

Ю.Г. Водорезов

**Теория и практика стрельбы
из нарезного длинноствольного
стрелкового оружия**

Часть I

2-е издание, исправленное и дополненное

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга призвана разъяснить заинтересованному читателю содержание и последовательность протекания физических процессов, из которых складывается оружейный выстрел, и показать, от чего зависят такие объективные характеристики выстрела из нарезного оружия, как дальность и точность стрельбы, возможность уверенного поражения цели с учетом энергетики применяемого боеприпаса.

Чтобы грамотно использовать заложенные в конструкции конкретной модели нарезного оружия ее технические возможности (дальность выстрела, его точность, энергетику), необходимо знать и понимать те основы и закономерности, от которых собственно эти характеристики и зависят.

За минувшие десятилетия было написано немало книг, посвященных физическим явлениям, из которых складывается выстрел и от которых зависит результативность стрельбы. Однако найти такие издания, где легко было бы получить ответы на те или иные вопросы, возникающие при ознакомлении с данной тематикой, довольно проблематично. Как оказалось, из числа фундаментальных трудов, посвященных вопросам внутренней и внешней баллистики, не так уж и много книг выдержали испытание временем.

В вопросах внутренней баллистики, по мнению автора, основополагающим трудом является книга М.Е. Серебрякова «Внутренняя баллистика», выдержавшая фактически три издания, — 1939-х, 1949-х и 1976-х гг. Вопросы внешней баллистики весьма основательно изложены в труде профессора Я. Шапиро «Внешняя баллистика» (1946). Основное содержание теорий в одноименных главах данной книги (главы 1 и 2) изложено в соответствии именно с этими фундаментальными трудами. Некоторые отдельные темы названных дисциплин освещены в соответствии со взглядами наших ведущих математиков-баллистиков довоенного, военного и послевоенного времени, чьи труды были впервые объединены и изданы сразу после Великой Отечественной войны (Ф.Р. Гантмахер, Л.М. Левин), а также согласно взглядам ведущих специалистов — преподавателей МГТУ им. Н.Э. Баумана в 70–80-х гг. XX в. [зав. кафедрой баллистики «М3» А.А. Дмитриевский, зав. кафедрой аэродинамики «М9» Н.Ф. Краснов, зав. кафедрой расчета и конструирования межконтинентальных баллистических ракет «М1» В.И. Феодосьев (кафедра «Динамика и прочность» — такое название было дано в то время из соображений секретности)].

Вопросы теории вероятностей применительно к теории стрельбы наилучшим образом изложены в известнейшей книге Е.С. Вентцель «Теория вероятностей», выдержавшей несколько изданий. Особую популярность этот труд снискал в кругах специалистов-оружейников в авиационной промышленности; впрочем, и не одно поколение специалистов-ракетчиков отдавали ему должное, изучая вероятностную науку по данной книге. Содержание 3-й главы фактически является кратким изложением материала книги Е.С. Вентцель в части, касающейся непосредственно теории стрельбы. Этот материал крайне важен для понимания реальной оценки возможной результативности практической стрельбы по цели.

Материал 4-й главы содержит практические сведения о баллистических траекториях применяемых стрелковых боеприпасов и о поправках при прицеливании, связанных с метеорологическими условиями стрельбы, а также с обстоятельствами стрельбы (углами стрельбы и скоростью движения цели). На практических примерах показывается, как меняется эффективность стрельбы в зависимости от выбранных установок прицела и точек прицеливания. Излагаются практические способы и приемы оценок вероятности поражения целей.

В основу материала 6-го подраздела четвертой главы легли методики расчетов и сведения, опубликованные в книге Н.М. Фендрикова и В.И. Яковлева «Методы расчетов боевой эффективности вооружения», а также материалы изданий Министерства обороны РФ «Наставления по стрелковому делу» и «Таблицы стрельбы по наземным целям из стрелкового оружия...» (ТС № 61). Содержание материала этого параграфа научит начинающего стрелка правильно выбирать установку прицела и точку прицеливания при стрельбе на дальних охотничьих дистанциях, а также даст представление о такой категории, как эффективность стрельбы.

В целом содержание первой части книги является основным теоретическим материалом теории стрельбы. Первые три главы рассчитаны на читателя, имеющего начальную математическую подготовку в объеме первых двух курсов технического вуза, но содержание материала и вытекающие из него выводы без углубления в математические выкладки вполне доступны и могут быть интересны для любого заинтересованного читателя.

