Н. ФИЛАТОВ

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВАНИЯХ СТРЕЛЬБЫ ИЗ ВИНТОВОК И ПУЛЕМЕТОВ

ШЕСТОЕ ИСПРАВЛЕННОЕ
ИЗДАНИЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАРКОМАТА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
МОСКВА — 1937

623
Ф 51

ГЛАВА I

СВЕДЕНИЯ ИЗ ВНУТРЕННЕЙ БАЛИСТИКИ

Изучение явлений, происходящих в канале огнестрельного оружия при выстреле, составляет предмет *внутренней балистики,* который является одним из отделов науки *балистики*[1].

Внутренняя балистика изучает следующие вопросы: образование и движение пороховых газов, действие их на снаряд (пулю), на дно канала оружия и на стенки оружия.

1. Понятие о бездымном пироксилиновом порохе

Наши боевые патроны для стрелкового оружия снаряжены бездымным пироксилиновым порохом.

Пироксилин — взрывчатое вещество, получаемое путем обработки хлопчатобумажной ваты, отбросов бумагопрядения («концов») или древесной клетчатки смесью азотной и серной кислот. Этот процесс обработки называется *нитрацией.*

Для безопасности пироксилин обычно держат во влажном состоянии. Такой пироксилин содержит до 20—30% влаги и называется *влажным пироксилином. Сухой пироксилин* содержит до 2—3% влаги.

Влажный пироксилин безопасен в обращении и хранении, он не взрывается и не воспламеняется от удара и не зажигается от пламени, пока не подсохнет.

---

[1] Балистика от греческого слова «балло» — бросаю.

Сухой пироксилин, напротив, представляет легко взрываемое вещество. Удары по сухому пироксилину и трение могут вызвать взрыв.

Кроме того, пироксилин разделяют также на *растворимый* и *нерастворимый*.

Пироксилин низшей степени нитрации растворяется в растворителе, состоящем из $^1/_3$ винного спирта и $^2/_3$ серного эфира; пироксилин высшей нитрации, содержащий около 13% азота, не растворяется.

На этих свойствах пироксилина основано изготовление бездымных порохов.

Бездымный пироксилиновый порох изготовляется из смеси растворимого и нерастворимого пироксилина.

Для изготовления медленно горящего пороха берут больше растворимого пироксилина — до 45%; для получения быстро горящего, сильно действующего пороха растворимого пироксилина берут меньше — до 15%, остальные 85% составляет нерастворимый пироксилин.

Смешанный в требуемой пропорции пироксилин подвергается *обезвоживанию* при помощи спирта. В результате этой обработки получается пироксилин, почти лишенный воды. В таком виде он растворяется в растворителе, для получения которого берут только эфир, так как спирт в пироксилине уже имеется. По мере растворения и улетучивания растворителя масса густеет и приобретает вид теста или желе. Весь этот процесс обработки пироксилина называется *желатинизацией*.

Полученную массу пропускают через узкие щели специальных машин, в результате чего получаются длинные ленты пороха, содержащие около 20% растворителя. Остатки растворителя удаляют провяливанием лент, вымачиванием их в воде и сушкой в специальных сушильнях, где циркулирует нагретый (до 40°) сухой воздух.

В конечном результате обработки пороха в нем остается около 2—5% воды и растворителя, отчего порох имеет характерный спирто-эфирный запах.

При изготовлении пороха особое внимание обращается на то, чтобы все частицы (зерна) пороха обладали возможно однообразными качествами.

Порох, употребляемый для снаряжения винтовочных и пулеметных патронов, имеет вид маленьких пластинок грязно-желтого цвета. Эти пластинки должны быть прочны, иметь гладкую ровную поверхность без трещин и заусениц. Эти качества имеют важное служебное значение, так как при хранении, перевозке и т. д. пороховые пластинки должны сохранять свою форму, не перетираться и не превращаться в порохową пыль, которая опасна в обращении.

Для повышения стойкости порохов при желатинизации прибавляют различные примеси, называемые *стабилизаторами*. В качестве стабилизаторов применяются дифениламин (от 0,3 до 1%), мочевина, вазелин и касторовое масло.

Пироксилиновый порох весьма стоек. Пороха, изготовленные даже 30 лет назад, вполне сохраняют свои качества и могут быть пригодны для употребления.

Признаком разложения пороха является характерный запах окиси азота.

Хотя пироксилиновый порох обладает слабой гигроскопичностью, все же нужно всеми мерами оберегать его от отсырения, а также и высыхания, так как изменение влажности пороха имеет весьма большое влияние на правильное и однообразное действие пороха при выстреле.

При нормальных условиях хранения пороха изменение температуры в пределах от —25° до +25° заметного влияния на стойкость пороха не оказывает.

Пироксилиновый порох мало чувствителен, однако, при сильных ударах или трении он может воспламениться.

Для снаряжения холостых патронов употребляется пироксилиновый порох с добавлением селитроугольной смеси. Эта смесь увеличивает скорость горения, повышает давление, отчего получается большой звуковой эффект. Такой порох называется *малодымным*. Он изготовляется в виде мелких пластинок почти черного

цвета и обозначается маркой Х (холостой). Имеется также холостой порох с маркой $Х_2$ — без примеси селитроугольной смеси.

2. Горение пороха

Воспламенение пороха в оружии при выстреле происходит почти без доступа воздуха, что вполне допускается химическим составом пороха.

В процессе горения пороха в канале ствола обычно различают три фазы: *зажжение, воспламенение* и *собственно горение.*

Познакомимся с сущностью этих понятий.

Зажжение — возбуждение реакции в какой-либо части вещества пороха действием раскаленных газов, образуемых взрывчатым веществом. Пироксилиновый порох загорается при температуре 170—200°.

Чем суше порох, тем скорее он зажигается. В свою очередь скорость зажжения зависит от формы и поверхности зерен: чем шероховатее поверхность и угловатее форма зерен, тем легче зажигается порох. Происходит это потому, что при такой поверхности и форме зерен пламя не скользит по ним, а задерживается.

Луч огня при воспламенении капсюля чаще всего идет по направлению оси канала ствола. При крошеном порохе отдельные его пластинки располагаются поперек или вкось относительно направления луча огня. Последний, ударяясь в пластинки, задерживается ими и охватывает их пламенем. Все это способствует быстрому зажжению пороха. Но иногда порох не загорается, в этом случае происходит *осечка.*

Бывают случаи, когда зажжение происходит с опозданием, т. е. проходит некоторый заметный промежуток времени между ударом по капсюлю и выстрелом. В данном случае получится *затяжной выстрел.*

Затяжной выстрел в некоторых случаях может вызвать тяжелые последствия, так как при скорострельной стрельбе и при автоматической стрельбе из пулемета, когда патрон быстро извлекается стрелком или наводчиком для перезаряжания, взрыв заряда

может произойти при открытом затворе или отведенном назад замке.

Поэтому при фабрикации патронов принимаются все меры для предупреждения подобных случаев, и за качеством патронов устанавливается строгий контроль.

Воспламенение — распространение пламени по поверхности зерен пороха. Скорость, с которой распространяется пламя, называется *скоростью воспламенения.*

Воспламенение пороха имеет важное значение, так как только при правильно воспламенившемся порохе можно рассчитывать на горение его со всех сторон, от чего зависит правильное образование газов.

Пироксилиновый порох при сжигании на открытом воздухе горит равномерно, подобно тому, как горит бумага. Происходит это потому, что вследствие очень малого давления пламя медленно распространяется по поверхности пороха.

Собственно горение — постепенное проникание пламени внутрь вещества пороха. *Скоростью горения* называется скорость, с которой процесс горения распространяется внутрь вещества.

Знать причины, от которых зависит скорость горения пороха, важно, так как эти знания дают возможность регулировать количество сгорающего вещества по времени, а значит, и управлять процессом образования газов.

Скорость горения пороха зависит от многих причин, из которых главнейшими являются:

1. Состав пороха. Если в порохе относительно большой процент нерастворимого пироксилина, то порох горит быстрее, и наоборот. Таким образом, пороха можно разделить на *быстрогорящие* и *медленногорящие.*

2. Плотность заряжания, что означает отношение веса заряда к весу воды, об'ем которой равен об'ему каморы.

Например, плотность заряжания 0,2 показывает, что на каждую единицу об'ема каморы приходится 0,2 весовой единицы пороха.

С увеличением плотности заряжания быстро возрастает скорость горения пороха.

Если углубить пулю в гильзу, то от этого уменьшится об'ем каморы, а следовательно, на единицу об'ема ее придется большее число весовых единиц пороха, значит, плотность заряжания увеличится.

3. Увеличение давления, благодаря которому раскаленные газы быстрее проникают в толщу вещества пороха и этим содействуют скорейшему протеканию процесса горения.

В свою очередь скорость проникания газов внутрь вещества зависит от его плотности: чем плотнее вещество пороха, тем скорость горения меньше, и наоборот.

4. Температура заряда, от повышения которой увеличивается скорость горения. Эта зависимость ясна сама по себе.

5. Влажность пороха. Чем больше влажность пороха, тем медленнее он горит, и наоборот.

Рассмотрим кратко практическое значение скорости горения пороха.

Если бы порох сгорел очень быстро, например до смещения пули, то в этом случае работа пороховых газов была бы *неравномерна*. Все образовавшиеся газы, заключенные в зарядной каморе, вначале дали бы очень большое давление, которое потом с движением пули по каналу быстро падало бы вследствие увеличения запульного пространства (об'ем канала ствола между передним срезом затвора и дном пули).

При относительно медленном горении пороха, когда вследствие продолжающегося процесса горения будет поступать все новое и новое количество газов, поддерживающее давление, действие пороха будет более или менее равномерным.

По мере движения пули об'ем запульного пространства будет увеличиваться, поэтому образование газов должно итти так, чтобы, несмотря на увеличение об'ема, давление поддерживалось по возможности одинаковой величины.

Порох, который горит таким образом, что с течением времени дает все больше и больше газов, поддерживая равномерное давление в канале ствола, называется прогрессивным порохом, а горение его — прогрессивным горением.

Из сказанного следует, что порох должен сгорать не очень быстро, скорость сгорания его должна быть в соответствии с движением пули в канале ствола и с длиной последнего, так как порох должен весь сгореть до вылета пули.

Скорость горения пороха учитывается как очень важный фактор при определении необходимой прочности ствола.

3. Давление пороховых газов

С началом горения пороха, газы производят давление на стенки патронника, на дно пули, на дно канала и на поверхность зерен заряда.

Пуля приходит в движение лишь после того, как сила давления окажется больше силы сопротивления пули движению (инерция и врезание пули в нарезы).

Таким образом, пока пуля не тронется с места, горение пороха должно происходить при все возрастающем давлении, а поэтому и ускорении процесса горения. Когда давление достигнет величины, большей, чем сопротивление пули движению, пуля начнет двигаться. Сначала пуля будет двигаться медленно, запульное пространство будет возрастать также медленно, а давление в каморе, вследствие все вновь образующихся газов, при горении пороха будет быстро расти.

Пуля будет получать все большее и большее ускорение, запульное пространство будет увеличиваться, и наступит момент, когда об'ем запульного пространства будет расти быстрее, чем образование газов. Давление начнет падать. Это падение будет продолжаться до вылета пули из канала ствола.

Давление пороховых газов можно выразить кривой линией, которая называется *кривой давления* на стенки

канала ствола (рис. 1) и которая, показывая, каким образом изменяется давление, выражает собой *закон давления пороховых газов.*

Допустим, что давление на всем протяжении канала ствола одинаково. В этом случае кривая давления обратится в прямую линию, параллельную оси канала

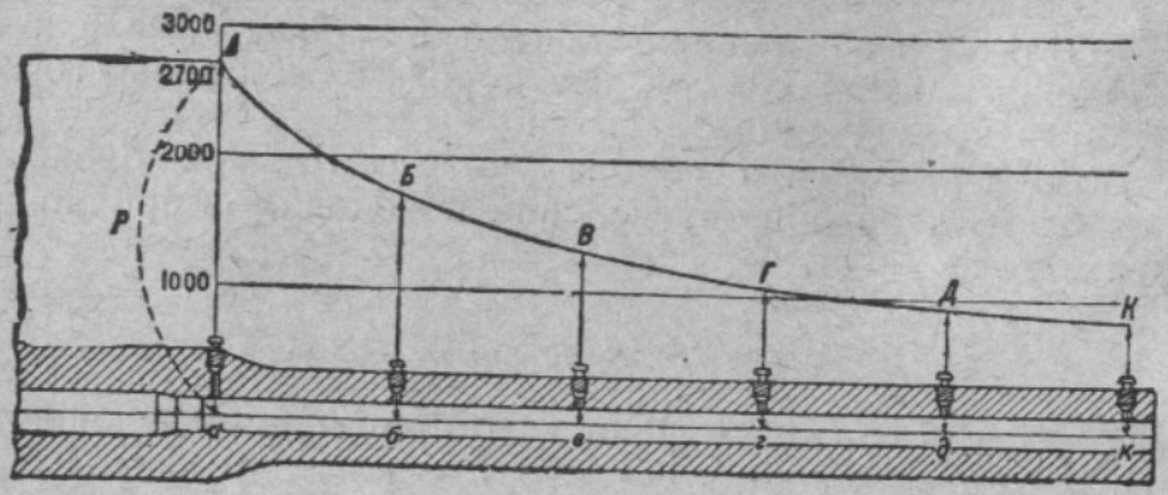


Рис. 1. Кривая давления на стенки канала ствола

ствола, и получится прямоугольник с площадью, ограниченной осью канала ствола, линией давлений и крайними ординатами у дна пули и дула (рис. 2).

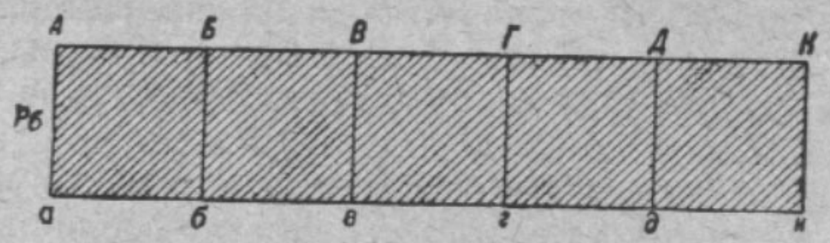


Рис. 2. Случай равномерного давления газов

Если ординаты обозначим через p, а длину оси канала ствола через s, то величина площади прямоугольника выразится произведением $p \cdot s$. Но так как величина p пропорциональна давлению пороховых газов, то можно сказать, что то же произведение выражает собой работу пороховых газов на протяжении оси канала ствола. Иначе говоря, в работе пороховых газов столько же единиц работы, сколько в площади прямоугольника

квадратных единиц. В этом смысле и следует понимать выражение, что работа пороховых газов измеряется площадью, заключающейся между осью канала ствола оружия и крайними ординатами — у дна снаряда и у дула оружия.

Эти рассуждения вполне могут быть отнесены и к тому случаю, когда линия давления пороховых газов кривая.

Чем больше указанная площадь, тем больше работа пороховых газов, почему необходимо принимать меры к увеличению площади; но вместе с тем следует добиваться, чтобы наибольшее давление было меньше предела упругости материала, из которого делается ствол, и во всяком случае не превосходило бы этого предела.

Движущая сила в каждой точке пути пули может быть найдена произведением ординаты кривой давления на величину $\frac{\pi d^2}{4}$, где d — калибр пули.

Чрезмерное давление пороховых газов может оказывать на стенки канала ствола разрушительное действие. Поэтому при стрельбе из винтовки (7,62-*мм*) и пулемета наибольшее давление в канале ствола не должно превышать 2750 *am*. Величина наибольшего давления пороховых газов определяется сортом стали, из которой изготовлены стволы. Предел упругости для наших стволов — 3500 *am*.

Таким образом, запас прочности ствола у нашего стрелкового оружия достигает 750 *am*.

В последнее время, вследствие успехов металлургии, появились высокие сорта стали с большей упругостью (нержавеющая сталь с пределом упругости до 8 тыс. *am*), что позволит изготовлять более легкое оружие без изменения его балистических качеств или при том же весе оружия увеличивать заряд, т. е. получать бóльшую начальную скорость.

При выстреле под действием газов стенки канала ствола расширяются по окружности, и если давление не превзойдет предела упругости стали, после выстре-

ла они снова принимают свой первоначальный вид. Но если давление в канале ствола по каким-либо причинам превысит предел упругости, то получится либо раздутие ствола, либо разрыв его.

Причины раздутия или разрыва канала ствола следующие:

1. Сильное загрязнение канала ствола или наличие в нем постороннего тела, например кусочек тряпки, оторвавшаяся оболочка пули или дульца гильзы и т. п.

В таких случаях, вследствие сопротивления, уменьшается скорость движения пули, отчего газы, непосредственно следующие за пулей, получают движение в обратную сторону и сталкиваются с волной газов, идущих сзади. Образуется сильное радиальное к стенкам ствола давление, которое может превысить предел упругости.

2. Застревание пули в канале ствола, вследствие малого заряда или порчи пороха.

В таком случае при последующем выстреле неизбежно произойдет раздутие или даже разрыв ствола.

3. Изменение свойств пороха, вследствие неправильного его хранения, что также влечет увеличение давления.

4. Коэфициент полезного действия пороха

Действие пороховых газов, направленное на выбрасывание пули (снаряда) из оружия и придание ей наибольшей скорости, называется *полезной работой пороховых газов*.

Энергия пороховых газов, кроме давления на дно пули, расходуется также на *отдачу оружия* и на растяжение стенок ствола, кроме того, часть пороховых газов вырывается из дула, не производя никакой работы в оружии, а вызывая лишь сотрясение воздуха. Таким образом, только часть энергии пороховых газов производит полезную работу.

Отношение полезной работы пороховых газов ко всей затраченной энергии называется коэфициентом полезного действия.

Вычисления показывают, что при заряде бездымного пороха в 3,2 *г* в нашем 7,62-*мм* винтовочном патроне, с пулей обр. 1908 г. (весом 9,6 *г*) полная энергия, называемая потенциалом, будет равна 1 336 *кгм*, из которых только 362 *кгм* идут на сообщение пуле начальной скорости. Таким образом, коэфициент полезного действия равен 383 : 1 336 = 0,27, или округленно $^1/_4$.

Время движения пули по каналу ствола $^1/_{680}$ сек.

Как известно, действие некоторых образцов автоматического оружия основано на использовании отдачи. При определении коэфициента полезного действия эта работа газов пока не учитывается.

5. Начальная скорость

Начальная скорость [v_0], как и вообще всякая скорость, *измеряется числом линейных единиц* (метров), *которые прошла бы пуля в первую секунду по вылете из канала ствола, если бы с момента вылета на нее не действовала никакая другая сила* (вес, сопротивление воздуха, влияние ветра), *кроме движущей силы* (инерции).

Скорость движения тела определяется по формуле:

$$v = \frac{s}{t},$$

где s — единица длины, а t — единица времени.

Чтобы определить начальную скорость опытным путем, надо найти промежуток времени, в течение которого пуля пролетит заданное расстояние. Для определения этого промежутка времени пользуются особыми приборами — хронографами, дающими возможность отсчитывать время полета пули с точностью до одной тысячной доли секунды.

В настоящее время широко применяют советский прибор т. Ширского. Этот прибор называется *миллисекундометром*.

Устройство миллисекундометра в общих чертах заключается в следующем. В приборе имеются два маятника, которые удержи-

ваются в поднятом положении электромагнитами, включенными, каждый отдельно, в особые электрические цепи.

При попадании пули в первую раму-мишень размыкается первая цепь, при этом первый маятник освобождается и начинает качаться, а особая стрелка начинает отсчет времени на циферблате с точностью до тысячных долей секунды.

При попадании пули во вторую раму-мишень размыкается вторая цепь, отчего быстро спускается второй маятник, причем с началом его движения стрелка первого маятника останавливается.

Таким образом, стрелка указывает промежуток времени, истекший между размыканиями первой и второй цепей.

Если на таком приборе измерить время полета пули на небольшое расстояние и разделить это расстояние на время, определенное прибором, то получим среднюю скорость полета пули, которую последняя будет иметь при полете, в середине расстояния между рамами.

Пример. Между первой рамой-мишенью и второй расстояние 50 *м*. Миллисекундометр показал время 0,1 сек.

Средняя скорость в середине расстояния (25 *м*) будет:

$$v_{25} = \frac{50}{0{,}1} = 500 \text{ м},$$

ее принято обозначать v_{25}.

На основании опыта принимают, что начальная скорость $v_0 = 1{,}25 \cdot v_{25}$.

В нашем примере:

$$v_0 = 500 \cdot 1{,}25 = 625 \text{ м/сек}.$$

Величина начальной скорости для различных образцов оружия неодинакова. Так, например, начальная скорость движения пули в нашем стрелковом оружии калибра 7,62 *мм* такова: револьвера Наган — 280 *м/сек*; винтовки обр. 1891 г. — для патрона обр. 1908 г. — 860—870 *м/сек*, для патрона обр. 1930 г. — 800 *м/сек*; малокалиберной винтовки — 320 *м/сек*.

Для того чтобы определить начальную скорость партии патронов, производят специальные стрельбы при соблюдении возможно одинаковых условий, и при каждом выстреле определяется начальная скорость.

На основании полученных результатов выводится средняя начальная скорость и определяются вероятные отклонения отдельных скоростей от средней. Величины вероятных отклонений дают указания о степени однообразия действия пороха.

Значение начальной скорости, с точки зрения боевого использования оружия, огромно. Сохранение пулей большой начальной скорости обеспечивает настильность траектории, что увеличивает поражаемую зону и позволяет пользоваться одной и той же установкой прицела при стрельбе на разные расстояния. При этом значительно уменьшается влияние ветра и других элементов погоды на отклонение пули. Наконец, с увеличением начальной скорости увеличивается кинетическая энергия (живая сила) пули, а следовательно, увеличивается ее пробивное действие.

Начальная скорость может быть увеличена следующими способами:

а) уменьшением веса пули при том же заряде;

б) увеличением плотности заряжания;

в) увеличением об'ема зарядной каморы, а следовательно, и веса заряда (для сохранения плотности заряжания);

г) увеличением максимального давления;

д) увеличением длины канала ствола;

е) увеличением силы пороха и приданием ему наиболее выгодной прогрессивности горения;

ж) применением наиболее выгодного типа нарезки.

При конструировании наших винтовочных и пулеметных стволов, а также при выборе формы, веса пули и заряда, использована, в пределах возможности, комбинация всех перечисленных способов увеличения начальной скорости. При этом были учтены и служебные требования, пред'являемые к оружию: живучесть канала ствола, величина вспышки при выстреле, возможно меньшая потеря скорости и т. д.

По сведениям зарубежной военной печати, германскому инженеру Герлиху удалось добиться получения ультраскоростей полета пули, т. е. скоростей, превышающих в 2—3 раза ныне су-

ществующие. Таких результатов Герлих добился применением особого образца ствола для винтовки и особой конструкции пули.

Ствол Герлиха имеет три разных части канала: широкий цилиндрический канал у казенной части, промежуточную часть канала в виде конуса и, наконец, узкую цилиндрическую часть у дула

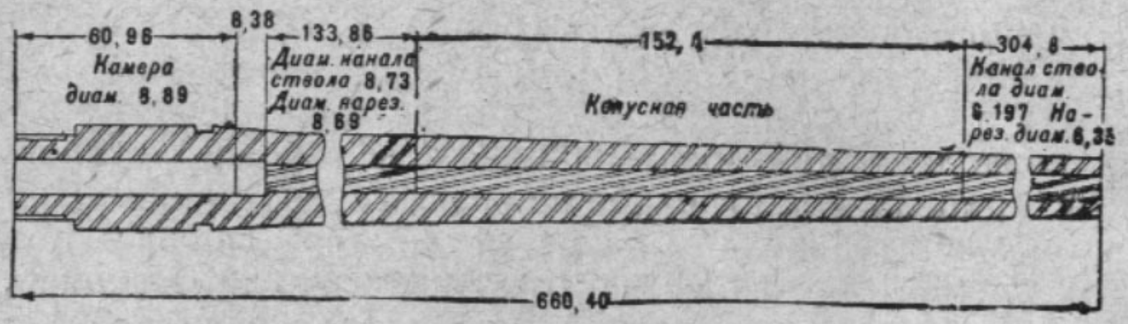


Рис. 3. Разрез ствола винтовки Герлиха

(рис. 3). Нарезка более глубокая в казенной части, чем в дульной. Пуля Герлиха снабжена двумя поясками по диаметру нарезки. Эти пояски представляют собой великолепный обтюратор для газов (рис. 4).

По мере движения пули, когда она достигнет конусной части, пояски начинают сминаться и вжиматься в кольцевые заточки на корпусе пули; вследствие этого пуля, при вылете из канала ствола, в ведущей части превращается в цилиндр с отличным балистическим свойством.

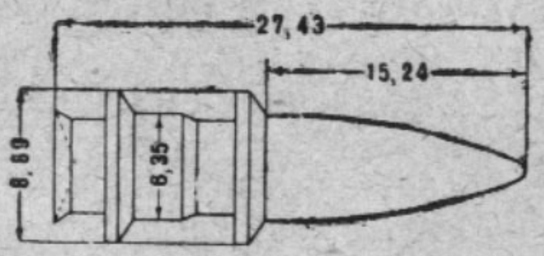


Рис. 4. Схема пули Герлиха с поясками

При вжимании пули узкими поясками в нарезы возникающее сопротивление минимально, тогда как обтюрирование газов максимально. Трение благодаря пояскам сильно уменьшено.

Вследствие большой скорости пули, значительно превосходящей скорость звука, только головная ее часть встречает сопротивление воздуха; донная же часть пули практически находится в вакууме (безвоздушное пространство).

При таком устройстве канала ствола и пули, а также при использовании более сильного пороха, высокой прогрессивности горения, Герлиху удалось получить значительное увеличение начальной скорости. Так, при 7-*мм* легкой пуле весом 8,15 *г* (наша пуля обр. 1908 г. весит 9,6 *г*) он добился скорости в 1 358 *м/сек*, а при пуле весом 6,4 *г* — 1 740 *м/сек*. По заявлению Герлиха, он предполагал в ближайшее время добиться скорости 3 000 *м/сек*.

Судя по статье Герлиха, при испытании его винтовки и пуль результаты отстрела сериями по пяти выстрелов показали (даже для дальности в 1 000 *м*), что все пули, выпущенные стрелком в положении лежа, поместились в круг диаметром 0,25 *м*. Имея в виду рекламный характер статьи, к этим данным следует относиться осторожно.

6. Начальная энергия пули (живая сила)

Убойное, пробивное, действие пули, т. е. та сила, с которой пуля ударяет в поражаемый предмет, зависит от величины *начальной энергии (живой силы)*, которая сообщается пуле пороховыми газами в момент ее вылета из канала ствола.

Пробивное действие пули тем сильнее, чем больше живая сила, которая возрастает с увеличением массы, а следовательно, веса и скорости пули.

Живая сила движущегося тела выражается формулой:

$$Q = \frac{mv^2}{2}, \qquad (1)$$

т. е. она равна половине произведения массы тела на квадрат скорости. В этой формуле: Q — живая сила, m — масса тела (количество вещества в данном об'еме тела по отношению к действию силы на это тело), а v — скорость движения.

Так как масса тела, выраженная в технических единицах, равняется отношению веса тела p к ускорению g, т. е.

$$m = \frac{p}{g},$$

то живую силу можно выразить формулой:

$$Q = \frac{pv^2}{2g}. \qquad (2)$$

Вычисляя по этой формуле начальную живую силу для 7,62-*мм* винтовки с пулей обр. 1908 г. (вес пули 9,6 *г*, начальная скорость 860 *м/сек*), получим:

$$\frac{9{,}6 \cdot 860^2}{2 \cdot 9{,}8} = 362 \text{ кгм}.$$

Для пули обр. 1930 г. (вес пули 11,7 *г*, начальная скорость 800 *м/сек*) получим:

$$\frac{11{,}7 \cdot 800^2}{2 \cdot 9{,}8} = 382 \text{ кгм}.$$

7. Отдача оружия

Вследствие давления пороховых газов на дно канала ствола происходит движение оружия назад, т. е. *отдача оружия*. От давления же газов на дно пули происходят движение пули вперед по каналу ствола и, наконец, ее вылет в воздух. Подобно тому как пробивное действие пули определяется величиной живой силы, с которой пуля ударяет в поражаемый предмет, так и величина отдачи характеризуется той живой силой, с которой оружие, двигаясь назад, производит толчок в плечо.

Если мы обозначим вес оружия через P, скорость движения оружия назад через V и ускорение силы тяжести через g, то, согласно вышеприведенной формуле, живая сила отдачи оружия выразится формулой:

$$Q = \frac{PV^2}{2g}. \qquad (3)$$

Так как в этой формуле величины P и g известны, то для вычисления живой силы отдачи (Q) остается определить только V — скорость отдачи.

В механике доказывается, что если одна и та же сила приводит в движение два различных по массе

тела, то она сообщает им скорости, обратно пропорциональные массам этих тел, и, таким образом, чем больше масса тела, тем меньше скорость, и наоборот.

При выстреле одна и та же сила действует на два тела различной массы (оружие и пулю).

Поэтому

$$P : p = v_0 : V,$$

где P — вес оружия, p — вес пули, v_0 — начальная скорость, а V — скорость отдачи, откуда

$$V = \frac{pv_0}{P}.$$

Подставив в формулу (3) найденное значение V, получим:

$$Q = \frac{Pp^2v_0^2}{2gP^2},$$

и после сокращения:

$$Q = \frac{p^2v_0^2}{2gP}. \qquad (4)$$

В формуле (4) не принят во внимание вес заряда пороха, между тем часть пороховых газов (обыкновенно принимают половину заряда) движется вместе с пулей, и поэтому живая сила отдачи выразится формулой:

$$Q = \frac{\left(p + \frac{\omega}{2}\right)^2 \cdot v_0^2}{2gP}, \qquad (5)$$

где ω — вес заряда пороха.

Таким образом, *чем больше начальная скорость* (v_0), *тем больше отдача*. А так как начальная скорость в свою очередь зависит от веса заряда пороха, то, следовательно, *с увеличением веса заряда пороха* (ω) *отдача возрастает*, и *чем меньше вес пули* (p), *тем меньше отдача оружия*.

Вычисляя по формуле (5) живую силу отдачи для 7,62-*мм* винтовки обр. 1891/1930 гг. с пулей обр. 1908 г., получим:

$$\frac{\left(9{,}6+\frac{3{,}2}{2}\right)^2\cdot 860^2}{2\cdot 9{,}8\cdot 4\,458}=1\ кгм\ (округленно),$$

где вес пули 9,6 *г*, вес заряда 3,2 *г*, начальная скорость 860 *м/сек*, ускорение силы тяжести 9,8, вес винтовки 4 458 *кг*.

ГЛАВА II

СВЕДЕНИЯ ИЗ ВНЕШНЕЙ БАЛИСТИКИ

1. Понятие о движении пули в безвоздушном пространстве

Вторым отделом балистики является *внешняя балистика*, рассматривающая движение пули (снаряда) в воздухе по вылете ее из канала оружия.

Для более полного и лучшего уяснения сложного явления движения пули в воздухе рассмотрим сначала, как двигалась бы пуля в наиболее простых условиях, в безвоздушном пространстве.

Представим себе, что невесомая пуля, получив начальную скорость, движется в пустоте (в безвоздушном пространстве), т. е. на пулю не действуют ни сила тяжести, ни сила сопротивления воздуха. В этом случае пуля двигалась бы прямолинейно по направлению линии возвышения (продолженной оси канала ствола) и равномерно с постоянной скоростью. Через некоторый промежуток времени (t) она прошла бы по этому направлению путь (s), равный произведению скорости движения на время:

$$\boxed{s=v_0 t.}$$

На основании этой формулы можно определить, на каком расстоянии от точки вылета будет находиться движущаяся пуля через любой промежуток времени.

