

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.В. ГУСЬКОВ, К.Е. МИЛЕВСКИЙ,
А.В. СОТЕНКО

ВНЕШНЯЯ БАЛЛИСТИКА

Утверждено
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК
2010

УДК 531.55(075.8)
Г 968

Рецензенты:

Директор ФКП «Новосибирский опытный завод
измерительных приборов» *А.Г. Бухаров*,
Начальник отдела испытаний ОАО «Института
прикладной физики», доцент *А.А. Полиновский*

Работа подготовлена на кафедре ГДУ для студентов
III – IV курсов ФЛА специальности 170103

Гуськов А.В.

Г 968 Внешняя баллистика : учеб. пособие / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский, А.В. Сотенко. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. – 188 с.
ISBN 978-5-7782-1421-7

Приведены расчеты траектории движения снарядов по известным данным, рассмотрено определение проектных баллистических характеристик движения по заданным тактико-техническим данным, представлен расчет стабилизации снарядов различного назначения и дано определение условий их управляемости, а также факторы, влияющие на рассеивание траекторий снарядов и способы уменьшения рассеивания и повышения точности стрельбы.

Авторы выражают благодарность группе студентов кафедры ГДУ, которые приняли активное участие в подготовке оригинала-макета учебного пособия: А.А. Морозовой и К.В. Леваку.

УДК 531.55 (075.8)

ISBN 978-5-7782-1421-7

© Гуськов А.В., Милевский К.Е.,
Сотенко А.В., 2010
© Новосибирский государственный
технический университет, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение. Предмет и задачи внешней баллистики. История развития.....	3
1. Параболическая теория	6
1.1. Движение центра массы снаряда в пустоте параболическая теория	6
1.2. Исследование уравнения траектории	8
1.3. Элементы траектории в произвольной ее точке.....	9
1.4. Исследование семейства траекторий с одинаковой начальной скоростью.....	11
1.5. Зависимость угла прицеливания от угла места цели при постоян- ной наклонной дальности	15
1.6. Относительное время пребывания снаряда в слое	18
1.7. Средняя высота траектории	20
1.8. Поправочные формулы, отвечающие малым изменениям пара- метров V_0 и θ_0	21
1.9. Применение параболической теории	22
2. Движение снаряда в воздушном пространстве	24
2.1. Сопротивление воздуха	24
2.2. Некоторые теоретические зависимости для идеальных газов	25
2.2.1. Теория Ньютона	25
2.2.2. Уравнение Бернулли	26
2.2.3. Теория плоского скачка давления.....	29
2.2.4. Динамический адиабатический закон. Формула Гюгоньо	35
2.2.5. Давление в вершине снаряда. Формула Рэлея	36
2.3. Физические факторы, определяющие сопротивление воздуха ар- тиллерийским снарядом.....	39
2.3.1. Вязкость	39
2.3.2. Образование вихрей	41
2.3.3. Образование баллистической волны	42
2.3.4. Эффект Магнуса	44
2.4. Общее выражение для силы сопротивления воздуха	49
2.5. Ускорение силы сопротивления воздуха	52
2.6. Опытное изучение сопротивления воздуха	53
2.7. Определение скорости снаряда.....	54
2.8. Законы сопротивления воздуха	65
2.9. Показатель сопротивления воздуха.....	68

2.10. Распределение давления на поверхности снаряда	69
2.11. Баллистические характеристики снарядов	70
2.12. Баллистический коэффициент	73
2.13. Наивыгоднейшая форма снаряда.....	74
3. Основная задача внешней баллистики.....	76
3.1. Различные системы дифференциальных уравнений.....	77
3.1.1. Система уравнений при аргументе θ	78
3.1.2. Система уравнений при аргументе x	79
3.1.3. Уравнение годографа	80
3.2. Общие свойства траекторий в воздухе.....	81
3.3. Исследования изменения скорости вдоль траектории.....	86
3.4. Исследование кривизны траектории	88
3.5. Высота траектории.....	89
3.6. Угол наибольшей дальности	91
3.7. Приближенные аналитические методы решения основной задачи внешней баллистики	92
3.7.1. Определение элементов траектории	92
3.7.2. Вычисление траекторий по дугам методом Эйлера.....	95
3.7.3. Таблицы Отто–Сиаччи.....	97
3.7.4. Определение элементов траектории по таблицам Отто–Сиаччи	99
4. Силы, действующие на снаряд в полете.....	101
4.1. Элементы теории гироскопов	101
4.2. Силы, действующие на снаряд в воздухе.....	111
4.3. Условия гироскопической устойчивости полета артиллерийского снаряда	116
4.3.1. Оценка устойчивости полета снаряда по формуле профессора И.А. Забудского	116
4.3.2. Оценка гироскопической устойчивости полета артиллерий- ского снаряда по методу профессора С.П. Петровича.....	119
4.3.3. Формула для оценки гироскопической устойчивости снарядов на полете, предложенная де Спаррэ	120
4.3.4. Формула Валье	120
4.3.5. Формула академика А.И. Крылова	121
4.3.6. Формула Шарбенье	123
4.3.7. Критерий гироскопической устойчивости полета артиллерий- ского снаряда, предложенный профессором Б.Н. Окуневым	124
4.3.8. Формула профессора Д.А. Вентцеля	131
4.4. Правильность полета снаряда в воздушной среде	134

5. Расчет траектории реактивного снаряда	145
5.1. Реактивная сила.....	145
5.2. Расчет активного участка траектории	147
5.3. Расчет пассивных участков траектории	151
6. Особенности движения оперенного снаряда.....	153
6.1. Поступательное движение оперенного снаряда.....	153
6.2. Колебательное движение оперенного снаряда.....	156
6.3. Условия устойчивости оперенного снаряда	158
7. Особенности движения управляемого снаряда.....	161
7.1. Управляющие силы и моменты	161
7.2. Уравнения движения управляемого снаряда.....	164
7.3. Наведение снаряда на цель.....	167
8. Донное сопротивление	170
9. Измерение параметров снаряда	172
9.1. Определение дисбаланса масс снаряда	174
9.2. Поведение вращающегося снаряда на траектории.....	175
9.3. Расчет устойчивости и правильности полета снаряда	176
10. Баллистические сборники и таблицы.....	180
10.1. Понятие о численном интегрировании	180
10.2. Баллистические таблицы	180
10.3. Основные понятия теории поправок	183
Библиографический список	185

**Гуськов Анатолий Васильевич
Милевский Константин Евгеньевич
Сотенко Андрей Владимирович**

ВНЕШНЯЯ БАЛЛИСТИКА

Учебное пособие

Редактор *И.Л. Кескевич*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Дизайн обложки *А.В. Ладыжская*
Компьютерная верстка *В.Ф. Ноздрева*

Подписано в печать 17.06.2010. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 100 экз.
Уч.-изд. л. 10,92. Печ. л. 11,75. Изд. № 376. Заказ № . Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20