК 39.62
Л88

Лысенко, Л. Н.
Л88 Внешняя баллистика : учебное пособие / Л. Н. Лысенко. — 2-е изд. —
Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — 328 с. : ил.
ISBN 978-5-7038-5503-4

Изложены основы внешней баллистики снарядов и ракет, методики расчета параметров их движения, определения характеристик точности стрельбы, методы и алгоритмы баллистического обеспечения испытаний. Существенное внимание уделено современной трактовке предметной области научной дисциплины, уточнению ее структуры, круга решаемых задач, объединяемых термином «прикладная внешняя баллистика».

Для студентов, аспирантов, курсантов, адъютантов и слушателей гражданских и военных высших учебных заведений, а также для специалистов в области ракетно-артиллерийского вооружения.

УДК 623.54:623.451
ББК 39.62

Учебное издание

Лысенко Лев Николаевич
Внешняя баллистика

Редактор *Е.К. Кошелева*
Художник *Я.М. Асинкритова*
Корректор *Н.А. Фетисова*
Компьютерная графика *Т.К. Сегеды*
Компьютерная верстка *Н.Ф. Бердавцевой*

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.
В оформлении использованы шрифты Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 17.08.2020. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 26,65. Изд. Тираж 124 экз.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
press@baumanpress.ru <https://bmstu.press>
Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
baumanprint@gmail.com

© Лысенко Л.Н., 2018
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020

ISBN 978-5-7038-5503-4

Оглавление

| | |
|---|------------|
| Предисловие | 5 |
| От автора | 8 |
| Принятые сокращения | 16 |
| Основные обозначения | 17 |
| Введение | 20 |
| Раздел I. Условия полета и математические модели движения летательного аппарата | 27 |
| Глава 1. Силы и моменты, действующие на летательный аппарат в полете | 27 |
| 1.1. Системы координат, используемые при математическом описании движения снарядов (ракет) | 27 |
| 1.2. Сила тяжести, влияние поля тяготения и вращения Земли на движение летательного аппарата | 40 |
| 1.3. Земная атмосфера и ее свойства | 57 |
| 1.4. Аэродинамические силы и моменты | 64 |
| 1.5. Баллистическая форма представления аэродинамических сил и моментов | 72 |
| 1.6. Силы и моменты реактивного происхождения | 79 |
| Глава 2. Математические основы моделирования динамики движения летательного аппарата | 83 |
| 2.1. Классификация и формы представления математических моделей движения | 83 |
| 2.2. Элементы динамики центра масс летательного аппарата как тела постоянной массы | 85 |
| 2.3. Основы механики движения летательного аппарата как тела переменной массы | 88 |
| 2.4. Векторные уравнения поступательного движения летательного аппарата как тела переменной массы | 94 |
| 2.5. Уравнения вращательного движения летательного аппарата | 97 |
| 2.6. Скалярная форма представления уравнений движения вращающегося летательного аппарата на активном участке траектории относительно инерциальной системы координат при безветрии | 100 |
| 2.7. Учет влияния переменного ветра в детерминированных моделях движения летательного аппарата на пассивном участке траектории | 105 |
| 2.8. Линеаризация уравнений движения летательного аппарата | 107 |
| 2.9. Особенности представления уравнений движения артиллерийских снарядов | 117 |
| 2.10. Уравнения движения артиллерийского снаряда в форме Пугачева | 121 |
| Раздел II. Методы расчета параметров номинального движения неуправляемых летательных аппаратов | 129 |
| Глава 3. Решение основной задачи внешней баллистики | 129 |
| 3.1. Содержание и допущения основной задачи внешней баллистики | 129 |
| 3.2. Методы решения основной задачи внешней баллистики | 130 |
| 3.3. Качественный анализ математических моделей движения центра масс снаряда | 133 |
| 3.4. Понятие о Баллистических сборниках и методах их применения | 135 |
| 3.5. Определение дальности прямого выстрела | 136 |
| 3.6. Структура ошибок и принципы организации баллистических расчетов численными методами | 137 |
| 3.7. Общий анализ математических методов составления таблиц стрельбы | 139 |
| Глава 4. Постановка и решение обратных задач баллистики и ракетодинамики | 142 |
| 4.1. Концепция обратных задач динамики полета | 142 |
| 4.2. Решение краевых задач программирования номинального движения летательного аппарата на основе концепции обратных задач | 143 |
| 4.3. Приближенное определение установочных данных для управления дальностью стрельбы | 145 |
| Раздел III. Определение возмущенного движения артиллерийских снарядов и неуправляемых ракет малой дальности | 151 |
| Глава 5. Устойчивость движения летательных аппаратов | 151 |
| 5.1. Общая характеристика задач и методов исследования устойчивости движения | 151 |