Например, $v_0=860$ *м/сек*. В этом случае через 3 сек. пуля находилась бы на расстоянии 2 580 *м*

(860 · 3) от точки вылета. Ввиду того, что нет никаких причин, изменяющих скорость и направление полета пули, они будут те же, что и в точке вылета.

Допустим теперь, что пуля движется в безвоздушном пространстве, но имеет вес.

Под действием силы тяжести пуля будет падать вертикально вниз. Независимо от того, будет ли пуля в покое или в движении, она должна под действием силы тяжести за некоторый промежуток времени пройти тот путь, который проходит в пустоте всякое свободно падающее тело. Путь этот определяется по формуле:

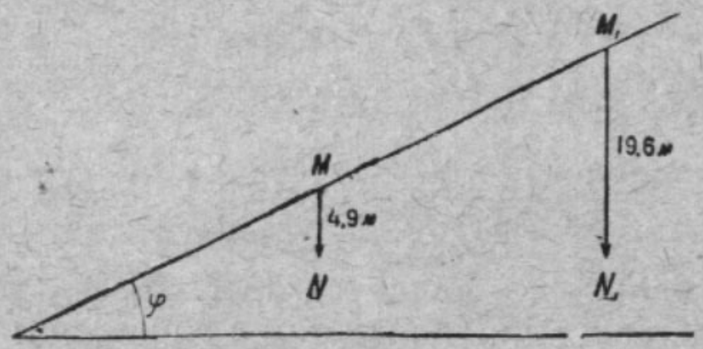


Рис. 5. Падение пули в безвоздушном пространстве под действием силы тяжести

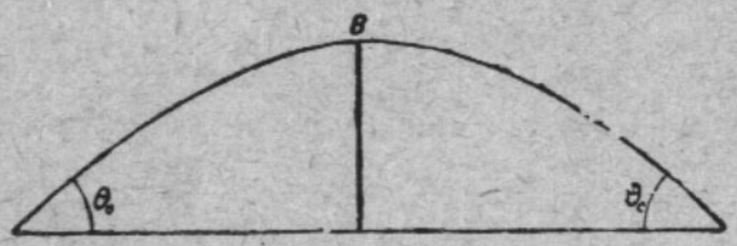


Рис. 6. Траектория пули в безвоздушном пространстве

$$h = \frac{gt^2}{2},$$

где g—ускорение силы тяжести, равное 9,8 *м/сек*, т. е. приращение скорости падения в 1 сек., а t — время.

Таким образом, в конце первой секунды движения пуля будет не на линии выстрела в точке M, а ниже на $\frac{9{,}8 \cdot 1^2}{2} = \frac{9{,}8}{2} = 4{,}9$ *м*, в точке N; в конце второй секунды пуля будет не в точке M_1, а в точке N_1, т. е. ниже линии выстрела на $\frac{9{,}8 \cdot 2^2}{2} = \frac{9{,}8 \cdot 4}{2} = 19{,}6$ *м*, и т. д. (рис. 5).

При движении в безвоздушном пространстве никакие другие силы, кроме силы тяжести, на пулю не действовали бы, поэтому *ни форма, ни вес ее не окажут*

влияния на вид траектории. Эта траектория будет правильной кривой линией, которая носит название *параболы* (рис. 6).

Свойства этой параболы (траектории) следующие:

а) *вершина* траектории (B) находится посредине горизонтальной дальности;

б) *угол бросания* (θ_0) равен *углу падения* (θ_c) (ординаты точек, равно удаленных от начала и конца траектории, равны), отсюда траектория пули в безвоздушном пространстве симметрична относительно вертикальной линии, проходящей через середину горизонтальной дальности или через вершину;

в) окончательная скорость пули равна начальной скорости.

Этими положениями параболической теории пользуются для расчетов стрельбы из орудий на сверхдальние расстояния и для теоретических вычислений траектории пули (снаряда) в воздухе.

2. Движение пули в воздухе

Сила сопротивления воздуха

При движении в воздухе пуля встречает на своем пути частицы среды (воздуха). Преодолевая инерцию последних, пуля раздвигает их в стороны и в свою очередь сама подвергается трению этих частиц, скользящих по ее поверхности. Частицы среды оказывают давление на поверхность пули.

Равнодействующая всех этих сил составляет силу сопротивления воздуха.

Равнодействующая силы сопротивления воздуха направлена в сторону, противоположную движению пули, и приложена в некоторой точке, называемой *центром сопротивления воздуха*.

Насколько значительно действие сопротивления воздуха на пулю, можно судить по следующему примеру.

Дальность полета пули в безвоздушном пространстве при угле бросания 15° и начальной скорости 600 *м/сек*, независимо от веса, рода и формы пули, была бы равна 17 000 *м*.

Дальность полета пули обр. 1930 г. при тех же условиях, но при наличии силы сопротивления воздуха равна лишь 3 900 *м*, т. е. почти в 5 раз меньше, чем в безвоздушном пространстве.

Величина силы сопротивления воздуха, выведенная на основе теоретических расчетов, обычно не совпадает с опытными данными, поэтому для определения силы сопротивления воздуха прибегают к эмпирическим (опытным) формулам, подбирая в них коэфициенты так, чтобы получились результаты, наиболее близкие к опытным данным.

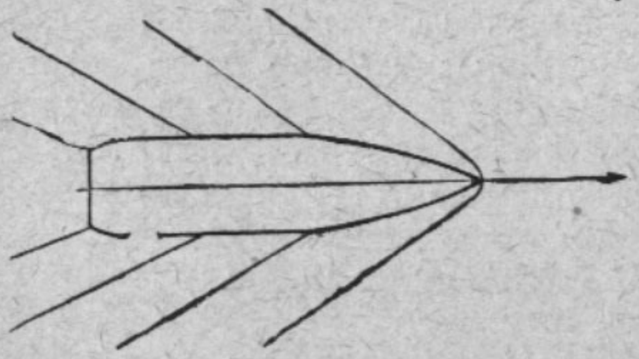


Рис. 7. Схема движения пули в воздухе

Для изучения силы сопротивления воздуха пользуются фотоснимками пуль во время их полета.



Рис. 8. Вихреватости или завихрения

На основании этих снимков установлены следующие явления, сопровождающие движение пули:

1. Раздвигаемые головной частью пули частицы воздуха образуют впереди пули волну сгущения воздуха. Однако, данное явление обнаруживается лишь при скоростях, не меньших скорости звука (около 300 *м/сек*). При скоростях, меньших скорости звука, сгущение не наблюдается.

2. Сгущенная часть воздуха образует волну, имеющую вид кривой линии, *гиперболы* (рис. 7). Чем больше скорость пули, тем больше наклонены к корпусу пули ветви волны.

3. Волна сгущения воздуха, скользя по поверхности пули, у ее дна срывается и образует так называемые *вихреватости*, или *завихрения* (рис. 8), которые,

как показывает опыт, вызывают увеличение сопротивления воздуха.

Для уменьшения отрицательного действия вихреватостей в пуле обр. 1930 г. несколько скошена поверхность у дна (сужена донная часть пули) (рис. 9, *а*).

Наиболее выгодными в отношении уменьшения силы сопротивления воздуха являлись бы пули, очерченные по так называемой *кривой наименьшего сопротивления* (рис. 9, *б*). Очертание нашей пули обр. 1930 г. в значительной мере приближается к этой кривой (рис. 9, *а*).

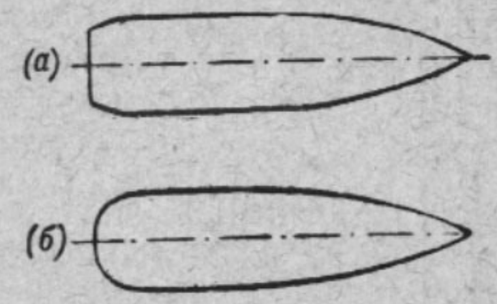


Рис. 9. Форма пули обр. 1930 г. (*а*) и форма пули, очерченная по кривой наименьшего сопротивления (*б*)

С увеличением *скорости пули* сопротивление воздуха увеличивается и возрастает значительно быстрее, чем ее скорость.

Сопротивление воздуха зависит также от площади поперечного сечения пули: чем больше эта площадь, тем большее число частиц воздуха встречает пуля при своем полете. Если площадь поперечного сечения пули возрастает вдвое, то сопротивление воздуха также возрастает вдвое, а так как с увеличением калибра пули площадь поперечного сечения возрастает в квадрате, то, следовательно, сопротивление возрастает пропорционально квадрату калибра.

Кроме того, с изменением калибра пули изменяется также и величина площади ее поверхности. Следовательно, чем больше будет площадь пули, тем большее трение отдельных частиц воздуха будет испытывать ее поверхность.

Пример. Калибр боевой пули 7,62 *мм*, а малокалиберной — 5,5 *мм*. Следовательно, сила сопротивления воздуха у боевой пули в 1,39 раза больше, чем у малокалиберной пули $\left(\sqrt{\frac{7{,}62^2}{5{,}5^2}} \approx 1{,}39\right)$.

Сила сопротивления зависит и от *плотности воздуха*. При увеличившейся плотности воздуха пуля на

своем пути встречает большее количество его частиц, инерцию и трение которых она должна преодолеть. Следовательно, с увеличением плотности воздуха сопротивление увеличивается. Установлено, что *величина сопротивления воздуха пропорциональна его плотности.*

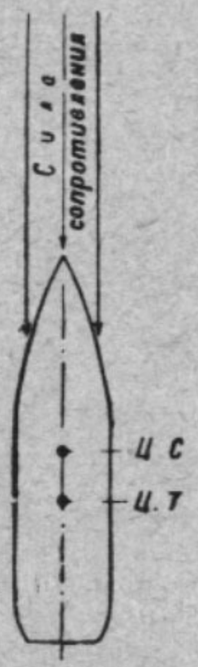


Рис. 10. Направление силы сопротивления воздуха при стрельбе вверх под углом в 90°

Нормальными условиями при изучении траектории 7,62-*мм* пули считаются: атмосферное давление 750 *мм*, температура + 15°, относительная влажность воздуха 50%. При этих данных 1 *куб. м* воздуха весит 1,206 *кг*.

Величина силы сопротивления воздуха на 7,62-*мм* пулю обр. 1908 г. достигает 3,5 *кг*.

Таким образом, сила сопротивления воздуха зависит:

1) от величины поверхности пули;
2) от формы пули;
3) от скорости движения пули;
4) от свойств воздуха (метеорологических условий).

Направление силы сопротивления воздуха

Для того чтобы полнее уяснить себе, какое влияние на полет пули оказывает сопротивление воздуха, необходимо рассмотреть *направление* силы сопротивления воздуха и точку ее *приложения* к пуле.

Допустим, что пуля движется *по направлению оси своей фигуры вертикально вверх, не вращаясь.*

Так как поверхность пули симметрична относительно оси своей фигуры, то сила сопротивления воздуха (равнодействующая) будет направлена по оси фигуры в сторону, прямо противоположную движению пули (рис. 10).

Точка приложения равнодействующей, т. е. центр сопротивления, будет находиться на оси пули. На этой же оси должен находиться и центр тяжести, так как при изготовлении пуль центр тяжести стараются расположить на оси фигуры. Поэтому в данном случае действие силы сопротивления воздуха будет заключаться только в уменьшении скорости пули. Когда скорость пули дойдет до нуля, пуля начнет падать (опускаться) и упадет на землю задком.

Следует указать, что условия движения вращающейся пули, выпущенной вертикально вверх, в отношении силы сопротивления те же, что и при движении невращающейся пули. Очевидно, что действие силы сопротивления в последнем случае выразится также в уменьшении скорости пули, и пуля по достижении высшей точки под'ема упадет на землю задком.

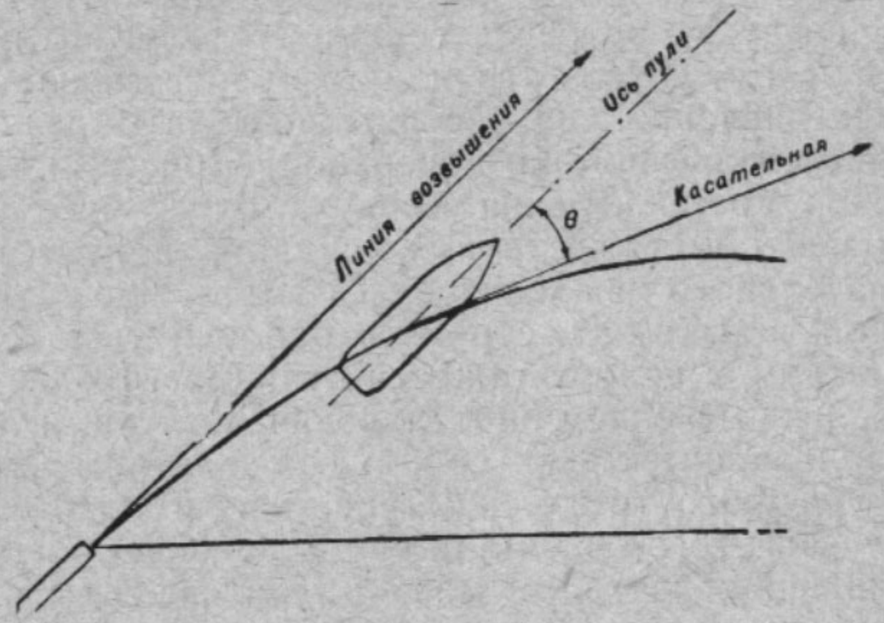


Рис. 11. Движение пули под некоторым углом к горизонту

Предположим теперь, что пуля движется *под некоторым углом к горизонту,* тоже не вращаясь.

В этом случае ось фигуры пули, вылетевшей по направлению оси канала ствола, совпадает с касательной к траектории только в первый момент по вылете. Затем, было ли это движение в пустоте или в воздухе, пуля, опускаясь под действием своей тяжести, будет стремиться по инерции сохранить положение своей оси параллельно первоначальному направлению. Ось фигуры пули перестанет совпадать с направлением движения, т. е. с касательной к траектории, и составит с этой касательной некоторый угол *в* (рис. 11), кото-

рый по мере закривления траектории, т. е. по мере движения пули, будет возрастать.

Лишь только ось пули составит угол с направлением движения, сопротивление воздуха увеличится, потому что в передней части пули увеличится площадь, подверженная действию воздуха. Это увеличение сопротивления будет тем значительнее, чем больше будет угол отклонения оси. Кроме того, изменится и направление силы сопротивления воздуха, которое будет пересекать ось пули между центром тяжести последней и вершиной. Это произойдет вследствие того, что частицы воздуха, встречая головную часть пули под острым углом, сгущаются и потому оказывают здесь большее давление, чем частицы воздуха у дна пули, свободно скользящие по поверхности (рис. 12). Поэтому центр сопротивления воздуха будет находиться между центром тяжести и вершиной, и пуля кроме поступательного движения будет иметь еще вращение головной части назад, стремясь опрокинуться.

Приложим к центру тяжести пули (рис. 13) две силы: ρ_1 и ρ_2, равные силе сопротивления воздуха и прямо противоположные между собой. Три силы — ρ, ρ_1 и ρ_2 — окажут на пулю то же действие, как и одна сила, а потому для того, чтобы выявить действие силы сопротивления воздуха, мы можем действие силы ρ_1, приложенной к центру тяжести, рассмотреть отдельно.

Силу ρ_1 можно разложить на две силы, из которых одна — ρ_3 — будет итти по направлению касательной к траектории, а другая — ρ_4 — по направлению, перпендикулярному к этой касательной.

Первая сила, идущая в направлении, обратном движению, будет уменьшать скорость пули, а вторая будет стремиться отклонить пулю кверху, т. е. в сторону вершины пули.

Действие же сил ρ и ρ_2 выразится в том, что они, образуя пару сил, вращают пулю вершиной назад вокруг оси, проходящей через центр тяжести пули.

Действие этой опрокидывающей пары сил будет тем значительнее, чем больше будет величина силы сопротивления воздуха и чем больше плечо пары этих

сил, т. е. расстояние от центра тяжести пули до центра сопротивления воздуха.

В свою очередь это расстояние будет тем больше, чем больше длина пули. Отсюда следует, что более длинные пули легче могут опрокинуться назад.

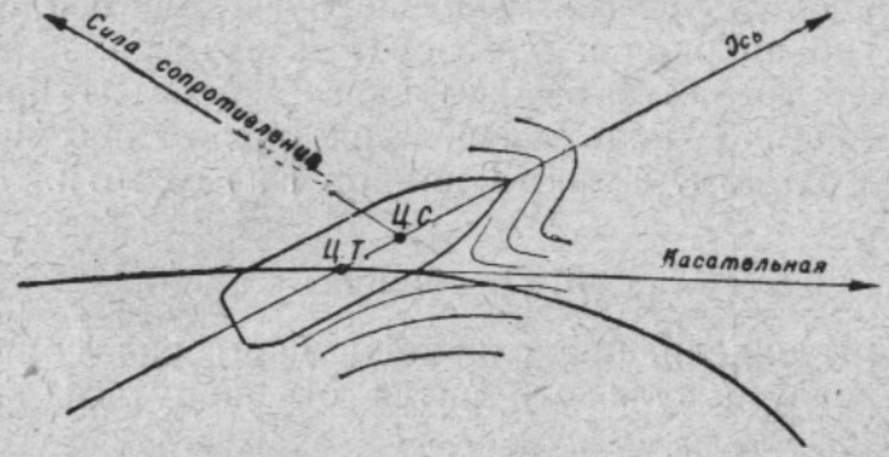


Рис. 12. Направление силы сопротивления воздуха при движении пули под некоторым углом к горизонту

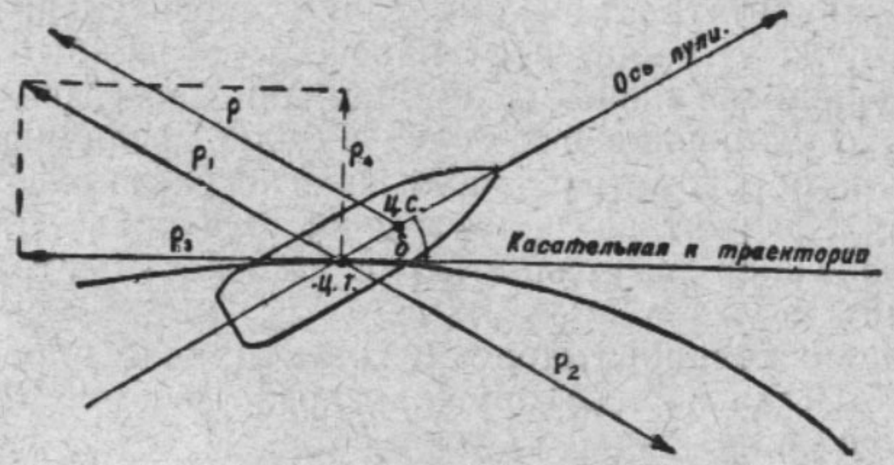


Рис. 13. Действие на пулю пары сил

Кроме того, на величину расстояния от центра тяжести пули до центра сопротивления воздуха влияет также расположение центра тяжести пули.

Чтобы изменить положение центра тяжести пули, в английских пулях в головную часть вставляется сердечник из алюминия, а в японских — в головной части пули делается более толстая мельхиоровая оболочка.

Под действием пары сил сопротивления воздуха угол δ (между осью фигуры пули и касательной) (рис. 13) бу-

дет увеличиваться, и пуля, опрокидываясь при своем полете, упадет боком, дном и т. п. При таких условиях полета пули нельзя было бы рассчитывать на меткость стрельбы. Для придания пуле устойчивости, она получает в канале ствола при помощи нарезов быстрое *вращательное движение* вокруг своей оси, сохраняемое по инерции и при полете в воздухе.

Пример того, что быстрое вращение тела придает ему устойчивое положение, представляет обычная игрушка волчок, а также прибор гироскоп.

3. Деривация

Как мы видели, под влиянием пары сил сопротивления воздуха пуля стремится опрокинуться вершиной назад.

Этому опрокидывающему вращению противодействует инерция быстро вращающейся пули вокруг своей оси. В результате такой комбинации вращательных движений пуля уклоняется от плоскости стрельбы в сторону вращения нарезов, причем по мере движения пули это уклонение все более и более увеличивается, и таким образом траектория изогнется вправо и в плане представит не прямую линию, а кривую, обращенную своей выпуклостью к плоскости стрельбы (рис. 14).

Такое постоянное уклонение траектории от плоскости стрельбы (для нашего оружия вправо) называется *деривацией*.

Деривацией также называют и величину этого отклонения. Например, величина *СД* есть деривация при дальности *ОС*.

Деривация для определенного вида оружия и патрона — величина постоянная, почему при стрельбе отклонение пули, вследствие деривации, легко учесть, и этот учет имеет большое практическое значение при ведении огня в бою.

При стрельбе вертикально вверх деривации не может быть, так как в этом случае нет вращения пули головной частью назад.

Происхождение деривации можно об'яснить, применив правила механики о сложении двух вращательных движений — вращения пули вокруг оси ее фигуры и вращения вокруг так называемой экваториальной оси, перпендикулярной к оси фигуры, обе эти оси пересекаются в центре тяжести пули.

В механике доказывается, что *от сложения двух вращательных движений, происходящих около пересекающихся осей, получается сложное вращение, которое выражается по величине и направлению диагональю параллелограма, построенного на слагаемых вращениях.*

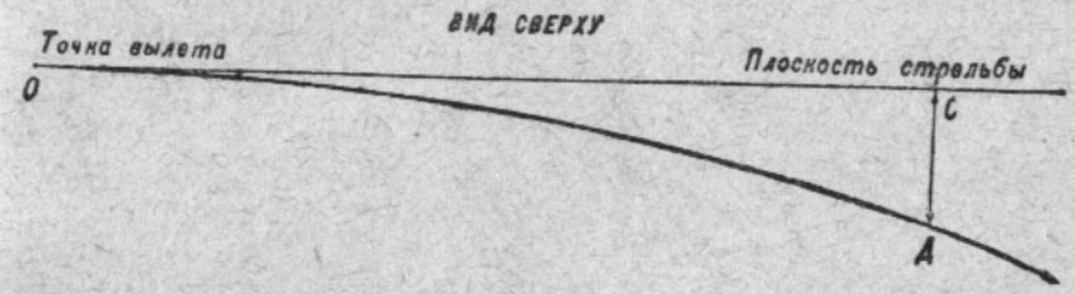


Рис. 14. Траектория в плане (действие деривации)

Применив это доказательство к сложению двух указанных выше вращений пули, заметим, что параллелограм в данном случае должен обратиться в прямоугольник, так как оси вращения взаимно перпендикулярны.

Пусть центр тяжести пули *Ц* движется по направлению *ЦБ*, образуя с осью пули угол *АЦБ* (рис. 15). Обозначим угловую скорость вращения пули вокруг оси ее фигуры через w, а угловую скорость вокруг экваториальной оси через w_1 и отложим эти скорости по осям вращения так, чтобы наблюдателю, расположенному вдоль каждой из этих осей ногами в *Ц*, а головой по оси вращения, вращение казалось направленным слева направо; тогда $ЦВ = w$, а $ЦН = w_1$. Построив на этих составляющих скоростях прямоугольник *ЦВГН*, найдем, что диагональ его *ЦГ* для данного момента есть мгновенная ось вращения. Из рисунка видно, что дно пули при этой оси вращения откло-

нится влево, а вершина вправо от направления движения.

Вследствие такого отклонения вершины пули вправо от касательной, т. е. от направления движения *ЦБ*

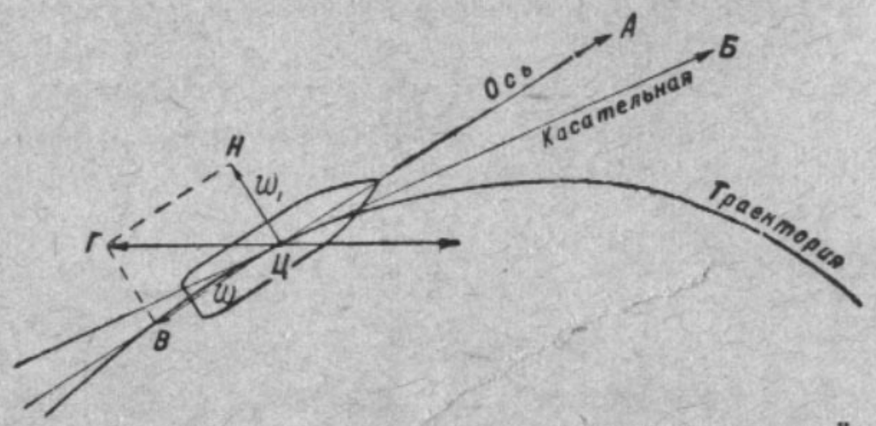


Рис. 15. Сложение двух вращательных движений

(рис. 16), пуля в течение всего времени своего полета подставляет сопротивлению воздуха свой левый бок. Силу этого сопротивления, которая заключается всегда в плоскости оси пули и касательной, мы можем приложить к центру тяжести пули и разложить на две состав-

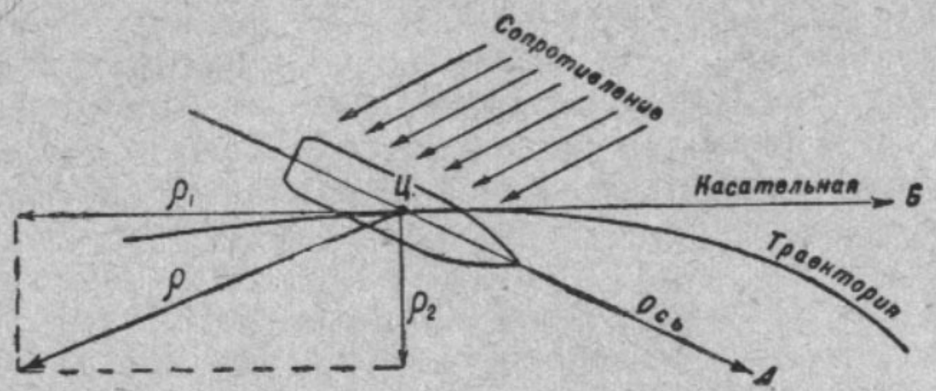


Рис. 16. Сложение двух вращательных движений

ляющие силы: ρ_1, противоположную по направлению движению *ЦБ*, и ρ_2, направленную перпендикулярно по отношению к первой составляющей силе. Первая сила (ρ_1) замедляет движение пули, а вторая (ρ_2) отклоняет пулю от плоскости стрельбы вправо (в нашем оружии) и влево (при левой нарезке стволов). Так элементарно, без помощи сложных вычислений и формул, об'ясняется явление деривации.

Теоретические исследования и опыты показывают, что ось вращающейся пули, уклоняясь под действием силы сопротивления воздуха от плоскости стрельбы в сторону вращения пули (если смотреть от дна пули), описывает вместе с тем коническую поверхность (подобно тому, как ось волчка описывает коническую поверхность вокруг вертикали, проходящей через точку опоры). Вершина этого конуса совпадает с центром тяжести пули, а направляющая линия (т. е. та линия, которую описывает вершина пули) представляет кривую, расположенную всеми своими точками правее касательной к траектории.

4. Средства для уменьшения действия силы сопротивления воздуха

Ускорение силы сопротивления воздуха

На пулю во время ее полета действуют две силы — сила тяжести и сила сопротивления воздуха, которые замедляют ее движение, т. е. уменьшают скорость ее полета.

В механике изменение скорости за единицу времени называется *ускорением*. Ускорение, которое приобретает тело под действием какой-либо силы, прямо пропорционально этой силе и обратно пропорционально массе тела.

Обозначая ускорение силы сопротивления воздуха через j, а массу пули через m, получим:

$$j = \frac{R}{m},$$

где R — сила сопротивления воздуха.

Заменив члены отношения выражениями силы сопротивления [1] воздуха и массы, получим:

$$j = \frac{iS\frac{\Pi v^2}{2g}K\left(\frac{v}{a}\right)}{\frac{q}{g}},$$

[1] Ввиду сложности данной формулы она дается без вывода.

или

$$j = \frac{iSg}{q} \cdot \frac{\Pi v^2}{2g} \cdot K_{\left(\frac{v}{a}\right)},$$

где i — коэфициент формы пули, $K_{\left(\frac{v}{a}\right)}$ — коэфициент, выражающий зависимость сопротивления воздуха от отношения скорости пули (v) к скорости звука (a), Π — вес воздуха в единице об'ема.

После сокращения на g, разделим числитель и знаменатель правой части формулы на одно и то же число S, обозначающее площадь наибольшего поперечного сечения пули, определяемого в геометрии $\frac{\pi d^2}{4}$.

В результате получим:

$$\boxed{j = \frac{i}{\left(\frac{q}{S}\right)} \cdot \frac{\Pi v^2}{2} \cdot K_{\left(\frac{v}{a}\right)}}.$$

Отношение $\frac{q}{S}$, стоящее в знаменателе правой части этой формулы, т. е. отношение веса пули к ее наибольшему поперечному сечению, называется *поперечной нагрузкой*. Поперечная нагрузка показывает, сколько единиц веса пули приходится на единицу площади наибольшего поперечного сечения пули.

Множитель $\frac{i}{\left(\frac{q}{S}\right)}$ данной формулы полностью характеризует собой пулю, так как в него входят коэфициент ее формы, ее вес и площадь поперечного сечения. Этот множитель называется *балистическим коэфициентом* и обозначается буквой C.

Таким образом, на основании приведенной выше формулы можно заключить, что уменьшение ускорения силы сопротивления воздуха может быть достигнуто:

1) уменьшением скорости пули;
2) изменением балистического коэфициента C.

Первый способ уменьшения ускорения силы сопротивления воздуха неприменим, так как, по ряду соображений, большую скорость пули необходимо сохранять. Поэтому при имеющихся скоростях пуль полезно увеличивать поперечную нагрузку, выбирая для пули материал возможно *большего удельного веса.*

Для уменьшения ускорения силы сопротивления воздуха при сохранении того же калибра оружия полезно увеличивать длину пули. Однако, надо иметь в виду, что с увеличением длины пули увеличивается сила, опрокидывающая пулю.

С целью увеличения поперечной нагрузки удлинена пуля обр. 1930 г.

Величина поперечной нагрузки: у пули обр. 1908 г.— 0,21 *г* на 1 *кв. мм*, у пули обр. 1930 г.— 0,25 *г* на 1 *кв. мм*.

Вес пули обр. 1930 г. 11,7 *г*, обр. 1908 г.— 9,6 *г*.

Значение поперечной нагрузки можно показать на следующих простых примерах.

Предположим, что по какой-либо горизонтальной поверхности катятся по прямым линиям в одном и том же направлении, с одной и той же скоростью два шара одинакового диаметра, но разных поперечных нагрузок, т. е. один шар сделан из более плотного материала, чем другой. Допустим, что на оба шара действует одна и та же противодействующая их движению сила, например трение о поверхность, по которой катятся шары. Мы увидим, что от трения более легкий шар потеряет свою скорость и остановится раньше, чем более тяжелый. Отсюда видно, что трение, замедляющее движение шаров, действует сильнее на шар с меньшей поперечной нагрузкой, чем на шар с большей нагрузкой. Такое же значение имеет и действие силы сопротивления воздуха при полете пули.

Таким образом, величина силы сопротивления воздуха не зависит от веса пули, действие же ее, выражающееся в ускорении, т. е. в потере скорости, зависит от веса пули.