Во второй части книги, являющейся логическим продолжением содержания первой части, излагается материал, связанный с практической стороной оценки боевой результативности и эффективности стрельбы из стрелкового оружия, а также приводятся конструктивные сведения об оружии и применяемых в нем прицельных устройствах. Несколько подробнее изложены физические основы конструкции оптических прицелов и инфракрасных прицелов ночного видения. Изложены сведения о раневой баллистике, рассказывается о методике пристрелки оружия, а также об основах обучения стрельбе.

В первой главе в самых общих чертах дается описание основных составных конструктивных частей нарезного длинноствольного оружия и применяемых в них прицельных устройств. Основой для материала об инфракрасных прицелах послужили материалы из опубликованной в свое время в «Вестнике МГТУ» статьи Л.М. Балясного, Ю.К. Грузевича и С.В. Щербинина «Электронно-оптические преобразователи в приборах ночного видения», а также материалы книги В.В. Тарасова и Ю.Г. Якушенкова «Системы «смотрящего» типа», в которой физические основы и принципы построения современных ИК-систем изложены достаточно подробно.

Во второй главе даны общие сведения о раневой баллистике, призванные дать практическую оценку результативности и эффективности выстрела из нарезного оружия по назначенной цели.

В третьей главе представлена общая методика пристрелки оружия.

В четвертой главе излагаются основы обучения навыкам спортивной и практической стрельбы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора.....	7
Предисловие.....	12
Введение. История развития баллистики и теории вероятностей.....	14
В.1. Баллистика.....	14
В.2. Теория вероятностей.....	19
Глава 1. Внутренняя баллистика.....	23
1.1. Баллистика выстрела.....	23
1.2. Пороха.....	26
1.3. Горение порохов.....	30
1.4. Основное уравнение пиростатики.....	39
1.5. Учет потерь на теплоотдачу при прожиггах пороха в постоянном объеме.....	46
1.6. Физика периодов движения боеприпасов.....	49
1.7. Основное уравнение пиродинамики.....	52
1.8. Законы газообразования.....	56
1.9. Горение флегматизированных порохов.....	65
1.10. Условие для мгновенного воспламенения порохового заряда.....	67
1.11. Баланс энергий при выстреле.....	68
1.11.1. Расчет силы сопротивления и трения в нарезках.....	69
1.11.2. Работа, затраченная на вращение пули.....	78
1.11.3. Работа по преодолению трения в нарезках.....	78
1.11.4. Работа по преодолению силы сопротивления нарезков.....	79
1.11.5. Работа по перемещению самого заряда.....	80
1.11.6. Работа по перемещению откатных частей (работа при отдаче).....	81
1.11.7. Второстепенные работы.....	83
1.11.8. Зависимость между давлением на дно канала ствола и на дно пули.....	87
1.12. Отдача оружия в результате последействия газов.....	90
1.12.1. Реактивная сила.....	91
1.12.2. Скорость истечения газов.....	96
1.12.3. Критические параметры потока.....	99
1.12.4. Секундный расход газа.....	102
1.12.5. Зависимость давления газов от площади сечения струи.....	103
1.12.6. Теория свободного отката ствола М.А. Мамонтова.....	104
Глава 2. Внешняя баллистика.....	119
2.1. Системы координат.....	121
2.2. Силы и моменты, действующие на пулю.....	123
2.3. Ускорение свободного падения и ускорение Кориолиса.....	127
2.4. Аэродинамические силы и моменты.....	134
2.4.1. Обобщенное выражение для силы аэродинамического сопротивления и аэродинамического момента.....	135
2.4.2. Природа сил сопротивления.....	138
2.4.3. Коэффициенты аэродинамических сил и моментов.....	140
2.5. Расчет силы аэродинамического сопротивления.....	145
2.6. Уравнения движения.....	153
2.6.1. Движение тела в безвоздушном пространстве.....	153
2.6.2. Движение тела в воздушной среде. Баллистические функции сопротивления.....	159