| | |
|--|------------|
| 5.2. Угловое движение стабилизируемых вращением снарядов | 156 |
| 5.3. Условие устойчивости углового движения мин и оперенных снарядов | 160 |
| 5.4. Критерий усиленной устойчивости движения оперенного реактивного снаряда на базе знакоопределенных функций Ляпунова | 165 |
| 5.5. Резонанс вращающихся летательных аппаратов и понятие об устойчивости резонансных режимов вращения | 172 |
| 5.6. Анализ углового движения летательного аппарата при входе в атмосферу | 181 |
| Глава 6. Поправки на изменение дальности стрельбы | 186 |
| 6.1. Качественный анализ влияния определяющих параметров в основной формуле теории поправок и знаки баллистических производных | 186 |
| 6.2. Влияние отклонения массы снаряда на изменение дальности полета | 188 |
| 6.3. Влияние изменения давления и температуры в точке вылета на дальность стрельбы | 190 |
| 6.4. Учет влияния ветра на отклонение точки падения снаряда | 191 |
| 6.5. Таблицы поправочных коэффициентов и их использование при расчете поправок | 192 |
| 6.6. Влияние изменения температуры заряда на дальность стрельбы | 194 |
| 6.7. Особенности расчета поправок для неуправляемых реактивных снарядов | 194 |
| Глава 7. Баллистические средние | 203 |
| 7.1. Понятие и общая структура баллистических средних | 203 |
| 7.2. Общая интегральная зависимость для расчета баллистических средних | 206 |
| 7.3. Способы вычисления весов слоев | 208 |
| Глава 8. Методы статистического анализа динамики движения летательных аппаратов. Определение рассеивания | 213 |
| 8.1. Краткая характеристика задач статистической динамики полета | 213 |
| 8.2. Метод матрицы влияния | 214 |
| 8.3. Применение теории марковских процессов при определении характеристик рассеивания летательных аппаратов | 219 |
| 8.4. Определение характеристик рассеивания методом статистических испытаний | 225 |
| 8.5. Статистическая обработка результатов стрельб | 231 |
| Раздел IV. Прикладная внешняя баллистика | 238 |
| Глава 9. Особенности баллистики корректируемых артиллерийских снарядов, суббоеприпасов и боевых поражающих элементов сложной формы | 238 |
| 9.1. Элементы теории пространственного движения корректируемых боеприпасов | 238 |
| 9.2. Угловое движение гироскопически устойчивых в полете снарядов при воздействии ударных моментов | 248 |
| 9.3. Устойчивость углового движения импульсно-корректируемого снаряда, стабилизируемого вращением | 250 |
| 9.4. Определение траекторий высокоскоростных асимметричных боевых поражающих элементов | 256 |
| 9.5. Движение асимметричных суббоеприпасов | 259 |
| Глава 10. Методология составления таблиц стрельбы наземной артиллерии | 263 |
| 10.1. Назначение и классификация таблиц стрельбы | 263 |
| 10.2. Содержание таблиц стрельбы и общий порядок работ при их составлении | 265 |
| 10.3. Составление таблиц стрельбы на основе табличных стрельб | 268 |
| 10.4. Точность таблиц стрельбы | 280 |
| Глава 11. Баллистическое обеспечение стрельб | 288 |
| 11.1. Технология проведения экспериментальных стрельб и летных испытаний боеприпасов | 288 |
| 11.2. Баллистические алгоритмы автоматического расчета установок для артиллерийской стрельбы и пусков ракет | 315 |
| 11.3. Баллистическое обеспечение в структуре алгоритмического оснащения разведывательно-огневых систем тактического звена ракетно-артиллерийского вооружения | 321 |
| Литература | 326 |