Опыт показал, что если выпустить из пулемета (винтовки) две пули: обр. 1908 г. при $v_0 = 860$ *м/сек* и обр. 1930 г. при $v_0 = 800$ *м/сек*, примерно, при одном и том же угле возвышения 5°17′, то дальность первой пули будет равна 2 100 *м*, а дальность второй — 2 500 *м* (НСД-2, табл. 1а и 1б).

5. Закон понижений и начало Сан-Роберто

Если бы выпустить в безвоздушном пространстве несколько пуль с одинаковой начальной скоростью, безразлично под одинаковыми или различными углами бросания, то через некоторый промежуток времени все пули прошли бы по направлению оси канала ствола одинаковый путь, равный произведению времени на скорость $S = v_0 t$, и понизились бы на одну и ту же величину $h = \frac{gt^2}{2}$, т. е. $AA_1 = BB_1 = CC_1$ (рис. 17).

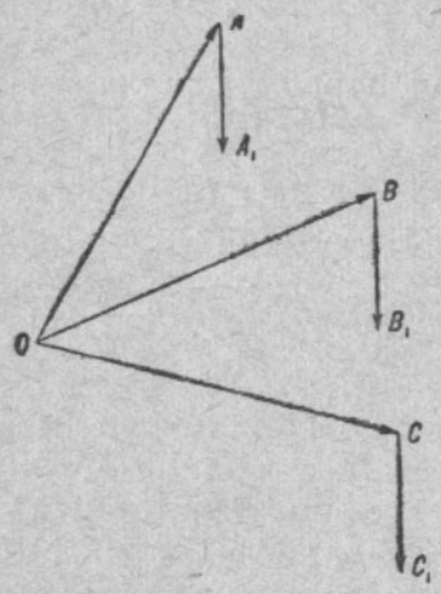


Рис. 17. Закон понижений: $OA = OB = OC$ и $AA_1 = BB_1 = CC_1$

Это свойство полета пули в безвоздушном пространстве называется *законом понижений*, который формулируется так: *при движении в безвоздушном пространстве равным расстояниям по продолженным осям отвечают равные понижения*, или *понижение пули* (снаряда) *под осью не зависит от угла бросания*.

Если же пуля движется в воздухе, то ее понижение, строго говоря, не может считаться не зависимым от угла бросания.

Но допускают, что при стрельбе в воздухе при углах возвышения, не превышающих 15°, вертикальные понижения не зависят от углов возвышения. Это положение принято называть *началом Сан-Роберто* (по имени итальянского артиллериста, впервые его предложившего).

Начало Сан-Роберто формулируется так: *при стрельбе при углах возвышения, не превосходящих 15°, понижения пуль (снарядов) под продолженной осью, отвечающие одинаковым расстояниям по оси оружия, равны.*

На основании этого положения делают допущения, что углы прицеливания не зависят от углов места цели. При этом руководствуются следующими соображениями.

Допустим, что цель B находится на горизонте оружия (рис. 18).

$\angle AOB = \alpha$ — угол прицеливания для дальности OB.

Если бы цель находилась на той же горизонтальной дальности, но выше точки B, например в точке $Д$, то, чтобы попасть в эту цель, потребовался бы другой угол прицеливания, а именно $СОД = \alpha_1$. Из рис. 18 видно, что расстояния OA и OC, отвечающие одной и той же горизонтальной дальности, не равны, а следовательно, и понижения AB и $СД$ также не равны.

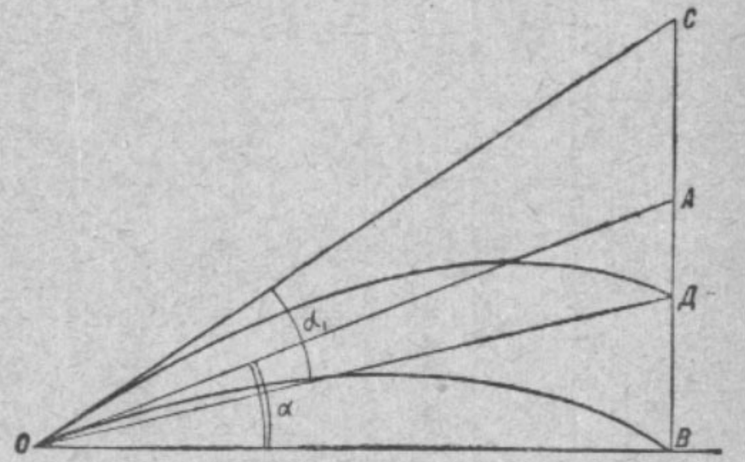


Рис. 18. Независимость угла прицеливания от угла места цели.

Однако, на основании начала Сан-Роберто, при незначительности (не более 15°) угла места цели $ДОВ$ допускают, что $ОД = OB$, $AB = CD$. Следовательно, в рассматриваемых треугольниках AOB и $СОД$ все сходные стороны равны между собой, почему и самые треугольники равны, и угол прицеливания α равен углу прицеливания α_1. Оба эти угла не зависят от углов места цели.

Таким образом, на основании начала Сан-Роберто, при углах возвышения, не превосходящих 15°, можно стрелять по равноудаленным целям прямой наводкой при одной и той же высоте прицела, не обращая

Таблица 1

Углы прицеливания для одной и той же дальности в зависимости от углов места цели

Дальность стрельбы в м	Углы места цели																
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°
200	7′	7′	7′	7′	7′	6,5′	6,5′	6′	5,5′	5′	4,5′	4′	3,5′	3′	2,5′	2′	1′
400	14′	14′	13,5′	13′	12,5′	12′	11′	10′	9′	8′	7′	6′	5′	4′	3′	2′	1′
600	23′	23′	22′	21′	20′	19′	17′	15′	13′	11′	9′	8′	7′	5′	4′	2,5′	1,5′
800	36′	35′	34′	33′	32′	30′	27′	24′	20′	17′	14′	11′	9′	7,5′	5,5′	3,5′	2′
1 000	55′	54′	52′	50′	47′	43′	39′	35′	30′	25′	20′	15′	12′	10′	8′	6′	2,5′
1 200	1°22′	1°21′	1°18′	1°14′	1°09′	1°04′	58′	52′	44′	38′	31′	25′	20′	17′	13,5′	10′	5′
1 400	1°57′	1°55′	1°52′	1°47′	1°39′	1°32′	1°25′	1°16′	1°06′	57′	47′	37′	29′	24′	21′	17′	8′
1 600	2°40′	2°38′	2°35′	2°29′	2°20′	2°11′	2°01′	1°49′	1°37′	1°25′	1°12′	59′	48′	39′	32′	26′	13′
1 800	3°31′	3°29′	3°27′	3°23′	3°15′	2°58′	2°46′	2°32′	2°17′	2°02′	1°48′	1°33′	1°20′	1°04′	53′	42′	23′
2 000	4°31′	4°29′	4°25′	4°19′	4°10′	3°53′	3°40′	3°23′	3°06′	2°48′	2°31′	2°17′	2°04′	1°43′	1°23′	1°08′	40′

внимания на высоту расположения цели, т. е. на величину угла места цели, так как угол прицеливания не зависит от угла места цели.

При стрельбе в горах и по воздушным целям, когда углы места цели превосходят 15°, необходимо помнить, что между углами прицеливания и углами места цели существует зависимость. Эта зависимость показана в табл. 1, вычисленной по графикам инж. Керна.

Из табл. 1 видно, что по мере увеличения угла места цели угол прицеливания, соответствующий данной дальности, беспрерывно уменьшается. Это показывает, что траектория пули постепенно выпрямляется, приближаясь к прямой.

6. Табличные элементы траектории

Траекторией называется кривая, которую пуля описывает при своем полете в воздухе (рис. 19).

Вершина траектории (*В*) — наивысшая точка траектории.

Вершина траектории делит ее на две неравные части: бо́льшую — восходящую ветвь (*ОВ*) и меньшую — нисходящую ветвь (*ВТ*).

Высота траектории — перпендикуляр (*ВД*), опущенный из вершины траектории на горизонт оружия.

Точкой вылета пули (*О*) принято считать центр дульного среза.

Линия цели — прямая, соединяющая оружие с целью.

Линия возвышения — прямая (*ОМ*), представляющая продолжение оси канала ствола перед выстрелом, по окончании наводки.

Линия бросания — прямая (OM_1), представляющая продолжение оси канала ствола в момент вылета пули из оружия.

Линия прицеливания — прямая, проходящая от глаза стреляющего через прорезь прицела на вершину мушки в точку прицеливания.

Горизонт оружия — горизонтальная плоскость (*ОТ*), проведенная через точку вылета.

Точка падения (табличная) — пересечение траектории с горизонтом оружия.

Плоскость стрельбы — вертикальная плоскость, проходящая через ось канала ствола.

Горизонтальная дальность — расстояние от точки вылета до табличной точки падения.

Действительная дальность (просто дальность) — расстояние от точки вылета до пересечения траектории с землей.

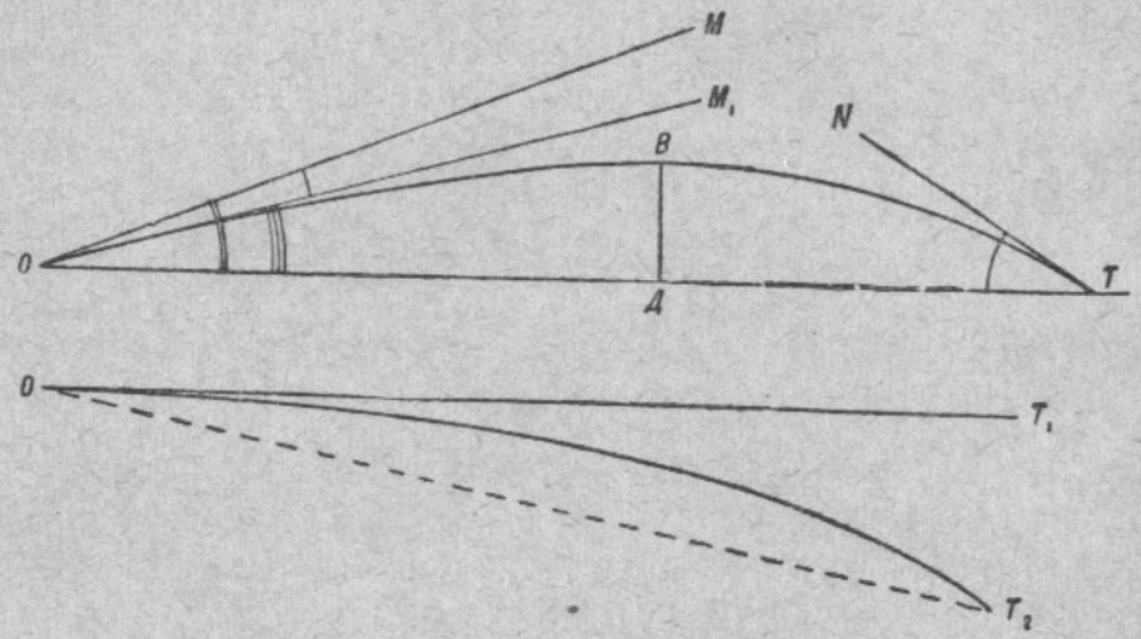


Рис. 19. Траектория пули в воздухе:

OT — горизонт оружия; *OM* — линия возвышения; OM_1 — линия бросания; *OBT* — траектория; *O* — точка вылета; *T* — табличная точка падения; *B* — вершина траектории; *BД* — высота траектории; *OB* — восходящая ветвь; *BT* — нисходящая ветвь; *MOT* — угол возвышения; M_1OT — угол бросания; MOM_1 — угол вылета; *NTO* — угол падения; T_1OT_2 — угол деривации.

Угол возвышения — угол (*MOT*), образованный линией возвышения с горизонтом оружия. Угол возвышения может быть положительным и отрицательным. Если линия возвышения проходит выше горизонта, это будет *положительный* угол, если она проходит ниже горизонта (при стрельбе в горах), это будет *отрицательный* угол.

Угол прицеливания — угол, образованный линией прицеливания с линией возвышения. Угол прицеливания всегда положительный.

Угол бросания — угол (M_1OT), образованный линией бросания с горизонтом оружия.

Угол вылета — угол (MOM_1), образованный линиями возвышения и бросания.

Угол вылета может быть *положительным* (при стрельбе из револьвера и пулеметов), если линия бросания проходит выше линии возвышения, и *отрицательным* (при стрельбе из винтовок с примкнутым штыком), если линия бросания проходит ниже линии возвышения.

Следовательно, угол вылета есть разность углов бросания и возвышения.

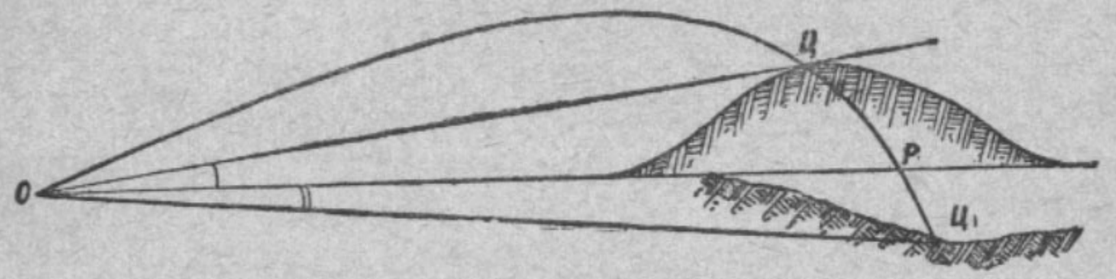


Рис. 20. Угол места цели (местности):

OЦ — линия цели; *OP* — горизонт оружия; *Ц* и $Ц_1$ — точки встречи; *OЦ* и $OЦ_1$ — действительные дальности; *OP* — горизонтальная дальность; *ЦOP* — угол места цели (угол местности)

Начальная скорость (v_0) — скорость, которую имеет пуля в точке вылета.

При одной и той же начальной скорости горизонтальная дальность полета пули увеличивается с увеличением угла возвышения, примерно, до 32—43°, после чего дальность начинает уменьшаться.

Окончательная скорость — скорость, которую имеет пуля в табличной точке падения.

Время полета пули — время, в течение которого пуля достигает табличной точки падения.

Линия падения — касательная к траектории в точке падения.

Угол падения — угол (*NTO*), образуемый линией падения с горизонтом оружия.

Угол падения характеризует крутизну траектории: чем больше угол падения, тем круче траектория.

Деривация пули — боковое отклонение пули от плоскости стрельбы (рис. 19), вследствие действия силы сопротивления воздуха на вращающуюся пулю. Пуля отклоняется всегда в сторону нарезки ствола. В нашем стрелковом оружии нарезы идут слева вверх направо, следовательно, отклонение пуль будет всегда вправо.

Элементы траектории относительно цели. Если местность у конца траектории выше (ниже) горизонта оружия, то траектория пересечет землю раньше (позже), чем горизонт оружия, и конец траектории не совпадет с табличной точкой падения (рис. 20).

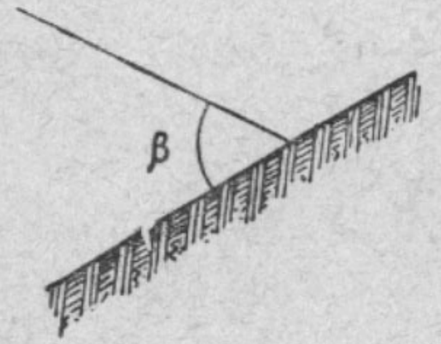


Рис. 21. Углы встречи

Угол места цели (угол местности) — угол, образованный линией цели и горизонтом оружия. Этот угол может быть *положительным*, если цель выше горизонта оружия, и *отрицательным*, если цель ниже горизонта оружия.

Точка встречи — пересечение траектории с землей или с поражаемым предметом.

Угол встречи (β и β_1) — угол, образуемый касательной к траектории в точке встречи с поверхностью земли и с поверхностью самой цели (рис. 21).

7. Свойства траектории в воздухе

Влияние углов возвышения и прицеливания

Для достижения нужной дальности полета пули необходимо придать оружию соответствующее положение, т. е. поднять ствол оружия на такую величину (угол), при которой пуля достигла бы необходимой дальности. Следовательно, между дальностью полета пули и углом возвышения существует определенное соотношение.

Предположим, что из одного и того же оружия выпущены две пули при одинаковой начальной скорости, но под разными углами возвышения, не превышающими 15°. Проведем в некотором произвольном расстоянии от точки вылета плоскость, перпендикулярную к плоскости стрельбы, и определим положение каждой пули на этой плоскости по истечении какого-либо небольшого промежутка времени (рис. 22).

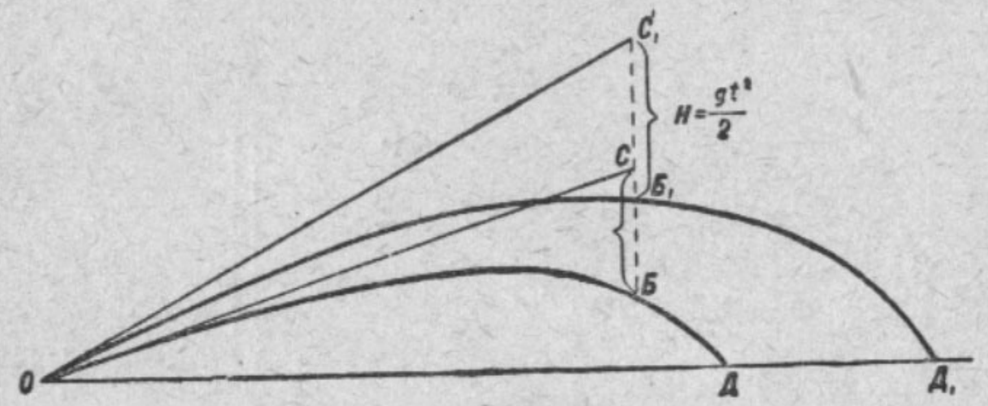


Рис. 22. Соотношение между углом возвышения и дальностью полета пули

Обе пули достигнут данной вертикальной плоскости в одно и то же время, так как пулям сообщены одинаковые начальные скорости.

На основании начала Сан-Роберто можно считать, что $ОС = ОС_1$ и $СБ = С_1Б_1$, следовательно, пуля, выпущенная под бóльшим углом возвышения, пересечет вертикальную плоскость выше, чем пуля, выпущенная под меньшим углом.

Применяя изложенное соображение ко всем прочим точкам траектории, придем к выводу, что траектория пули, выпущенной под бóльшим углом возвышения, проходит на всем своем протяжении выше траектории пули, выпущенной под меньшим углом возвышения, и что горизонтальная дальность ($ОД$) первой пули меньше, чем дальность ($ОД_1$) второй пули.

Увеличение горизонтальной дальности с изменением угла возвышения идет только до определенных пределов, при стрельбе из винтовки и пулемета, примерно, до угла возвышения в 32—43°, называемого *углом наи-*

большей дальности. С дальнейшим увеличением угла возвышения горизонтальная дальность все более и более уменьшается и, наконец, при угле возвышения, равном 90°, достигнет нуля (см. табл. 2 на стр. 48).

Это об'ясняется тем, что при углах возвышения, превосходящих угол наибольшей дальности, расстояния OC и OC_1 нельзя считать равными (рис. 23). Из рисунка видно, что OC меньше OC_1, поэтому пуля,

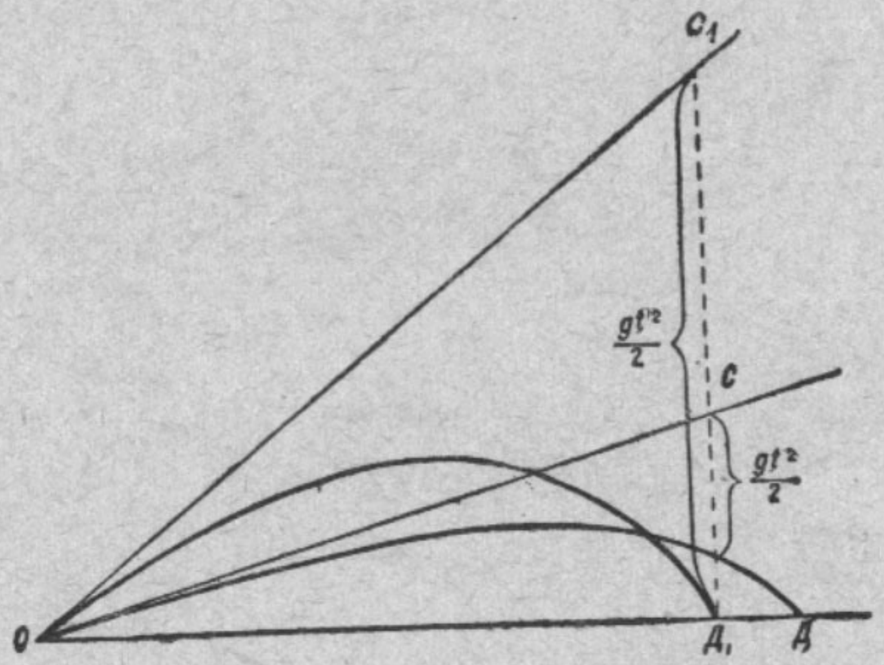


Рис. 23. Траектория пули при угле, превосходящем угол наибольшей дальности

выпущенная под бóльшим углом возвышения, пройдет то же расстояние в больший промежуток времени, и, следовательно, ее вертикальное понижение, происходящее от действия силы тяжести, будет больше. Другими словами, пуля, выпущенная под бóльшим углом возвышения, в определенный момент окажется ниже пули, выпущенной под меньшим углом возвышения.

Таким образом, каждая точка, находящаяся на горизонте в пределах наибольшей дальности, может быть поражена двумя траекториями — *настильной* (угол возвышения меньше угла предельной дальности)

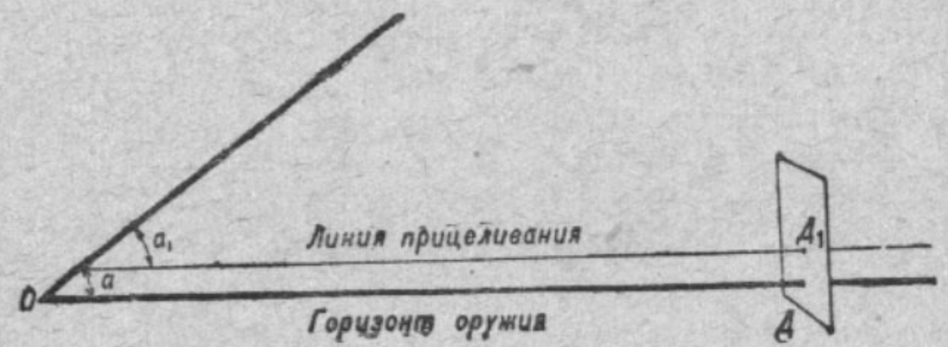


Рис. 24. Горизонтальная и прицельная дальности при расположении цели на горизонте оружия

и *навесной* (угол возвышения больше угла предельной дальности).

Навесная траектория в восходящей своей ветви всеми своими точками всегда проходит выше настильной траектории при стрельбе на одно и то же расстояние.

Теперь рассмотрим соотношение между дальностью полета пули и углом прицеливания.

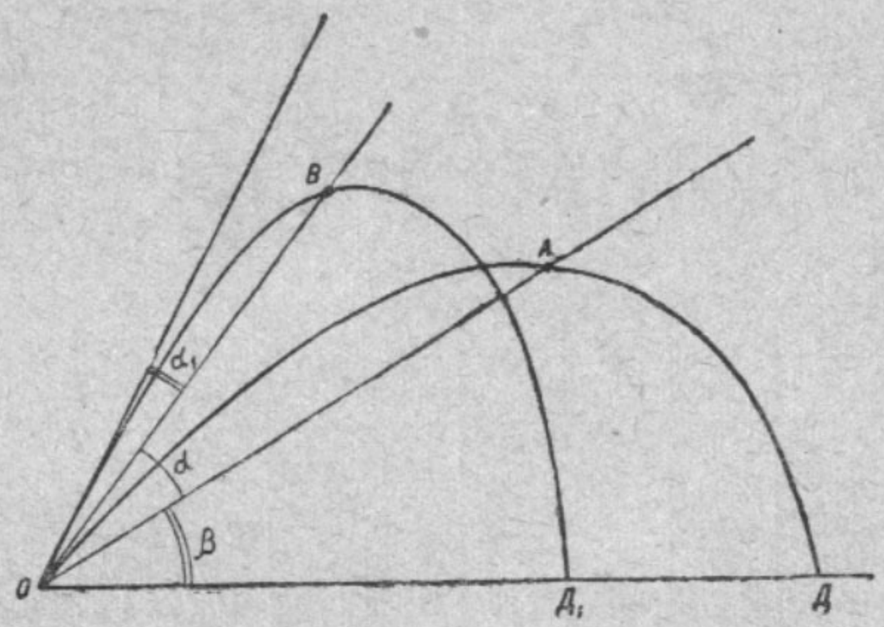


Рис. 25. Прицельная дальность при расположении цели не на горизонте оружия:

α и α_1 —углы прицеливания; β— угол цели (местности); OA и OB — прицельная дальность; $OД$ — горизонтальная дальность; $BOД$— угол наибольшей дальности

Когда цель находится на горизонте оружия, угол прицеливания равен углу возвышения $\alpha = \alpha_1$ и горизонтальная дальность равна прицельной дальности $ОД = ОД_1$ (рис. 24).

С изменением угла прицеливания прицельная дальность изменяется совершенно так же, как при изменении угла возвышения. В этом случае *наибольшей дальности соответствует наибольший угол прицеливания.*

Рассмотрим теперь дальность по наклонной линии прицеливания $ОА$ (рис. 25), когда цель находится выше горизонта.

В этих случаях с увеличением угла прицеливания дальность возрастает до наибольшей величины, а затем с дальнейшим увеличением угла прицеливания — уменьшается. Этот прицельный угол называется *углом наибольшей дальности при данном угле места цели.*

На рис. 25 $ОД$ — наибольшая дальность при угле места цели β и угле прицеливания α. Величины наибольших горизонтальных и прицельных дальностей при различных углах возвышения показаны в табл. 2.

Таблица 2

Горизонтальные и прицельные дальности при различных углах возвышения для пули обр. 1908 г.

(Составлена инж. Керн)

Углы возвышения	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
Наибольшая горизонтальная дальность, *м* . .	2 670	3 040	3 200	3 370	3 440	3 450	3 400	3 300	3 100
Наибольшая прицельная дальность, *м*	2 670	3 040	3 200	3 370	3 440	3 450	3 400	1 550	1 750

Продолжение

Углы возвышения	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
Наибольшая горизонтальная дальность, *м* . .	2 900	2 600	2 300	2 000	1 600	1 000	500	0
Наибольшая прицельная дальность, *м*	1 950	2 100	2 300	2 400	2 500	2 600	2 650	2 670

Из табл. 2 видно, что наибольшая горизонтальная дальность для данной пули будет при угле возвышения 35°; в дальнейшем с увеличением угла возвышения эта дальность начинает заметно уменьшаться.

Рис. 26 графически поясняет эту таблицу. Рассматривая график, легко заметить, что при угле возвышения в 45° наибольшая прицельная дальность резко уменьшается, а затем снова постепенно возрастает.

Допустим, что из какой-либо точки производится стрельба под различными углами возвышения, но в одной и той же вертикальной плоскости. Если от точки вылета пуль по всем этим направлениям отложить наибольшие прицельные дальности, то получим ряд точек, при соединении которых получится сплошная кривая, проходящая от наибольшей дальности по вертикальному направлению до наибольшей дальности по горизонту (рис. 26). Эта кривая, имеющая вид параболы, отделяет *поражаемую зону* от *непоражаемой,* находящейся вне досягаемости выстрелов. Таким образом, при стрельбе по самолету огонь может быть действительным только с того момента, когда самолет войдет в пределы поражаемой зоны.

Влияние начальной скорости

Предположим, что из одного и того же оружия выпущены две одинаковые пули, причем одной из пуль

придана бóльшая начальная скорость, чем другой (рис. 27).

Если в произвольном расстоянии от точки вылета мы представим себе вертикальную плоскость, то вторая пуля достигнет этой плоскости в больший промежуток времени, чем первая, и поэтому она успеет

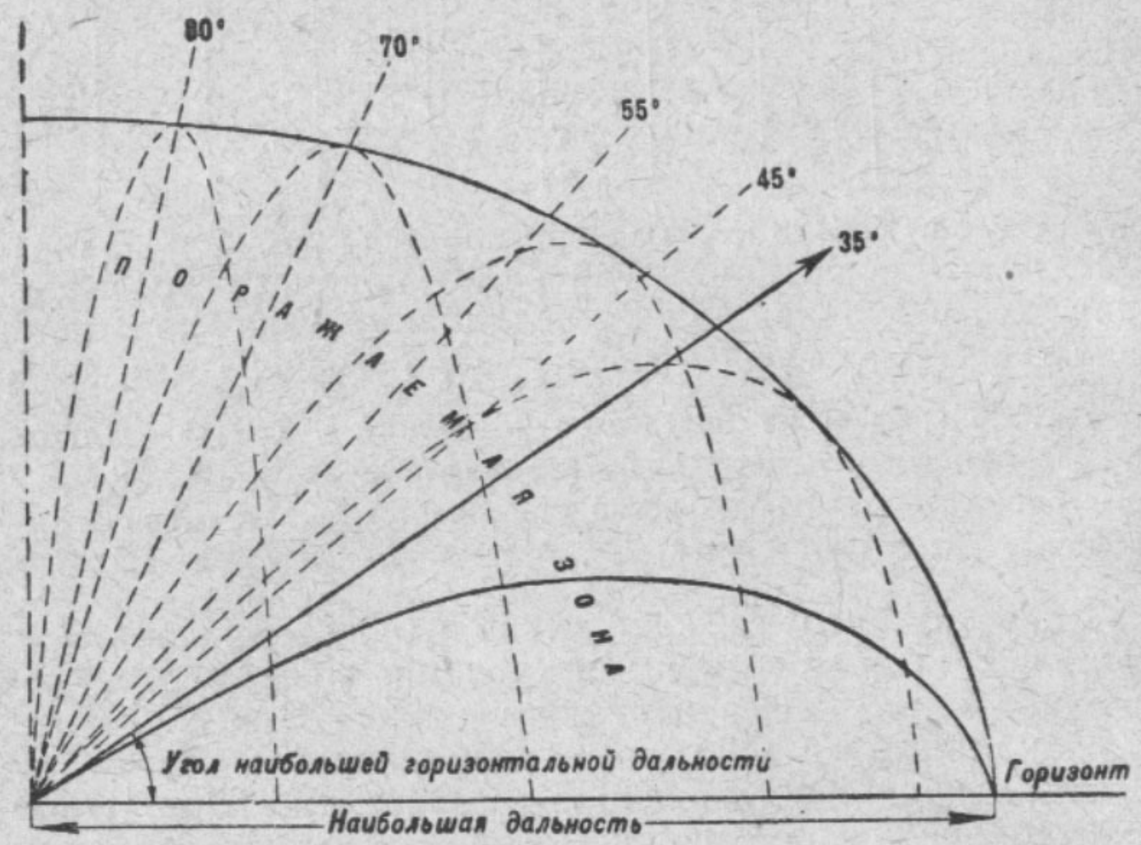


Рис. 26. Поражаемая зона и наибольшие горизонтальные и прицельные дальности при стрельбе под различными углами возвышения

понизиться, под влиянием своей тяжести, на величину, бóльшую, чем первая пуля. Так как это рассуждение справедливо для плоскости, поставленной в любом расстоянии от точки вылета, то, следовательно, траектория пули, обладающей меньшей начальной скоростью, будет всеми своими точками лежать ниже траектории пули, выпущенной с большей скоростью и при том же угле возвышения, т. е. горизонтальная дальность $ОД_1$ будет больше $ОД$.