2.6.3. Влияние метеорологических факторов. Виртуальная температура. Стандартная атмосфера.....	171
2.6.4. Дифференциальные уравнения движения центра масс пули.....	178
2.6.5. Уравнение годографа.....	181
2.6.6. Форма траекторий и угол наибольшей дальности.....	184
2.7. Приближенные аналитические методы решения дифференциальных уравнений движения центра масс.....	186
2.7.1. Метод Эйлера.....	186
2.7.2. Таблицы Отто — Сиаччи.....	188
2.7.3. Определение траекторий по таблицам Отто — Сиаччи.....	189
2.7.4. Метод Сиаччи.....	191
2.7.5. Вспомогательные функции Сиаччи.....	198
2.7.6. Расчет коротких настильных траекторий.....	199
2.7.7. Определение траекторий с помощью вспомогательных функций Сиаччи.....	201
2.7.8. Схемы решения задач с помощью основных функций Сиаччи.....	203
2.8. Теория поправок.....	205
2.8.1. Зависимость дальности траектории от барометрического давления и температуры. Формула Ланжевена.....	208
2.8.2. Поправочные коэффициенты при изменении давления и температуры.....	212
2.8.3. Поправочный коэффициент при изменении веса снаряда или пули.....	214
2.8.4. Влияние ветра на траекторию полета.....	215
2.8.5. Боковое отклонение вследствие постоянного бокового ветра.....	218
2.8.6. Изменение дальности вследствие действия постоянного продольного ветра... ..	219
2.8.7. Приближенные поправочные коэффициенты применительно к методу Сиаччи.....	223
2.9. Гироскопическая стабилизация пули в полете.....	228
2.10. Вращательное движение пули.....	231
2.11. Гироскопическая устойчивость пули.....	242
2.12. Устойчивое движение боеприпаса на криволинейном участке траектории. Динамическая ось. Деривация.....	247
2.13. Оптимальная форма пули.....	256
Глава 3. Теория вероятностей в теории стрельбы.....	259
3.1. Предмет теории вероятностей. Основные понятия.....	259
3.2. Основные теоремы теории вероятностей.....	264
3.2.1. Теорема сложения вероятностей.....	266
3.2.2. Теорема умножения вероятностей.....	269
3.2.3. Формула полной вероятности.....	272
3.2.4. Теорема гипотез (формула Бейеса).....	274
3.2.5. Теорема о повторении опытов.....	276
3.3. Случайные величины и законы их распределения.....	280
3.3.1. Функция распределения.....	282
3.3.2. Вероятность попадания случайной величины на заданный участок.....	283
3.3.3. Плотность распределения.....	284
3.3.4. Характеристики положения случайной величины: математическое ожидание, мода, медиана.....	286
3.3.5. Моменты. Дисперсия. Среднее квадратическое отклонение.....	288
3.4. Нормальный закон распределения (закон Гаусса).....	296
3.4.1. Центральные моменты нормального распределения.....	298
3.4.2. Вероятность попадания случайной величины на заданный участок.....	299
3.4.3. Вероятное (срединное) отклонение. Приведенная функция Лапласа.....	302

3.5. Система случайных величин.....	307
3.5.1. Плотность распределения системы двух случайных величин	310
3.5.2. Зависимые и независимые случайные величины. Коэффициент корреляции	314
3.5.3. Числовые характеристики системы нескольких случайных величин	320
3.6. Нормальный закон распределения для системы случайных величин	322
3.6.1. Вероятность попадания в прямоугольник со сторонами, параллельными главным осям рассеивания.....	326
3.6.2. Вероятность попадания в эллипс рассеивания.....	329
3.6.3. Вероятность попадания в цель произвольной формы	334
3.6.4. Вероятность попадания в пространственную область.....	336
3.7. Числовые характеристики функций случайных величин	339
3.7.1. Математическое ожидание функции. Дисперсия функции	339
3.7.2. Теоремы о числовых характеристиках	341
3.7.3. Применение теорем о числовых характеристиках	344
3.8. Обработка стрельб	351
3.8.1. Оценки для математического ожидания и дисперсии.....	351
3.8.2. Доверительный интервал и доверительная вероятность	354
3.8.3. Точные методы определения доверительных интервалов	356
3.8.4. Приближенные методы определения доверительных интервалов	360
3.8.5. Обработка результатов экспериментальных стрельб.....	362
Глава 4. Теория и практика стрельбы.....	367
4.1. Угловые тысячные.....	367
4.2. Рассеивание боеприпасов и кучность боя оружия.....	374
4.3. Средняя точка попадания	392
4.4. Таблицы превышения средних траекторий стрельбы	394
4.5. Практическая стрельба.....	416
4.5.1. Прямой выстрел.....	417
4.5.2. Выбор дистанционной установки прицела.....	422
4.5.3. Вертикальные поправки на угол стрельбы	436
4.5.4. Барометрические поправки	441
4.5.5. Температурные поправки.....	443
4.5.6. Поправки на ветер	448
4.5.7. Поправки на деривацию.....	452
4.5.8. Стрельба по движущейся цели.....	455
4.6. Вероятность поражения цели	460
4.6.1. Боевая эффективность и действительность стрельбы	461
4.6.2. Определение вероятности попадания в цель при одном выстреле расчетным путем.....	472
4.6.3. Определение вероятности попадания в цель по шкалам рассеивания	483
4.6.4. Определение вероятности попадания в цель по сетке рассеивания.....	485
4.6.5. Вероятность попадания в цель при нескольких выстрелах. Корреляция выстрелов	487
4.6.6. Математическое ожидание числа попаданий и средний ожидаемый расход боеприпасов для достижения необходимой надежности стрельбы	505
4.7. Дистанция снайперской стрельбы.....	511
Литература	519
Приложение 1. Буквенные обозначения	520
Обозначения в главе 1.....	520
Обозначения в главе 2.....	521