Влияние поперечной нагрузки

Рассматривая на какой-либо вертикальной плоскости положение двух пуль, выпущенных с одинаковыми начальными скоростями и под одинаковыми углами возвышения, но имеющих разные поперечные нагрузки, найдем, что пуля с меньшей поперечной нагрузкой, вследствие большей потери скорости, будет отставать от пули с большей поперечной нагрузкой, и ее траектория всеми своими точками будет лежать ниже траектории пули с большей нагрузкой.

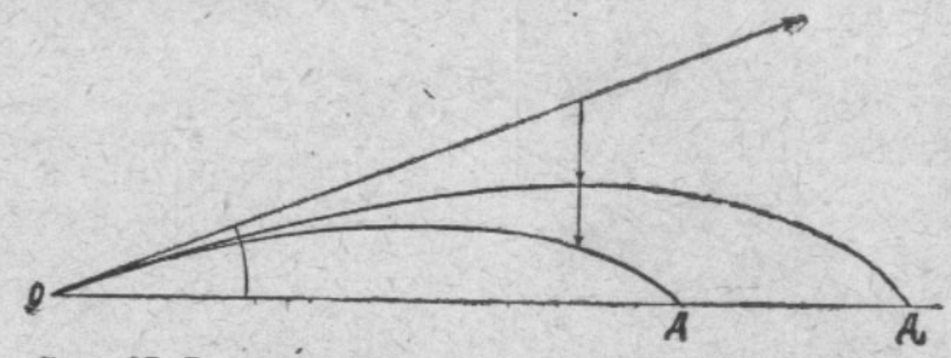


Рис. 27. Влияние начальной скорости на дальность полета пули

Теперь предположим, что из пулемета выпущены две пули под одним и тем же углом возвышения: одна *тяжелая* обр. 1930 г. ($v_0 = 800$ *м/сек*), а другая *легкая* обр. 1908 г. с меньшей поперечной нагрузкой, но с большей начальной скоростью ($v_0 = 860$ *м/сек*). Тяжелая пуля, несмотря на меньшую начальную скорость, будет иметь бóльшую дальность.

При стрельбе на небольшие расстояния, когда потеря скорости вследствие кратковременности полета пули невелика, начальная скорость оказывает большее влияние на крутизну траектории, чем поперечная нагрузка.

При стрельбе на бóльшие расстояния поперечная нагрузка оказывает более сильное влияние на крутизну траектории, чем начальная скорость. В этих случаях потеря скорости очень значительна, увеличение же поперечной нагрузки уменьшает эту потерю скорости. На рис. 28 показаны траектории двух пуль. Пуля с большей начальной скоростью, но с меньшей попе-

речной нагрузкой, при значительной дальности, отстает от пули с меньшей начальной скоростью, но с большей поперечной нагрузкой.

Из табл. 3а и 3б НСД-2 видно, что пуля обр. 1908 г. (легкая) расстояние в 400 *м* пролетает в 0,55 сек., а пуля обр. 1930 г. (тяжелая) то же расстояние пролетает в 0,57 сек. На расстоянии 700 *м* тяжелая пуля догоняет легкую; это расстояние обе пули пролетают в 1,20 сек. В дальнейшем тяжелая пуля опережает легкую.

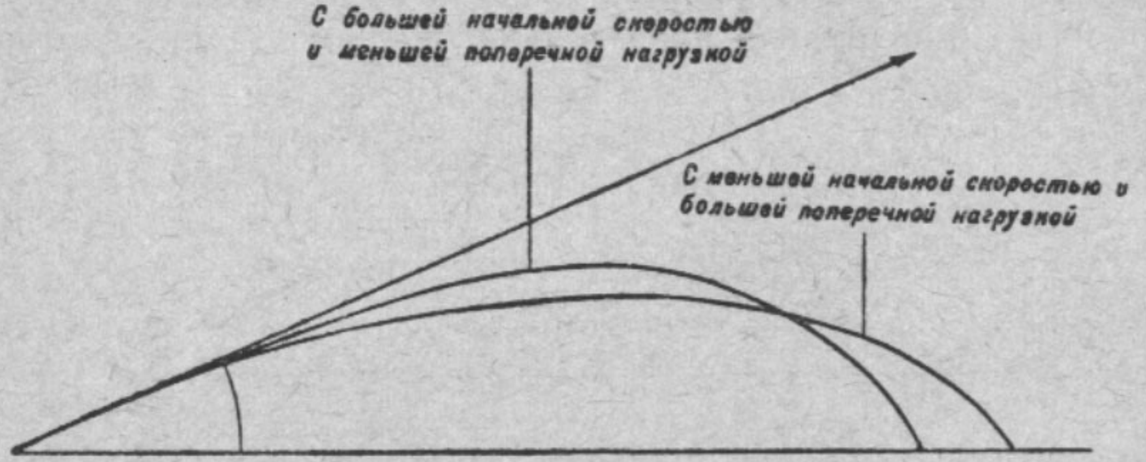


Рис. 28. Влияние поперечной нагрузки на дальность полета пули

Влияние плотности воздуха и ветра

Ранее было указано, что сила сопротивления воздуха пропорциональна плотности воздуха. Зимой и в холодную погоду плотность воздуха больше, чем в теплое время. Поэтому для получения нужной горизонтальной дальности при низкой температуре надо стрелять при большем угле возвышения, чем в теплую погоду.

Влияние ветра на полет пули обусловливается не только его силой, но и направлением. Понятно, что попутный ветер увеличивает дальность полета пули, а встречный ветер уменьшает ее. Боковой же ветер отклоняет пулю в ту сторону, куда он дует. Ветер облический влияет и на дальность полета пули и на ее отклонение в сторону.

Величины отклонения пули от перечисленных причин даны в специальных таблицах НСД.

Общие свойства траектории пули в воздухе

1. Траектория имеет вид неплоской кривой (двоякой кривизны), не совмещающейся с плоскостью стрельбы, причем в плане она представляется отлогой кривой, выпуклость которой обращена к плоскости стрельбы.
2. Вершина траектории находится ближе к точке падения, чем к точке вылета.
3. Нисходящая ветвь траектории короче и круче восходящей.
4. Угол падения больше угла бросания.
5. Угол наибольшей дальности в общем меньше 45° и колеблется от 32° до 43°, почти без изменения дальности.
6. Окончательная скорость меньше начальной.
7. Время полета пули по восходящей ветви меньше времени полета по нисходящей.

При стрельбе по вертикали вверх, начальная скорость пули постепенно уменьшается и достигает нуля, после чего пуля начинает падать вниз, и скорость ее постепенно увеличивается. Пуля падает вниз по закону падения тел, но так как на пулю действует сила сопротивления воздуха, то скорость падения пули, сравнительно со скоростью падения пули в безвоздушном пространстве, уменьшается.

На основании разобранных нами положений можно убедиться, что на пулю при ее полете действуют различные силы, которые оказывают влияние на скорость ее движения (в канале ствола и по вылете из него), на дальность полета и на убойность.

Отсюда возникает вопрос, какою же должна быть пуля, чтобы при всех тех условиях, о которых мы говорили выше, она лучше сохраняла свою начальную скорость, достигала бо́льших дальностей и имела достаточную убойную силу.

Чтобы наиболее наглядно представить себе, каким условиям должна удовлетворять пуля с точки зрения внутренней и внешней балистики, воспользуемся оригинальным сравнением, приведенным в статье американского автора В. Глен.

С точки зрения внутренней балистики желательна пуля, которая имела бы небольшую массу, но большое поперечное сечение (сле-

довательно, малую поперечную нагрузку) для того, чтобы дать пороховым газам достаточную поверхность для давления.

Для винтовки это соответствовало бы пуле диаметром, примерно, 12,7 *мм*, изготовленной из пробки. Такая пуля, вследствие своей легкости, малой сопротивляемости при прохождении через канал ствола и малого сопротивления массы ее тела, быстро приобретала бы скорость. Но как только такая пуля попала бы в воздушную среду, все ее преимущества в приобретении скорости были бы сведены на-нет, так как внешняя балистика требует, чтобы пуля имела возможно меньшее сечение и бо́льшую поперечную нагрузку.

С точки зрения внешней балистики более выгодной была бы пуля в виде иглы, изготовленная из тяжелого металла, наподобие вольфрама.

Все попытки, которые были сделаны впоследствии для увеличения начальной скорости пули, исходили из этих идей и практически сводились к уменьшению поперечной нагрузки пули в канале (идея пробки) и к увеличению поперечной нагрузки ее при полете (идея иглы).

Но все эти идеи и попытки не сделали переворота в области стрелкового дела и не нашли своего реального выражения в широком практическом применении. Даже пуля Герлиха (о которой мы говорили выше) пока является лишь частным экспериментом.

Несмотря на такие, казалось бы, положительные качества изобретения Герлиха, оно имеет существенные отрицательные стороны.

1. Легкая пуля быстро теряет свою энергию.

2. Нарезка канала ствола по конусу представляет большие трудности в производстве. Изготовление таких винтовок и патронов будет стоить весьма дорого.

3. Канал ствола в месте перехода от цилиндрической части к конической будет подвержен большому износу.

4. Увеличение настильности траектории увеличивает поражаемое пространство (зону), но вследствие этой же настильности увеличивается и мертвое пространство.

ГЛАВА III

ПРИЦЕЛИВАНИЕ И ПРИЦЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

1. Измерение углов

Прежде чем перейти к изложению сущности прицеливания и применения прицельных приспособлений, необходимо разобрать приемы измерения углов, что имеет большое практическое значение в стрелковом деле.

Измерить какой-либо угол, значит узнать, сколько в нем содержится единиц углового измерения. Такой единицей считается *градус*, т. е. угол, составляющий $^1/_{360}$ часть полной окружности. Для более мелких измерений градус делится на 60 минут, а минута — на 60 секунд.

В стрелковой практике, в целях удобства, за единицу углового измерения принят угол, составляющий $^1/_{6000}$ часть полной окружности. Эту единицу называют *делением угломера*.

Так как длина окружности по геометрической формуле равна $2\pi R$, то деление угломера Δz будет равно:

$$\Delta z = \frac{2\pi R}{6\,000}.$$

Если мы проведем окружность радиусом, равным какой-либо дальности ($Д$), то приведенное выражение примет вид:

$$\boxed{\Delta z = \frac{2\pi Д}{6\,000};}$$

подставив вместо π его значение 3,14, получим:

$$\Delta z = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot Д}{6\,000} = \boxed{\frac{Д}{955}},$$

т. е. одно угломерное деление равняется $^1/_{955}$ дальности (расстояния).

На практике величину $^1/_{955}$ округляют и считают, что деление угломера равняется $^1/_{1000}$ расстояния. Поэтому деления угломера называют также тысячными долями расстояния, или просто *тысячными*.

Величины, выраженные в тысячных, обозначают так: 1 600 тысячных = 16-00; 20 тысячных = 0-20 и т. д., отделяя черточкой сотни от десятков.

Так как окружность имеет 360°, а угломер разделен на 6 000 долей, то одно деление угломера будет соответствовать:

$$\frac{360^\circ \cdot 60'}{6\,000} = \frac{21\,600'}{6\,000} = 3{,}6'.$$

Для удобства перевода делений угломера в градусы и обратно можно пользоваться приведенной табл. 3.

Таблица 3

Перевод делений угломера в градусную меру
(Округлено до целых чисел)

Деления угломера	Градусы	Деления угломера	Минуты
1-00	6	0-01	4
2-00	12	0-02	7
3-00	18	0-03	11
4-00	24	0-04	14
5-00	30	0-05	18
6-00	36	0-06	22
7-00	42	0-07	25
8-00	48	0-08	29
9-00	54	0-09	32
10-00	60	0-10	36

С увеличением или уменьшением радиуса окружности (дальности) линейный размер делений угломера будет, конечно, также уменьшаться или увеличиваться, но отношение этих делений к радиусу (дальности) будет оставаться неизменным и равным $^1/_{1000}$ (рис. 29).

Это обстоятельство и составляет выгоду измерения углов в тысячных, так как оно обеспечивает простоту и быстроту вычислений и возможность делать их в поле без бумаги и карандаша.

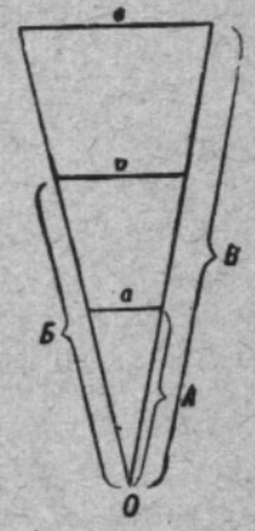


Рис. 29. Отношение размера делений угломера к дальности:
$\frac{а}{А} = \frac{б}{Б} = \frac{в}{В}$

Из изложенного ясно, что угломерные деления расположены по окружности. Но на простых, менее точных приборах угломерные деления расположены по прямой линии (целик, стрелковая и пулеметная линейки и т. д.). Поскольку мы имеем дело с углами небольшого растворения и не слишком большими дальностями, такая замена дуги прямой линией вполне допустима, так как дает весьма малые погрешности в вычислениях.

Ранее было указано, что на практике величину $^1/_{955}$ ($Д$) округляют и считают, что угломерное деление равно 0,001 $Д$.

Из этого выражения можно вывести три формулы, имеющие большое значение в стрелковой практике.

Обозначим через $В$ линейную величину измеренного угла на каком-либо расстоянии, через $У$ — число делений угломера, полученное при измерении этого угла, и через Δz — деление угломера. Тогда $В$ будет равно величине угломерного деления, помноженной на $У$:

$$В = \Delta z \cdot У.$$

Подставив вместо угломерного деления его числовую величину 0,001 $Д$, получим:

$$\boxed{В = У \cdot 0{,}001 Д = У \frac{Д}{1\,000}} \cdot \qquad (1)$$

Если за неизвестное принять *У* (число делений угломера), то получим:

$$У = В\frac{1\,000}{Д}. \qquad (2)$$

Если, наконец, за неизвестное принять *Д* (дальность), то получим:

$$Д = \frac{1\,000 \cdot В}{У}. \qquad (3)$$

Пример 1. Отделение станкового пулемета ведет обстрел в расстоянии 1 500 *м* с рассеиванием по фронту на 0-40. Какова ширина фронта обстрела?

Решаем по формуле (1):

$$В = \frac{У \cdot Д}{1\,000} = \frac{40 \cdot 1\,500}{1\,000} = 60\ м.$$

Пример 2. Дальность стрельбы 2 000 *м*. Рикошеты обнаружены правее цели на 10 *м*. Определить поправку угломера (целика).

Решаем по формуле (2):

$$У = \frac{В \cdot 1\,000}{Д} = \frac{10 \cdot 1\,000}{2\,000} = 0\text{-}05.$$

Пример 3. Определить расстояние до самолета (по корпусу, равному 10 *м*).

Измерение угловой величины самолета по корпусу дало 0-10.

Решаем по формуле (3):

$$Д = \frac{В \cdot 1\,000}{У} = \frac{10 \cdot 1\,000}{10} = 1\,000\ м.$$

2. Общие понятия о прицеливании

При выстреле пуля вылетает по направлению, практически совпадающему с осью канала ствола. Но вследствие силы тяжести и сопротивления воздуха пуля понижается под продолженной осью канала ствола и отклоняется в сторону (под влиянием ветра и деривации).

Следовательно, для того чтобы пуля попала в цель, необходимо канал ствола направить не в цель, а выше, на величину понижения пули при данной дальности, и в сторону, на величину отклонения от ветра и деривации.

Величина понижения пули может быть для каждой дальности подсчитана с достаточной точностью. Придание оружию необходимого направления и наклона называется *прицеливанием*, или *наводкой*. Эти действия производятся с помощью прицельных приспособлений.

Если цель видна, то удобнее всего направить оружие непосредственно в цель. В этом случае наводка называется *прямой*. Если же цель не видна и оружие наводят в какую-либо точку вне цели, то такая наводка называется *непрямой*.

Поворот оружия на цель в горизонтальной плоскости называется *горизонтальной наводкой*, а придание оружию угла возвышения — *вертикальной наводкой*.

При стрельбе из винтовок, револьверов и ручных пулеметов горизонтальная и вертикальная наводки сливаются как бы в единое действие. В этом случае наводка называется *нераздельной*.

При стрельбе из станкового пулемета с помощью *угломера-квадранта* сначала производят горизонтальную наводку, а затем вертикальную. Такая наводка называется *раздельной*.

Наводка оружия в цель непосредственно руками (винтовка, револьвер, пистолет, ручной пулемет) называется *прицеливанием*.

Для наводки стрелкового оружия применяют различные прицельные приспособления, а именно:

Для наземной стрельбы: а) открытый прицел, б) диоптрический прицел; в) телескопический прицел; г) угломер-квадрант.

Для зенитной стрельбы — кольцевой прицел.

3. Открытый прицел

Открытым называется такой прицел, у которого на гребне имеется прорезь. Эта прорезь может иметь

различную форму: полукруглую, угольную, прямоугольную и т. д. (рис. 30).

У 7,62-*мм* винтовок обр. 1891/1930 гг. прорезь полукруглой формы.



Рис. 30. Различные формы прорезей прицелов и формы мушек

Высота мушки определяется расстоянием от центра канала ствола до вершины мушки, а *высота прицела* — разностью расстояния от центра ствола до прорези прицела и высотой мушки.

Если высота прицела равна нулю, то такая установка называется *нулевой установкой прицела.*

При нулевой установке прицела линия прицеливания параллельна оси канала ствола.

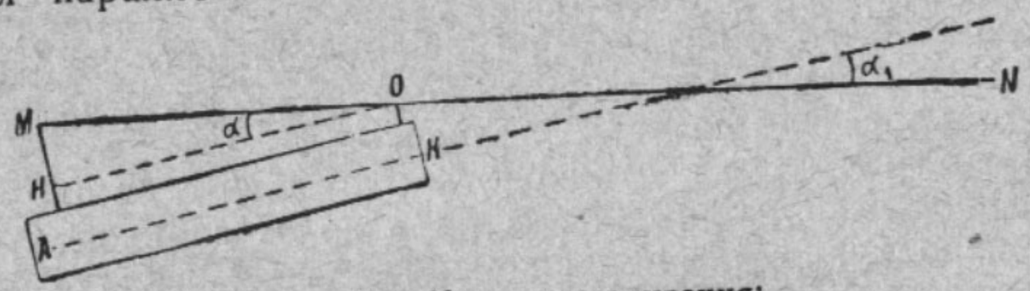


Рис. 31. Угол прицеливания:
HM — высота прицела; *MO* — прицельная линия; $\alpha = \alpha_1$ — угол прицеливания; *AK* — ось канала ствола; *MON* — линия прицеливания

На планке прицела пулемета Максима нулевое деление обозначено 0, на прицеле старого образца (в шагах) обозначено черточкой, находящейся ниже деления 4.

Каждой дальности соответствует своя высота прицела, которая определяет величину угла прицеливания (рис. 31).

Пример 1. Найти угол прицеливания для дальности 1 000 *м* при стрельбе из станкового пулемета пулей обр. 1908 г.

Высота прицела для дальности 1 000 *м* равна 15,58 *мм*, а длина прицельной линии — 911,35 *мм*.

Таким образом

$$\frac{\text{высота прицела}}{\text{длина прицельной линии}} = \operatorname{tg}\alpha.$$

Подставив значения высоты прицела и длины прицельной линии, получим:

$$\frac{15{,}58}{911{,}35} = 0{,}0171.$$

По таблице тригонометрических функций тангенс, равный 0,0171, соответствует углу 59′.

Пример 2. По заданному углу прицеливания 59′ найти высоту прицела.

В той же формуле, подставив значение тангенса 0,0171, получаем:

$$\frac{X}{911{,}35} = \frac{171}{10\,000},$$

откуда

$$X = \frac{911{,}35 \cdot 171}{10\,000} = 15{,}5 \text{ мм}.$$

Расстояние между прицелом и мушкой называется *прицельной линией.*

Длина прицельной линии:

а) у 7,62-*мм* винтовки обр. 1891/1930 гг.:
наибольшая, с прицелом 1 . . . . 616,72 *мм*
наименьшая, с прицелом 20 . . . . 598,02 »

б) у пулемета ДП:
наибольшая, с прицелом 1 . . . . 616 »
наименьшая, с прицелом 15 . . . . 610 »

в) у станкового пулемета Максима . . 911,35 »

г) у револьвера обр. 1895 г. (Наган) . 152 »

Чем больше длина прицельной линии, тем меньшее влияние на меткость оказывают ошибки при прицеливании.

Пример 1. Наводчик станкового пулемета придержал мушку к стороне на 1 *мм* при стрельбе на 300 *м*.

Пример 2. Ту же ошибку допустил стрелок при стрельбе из винтовки на ту же дальность 300 *м*.

Пример 3. То же, но при стрельбе из револьвера на 50 *м*.

Какое влияние на меткость окажут эти ошибки в прицеливании во всех трех случаях?

Из чертежа (рис. 32) видно, что:

$$\frac{ВБ}{МН} = \frac{ОБ}{ОН},$$

отсюда

$$МН = \frac{ВБ \cdot ОН}{ОБ}.$$

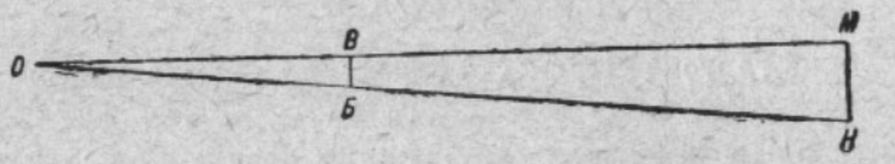


Рис. 32. Влияние длины прицельной линии на результат ошибок в прицеливании:

ОВ — прицельная линия; *РБ* — ошибка в положении мушки относительно прорези прицела; *МН* — величина отклонения пули; *ОН* — дальность стрельбы

Подставив значение данных, указанных в примерах, получим:

в примере 1:

$$МН = \frac{1 \cdot 300\,000}{911{,}35} \approx 33 \text{ см};$$

в примере 2:

$$МН = \frac{1 \cdot 300\,000}{616{,}72} \approx 49 \text{ см};$$

в примере 3:

$$МН = \frac{1 \cdot 50\,000}{152} \approx 33 \text{ см}.$$

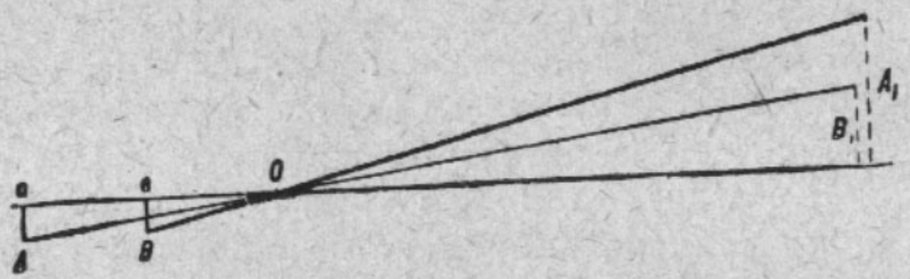


Рис. 33. Влияние ошибок в прицеливании при короткой и более длинной прицельной линии:

ОА — более длинная прицельная линия; *ОВ* — короткая прицельная линия; *Вв* и *Аа* — ошибка в положении мушки; B_1 — отклонение пули при более длинной прицельной линии; A_1 — отклонение пули при более короткой прицельной линии

В первых двух случаях ошибка в положении мушки на 1 *мм* исключает возможность попадания уже на 300 *м* по любой фигуре; в третьем случае — по мишени № 5.

На рис. 33 показаны в плане два случая влияния ошибки в прицеливании при короткой и более длинной прицельных линиях.

Между тем параллельные колебания прицельной линии вокруг точки прицеливания хотя бы на 10 *см*

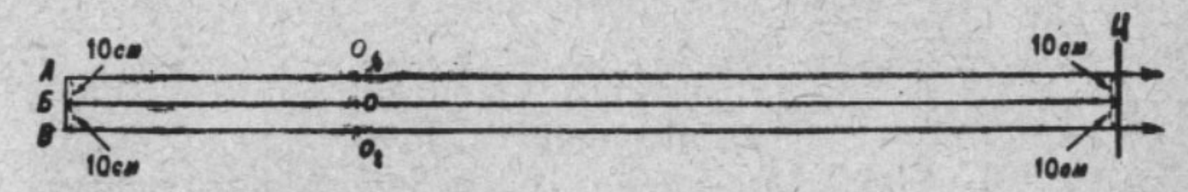


Рис. 34. Влияние параллельного смещения прицельной линии:

AO_1, *БО*, BO_2 — прицельные линии; *Ц* — цель

повлекут за собой и отклонение пули на те же 10 *см* (рис. 34).

Следовательно, при стрельбе все внимание стрелка должно быть направлено на удержание правильной мушки в прорези прицела во все время прицеливания и спуска курка.

Точность прицеливания при стрельбе как из пулеметов, так и из винтовок в значительной степени зависит от формы и размеров прорези прицела и мушки.



Рис. 35. Правильное положение мушки в прорези прицела и относительно точки прицеливания

Опыт показал, что наиболее меткая стрельба получается при полукруглой прорези и прямоугольной мушке (рис. 35). Такая прорезь и мушка дают большое преимущество при скоростной стрельбе.

Ширина прорези и мушки у винтовки обр. 1891/1930 гг. и модернизированного станкового пулемета рассчитана на нормальное зрение.

Для дальнозорких стрелков выгоднее иметь мушку несколько меньшей ширины.

4. Диоптрический прицел

Диоптрическим, или *кольцевым*, *прицелом* называется такой прицел, у которого вместо прорези круглое отверстие (рис. 36).

Часто диоптрический прицел называют просто *диоптром*.

Преимущества диоптра следующие:

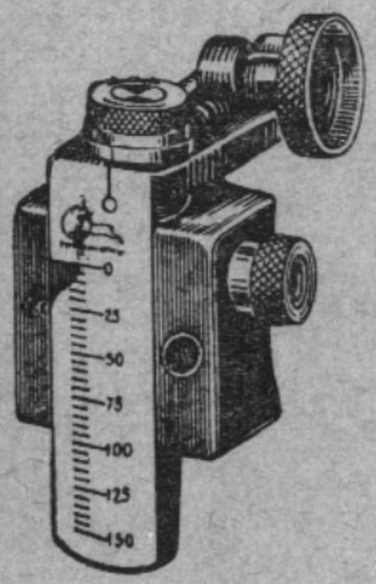


Рис. 36. Диоптрический прицел В. Лаймана

1) маленькое отверстие диоптра, как всякая диафрагма, дает возможность яснее видеть контур цели;

2) при применении диоптра всегда удлиняется прицельная линия, чем достигается бóльшая точность прицеливания;

3) глаз всегда точно и автоматически находит центр отверстия диоптра, поэтому при прицеливании стрелку нужно только подвести вершину мушки в точку прицеливания, не заботясь о положении ее относительно центра отверстия диоптра; короче говоря, стрелок имеет дело только с двумя точками — вершиной мушки и точкой цели (рис. 37); в открытом же прицеле он должен совмещать три точки — вершину мушки, прорезь прицела и точку цели.



Рис. 37. Прицеливание с помощью диоптра

На винтовке прицел устанавливается на ствольной коробке, у заднего ее конца, при длине прицельной линии около 870—880 *мм* (рис. 38 и 39).

Линейная величина одного основного деления прицела и целика равна 1 *мм*. Поворот головки прицела (целика) на один щелчок изменяет установку прицела (целика) на 0,1 основного деления.

Пример. Средняя точка попадания при стрельбе на 300 *м* оказалась на 7 *см* левее центра мишени. Указать величину поправки целика в щелчках.

Составим пропорцию:

$$\frac{X}{\text{отклонение}} = \frac{\text{приц. лин.}}{Д};$$

подставив значения величин для данного примера, получим:

$$\frac{X}{70} = \frac{880}{300\,000},$$

откуда

$$X = \frac{70 \cdot 880}{300\,000} = 0{,}2\ мм,$$

или 0,2 основного деления (два щелчка).

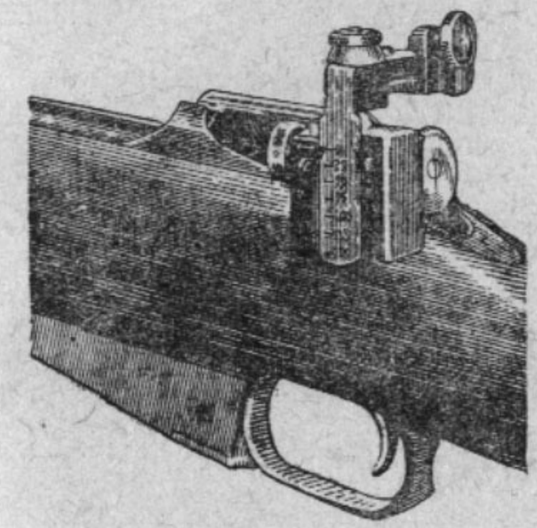


Рис. 38. Диоптрический прицел, установленный на 7,62-*мм* винтовке



Рис. 39. Диоптрический прицел, установленный на малокалиберной винтовке ТОЗ-8

Сделав расчеты поправок целика для разных дальностей стрельбы, можно считать, что цена двух щелчков целика на каждые 100 *м* дальности составляет приближенно 2,3 *см*.

Изменение высоты прицела для стрельбы на различные дальности может быть сделано с помощью табл. 4.

Таблица 4

Изменение высоты прицела для разных дальностей стрельбы

(Показано в основных делениях прицела)

Дальность стрельбы, *м*	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000
Прибавить к высоте прицела, найденной пристрелкой на 100 *м* . .	0,7	1,3	2,3	3,3	4,6	6,1	7,9	10,2	12,7

Предположим, требуется узнать, насколько следует увеличить найденный пристрелкой на 100 *м* прицел при стрельбе на 600 *м*.

Угол прицеливания для дальности 100 *м* равен 7′, а для дальности 600 *м* — 25′. Значит прицел надо увеличить на 25′ — 7′ = 18′.

Линейную величину прицела при угле 18′ и длине прицельной линии 880 *мм* найдем из выражения:

$$\frac{X}{880} = \operatorname{tg} 18'.$$

Подставив значение тангенса, получим: $X = 880 \times 0{,}00524 = 4{,}6$ *мм* основного деления прицела.

5. Оптические прицелы

Основной оптический прицел

Оптический прицел значительно упрощает и уточняет прицеливание и тем самым дает возможность в наибольшей мере использовать точность боя винтовки.

Исходя из этого, оптический прицел устанавливается на винтовки наиболее точного боя с исправными стволами (малоизношенным каналом).

Из винтовки, снабженной оптическим прицелом, с большим успехом можно поражать цели очень малого размера (голова, бойница, смотровая щель и т. д.) при дальности свыше 100—200 *м*. С таким же успехом можно поражать плохо видимые и значительно удаленные цели (более 1 000 *м*).

Основными данными для оптического прицела являются увеличение и светосила.

При выходном зрачке диаметром 7 *мм* (светосила 49) наибольшее возможное увеличение получается 4^x.

Практика показала, что 4^x увеличение является вполне достаточным для решения всех огневых задач отличного стрелка.

Истинное поле зрения оптического прицела не превышает 6° (1-00 — в делениях угломера), что для

стрелкового оружия является вполне достаточным, так как грубое направление оружия на цель сначала можно произвести без прицела, а затем уже с помощью прицела на сравнительно узкой полосе местности отыскивать данную цель.

Наибольший угол прицеливания не превосходит 2°30′, что соответствует при стрельбе пулей обр. 1908 г. 1 500 *м*, а при стрельбе пулей обр. 1930 г. 1 700 *м*.

Наибольшая боковая поправка в одну сторону, допускаемая прицелом, равна 0,010 дальности, т. е 0-10.

Угловые ошибки механизма прицеливания и боковых поправок не должны превосходить 0,5′. Однако, по условиям производства, точность механизмов прицела допускает ошибки в пределах до 1′.

Установленный на винтовке оптический прицел не позволяет вставить обойму, поэтому заряжание может производиться только по одному патрону (рис. 40).

При установке шкалы дальностей и шкалы боковых поправок на 0 нулевая линия прицеливания (оптическая ось прицела) должна быть строго параллельна оси канала винтовки. Для регулирования шкал имеется специальное приспособление.

Во время прицеливания прицельные нити наблюдаются в виде черных линий. На рис. 41 изображены образцы прицельных нитей, применяющихся в современных винтовочных оптических прицелах. Опытом признано, что для боевой винтовки наилучшим является образец 1.

На рис. 42 показано, как надо прицеливаться в различных случаях.

Самое небольшое отклонение прицельного пенька или боковых выравнивающих нитей от правильного положения вызовет отклонение пуль.

Ошибки при прицеливании получаются, главным образом, вследствие неправильного положения глаза. Эти ошибки характеризуются появлением на краях окуляра лунообразных теней (рис. 43—47). Эту тень не всегда можно заметить. Для предупреждения оши-

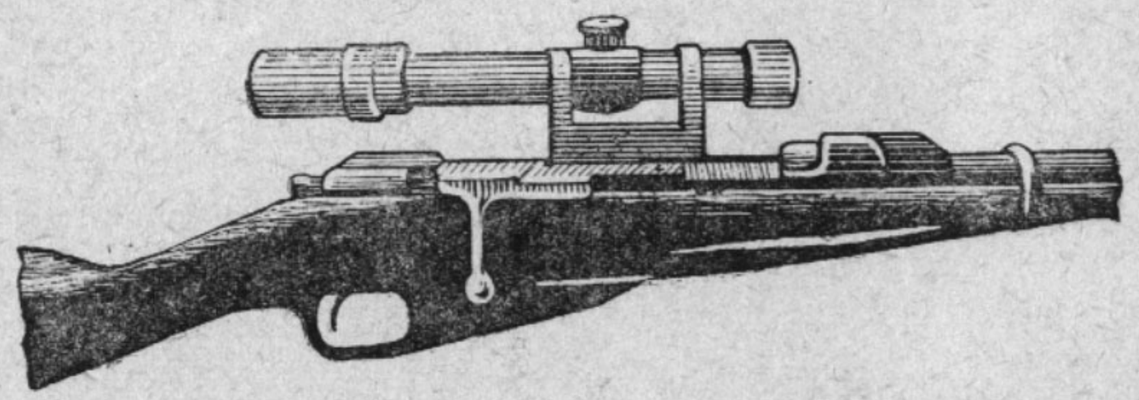


Рис. 40. Установка оптического прицела

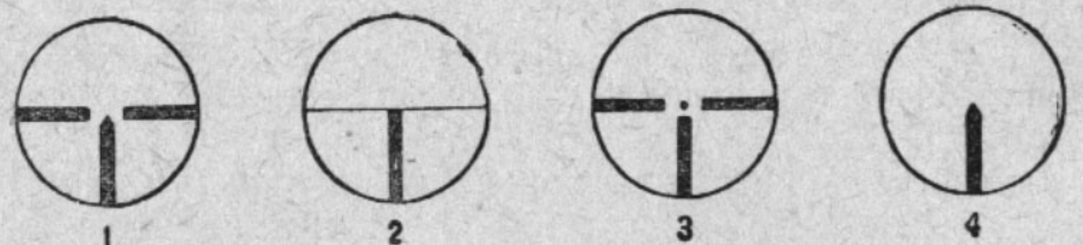


Рис. 41. Образцы прицельных нитей в современных винтовочных прицелах

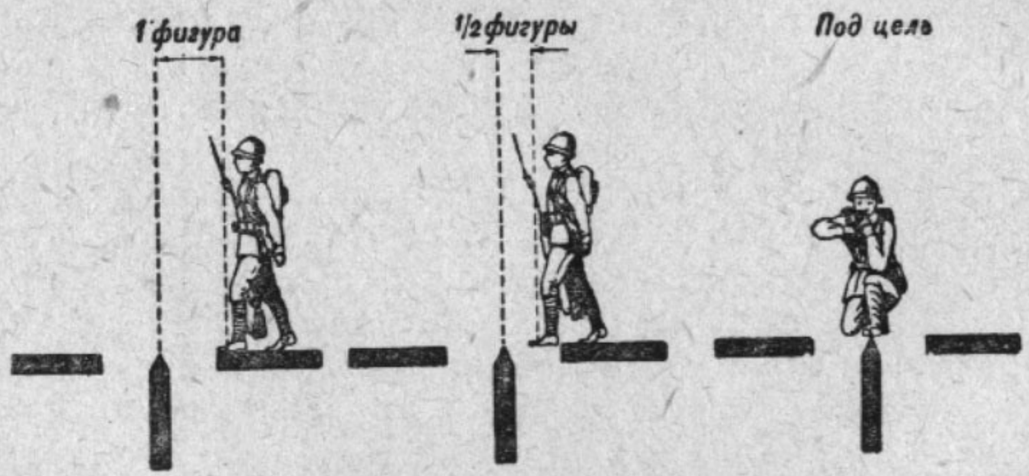


Рис. 42. Прицеливание по различным целям

бок в прицеливании необходима правильная и однообразная прикладка. Глаз должен быть отдален от окуляра, примерно, на 8 *см*.

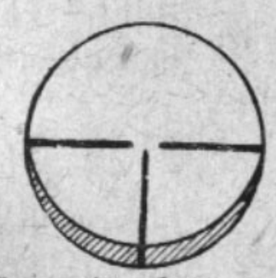


Рис. 43. Глаз отклонен вниз, лунообразная тень на краях окуляра внизу — пуля отклонится вверх



Рис. 44. Глаз отклонен вверх, лунообразная тень на краях окуляра вверху — пуля отклонится вниз



Рис. 45. Глаз отклонен влево, лунообразная тень на краях окуляра слева — пуля отклонится вправо



Рис. 46. Глаз отклонен вправо, лунообразная тень на краях окуляра справа — пуля отклонится влево



Рис. 47. Глаз слишком близко или далеко от окуляра, тень ровная, круговая — отклонения пули нет

Пулеметный оптический прицел

Пулеметный оптический прицел должен обеспечивать возможность стрельбы прямой наводкой на дальность до 4 000 *м*. Принимая во внимание необходимость вести наблюдение с помощью прицела на больших дальностях, при 2ˣ увеличении прицел должен иметь поле зрения около 20°.

Для стрельбы с закрытых позиций прицел должен обеспечивать наводку по вспомогательным точкам, расположенным в различных направлениях относительно плоскости стрельбы, при этом окуляр прицела должен оставаться неподвижным.

Этим требованиям удовлетворяет неполная панорама, допускающая выбор точек наводки впереди и по фронту (180°). На основании этих соображений пришли к мысли заменить панораму *монокуляром*, укрепленным на угломерном столе. Пулеметная панорама должна допускать измерение углов с точностью до 0,001 дальности до цели.

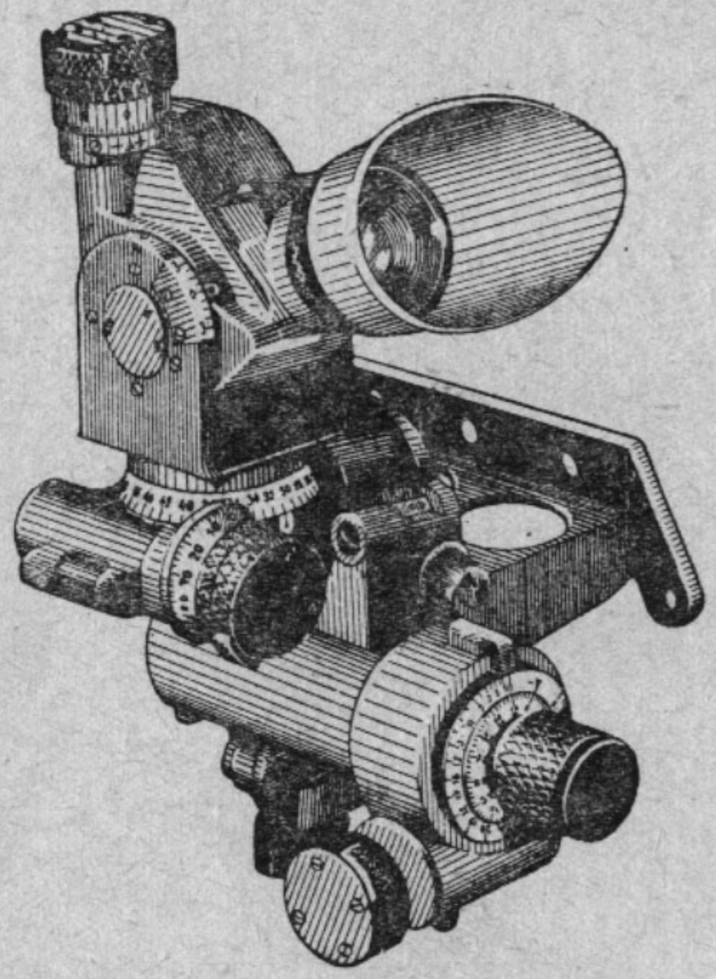


Рис. 48. Общий вид монокулярного пулеметного прицела

На рис. 48 показан общий вид монокулярного пулеметного прицела для стрельбы прямой и раздельной наводками.

Существуют два способа крепления пулеметного оптического прицела: на стенке короба пулемета и на столе станка.

При креплении прицела на стенке короба прицел находится на большем расстоянии от оси вращения тела пулемета и сбоку, отчего во время стрельбы увеличивается разброс пуль и относительно быстро изнашивается под'емный механизм. Кроме этого, вследствие большого поля зрения оптического прицела, приходится делать в щите большую прорезь, в силу чего щит несколько теряет свое значение.

При креплении прицела на станке пулемета прицел соединяется непосредственно с маховичком под'емного механизма станка системой зубчатой передачи. При действии маховичком под'емного механизма прицел вращается с одинаковой скоростью и в одном направлении с телом пулемета. При таком креплении устраняются указанные выше недостатки, вызванные креплением прицела на стенке короба. Однако, при креплении прицела на станке наводчик вынужден, вследствие выноса прицела вперед, занимать неудобное положение, отличающееся от положения при стрельбе с обыкновенным прицелом.

Для устранения этого недостатка в последнее время стали проектировать панорамы для пулеметных прицелов с длинной окулярной трубкой. В этих случаях прицел снабжается специальным зеркалом, которое допускает, в случаях прямой наводки под большими углами возвышения или склонения и при значительном смещении окуляра вниз или вверх от горизонтального положения, возможность наводки с визированием сверху, сбоку и снизу окуляра.

6. Пулеметный угломер-квадрант

Пулеметный угломер-квадрант представляет собой соединение двух прицельных приборов: *угломера* и *квадранта* (рис. 49).

Угломер служит для горизонтальной наводки пулемета и состоит из круга и визирной линейки с диоптрами (рис. 50). Круг разделен на 60 больших делений, каждое из них в свою очередь разделено на 5 маленьких делений, всего же на круге имеется 300 делений.

Одно маленькое деление составляет 20 тысячных, или 20 делений угломера $\left(\frac{6\,000}{300}=20\right)$, т. е. изменение установки на одно маленькое деление перемещает среднюю точку попадания в ту же сторону на величину, равную 20 тысячным дальности до цели.

Например, при стрельбе на 2000 *м* одно маленькое деление составит $\frac{2000 \cdot 20}{1000} = 40$ *м*.

Для более точной установки угломера на конце визирной линейки нанесено дополнительно 10 делений той же линейной меры, что и на столе угломера.

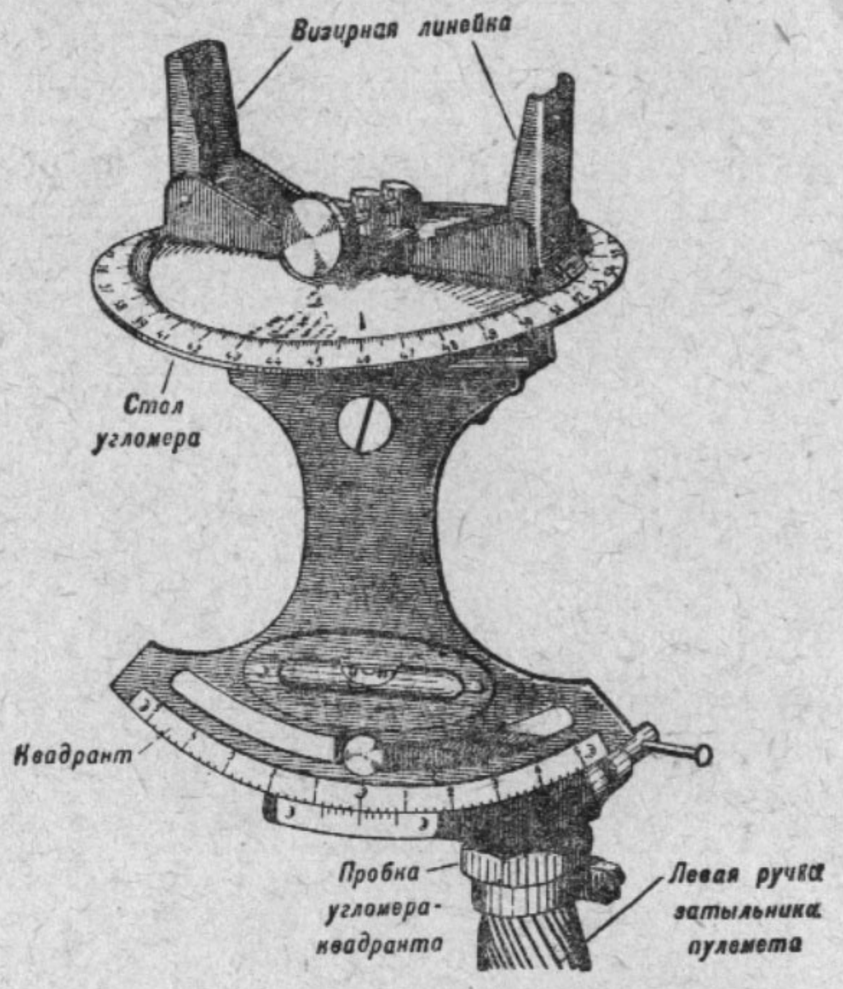


Рис. 49. Общий вид угломера-квадранта

Дополнительный указатель с предметным диоптром вращается на оси. Отношение длины его плеч $\frac{1}{10}$ (рис. 51).

Таким образом, изменение установки дополнительного указателя на одно деление перемещает среднюю

точку попадания на $\frac{20 \cdot 1}{10} = 2$ тысячных (2 деления угломера).

Для горизонтальной наводки пулемета необходимо знать, в делениях угломера, угол, составленный линиями направления на цель (*Ц*) и на точку наводки (*ТН*). Установив указатель визирной линейки на деление соответственно величине горизонтального угла, надо повернуть пулемет до совмещения визирной линии с точкой наводки.

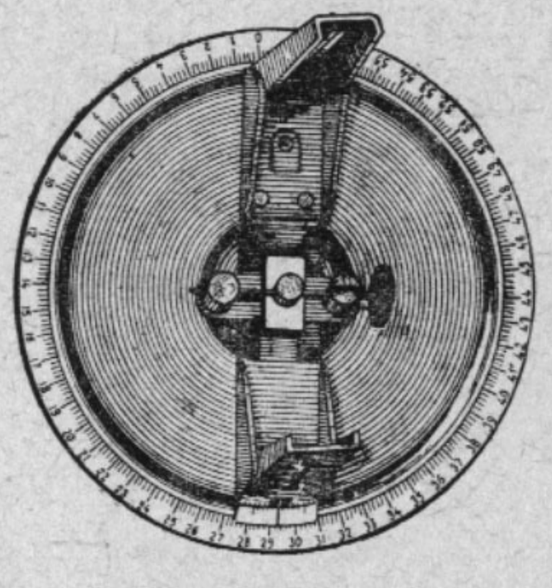


Рис. 50. Угломерный круг

Пример 1. Угол, составленный направлениями на цель и точку наводки, равен 4-00 делений угломера (рис. 52, фиг. 1). Требуется направить ось канала ствола пулемета на цель.

Решение. 1) Поставить указатель визирной линейки на такое деление, чтобы угол, составленный осью линейки и линией 0—30 угломера, был равен 4-00, причем передний конец визирной линейки находился бы левее деления 0 угломера (цель правее точки наводки). Таким делением будет 34-00 (рис. 52, фиг. 2)

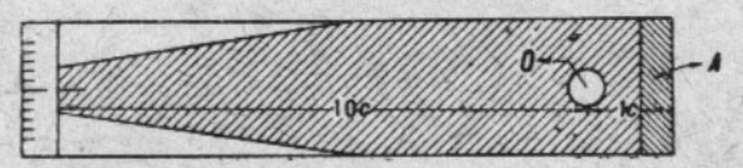


Рис. 51. Вращающийся дополнительный указатель с предметным диоптром:
0 — ось вращения, *А* — предметный диоптр

2) Повернуть пулемет до совмещения визирной линии с точкой наводки (рис. 52, фиг. 3).

Пример 2. Предположим, что цель № 2 появилась левее цели № 1 на угол величиною 3-00 (рис. 53, фиг. 1). Требуется направить

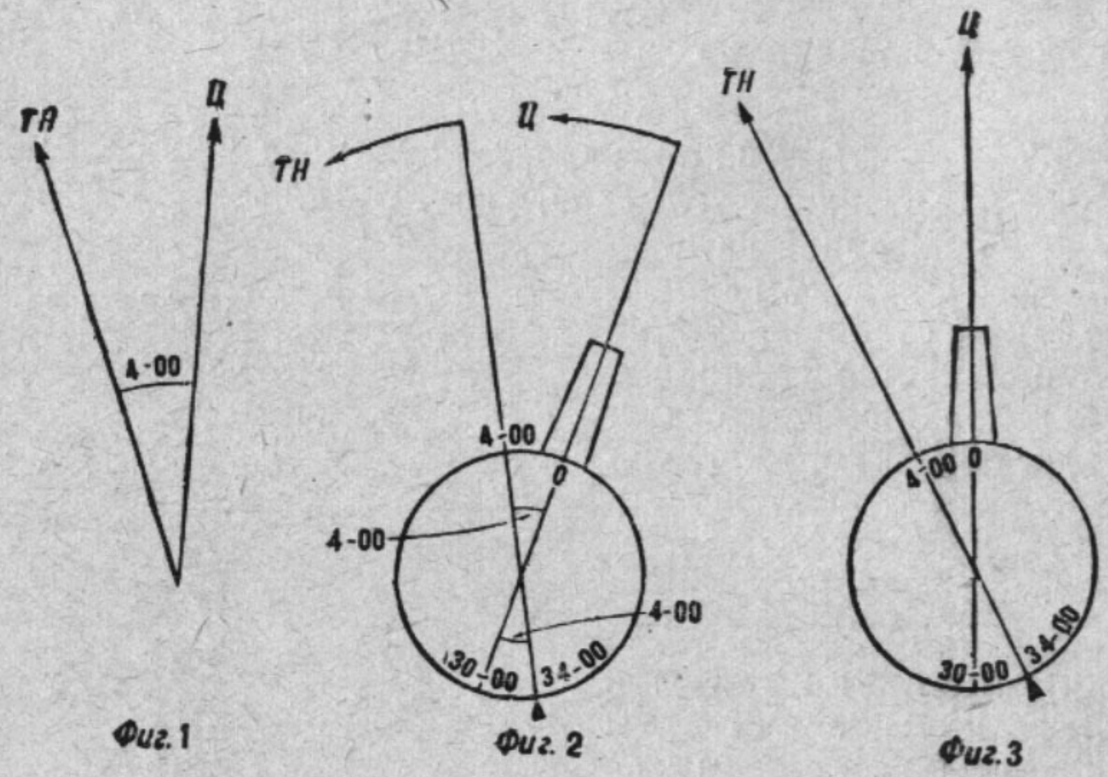


Рис. 52. Наводка с помощью угломера

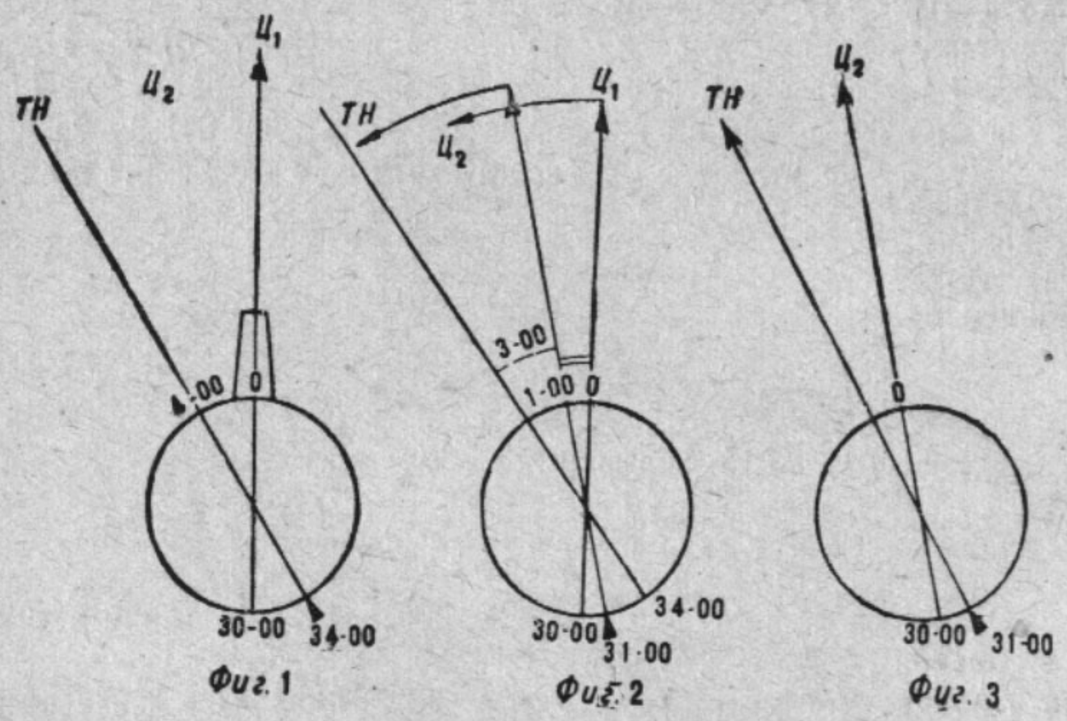


Рис. 53. Поворот пулемета на новую цель

пулемет (ось канала ствола) в цель № 2 при наводке в ту же точку.

Решение. На рис. 53, фиг. 2, видно, что для поворота пулемета влево на угол величиною 3-00 нужно указатель визирной линейки поставить на деление 31-00. В этом случае ось визирной линейки повернется на угол величиною (34-00) – (31-00) = 3-00. Затем направить визирную линию в точку наводки (рис. 53, фиг. 3).

Итак, при наводке ось канала ствола поворачивается в сторону передвижения указателя визирной линейки, т. е. *пуля идет за угломером.*

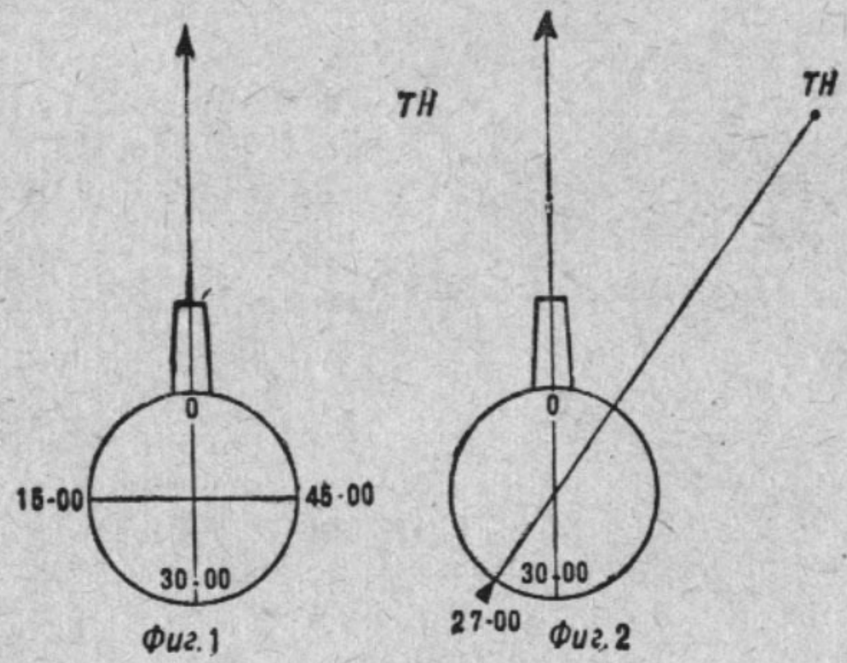


Рис. 54. Отмечание пулемета (отметка 27-00):
фиг. 1 — пулемет наведен, но не отмечен; *фиг. 2* — пулемет наведен и отмечен

Пример. Указатель с деления 40-00 передвинут на деление 30-00; в этом случае при наводке пулемета ось канала ствола повернется влево на угол (40-00) — (30-00) = 10-00, следовательно, и пули будут падать левее на тот же угол, т. е. на 10-00.

Предположим, что пулемет был наведен в цель, нужно закрепить его в этом положении в горизонтальной плоскости. Для этого необходимо определить установку угломера, при которой, наводя в точку

наводки, можно направить пулемет в цель. Это достигается *отмечанием пулемета.*

Для отмечания пулемета нужно, не изменяя положения пулемета, навести визирную линейку в точку наводки, полученное при этом против указателя число делений угломера и будет отметкой пулемета (рис. 54).

Из изложенного ясно, что наводка пулемета в цель с помощью угломера будет правильна лишь в том случае, когда линия угломера 0—30 установлена параллельно оси канала ствола, что составляет сущность выверки угломера.

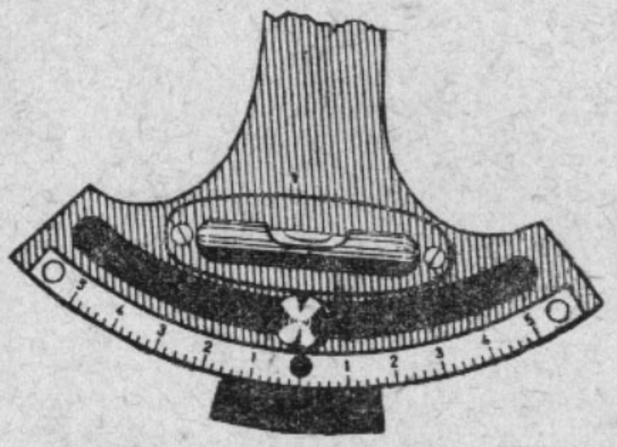


Рис. 55. Квадрант

Квадрант служит для придания пулемету необходимого положения в вертикальной плоскости (установки угла возвышения или склонения).

Квадрант представляет собою часть окружности с делениями. Каждое маленькое деление квадранта составляет, так же как и в угломере, 20 тысячных (рис. 55).

Для более точной установки у квадранта имеется *нониус* (рис. 56), который представляет собою шкалу из 10 делений. Каждое деление нониуса равно 0,8 деления шкалы квадранта (8 делений квадранта разделены на 10 частей). Таким образом, можно поставить квадрант с точностью до $\frac{20}{1\,000} \cdot \frac{2}{10} = \frac{4}{1\,000}$ (четыре тысячных).

Так как 8 делений квадранта разделены на 10 частей, то естественно, что при совмещении указателя нониуса с нулевым делением квадранта первое деление нониуса не дойдет до ближайшего деления квадранта на 4 тысячные, второе деление нониуса не дойдет до ближайшего деления квадранта на 8 тысячных, третье—на 12 тысячных и четвертое—на 16 тысячных (рис. 56).

Пример. Требуется установить указатель на деление квадранта 0-44.

Решение. Установить сначала квадрант на деление 0-40, а затем соединить первое деление нониуса с ближайшим делением квадранта (рис. 57).

При установке квадранта на деление 0 и пузырька уровня посредине, ось канала ствола должна занимать

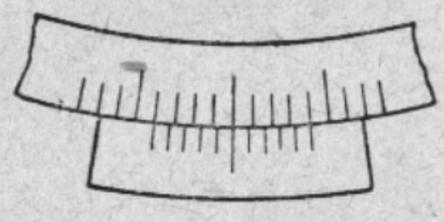


Рис. 56. Нониус квадранта

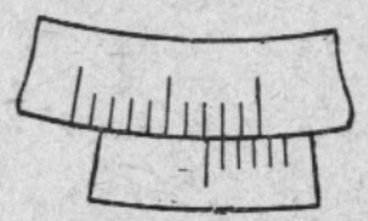


Рис. 57. Установка квадранта с помощью нониуса

горизонтальное положение, при этом угол возвышения будет равен нулю. Это положение составляет сущность выверки квадранта.

7. Зенитные прицелы

Идея устройства зенитных прицелов исходит из особенностей зенитных целей. Эти особенности, главным образом, заключаются:

1) в быстроте движения воздушной цели;

2) в положении воздушной цели под различными углами места от 0 до 90°;

3) в возможности цели двигаться в различных направлениях и не только в горизонтальной плоскости, но и в любой, отличной от горизонтальной.

Отсюда зенитные прицелы должны быть устроены так, чтобы с их помощью можно было получать нужные *упреждения*, в зависимости от скорости и направления движения цели и расстояния до нее. Кроме этого, прицел должен давать возможность вносить

поправки в высоту прицела, в зависимости от величины угла видимости (угла местности) цели.

Этим требованиям удовлетворяют прицелы с *кольцевыми целиками.*

Для простоты объяснения идеи устройства кольцевых прицелов допустим, что пуля летит по прямой линии возвышения. В момент выстрела цель (самолет) находится на расстоянии 1 000 *м* в точке *А* (рис. 58) и летит со скоростью 90 *м/сек.* Расстояние до точки *А* пуля пролетит, примерно, в 2 сек., но за это время самолет переместится из точки *А* в точку *Б*, расположенную в направлении движения самолета. Таким образом, пуля в самолет не попадет, а попадет в точку *А*, в которой был самолет в момент выстрела. Следовательно, для попадания в самолет необходимо, чтобы линия прицеливания была направлена в самолет (в точку *А*), а ствол пулемета в это время должен быть направлен в точку *Б*, лежащую в направлении движения самолета на расстоянии, равном расстоянию, которое самолет пролетит за время полета пули. В нашем примере это расстояние равно 90:2 = 180 *м.*

Самолет, расположенный в точке *А*, может двигаться в любую сторону от этой точки, но пройденное им расстояние, за время полета пули, всегда будет равно его скорости, помноженной на время полета пули.

Если предположить, что самолет идет в любом направлении в горизонтальной плоскости, т. е. не изменяет своей высоты, то за время полета пули он может достичь любой точки окружности, описанной из точки, принятой за центр. Однако, самолет может двигаться не только в горизонтальной плоскости, но и в любой отличной от горизонтальной, т. е. круг, в котором мы рассматриваем движение самолета, может занимать не только горизонтальное, но и любое иное положение. Другими словами, круг может быть повернут вокруг одного из своих диаметров в любом направлении. В этом случае точка *А* (самолет) может находиться где-то на поверхности шара, и цель будет двигаться как бы к центру этого шара (рис. 59).