Приложение 2. Табличные значения функций	523
Таблица № 1. Значения функции Лапласа $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$	523
Таблица № 2. Значения приведенной функции Лапласа $\widehat{\Phi}(x) = \Phi(\rho x)$	524
Таблица № 3. Вероятности попадания в круглую мишень, в %	526
Таблица № 4. Значения t_β , удовлетворяющие равенству $\beta = 2 \int_0^{t_\beta} S_{n-1}(\beta) dt$, в зависимости от значения доверительной вероятности β и числа степеней свободы $(n - 1)$	527
Таблица № 5. Значения параметра χ^2 в зависимости от значений r и P	529
Таблица № 6. Значения функции $P = W(r, h) = \int_0^r e^{-\frac{1}{2}(t^2+h^2)} I_0(ht) dt$	531
Таблица № 7. Баллистические таблицы патронов к нарезному оружию разных калибров	542

Ю.Г. Водорезов

**Теория и практика стрельбы
из нарезного длинноствольного
стрелкового оружия**

Часть II

2-е издание, исправленное и дополненное

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение. Из истории использования в России нарезного оружия</i>	5
Глава 1. Конструкция винтовки. Прицельные приспособления.	
Оптические прицелы. Прицелы ночного видения	13
1.1. Конструкция винтовки.....	14
1.1.1. Оружейный нарезной ствол.....	23
1.1.2. Калибры оружия	40
1.1.3. Износ оружейных стволов	43
Разгар оружейных стволов	43
Механический износ нарезов.....	46
1.1.4. Затворы	47
1.1.5. Ударно-спусковые механизмы (УСМ).....	56
1.1.6. Ружейные ложки.....	60
1.1.7. Применяемые боеприпасы.....	65
Гильзы.....	67
Капсюли.....	68
Пули	68
1.1.8. Чистка и смазка оружия	73
1.2. Открытые, кольцевые и диоптрические прицелы	85
1.2.1. Открытые прицелы.....	85
1.2.2. Кольцевые прицелы.....	93
1.2.3. Диоптрические прицелы.....	97
1.3. Коллиматорные и голографические прицелы. Лазерные целеуказатели и дальномеры.....	100
1.3.1. Коллиматорные и голографические прицелы	100
1.3.2. Лазерные целеуказатели.....	110
1.3.3. Лазерные дальномеры	114
1.4. Оптические прицелы	120
1.4.1. Преломление света. Линзы. Строение человеческого глаза.....	121
1.4.2. Схема оптического прицела.....	130
1.4.3. Угол зрения. Увеличение. Поле зрения.....	134
1.4.4. Светосила оптического прибора	140
1.4.5. Параллакс в оптических прицелах.....	143
1.4.6. Конструкции современных оптических прицелов.....	150
1.5. Прицелы ночного видения	155
1.5.1. Электронно-оптические преобразователи	166
1.5.2. Многоэлементные приемники оптического излучения (МПИ).....	178
1.5.3. Сканирующие устройства и активная подсветка.....	180
1.5.4. Оптические системы	181
1.5.5. Системы отображения информации (СОИ).....	183
1.5.6. Механическая прочность ПНВ, и его габариты и дальность видения.....	184
1.5.7. Характеристики образцов зарубежных ПНВ.....	184
Глава 2. Раневая баллистика	190
2.1. Основы раневой баллистики.....	190
2.2. О выборе точки прицеливания.....	213

2.3. Как определить, куда было ранено животное	216
Глава 3. Пристрелка оружия	219
Глава 4. Обучение стрельбе	236
4.1. Изготовка	237
4.1.1. Стрельба лежа	238
4.1.2. Стрельба с колена	245
4.1.3. Стрельба стоя	247
4.2. Прицеливание	251
4.3. Как нажимать на спусковой крючок	262
4.4. Стрелковые тренировки	268
4.5. Оценка стрелковой квалификации	270
4.6. Практические занятия	273
4.7. Стрельба из нарезного оружия навскидку. Скоростная стрельба	281