Рассматривая, таким образом, движение самолета, целесообразнее всего целик прицела устроить в виде вращающегося кольца и при наводке совмещать голо-

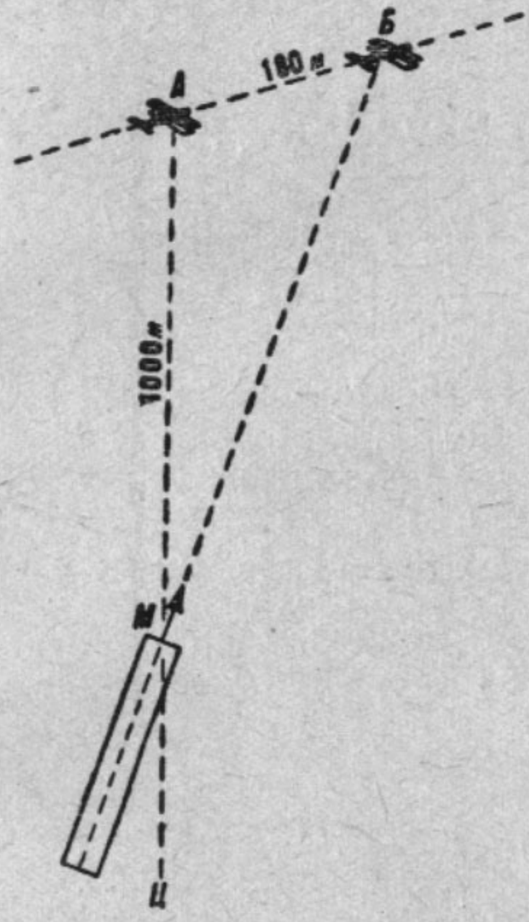


Рис. 58. Стрельба по самолету

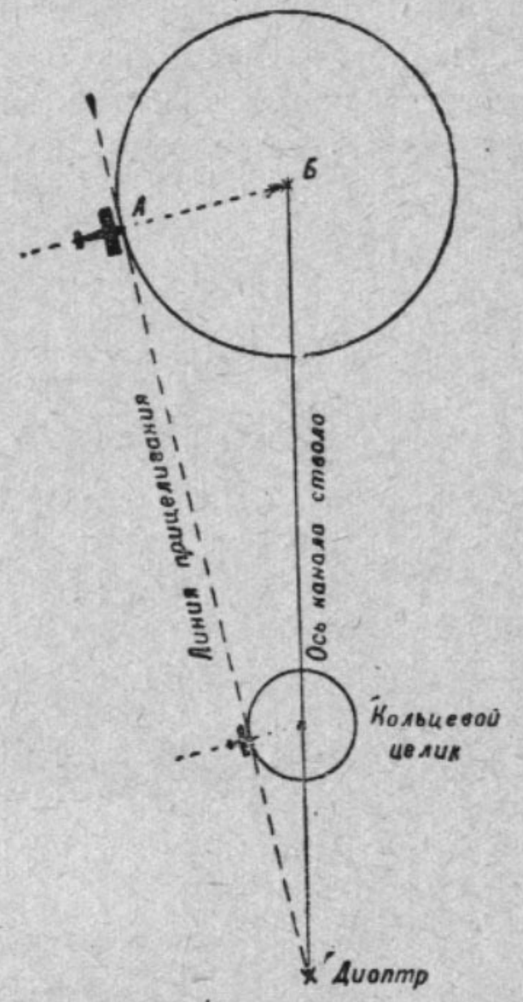


Рис. 59. Наводка по самолету с помощью кольцевого целика

ву самолета с точкой на кольце, расположенной на прямой направления движения самолета к центру (рис. 59).

Если при этом соединить несколько колец различных диаметров в одном визире (целике), то представится возможность брать упреждения различной величины, в зависимости от скорости движения самолета. Устанавливая же кольцо параллельно движению самолета (по курсу), можно будет делать поправки величины упреждения, в зависимости от направления движения самолета (курсового угла).

Величина упреждения при одном и том же диаметре кольца зависит от длины прицельной линии, т. е. от расстояния между кольцевым целиком и диоптром (рис. 60).

Пример. Радиус кольца целика 35 *мм*. Дальность 1 000 *м*. Определить величину упреждения при длине прицельных линий в 30, 45 и 60 *см*.

Решение (рис. 60).

1) $\frac{0{,}035}{X} = \frac{0{,}30}{1\,000}$, откуда $X = \frac{0{,}035 \cdot 1\,000}{0{,}30} = 117$ *м*.

2) $\frac{0{,}035}{X} = \frac{0{,}45}{1\,000}$, откуда $X = \frac{0{,}035 \cdot 1\,000}{0{,}45} = 78$ *м*.

3) $\frac{0{,}035}{X} = \frac{0{,}60}{1\,000}$, откуда $X = \frac{0{,}035 \cdot 1\,000}{0{,}60} = 58$ *м*.

На вооружении наших пулеметных подразделений состоят два типа зенитных прицелов: упрощенный обр. 1928 г. и дистанционный обр. 1929 г.

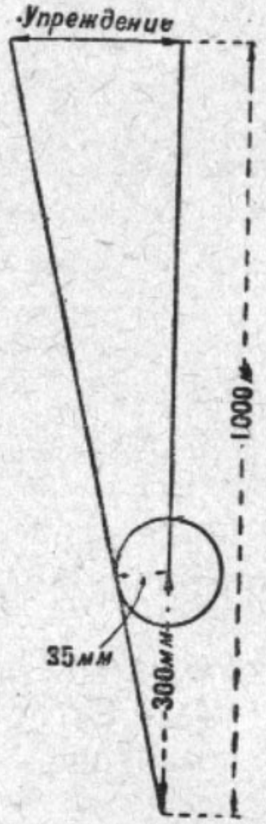


Рис. 60. Величина упреждения зависит от диаметра кольца целика и длины прицельной линии

Зенитный прицел обр. 1928 г.

Зенитный прицел обр. 1928 г. состоит из переднего визира—

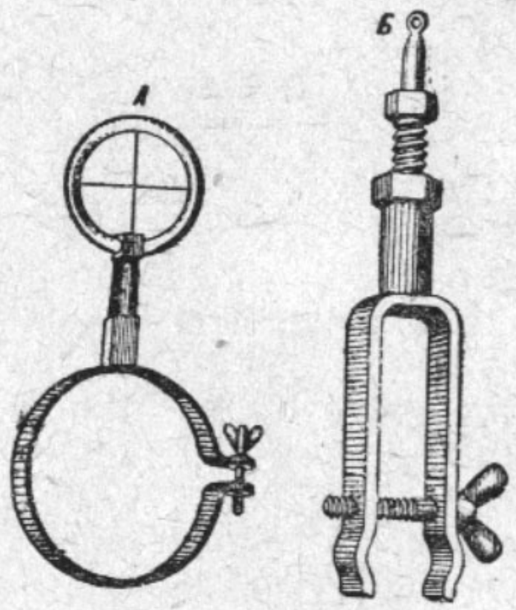


Рис. 61. Зенитный прицел обр. 1928 г.:

А — кольцевой целик, *Б* — диоптр

кольцевого целика и заднего визира — диоптра (рис. 61).

Передний визир состоит из одного кольца с перекрестием, устанавливается на кожухе пулемета и укрепляется с помощью обоймы.

Задний визир укрепляется на положенной стойке наземного прицела.

При пользовании прицелом величина упреждения для определенной дальности есть величина постоянная. Упреждение может быть изменено лишь удлинением или укорочением прицельной линии при помощи передвижения кольцевого целика по кожуху пулемета.

Этот прицел рассчитан на одновременное ведение огня по воздушной цели из четырех пулеметов *шкальным способом*. Для этого длина прицельной линии на каждом пулемете устанавливается различная, а именно: на одном пулемете — 30 *см*, на другом — 35 *см*, на третьем — 45 *см* и на четвертом — 60 *см*.

Таким образом, благодаря различной длине прицельных линий на пулеметах, при наводке в одну и ту же цель получается шкала упреждений, рассчитанная на поражение воздушной цели, двигающейся на любом расстоянии (в пределах 1 000 *м*) со скоростью до 80 *м/сек*.

Сущность наводки с помощью этого прицела заключается в том, чтобы взять нужное упреждение в направлении движения самолета. Для этого при стрельбе по самолету, проходящему вдоль фронта или под углом, нужно центр диоптра совместить с наружным краем кольца и в этом положении направить линию прицеливания в голову самолета так, чтобы предположенная линия направления его полета проходила через перекрестие кольцевого целика (рис. 62 и 63).

При стрельбе по самолету, пикирующему или уходящему, центр диоптра нужно совместить с перекрестием кольцевого целика и в этом положении направить линию прицеливания в голову самолета (рис. 64).

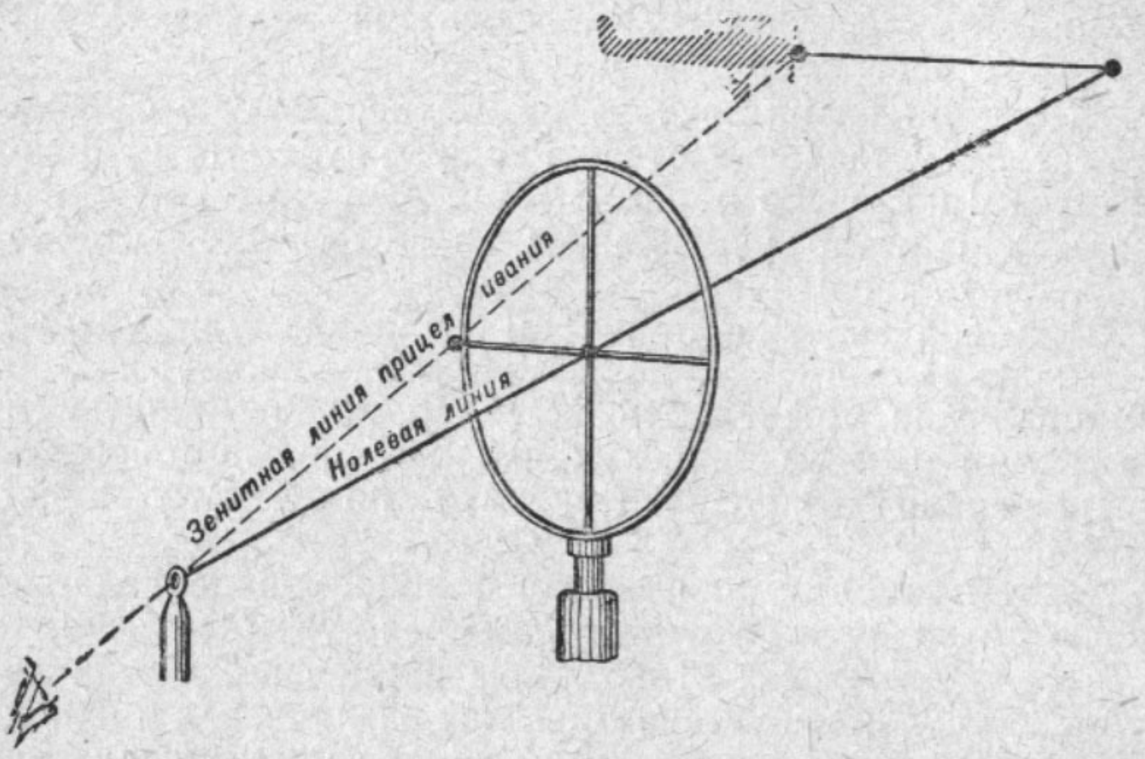


Рис. 62. Наводка пулемета по самолету, проходящему поперек плоскости стрельбы

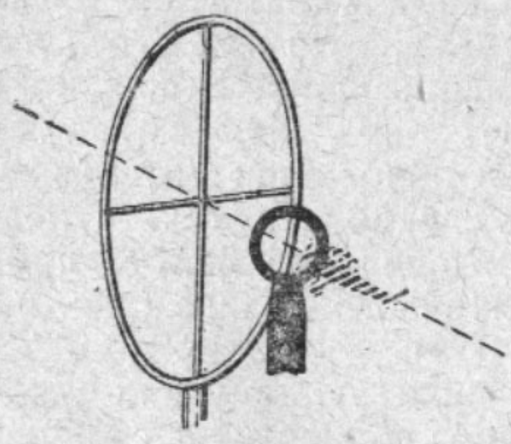


Рис. 63. Наводка пулемета по самолету, проходящему под углом к плоскости стрельбы

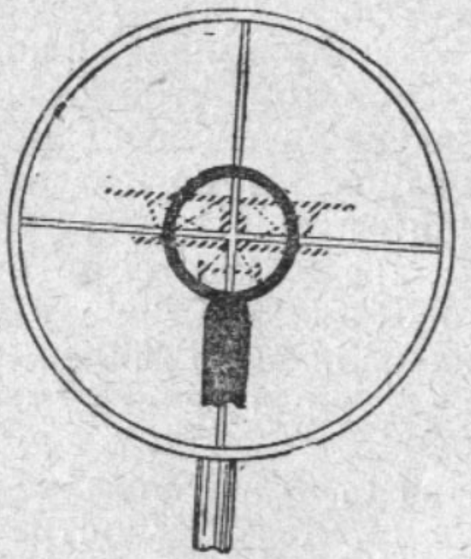


Рис. 64. Наводка пулемета по пикирующему или уходящему самолету

Зенитный прицел обр. 1929 г.

Стрельба с прицелом обр. 1929 г. (рис. 65) требует точного определения дальности до самолета и скорости его движения.

Так же, как и прицел обр. 1928 г., этот прицел имеет передний визир, который дает возможность учитывать упреждения при разных скоростях и курсовых углах цели. Для этого визир имеет три дистанционных кольца (рис. 66): большое (*1*) — диаметром 140 *мм* соответственно скорости самолета 70 *м/сек*; среднее (*2*) — диаметром 100 *мм* соответственно скорости 50 *м/сек*; малое (*3*) — диаметром 60 *мм* соответственно скорости 30 *м/сек*.

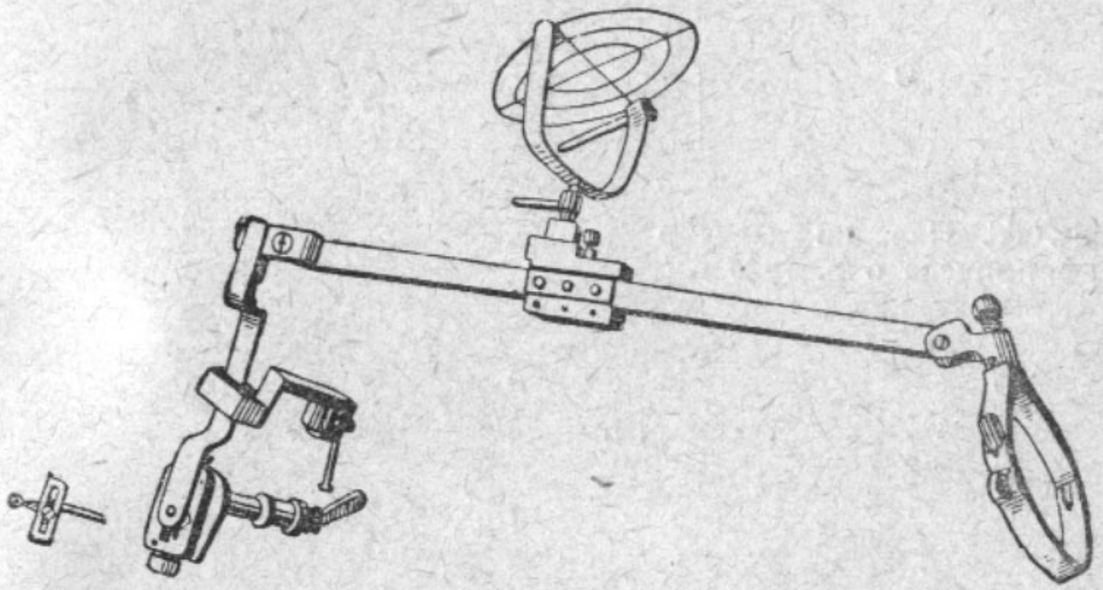


Рис. 65. Зенитный пулеметный прицел обр. 1929 г.

Благодаря имеющемуся грузику, визир во время стрельбы все время сохраняет горизонтальное положение, вводя, таким образом, поправки в величину упреждения.

Стрельба по самолету при горизонтальном положении переднего визира возможна только в тех случаях, когда угол места цели будет не менее 10°.

В тех случаях, когда самолет идет под углом места цели менее 10°, наводка производится при вертикальном положении визира.

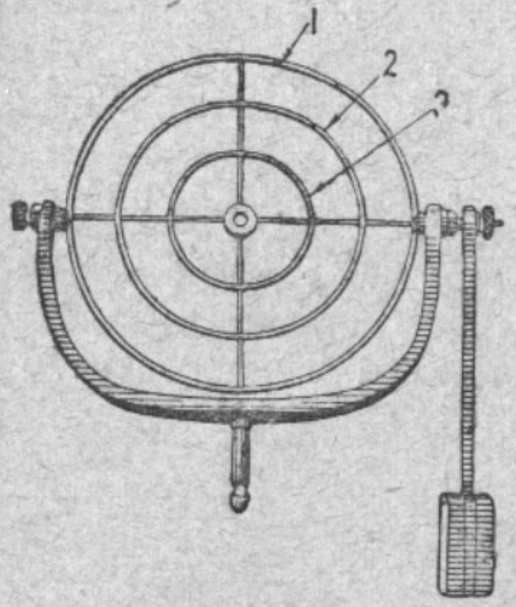


Рис. 66. Передний визир прицела обр. 1929 г.

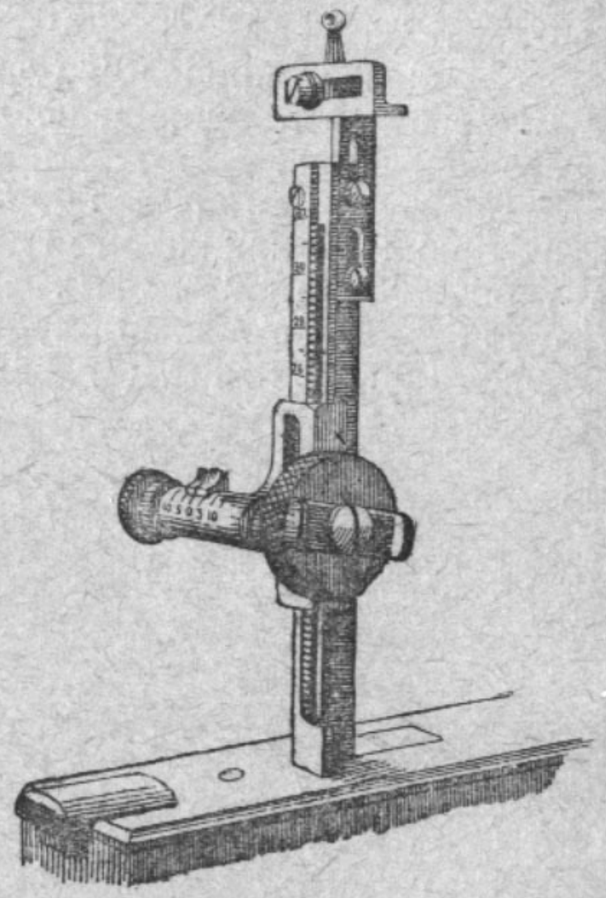


Рис. 67. Задний визир прицела обр. 1929 г.

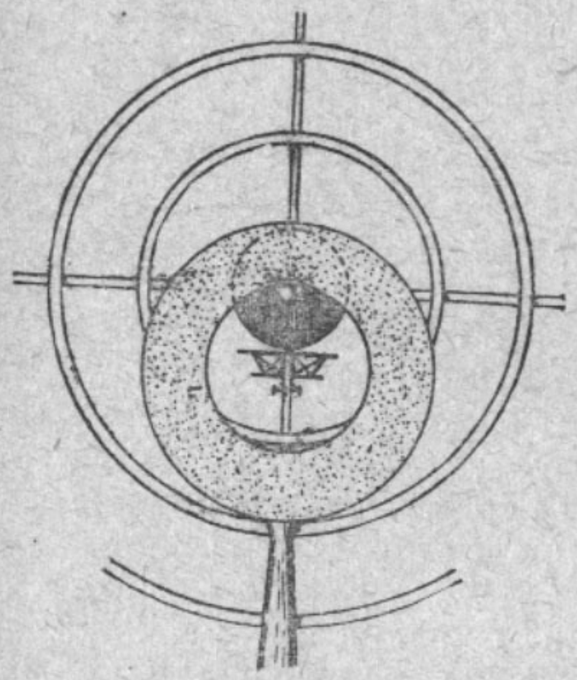


Рис. 68. Скорость движения самолета не соответствует кольцу

Для установки величины упреждения и придания угла прицеливания, в зависимости от дальности цели, передний визир может передвигаться по специальной линейке. На линейке нанесены деления 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, что соответствует дальности 400, 600, 800 и т. д. метров, т. е. деления показывают дальность в гектометрах.

Задний визир с диоптром имеет то же назначение, что и в прицеле обр. 1928 г. (рис. 67).

Если скорость движения самолета не соответствует диаметру кольца, то прицеливание производится по воображаемой точке между соответствующими кольцами.

Пример. Скорость движения самолета 40 *м/сек.* Наводить нужно через центр диоптра и воображаемую точку между малым и средним кольцами (рис. 68).

Стрельба по самолетам может также вестись и ручным пулеметом с установкой на нем зенитного кольцевого прицела.

ГЛАВА IV

ОТЛОГОСТЬ ТРАЕКТОРИИ

1. Общие понятия об отлогости траектории

Траектория тем больше отлога, чем меньше она поднимается над линией прицеливания. Поэтому об отлогости траектории судят по ее превышениям относительно линии прицеливания (по *ординатам траектории*) или же по *углам падения* (чем угол падения меньше, тем отлогость траектории больше). Однако, сравнивать траектории разных образцов оружия по превышениям или по углам прицеливания и падения можно лишь при одинаковых дальностях.

Для того чтобы попасть в цель, находящуюся на каком-либо определенном расстоянии, надо установить прицел, соответствующий этому расстоянию, и навести оружие в цель.

В том случае, если расстояние определено неверно, например, вместо 1 000 *м* определили 1 050 *м*, то при стрельбе с прицелом 10 цель все-таки будет поражена, пока она не выйдет из того пространства, на протяжении которого траектория не поднимается над линией прицеливания выше данной цели. Такое пространство называется *поражаемым* (подробно см. п. 4, гл. IV).

Если же величина ошибки больше величины поражаемого пространства, то цель при данном прицеле поражена не будет: для поражения ее надо установить другой прицел. Отсюда следует, что чем больше отлогость траектории, тем меньшее влияние оказывают на поражение цели ошибки в определении расстояния.

На рис. 69 видно, что при сравнительно отлогой траектории цель поражается на протяжении *ВГ*, а при более крутой — только на протяжении *БГ*.

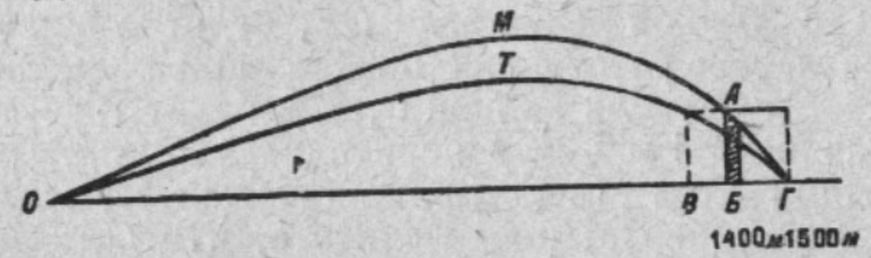


Рис. 69. Величина поражаемого пространства в зависимости от отлогости траектории

2. Построение траектории

Графическое построение

Умение правильно построить среднюю траекторию при заданной дальности стрельбы совершенно необходимо при изучении целого ряда вопросов стрелкового дела, в особенности при изучении вопросов поражения целей и построения системы огня на местности.

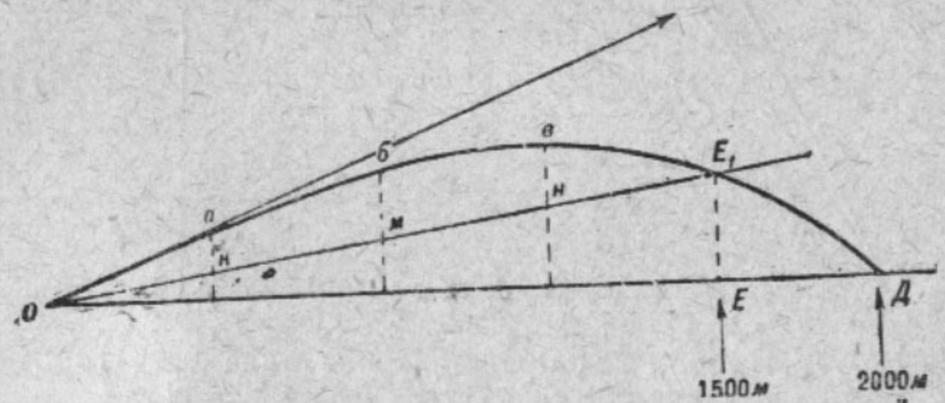


Рис. 70. Построение траектории для промежуточной дальности

Одним из способов построения траектории является способ графический.

Пользуясь началом Сан-Роберто (стр. 38), можно построить траекторию для любой промежуточной дальности.

Пусть, например, кривая *ОабвД* (рис. 70) представляет траекторию для дальности 2 000 *м*, т. е. *ОД* = = 2 000 *м*. Требуется построить траекторию на 1 500 *м*.

Для этого отложим по горизонту расстояние $OE = 1\,500$ *м* (в принятом масштабе) и из точки E восставим перпендикуляр. Точку пересечения E_1 соединим с точкой O, тогда OE_1 будет линией прицеливания для расстояния 1 500 *м* при прицеливании в точку E_1. Отрезок кривой $OабвE_1$ будет траекторией для дальности 1 500 *м*, а перпендикуляры *ак*, *бм*, *вн* — ординатами этой траектории, так как на основании начала Сан-Роберто можно считать, что $OE = OE_1$.

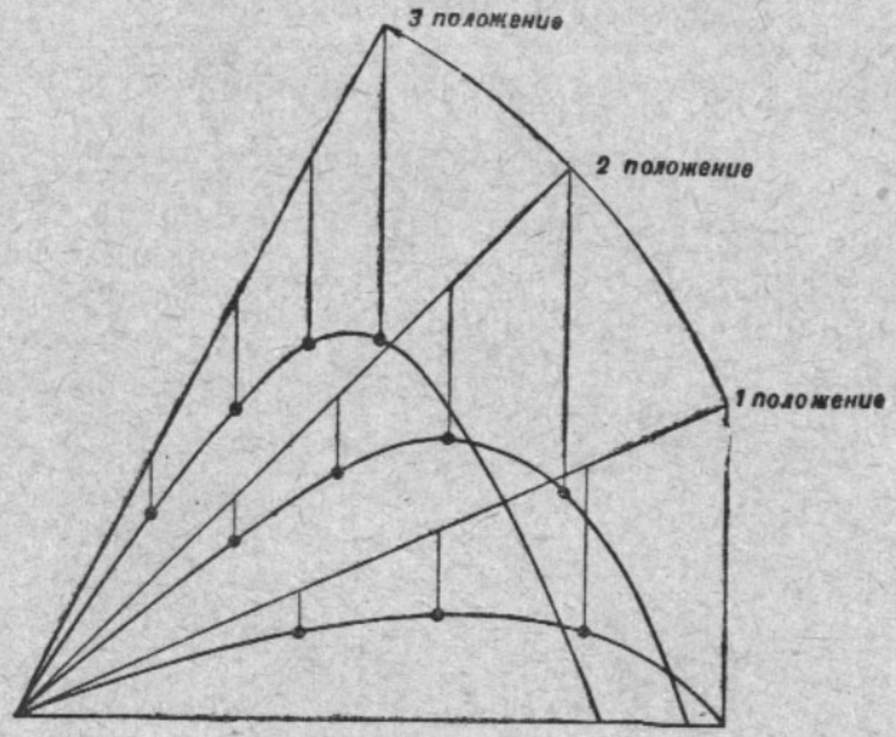


Рис. 71. Прибор для представления вида траектории в зависимости от угла возвышения

На основании изложенного можно представить, что траектория как бы прочно связана с осью канала ствола и линией прицеливания. При перемещении этих линий траектория тоже перемещается, причем вертикальные расстояния разных точек траектории (ординаты) остаются неизменными.

Для более наглядного представления вида траекторий при разных углах возвышения и прицеливания можно изготовить очень простой прибор (рис. 71).

На прямой длинной линейке на равных расстояниях расставляются шарнирчики и к ним привешиваются ниточки с грузиками. Длина ниточек должна быть такова, чтобы концы ниточек с подвешенными грузиками изображали траекторию пули на определенное, заранее выбранное расстояние. Если мы будем увеличивать углы возвышения, т. е. вращать линейку около точки вылета вверх, то будут получаться все новые и новые траектории (как показано на рисунке).

Построение способом вычисления

Ординаты траектории вычисляются по формуле:

$$B = \frac{Д\,(У_д - У_д)}{1\,000}.$$

Формула эта читается так: ордината B какой-либо точки траектории равна одной тысячной расстояния до этой точки $\left(\frac{Д}{1\,000}\right)$, умноженной на разность углов прицеливания, соответствующих дальности по прицелу ($У_д$) и дальности точки, для которой отыскивается ордината ($У_д$).

С помощью указанной формулы можно найти ординату любой точки траектории, пользуясь данными углов прицеливания, помещенными в стрелковой или пулеметной линейке.

Пример. Определить ординату траектории при стрельбе пулей обр. 1930 г. с прицелом 20 в расстоянии 900 *м*.

Из табл. 1б НСД-2 находим $У_{2000} = 56$ тысячным, а $У_{000} = 13$ тысячным.

Произведя подстановку, получим:

$$B = \frac{900\ (56 - 13)}{1\,000} = 38{,}7\ м.$$

Для доказательства справедливости этой формулы предположим, что при угле прицеливания *КОД* (рис. 72) получилась траектория *ОМД*.

Возьмем на этой траектории точку *М* в расстоянии, соответствующем расстоянию *ОГ* от точки вылета, и проведем через эту

точку линию прицеливания *ОМ*, тогда угол *КОМ* будет углом прицеливания для дальности *ОМ*.

Из рис. 72 видно, что *МГ* составляет ординату траектории *ОМД*, вместе с тем *МГ* составляет раствор угла *МОД* в расстоянии *ОГ* от точки вылета. Поэтому ординату можно найти по общей формуле, принятой для измерения углов в тысячных (стр. 57), а именно:

$$МГ = \frac{ОГ \cdot \angle МОД}{1\,000},$$

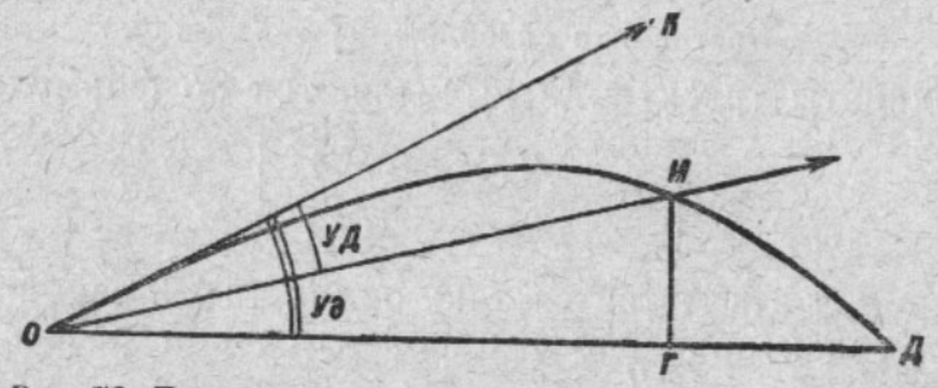


Рис. 72. Построение траектории способом вычисления

но угол *МОД* составляет разность углов *КОД* и *КОМ*, а поэтому

$$МГ = \frac{ОГ\,(\angle КОД - \angle КОМ)}{1\,000}.$$

Подставив упомянутые нами обозначения, получим:

$$В = \frac{Д\,(У_Д - У_д)}{1\,000}$$

Построение по данным таблиц стрельбы

Построение траектории по данным таблиц превышения средней траектории над линией прицеливания производят следующим образом.

На горизонтальной линии, в принятом для этой цели масштабе, через каждые 100 или 50 *м* откладывают отрезки, из точек которых восставляют перпендикуляры.

На этих перпендикулярах откладывают ординаты, высоту которых берут по данным таблиц НСД, но в другом более крупном масштабе.

Полученные на ординатах точки превышения соединяют плавной кривой, которая и будет траекторией для данной дальности.

Но так как масштабы по горизонтали и по вертикали различны, то полученная траектория будет иметь искаженную форму со значительно преувеличенной кривизной.

Для того чтобы получить действительное представление о форме траектории, необходимо построить ее ординаты в одном масштабе с основанием. Это можно сделать только для больших расстояний (свыше 2000 *м*).

3. Определение величины угла падения

Умение построить угол падения при заданной дальности стрельбы необходимо при решении целого ряда практических вопросов огневого дела.

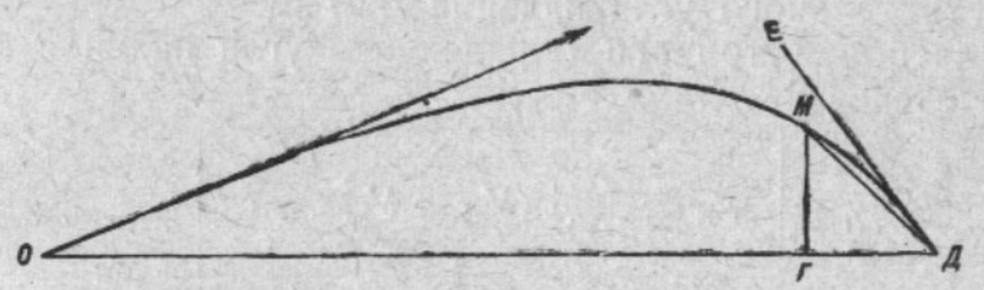


Рис. 73. Определение величины угла падения

Величина угла падения в 10 раз больше ординаты в 100 м от точки падения.

Докажем это на примере (рис. 73).

Возьмем на траектории точку *М* в 100 *м* от точки падения и, приняв конец траектории за прямую линию, допустим, что угол *МДГ* можно принять за угол падения *ЕДГ*. Применив общую формулу для определения угла $\left(У = \frac{В \cdot 1\,000}{Д}\right)$, находим:

$$\angle МДГ = \frac{МГ \cdot 1\,000}{ДГ} = \frac{МГ \cdot 1\,000}{100} = 10\ МГ.$$

Ординату *МГ* найдем при помощи таблиц НСД или вычислением по общей формуле:

$$B = \frac{Д \cdot У}{1\,000}.$$

В частном случае:
требуется определить угол падения для дальности 1 800 *м*.

$$МГ = \frac{1\,700\ (У_{1\,800} - У_{1\,700})}{1\,000}.$$

Из табл. 1б НСД-2 находим величину угла прицеливания: для дальности 1 800 *м* — 45 тысячных, для дальности 1 700 *м* — 40 тысячных, а потому:

$$У_п = \frac{10 \cdot 1\,700\ (45-40)}{1\,000} = 85 \text{ тысячным.}$$

Определенный таким способом угол *МДГ* меньше действительного угла падения *ЕДГ*.

Для более точного определения угла падения применяется формула:

$$\boxed{У_п = \frac{Д}{100} \cdot (У_Д - У_{Д-100})}$$

т. е. *угол падения равен одной сотой дальности, умноженной на разность двух смежных углов прицеливания для данной дальности и дальности на 100 м меньшей.*

Пример. Найти угол падения для дальности 1 800 *м*.

Угол прицеливания для дальности 1 800 *м* — 45 тысячных, для 1 700 *м* — 40 тысячных.

$$У_п = \frac{1\,800}{100} \cdot (45-40) = 90 \text{ тысячным.}$$

4. Поражаемое пространство

Расстояние, на протяжении которого траектория не поднимается над линией прицеливания выше цели (*АБ*) данной высоты, *называется поражаемым пространством* (*ВГ* и *OD*) по линии прицеливания (рис. 74).

Из этого определения видно, что поражаемое пространство зависит от высоты цели — оно будет тем больше, чем выше цель. При данной же высоте цели оно зависит от крутизны траектории и будет тем больше, чем нисходящая ветвь траектории будет итти ближе к линии прицеливания. Последнее в свою очередь характеризуется величиной превышения или



Рис. 74. Зависимость величины поражаемого пространства от высоты цели

углами падения: чем меньше угол падения, тем больше будет поражаемое пространство.

При стрельбе из одного и того же оружия по одной и той же цели (рис. 75) поражаемое пространство по линии прицеливания не зависит от угла места цели, т. е. оно не изменяется от того, будет ли линия прицеливания направлена выше горизонта или ниже него. Это основывается на независимости величины превышения траектории пули над линией прицеливания от направления последней, т. е. от угла места цели.

Таким образом, поражаемое пространство по линии прицеливания зависит только от угла падения, который изменяется с изменением расстояния до цели, а потому и называется *поражаемым пространством, соответствующим данной дальности*[1].

Знание величины поражаемого пространства, при данной установке прицела, необходимо для сравнительной оценки различных конструкций оружия и видов пуль. При этом безразлично, брать ли для сравнения данные прицеливания в подошву цели, в середину или же в голову цели. В смысле удобства для срав-

[1] При углах места цели, не превышающих 15°.

нения качества винтовок и пулеметов лучше брать величину поражаемых пространств по цели высотою в 1 *м*, так как эти величины обыкновенно даются в стрелковых таблицах.

Однако, при ведении огня в бою нас интересует не только поражаемое пространство у точки падения

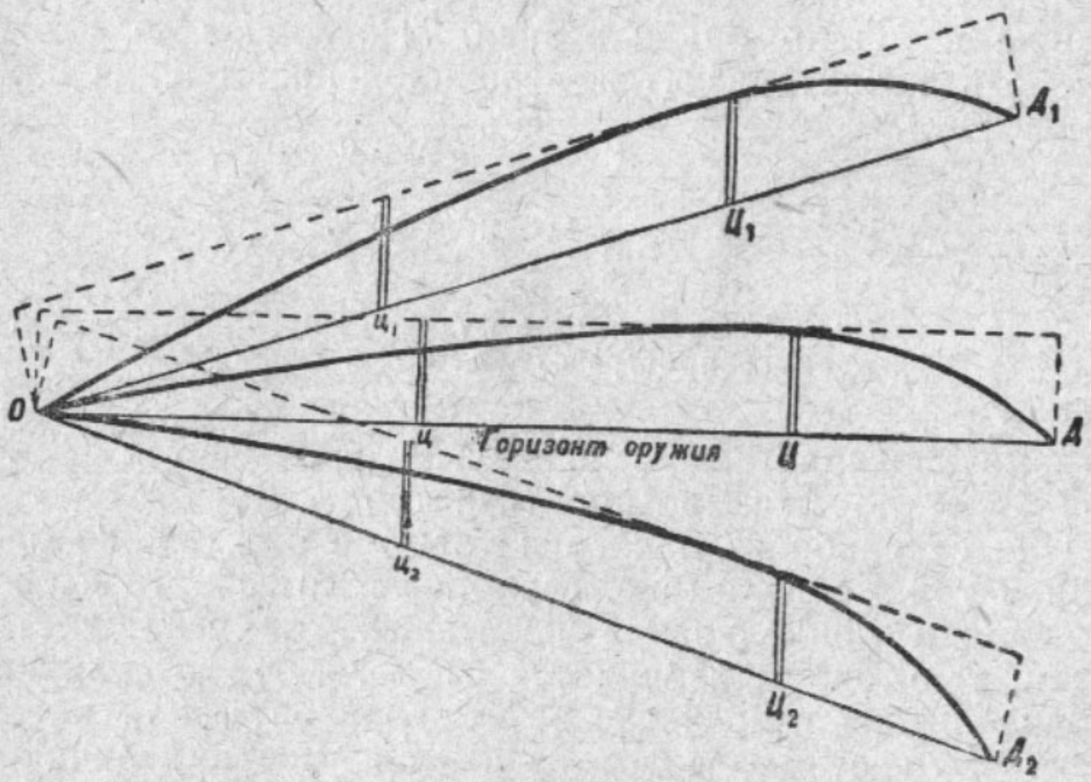


Рис. 75. Величина поражаемого пространства по линии прицеливания не зависит от угла места цели до 15°:

$$ОД = ОД_1 = ОД_2,$$
$$ОЦ = ОЦ_1 = ОЦ_2$$
$$ЦД = ЦД_1 = ЦД_2$$

пуль, но также и поражаемое пространство у точки вылета (рис. 74) по восходящей ветви траектории.

Поражаемое пространство у точки вылета в настоящее время приобретает весьма большое практическое значение, так как наличие и величина его позволяют делать расчеты по обстрелу близко расположенных целей. Это особенно важно в случаях обстрела мотоцелей и самолетов с близких расстояний. Поэтому, изучая вопрос о поражаемом пространстве, надо не забывать и высказанных выше положений.

5. Определение величины поражаемого пространства по величине угла падения

Зависимость между величиной поражаемого пространства ($П$) и углом падения ($У_п$) по цели данной высоты ($В$) (рис. 76) выражается формулой:

$$П = В \cdot \frac{1\,000}{У_п}.$$

Пример. Угол падения 30 тысячных. Определить величину поражаемого пространства по бегущей фигуре (высота 1,5 *м*).

$$П = \frac{1{,}5 \cdot 1\,000}{30} = 50\ м.$$

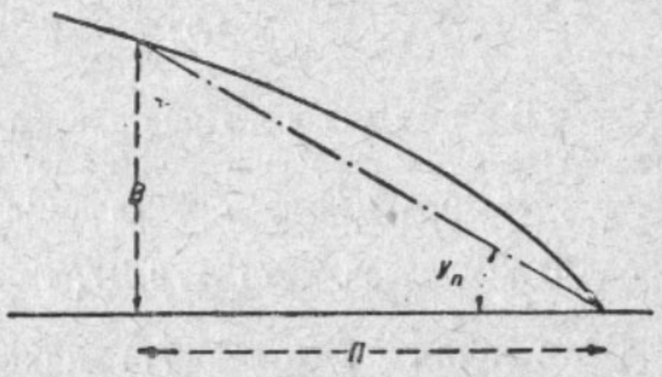


Рис. 76. Зависимость величины поражаемого пространства по линии прицеливания от величины угла падения

Для упрощения вычислений пользуются специальной таблицей коэфициентов поражаемого пространства (см. табл. 8а и 8б НСД-2).

В таблице надо отыскать величину коэфициента $\left(\frac{1\,000}{У_п}\right)$ для данного расстояния и умножить ее на высоту цели. Коэфициенты, данные в этой таблице, представляют величины поражаемого пространства по цели высотой в 1 *м*.

Таким образом, величина поражаемого пространства, соответствующего данной дальности, зависит от угла падения и с уменьшением этого угла увеличивается.

Если угол падения величиною в 1° выразить отвлеченным числом в виде отношения $\frac{1}{60}$ $\left(1° = 0\text{-}17\ тысячным, или\ \frac{17}{1\,000} = \frac{1}{60}\right)$, то для определения величины поражаемого пространства надо высоту цели умножить на величину, обратную полученному отношению.

Пример. Угол падения равен 3°. Определить величину поражаемого пространства по цели высотой 1,5 *м*.

Угол в 3° равняется $\frac{3}{60}$, или $\frac{1}{20}$.

Поражаемое пространство будет равно $1{,}5 \cdot 20 = 30$ *м*, или

$$1{,}5 \cdot \frac{60}{3} = 30 \text{ м}.$$

Примечание. При определении поражаемого пространства описанным способом может получиться небольшая разница сравнительно с табличными данными, что происходит от допущения, что $1° = 0{,}017$, а отношение округлено $\frac{1}{60}$.

Если цель *вг* (рис. 77) находится за закрытием, например за стенкой *аб*, то расстояние *ав*, на протяжении которого данная цель совершенно не поражается, называется *мертвым пространством*.

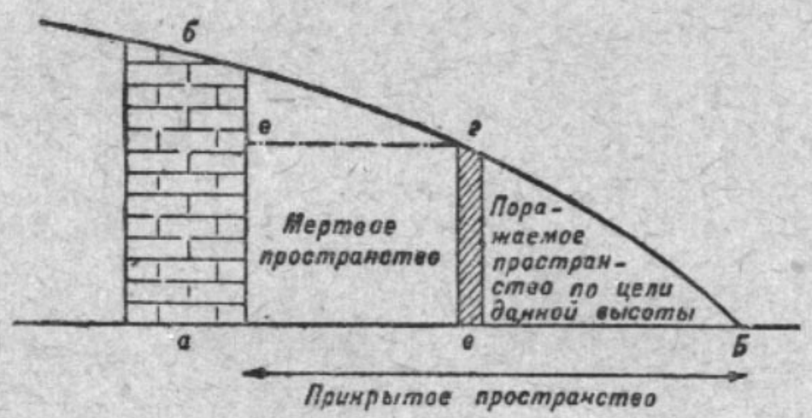


Рис. 77. Мертвое пространство

Из рисунка видно, что мертвое пространство представляет разность поражаемых пространств по закрытию *аб* и по цели высотой *гв*.

Прикрытым пространством называется пространство за закрытием заданной высоты, на которое при данной траектории не может упасть ни одна пуля.

Оно составляется из мертвого пространства и поражаемого пространства для данной цели.

6. Поражаемое пространство по местности

Если цель будет передвигаться по какой-либо местности, то траектория, в зависимости от местности, будет проходить через цель или выше нее. Все расстояние, считаемое по местности, на протяжении которого траектория не поднимается выше цели, называется *поражаемым пространством по местности* (рис. 78).

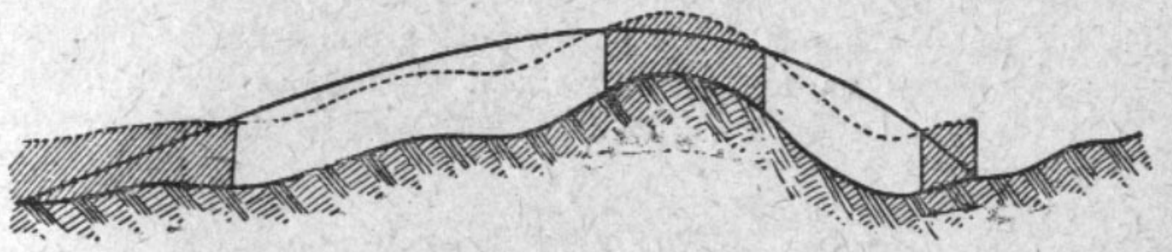


Рис. 78. Поражаемое пространство по местности

Для определения величины поражаемого пространства по местности надо в каждом отдельном случае построить траекторию для того расстояния, с какого производится стрельба, и в том же масштабе изобразить профиль рельефа местности.

Из самого определения величины поражаемого пространства по местности видно, что это пространство зависит от крутизны траектории, высоты цели и от рельефа местности, по которой перемещается цель. В том случае, когда наклон местности совпадает с линией прицеливания, величина поражаемого пространства зависит только от крутизны траектории и от высоты цели, а при одной и той же высоте цели зависит исключительно от крутизны и будет тем больше, чем нисходящая ветвь траектории будет итти ближе к линии прицеливания.

При стрельбе на местности, склоняющейся за целью, поражаемое пространство увеличивается тем в большей степени, чем больше наклон местности соответствует крутизне траектории.

Наибольшая величина поражаемого пространства получается при таком наклоне местности, при котором средняя траектория проходит над местностью на высоте, равной высоте цели; поэтому при стрельбе

с больших расстояний, вследствие довольно значительной крутизны траектории, могут поражаться крутые скаты местности, а при стрельбе с малых и средних расстояний, вследствие большой отлогости траектории, крутые скаты почти не поражаются. Слабо наклоненные за целью скаты могут поражаться и обстреливаться на значительной длине.

Например, при стрельбе из точки *А* (рис. 79) по скату цель, находящаяся в точке *В*, будет поражаема, а при стрельбе с близкого расстояния из точки *Б* та же цель поражаться не будет. Но

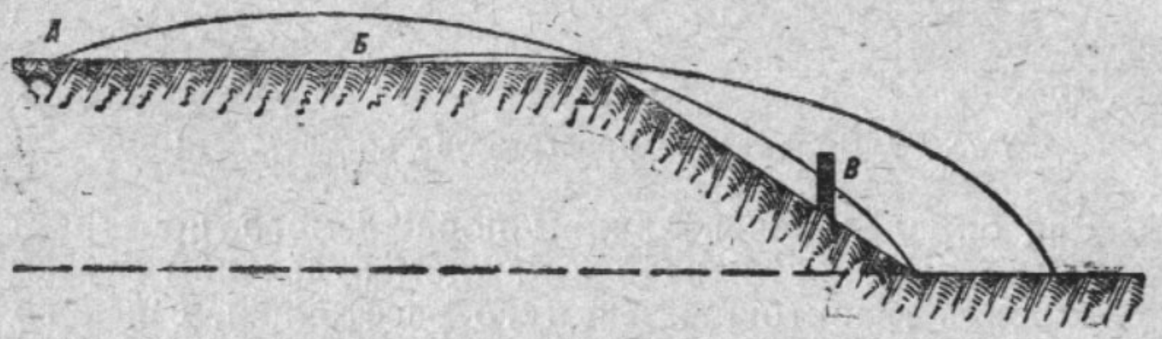


Рис. 79. Определение величины поражаемого пространства по местности

если местность за целью слабо понижается, то такой же высоты цель будет поражаема на значительном протяжении при стрельбе даже с близкого расстояния.

При стрельбе по цели, расположенной на горизонтальной местности, поражаемое пространство по местности будет тем больше, чем ближе к поверхности местности будет линия прицеливания. Поэтому величина поражаемого пространства зависит от положения оружия.

При стрельбе же на расстояния, превышающие 1 000 *м*, изменение в величине поражаемого пространства с изменением положения оружия становится настолько малым, что не имеет практического значения.

При стрельбе *сверху вниз,* чем выше установлено оружие над целью, тем круче падает пуля, и величина поражаемого пространства уменьшается.

При стрельбе *снизу вверх,* по склону возвышенности, величина поражаемого пространства тоже уменьшается, так как пуля встречает поверхность под бóльшим углом.

7. Поражаемое пространство при обстреливании скатов

Изучение величины поражаемого пространства по местности при том или ином ее наклоне показывает, что величина поражаемого пространства зависит от угла встречи и находится в определенном соотношении с величиной поражаемого пространства по линии прицеливания, для одной и той же установки прицела.

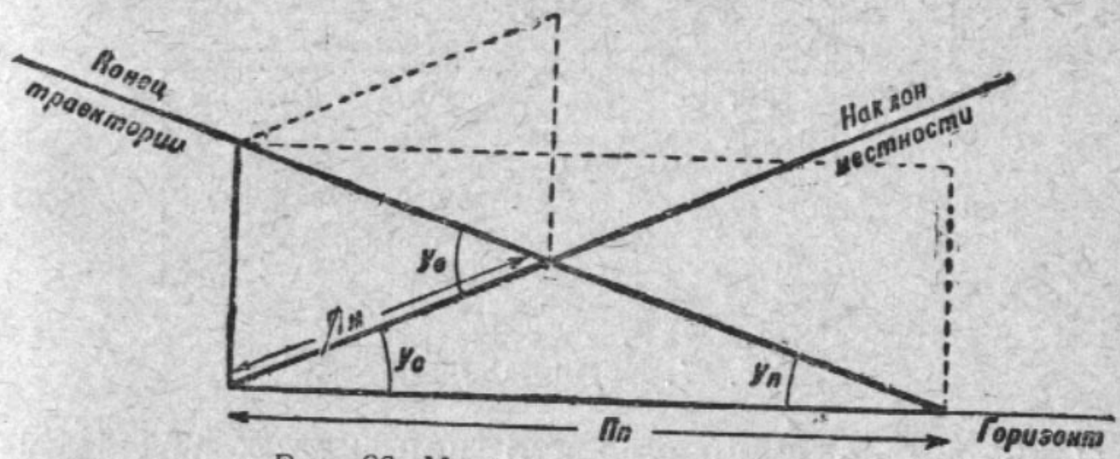


Рис. 80. Местность повышается:
$П_м$ — поражаемое пространство по местности; $П_п$ — поражаемое пространство по линии прицеливания; $У_п$ — угол падения; $У_в$ — угол выстрела; $У_с$ — угол ската (угол, составляемый линией местности, идущей вдоль ската, с горизонтом)

В тех случаях, когда местность повышается или понижается, поражаемое пространство определяется по формуле:

$$П_м = \frac{П_п \cdot У_п}{У_п \pm У_с},$$

т. е. *величина поражаемого пространства по местности ($П_м$) равняется величине поражаемого пространства по линии прицеливания ($П_п$), умноженной на отношение угла падения ($У_п$) к сумме углов падения ($У_п$) и ската ($У_с$), когда местность повышается, и к разности, когда понижается.*

Выведем приведенную формулу.

Из рис. 80 и 81 видно, что

$$\frac{П_м}{П_п} = \frac{\sin У_п}{\sin У_в},$$

отсюда

$$П_м = \frac{П_п \cdot \sin У_п}{\sin У_в}.$$

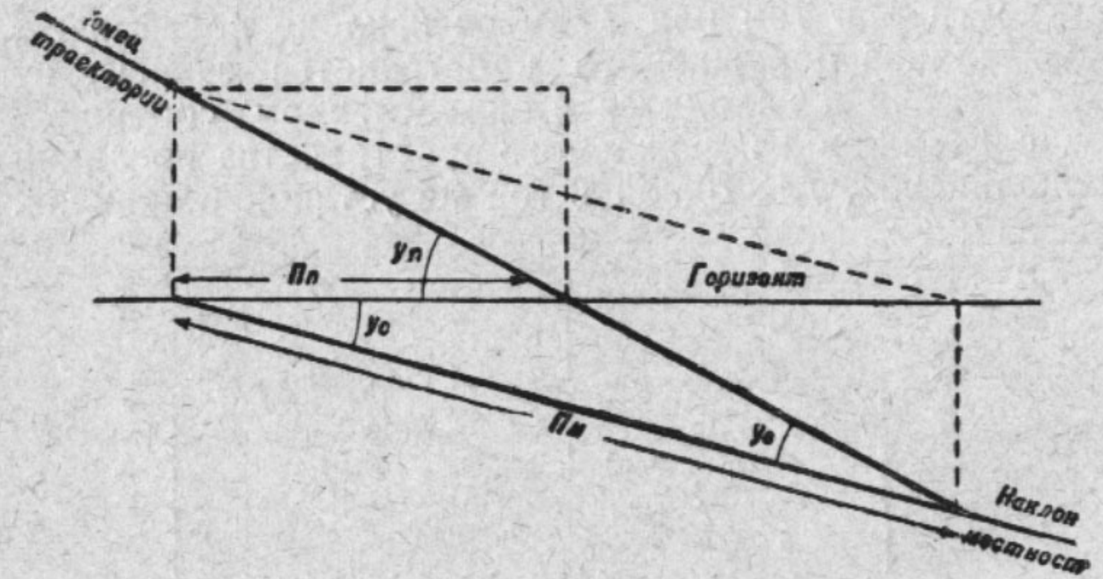


Рис. 81. Местность понижается

Принимая во внимание, что при малых углах sin α можно принять за величину угла, выраженного в тысячных долях, получим:

$$П_м = \frac{\frac{П_п \cdot У_п}{1\,000}}{\frac{У_в}{1\,000}},$$

а после сокращения

$$П_м = \frac{П_п \cdot У_п}{У_в},$$

а так как угол встречи в первом случае будет равен сумме углов падения и ската, а во втором разности этих углов, эту формулу можно выразить так:

$$\boxed{П_м = \frac{П_п \cdot У_п}{У_п \pm У_о}}.$$

Пример 1. Положим, что местность повышается. Дальность стрельбы 1 100 *м*; на этом расстоянии угол падения $У_п = 2°14' = 39$ тысячным. Если при этом местность у цели составляет с горизонтом угол $У_с = 17$ тысячным, то на основании только что выведенной формулы величина поражаемого пространства будет (для пули обр. 1908 г.):

$$П_м = П_п \frac{39}{39+17} = \frac{2}{3} \cdot П_п.$$

Таким образом, поражаемое пространство по местности в данном случае составляет $^2/_3$ от величины поражаемого пространства по линии прицеливания.

Величина поражаемого пространства по линии прицеливания для прицела на 1 100 *м* по цели высотою в 1 *м* составляет 25 *м*, значит величина поражаемого пространства по местности будет равна $\frac{2}{3} \cdot 25 = 17$ *м* (округленно).

Пример 2. Положим, что местность понижается по направлению к цели на $1° = 17$ тысячным ($У_с = 17$ тысячным).

$$П_м = П_п \frac{35}{35-17} = 2\,П_п,$$

т. е. поражаемое пространство по местности, при рассматриваемых условиях, будет вдвое больше величины поражаемого пространства по линии прицеливания. Для цели высотою в 1 *м* оно будет равно $2 \cdot 25 = 50$ *м*.

Если местность склоняется к цели на 2°, т. е. на 35 тысячных, то поражаемое пространство по вышеприведенной формуле получится большей величины; это показывает, что траектория в данном случае почти параллельна местности. Если местность склоняется больше, чем на 2°, то цель на некотором протяжении не будет поражаема; образуются прикрытое и мертвое пространства.

Взяв углы падения и углы ската в градусах, можно составить таблицу поражаемого пространства (табл. 5).

Величина поражаемого пространства, вычисленная по этой таблице, выражается в тех мерах, в каких будет взята высота цели: например, если высота цели в метрах, то и поражаемое пространство — в метрах.

Таблица 5

Поражаемые пространства при разном наклоне местности для цели высотой 1 *м*

(или других единиц линейного измерения)

Углы падения (градусы)	Местность повышается						Местность понижается				
	8°	6°	4°	2°	1°	0°	1°	2°	4°	6°	8°
½	8	10	15	30	55	110	—	—	—	—	—
1	7	8	11	20	30	55	—	—	—	—	—
2	6	7	10	15	20	30	60	—	—	—	—
4	5	6	7	10	12	15	20	30	—	—	—
6	4	5	6	7	8	10	12	15	30	—	—
8	3,5	4	5	5,5	6	7	8	9	14	28	—
10	3	3,5	4	5,5	5	9	7	8	10	15	30

Величина поражаемого пространства, которая находится в таблице при разном наклоне местности, составляет тот коэфициент, на который надо умножить высоту цели, чтобы получить величину поражаемого пространства по цели данной высоты. Поэтому табл. 5 можно назвать «таблицей коэфициентов» поражаемости цели при разном наклоне местности[1].

Для успешного обстреливания обратных скатов надо подобрать такую траекторию, чтобы пули проходили параллельно скату на высоте, не превышающей роста человека. Тогда местность, теоретически рассуждая, будет простреливаться на протяжении в несколько сот метров. В действительности для успешного обстреливания скатов необходимо, чтобы пули падали не параллельно скату, а несколько круче. Такое заключение выводится на основании следующих соображений. Если

[1] При условии, что высота цели не превосходит наибольшей ординаты стрельбы на данную дальность

на обратном скате местность ровная не волнистая, то максимальный результат получится при полете пуль в точности параллельно скату местности, т. е. так, как при совершенно настильном огне. Но так как на скатах всегда имеются неровности, в которых могут укрыться бойцы противника, то наилучший результат получается тогда, когда пули падают несколько круче ската.

В настоящее время необходимо уметь поражать цели не только ясно видимые, но и находящиеся за закрытиями. Это особенно важно при стрельбе из пулеметов.

Наиболее выгодным углом встречи при обстреле скатов будет угол, равный, примерно, 45 тысячным. Можно считать, что углы встречи 15-75 тысячных дают действительный огонь.

Таким образом, для определения возможности ведения пулеметного огня по скату надо знать угол встречи, для чего определить угол места цели, угол ската и по таблице найти угол падения. Если по подстановке численных величин этих углов в приведенное уравнение для $У_в$ окажется, что угол встречи заключается между 15 и 75 тысячными, то скат может быть обстрелян действительным огнем.

Для решения этого вопроса надо вывести зависимость величины поражаемого пространства от угла падения, угла места цели и угла встречи как при стрельбе сверху вниз, так и при стрельбе снизу вверх.

Выведем формулу этой зависимости. Из рис. 82 видно, что внешний угол:

$$(У_п - У_в) = У_м + У_с .$$

Преобразовав это уравнение, получим:

$$\boxed{У_в = У_п - У_с - У_м}$$

Внешний угол (рис. 83):

$$У_с = У_м + (У_п - У_в).$$

Преобразовав это уравнение, получим:

$$У_в = У_п - У_с + У_м.$$

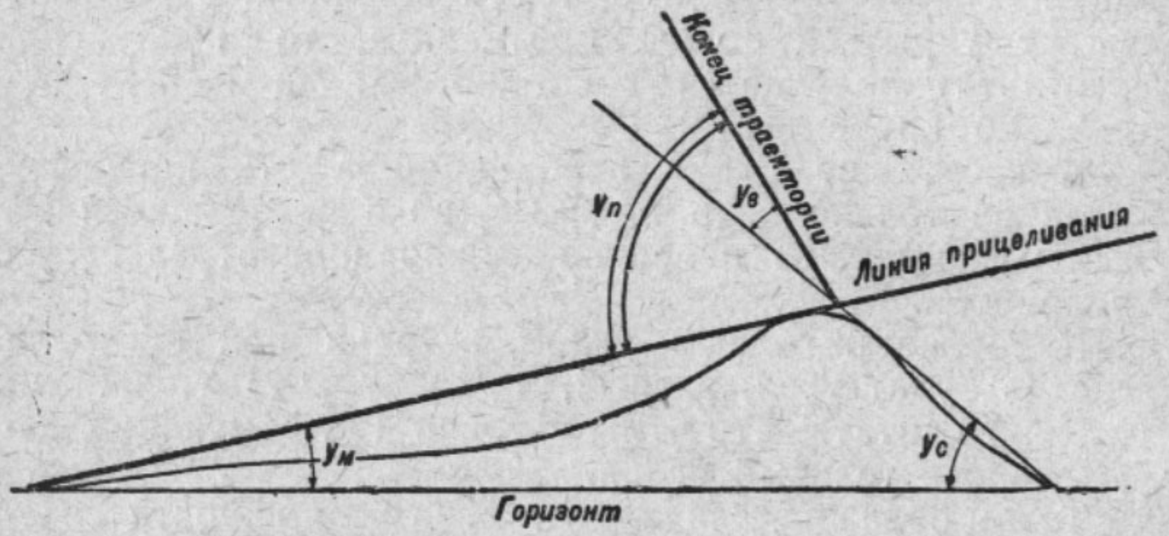


Рис. 82. Угол места цели положительный

Пример. Положим $У_с$ у цели определен в 20 тысячных, а $У_м$ (угол места цели) равен 30 тысячным. Затем предположим, что $У_п$, согласно таблицам стрельбы, равен 84 тысячным. Тогда угол

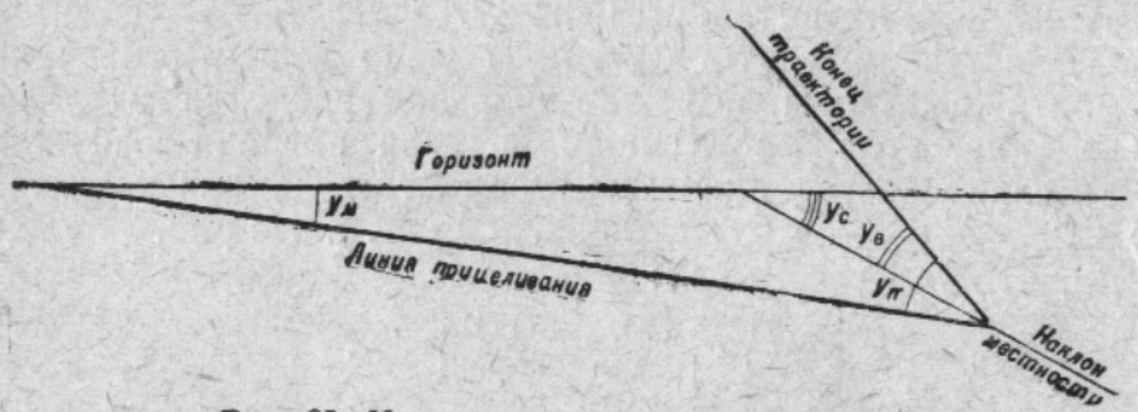


Рис. 83. Угол места цели отрицательный

встречи $У_в$ равен 84 — 20 — 30 = 34 тысячным; следовательно, скат может быть обстрелян действительным огнем.

Если при вычислении окажется, что угол встречи отрицательный, то это означает, что цель не может быть обстреляна с данной позиции.

8. Дальность прямого выстрела

Сравнение разного оружия (винтовок, пулеметов) по отлогости полета пули на малых расстояниях принято делать по дальности так называемого *прямого выстрела.*

Прямым выстрелом по данной цели называется такой выстрел, при котором вершина траектории не поднимается выше этой цели, т. е. данная цель находится в поражаемом пространстве на всем протяжении дальности, соответствующей поставленному прицелу.

Для того чтобы определить дальность прямого



Рис. 84. Нахождение дальности прямого выстрела

выстрела, надо построить траекторию пули для стрельбы с каким-нибудь прицелом, при котором вершина траектории пули была бы больше заданной высоты цели, и затем провести линию прицеливания так, чтобы превышение относительно этой линии было равно этой высоте. Делается это следующим образом.

Построив траекторию для какого-нибудь определенного расстояния, например 700 *м*, отметить в точке вылета (по масштабу) высоту цели, например 50 *см*, и через полученную точку провести касательную к траектории, а затем из точки вылета провести линию, параллельную этой касательной (рис. 84). Точка пересечения этой линии с траекторией пули даст дальность прямого выстрела.

Дальности прямого выстрела по целям разной высоты (рис. 85) из разного оружия сведены в табл. 6.

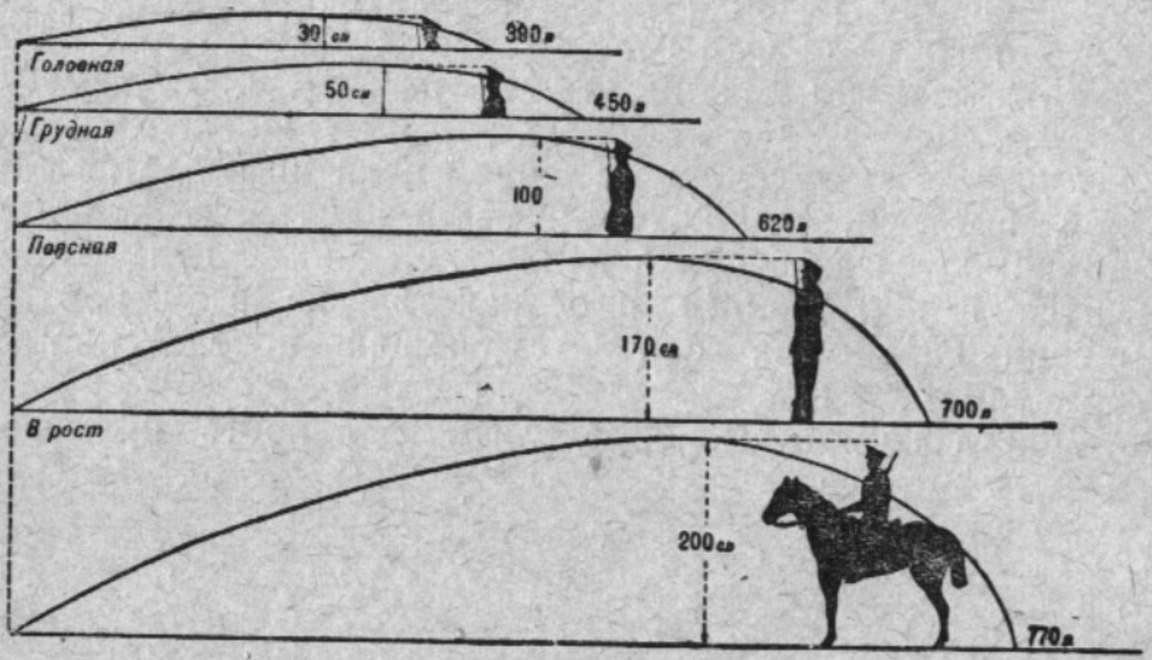


Рис. 85. Дальность прямого выстрела по целям разной высоты (пуля обр. 1908 г)

Таблица 6

Дальность прямого выстрела по целям разной высоты из разного оружия (в *м*)

Образцы оружия или пули	Высота цели				
	30 *см* (головная)	50 *см* (грудная)	100 *см* (поясная)	1,7 *м* (в рост)	2 *м* (всадник)
Винтовка 7,62-*мм* обр. 1891/1930 гг., пуля обр. 1908 г.	390	450	620	700	770
Пуля обр. 1930 г.	360	450	600	700	760
6,5-*мм* японская винтовка	340	400	550	630	970
7,62-*мм* с лучшей балистикой . .	400	350	630	770	850
Французская пуля	380	420	550	630	700
Немецкая пуля (тяжелая)	390	500	600	700	820

9. Зависимость прямого выстрела от отлогости траектории

Громадное значение отлогости траектории заключается в том, что *с увеличением отлогости увеличивается дальность прямого выстрела* по цели определенных размеров. Это дает возможность при наиболее отлогих траекториях поражать цели с больших расстояний, не переставляя прицела. В этом случае ошибки в определении расстояния не имеют решающего значения.

Главным недочетом отлогости является то обстоятельство, что даже малое, но не пробиваемое пулями, препятствие служит надежным закрытием от пуль. Другими словами, она создает большие мертвые пространства.

10. Постоянный прицел

Постоянным прицелом называется такая установка прицела, при которой оружие всегда носится.

В наших 7,62-*мм* винтовках обр. 1891/1930 гг. такая установка соответствует прицелу 1 (дальность 100 *м*).

При стрельбе с постоянным прицелом 4 (нарезанном в шагах) можно было поражать цели высотой в 50 *см*, не вынося точки прицеливания из пределов цели до пределов дальности, соответствующей постоянному прицелу (300 *м*). Однако, на войне выяснилось, что при стрельбе по более низким целям, высотой 20—30 *см*, точку прицеливания приходилось выносить из пределов цели. Так, например, при стрельбе по цели высотой 30 *см*, расположенной в 200—300 *м*, надо было целиться ниже цели на величину головы.

Между тем опыт войны показал, что противник так хорошо укрывается, что даже на самых близких расстояниях обнаруживает не всю голову, а лишь часть головы — не более 15—20 *см*. Для поражения такой малой цели, находящейся на расстоянии 150 *м* (200 шагов), приходилось брать точку прицеливания вне

цели, много ниже нее, что представляло большие неудобства. Ввиду этого теперь принята постоянная установка прицела в 100 *м*, что дает возможность при стрельбе по цели очень малой высоты поражать ее на всем протяжении в пределах этой дальности, прицеливаясь все время под цель.

ГЛАВА V

РАССЕИВАНИЕ ВЫСТРЕЛОВ

1. Причины рассеивания выстрелов

Предположим, что из оружия одного и того же образца произведено много выстрелов при совершенно одинаковых условиях в отношении всех данных стрельбы (высоты прицела, точки прицеливания, сорта и качества патронов и пр.). Казалось бы, что при таких условиях пули должны описывать одну и ту же траекторию и попадать в одну точку. В действительности же каждая пуля описывает особую траекторию, и все эти траектории в совокупности образуют как бы сноп, расходящийся от дула оружия и дающий при встрече с поражаемой поверхностью ряд пробоин, более или менее удаленных друг от друга (рис. 86).

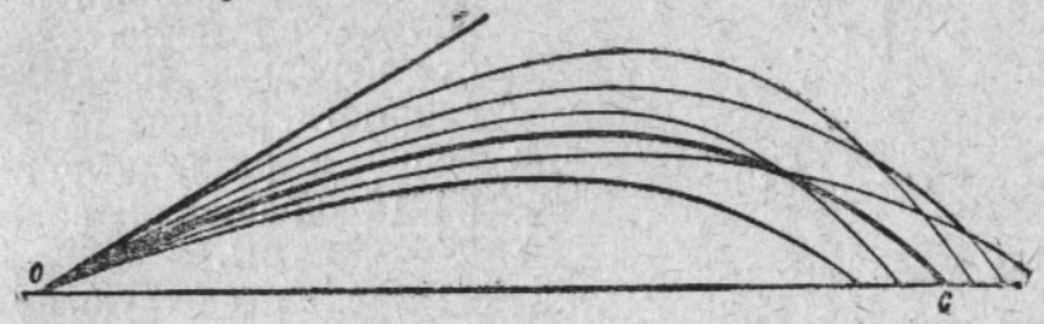


Рис. 86. Сноп траекторий:
OC — средняя траектория; *C* — средняя точка попадания

Это явление называется *рассеиванием пуль*, или рассеиванием траекторий. Оно происходит от случайных причин, действие которых меняется при каждом выстреле совершенно неуловимым образом, вследствие

чего нет возможности сохранить совершенно одинаковые условия для ряда выстрелов. Нельзя, например, достигнуть того, чтобы патроны были совершенно одинаковые,— непременно будет разнообразие в весах зарядов, в форме, в размерах, весе пуль и гильз; неминуемо также будет существовать некоторое разнообразие в движении пуль по каналу ствола, в углах вылета и пр. Равным образом при каждом выстреле будет иметь место некоторая неточность в положении оружия, разнообразие в движении пуль в воздухе и т. д.

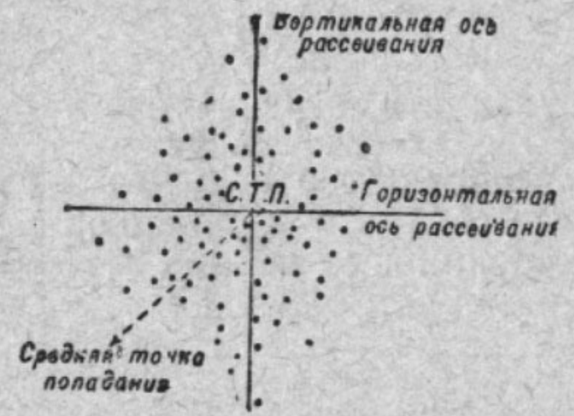


Рис. 87. Площадь рассеивания пуль и средняя точка попадания

В результате всех подобных (случайных), не поддающихся учету причин, выстреленные пули получат в действительности неравные начальные скорости, разные направления и различные скорости вращения вокруг оси фигуры.

Действие сопротивления воздуха на каждую пулю будет разное, поэтому пули опишут пучок траекторий, пересекающихся и переплетающихся между собой.

При пересечении этого снопа с какой-либо плоскостью получается ряд пробоин, занимающих некоторую площадь, называемую *площадью рассеивания.*

Если рассматривать пробоины пуль всех траекторий на какой-либо плоскости, т. е. на площади рассеивания, то, подобно тому как при измерении расстояния между двумя какими-нибудь точками или при взвешивании одного и того же предмета некоторая средняя величина является наиболее близкой к искомой истинной величине, точно так же и на площади рассеивания можно представить себе такую точку, которая будет средней по отношению ко всем остальным. Такая точка называется *средней точкой попадания* (рис. 87).

Воображаемая траектория *ОС* (рис. 86), соответствующая средней точке попадания, называется *средней траекторией.*

Различные данные при стрельбе (угол возвышения, горизонтальная дальность, ординаты превышений и т. д.) всегда относятся к средней траектории.

2. Закон рассеивания пуль

Вследствие случайных ошибок получаются каждый раз случайные траектории, которые дают случайные же попадания, отклоняющиеся от средней точки попадания. Однако, эти случайные попадания подчиняются в совокупности определенному закону — *закону рассеивания,* проявление которого можно проследить по некоторым признакам:

1. Если стрельба ведется по вертикальной или горизонтальной мишени таких размеров, что в нее попадают все пули, то при большом числе выстрелов на площади рассеивания пуль всегда можно найти такую точку, относительно которой пробоины располагаются *симметрично*, т. е. если на вертикальной мишени через среднюю точку попадания провести взаимно перпендикулярные линии или продольную и перпендикулярную к ней линии на горизонтальной мишени, то относительно этих линий, которые называются *осями рассеивания*, пробоины располагаются поровну по ту и другую сторону осей (рис. 87).

2. Пробоины по площади располагаются *неравномерно.* Наиболее густо они группируются около средней точки, и по мере удаления от нее число пробоин становится все меньше и меньше. Если на горизонтальной или вертикальной осях рассеивания отложить одинаковое произвольное число отрезков и через полученные деления провести прямые, параллельные осям, то получится ряд полос (горизонтальных или вертикальных) одинаковой ширины; при этом число пробоин в той или иной полосе тем меньше, чем она дальше отстоит от средней точки попадания.

3. Пробоины располагаются *закономерно*, т. е. число пробоин в полосах равной ширины и равно отстоящих от осей рассеивания одинаково. В каждой из полос, имеющих одинаковую ширину, заключается совершенно определенное число пробоин.

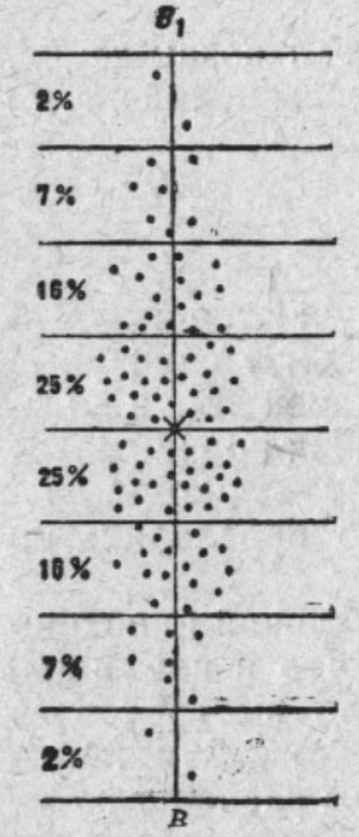


Рис. 88. Распределение точек попадания в бесконечной полосе. Шкала рассеивания:
BB_1 — ось рассеивания по дальности

Таким образом, закон рассеивания можно формулировать так: *при достаточно большом числе выстрелов, произведенных при возможно одинаковых условиях, рассеивание пуль симметрично, неравномерно и ограничено некоторыми пределами.*

Если через среднюю точку попадания провести ось рассеивания (вертикальную или горизонтальную) и затем параллельно этой оси провести линию в таком расстоянии, чтобы в полосе между этими двумя линиями было 25% пробоин, то во второй от средней точки попадания такой же полосе будет 16%, в третьей полосе — 7%, в четвертой — 2% (рис. 88 и 89).

В таких же полосах, но с другой стороны оси рассеивания будет заключаться совершенно такое же число попаданий.

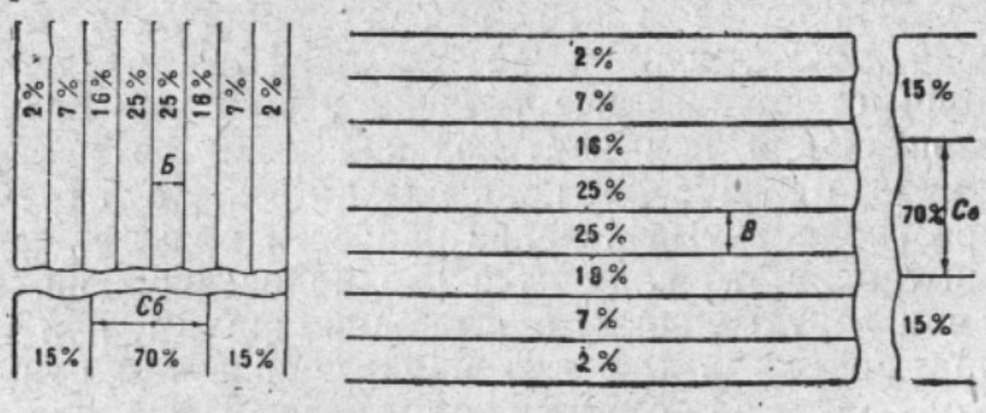


Рис. 89. Сердцевинные полосы

Полоса рассеивания, разбитая на 8 равных частей с обозначением процентов попадания пуль в каждой из них, носит название *шкалы рассеивания.*

Рассеивание выстрелов на вертикальной плоскости рассматривается как рассеивание по высоте и боковое, а на горизонтальной плоскости — по дальности и боковое.

Боковое рассеивание для одних и тех же траекторий в обоих случаях одно и то же.

При стрельбе из различного оружия, например: станкового пулемета, винтовки, ручного пулемета и т. д., или из одного и того же оружия, но при различных условиях (дальность, условия стрельбы), закон рассеивания остается один и тот же, но площади рассеивания по своим размерам будут разные.

Срединным отклонением называется половина ширины полосы рассеивания, в которую попадает половина (50%) *всех выпущенных пуль, при условии, что средняя точка попадания находится в середине ширины этой полосы.*

Срединное отклонение равняется ширине полосы, в которой заключается 25% попаданий, при условии, что средняя точка попадания находится на краю этой полосы.

Если все рассеивания по ширине, или по высоте, или по дальности разделить на три полосы, то в средней, **сердцевинной, полосе** будет 70%, а в крайних — по 15% попаданий.

Зная ширину какой-либо полосы, вмещающей определенный процент попаданий, можно составить вполне ясную картину о рассеивании и определить, сколько пробоин находится в каждой полосе и каковы размеры общей площади рассеивания пуль.

Пример 1. При стрельбе из пулемета на 100 *м* срединное отклонение по дальности оказалось равным 30 *м*, значит длина всей площади рассеивания по дальности будет $30 \cdot 8 = 240$ *м*.

Пример 2. При стрельбе отделением стрелков на 800 *м* сердцевинная полоса по дальности оказалась равной 120 *м*, значит рассеивание по дальности будет $120 \cdot 3 = 360$ *м*.

3. Определение положения средней точки попадания на вертикальной плоскости

Так как пули наиболее густо располагаются около средней точки попадания, задача всякой стрельбы заключается в том, чтобы по возможности совместить эту точку с тем местом цели, которое желательно подвергнуть наиболее сильному поражению. Для этого прежде всего нужно уметь определить положение средней точки попадания.

Точность этого определения зависит от числа произведенных выстрелов: чем больше сделано выстрелов, тем точнее может быть установлено место расположения средней точки попадания.

Определение средней точки попадания основывается на симметричности расположения отдельных попаданий около этой точки и производится графически или путем вычисления.

Графические способы определения

По пересечению осей рассеивания. На мишени с пробоинами от серии произведенных выстрелов проводят горизонтальную линию так, чтобы выше этой линии было столько пробоин, сколько находится их ниже этой линии. Затем проводят вертикальную линию так же, чтобы число пробоин, расположенных с правой стороны этой линии, было одинаково с числом пробоин, находящихся с левой стороны. Точку пересечения таких двух линий (осей рассеивания) принимают за среднюю точку попадания.

Последовательное графическое определение. При малом числе пробоин среднюю точку попадания определяют как центр тяжести для нескольких точек. Для этого соединяют прямой линией две какие-либо пробоины, например (*1*) и (*2*) (рис. 90), и расстояние между ними делят пополам; точку деления соединяют с третьей пробоиной и расстояние между ними делят на три равные части; и так поступают до соединения с последней пробоиной. Таким порядком последовательно приближаются к средней точке

попадания. Каждое определение дает среднюю точку попадания для данного числа пробоин, например первое определение дает среднюю точку попадания для двух пробоин, второе — для трех и т. д.

Способ этот, сравнительно точный, принят у нас для определения средней точки попадания при проверке боя винтовок и пулеметов. Надо заметить, что применение его при большом числе пробоин затруднительно.

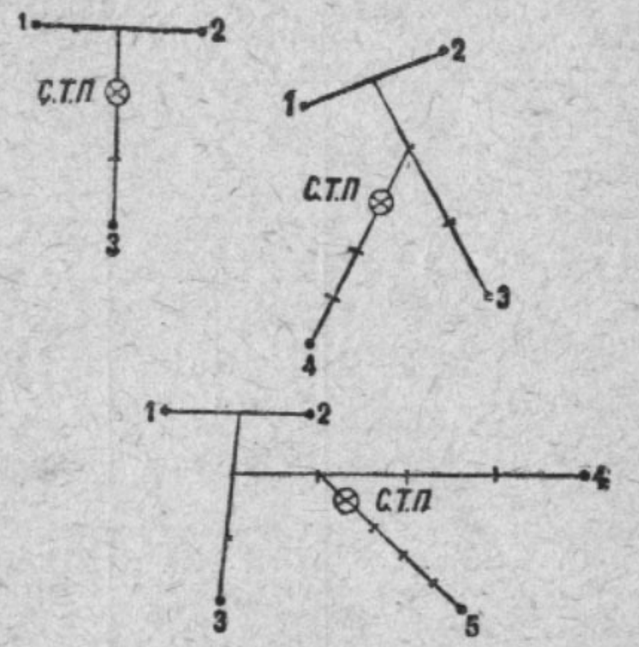


Рис. 90. Нахождение средней точки попадания при малом количестве пробоин

Способ вычисления

Этот способ основан на том, что попадания располагаются симметрично, откуда суммы отклонений всех пробоин вверх и вниз, а также вправо и влево от точки пересечения двух взаимно перпендикулярных линий, проведенных через среднюю точку попадания, должны быть равны между собой. Поэтому для определения средней точки попадания надо взять сумму всех отклонений вниз и вверх от произвольно проведенной горизонтальной линии и, если эти суммы неравны, из большей суммы вычесть меньшую и разность разделить на число всех пробоин; частное укажет отклонение средней точки попадания от этой линии по высоте. Точно так же для нахождения отклонения средней точки попадания в сторону надо взять сумму всех отклонений вправо от произвольно проведенной вертикальной линии, затем сумму всех отклонений влево, из большей суммы вычесть меньшую и разность разделить на число пробоин.

Покажем применение этого способа на частном примере. Предположим, произведено 20 выстрелов в вер-

тикальную мишень (рис. 91) и измерены отклонения пробоин (в сантиметрах) до двух взаимно перпендикулярных линий, проходящих через точку прицеливания.

№ пробоин по пор.	По высоте		В сторону	
	Выше +	Ниже —	Вправо +	Влево —
	Сантиметры			
1	38	—	—	2
2	25	—	22	—
3	20	—	—	5
4	16	—	—	14
5	15	—	13	—
6	12	—	3	—
7	9	—	—	1
8	8	—	5	—
9	7	—	—	3
10	6	—	0	—
11	6	—	4	—
12	4	—	7	—
13	3	—	—	2
14	2	—	4	—
15	1	—	1	—
16	—	2	—	7
17	—	5	9	—
18	—	10	17	—
19	—	15	—	15
20	—	20	26	—
Сумма . . .	172	52	111	49

Найдем последовательно сумму отклонений пробоин вверх, вниз, вправо и влево, считая отклонения вверх и вправо положительными, а отклонения вниз и влево отрицательными. Сумма отклонений вверх — 172, вниз — 52, вправо — 111 и влево — 49. Если бы сумма вертикальных отклонений вверх от горизонтальной линии была равна сумме вертикальных отклонений вниз, то это означало бы, что средняя точка попадания находится на этой горизонтальной линии; точно так же если бы сумма отклонений вправо от вертикальной линии была равна сумме отклонений влево, то это показало бы, что средняя точка попадания находится на этой вертикальной линии. Из таблицы отклонений видно, что сумма отклонений вверх (172) больше суммы отклонений вниз (52), это показывает, что средняя точка попадания расположена выше точки прицеливания на $172 - 52 = 120$. Если полученную разность разделить на число пробоин (20), получим среднее отклонение $\frac{+172 - 52}{20} = +6$ *см*, и следовательно, средняя точка попадания расположена выше точки прицеливания. Точно так же для определения, насколько средняя точка попадания расположена правее точки прицеливания, следует из суммы отклонений вправо (111) вычесть сумму отклонений влево (49) и полученную разность разделить на число пробоин:

$$\frac{111 - 49}{20} \approx 3 \text{ см}.$$

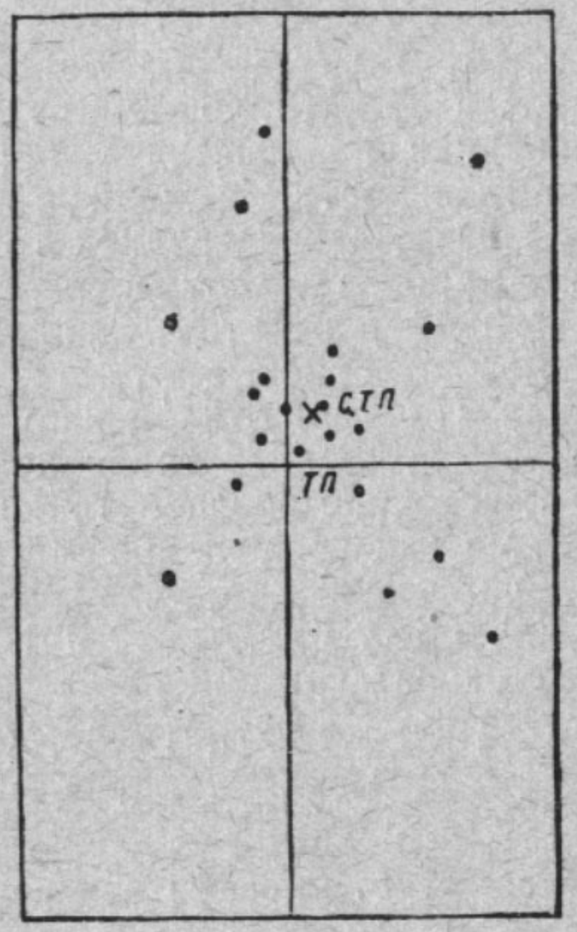


Рис. 91. Расположение пробоин на мишени:
ТП — точка прицеливания; *СТП* — средняя точка попадания

4. Определение средней точки попадания на местности

Если стрельба производится по цели на местности, дающей возможность отмечать попадания пуль (по сырому песку на пляже, по снегу, по поверхности льда и пр.), то можно установить, что площадь рассеивания получается значительно более растянутой по дальности, нежели в стороны. В этом случае для нахождения средней точки попадания на местности прокладывают прямую линию по направлению стрельбы и от этой линии, называемой *директрисой*, измеряют боковые отклонения попаданий отдельных пуль. По этим отклонениям определяют боковое отклонение средней точки попадания.

Расстояние средней точки попадания от дула получается как средняя арифметическая величина расстояний отдельных пробоин. Например, при дальностях 1 500, 1 650, 1 725, 1 800 и 1 900 средняя дальность будет равняться:

$$\frac{1\,500+1\,650+1\,725+1\,800+1\,900}{5}=1\,715\ м.$$

5. Способы измерения рассеивания

Задача всякой стрельбы заключается в том, чтобы получить возможно большее число попаданий в цель. Число же попаданий зависит от большего или меньшего рассеивания выстрелов, в котором проявляется влияние всех многообразных условий стрельбы. Обыкновенно некоторую величину рассеивания, в зависимости от состояния вооружения в данное время и вообще от положения стрелкового дела, принимают за критерий для сравнительной оценки достоинств различных стрельб. Путем такого сравнения можно оценивать свойство оружия, качество стрелков и вообще выяснять влияние и значение различных условий стрельбы. Если при какой-либо стрельбе получаются неблагоприятные результаты по сравнению с установленной нормой, то, выяснив причины этого, можно принять меры к устранению их.

Определение величины рассеивания по срединным (вероятным) отклонениям

Наиболее просто и точно оценить величину рассеивания можно *по величине срединного отклонения*. Если мы знаем численную величину этого отклонения, то мы можем иметь вполне определенное суждение о величине всего рассеивания.

Чтобы найти срединное отклонение непосредственно на мишени, поступают так, как это показано на рис. 92.

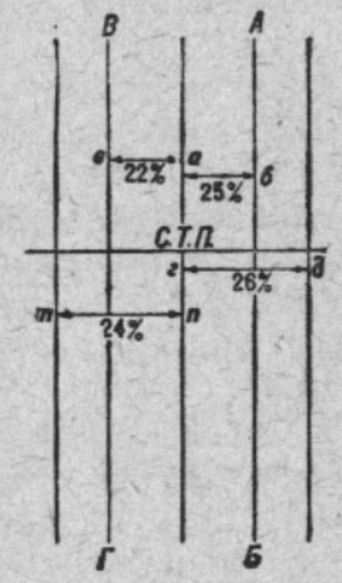


Рис. 92. Нахождение величины срединных отклонений

Сначала нужно найти среднюю точку попадания и провести вертикальную и горизонтальную оси, затем провести вертикальную линию *АБ* в таком расстоянии от оси, чтобы число пробоин в полосе *аб* было 25%; по другую сторону от средней точки попадания провести вторую вертикальную линию *ВГ* и в полосе *ав* подсчитать число пробоин. Если число пробоин в этой полосе окажется 25%, то величина срединного отклонения и будет равна *аб*. Но такой случай при небольшом числе выстрелов бывает не всегда. Чаще всего число пробоин с одной стороны бывает больше или меньше, чем с другой; например, в полосе *аб* — 25%, а в полосе *ав* — 22%; в этом случае вертикальные линии надо провести так, чтобы полосы были равны между собой по ширине и чтобы в обеих полосах вместе было 50% пробоин; число же пробоин в одной полосе может быть больше или меньше, чем в другой. Например, полоса *тп* равна полосе *гд*, в обеих полосах вместе (24 + 26) 50% пробоин, но в полосе *тп* их меньше, чем в полосе *гд*. Таким образом, ширина *тп*, равная *гд*, составляет величину срединного отклонения.

Точно так же находится срединное отклонение по высоте. Величину срединного отклонения можно найти еще более простым, но менее точным способом. На

мишени или на чертеже, на котором нанесены все пробоины, проводят две горизонтальные или две вертикальные линии, параллельные осям, таким образом, чтобы для каждой линии с внешней стороны оставалось по $^1/_4$ части от всего числа пробоин, т. е. по 25% пробоин; половина расстояния между двумя такими линиями даст величину срединного отклонения.

Срединные отклонения вычисляются в трех направлениях — в вертикальном, боковом и продольном (в дальности). Условились обозначать их буквою B[1] со значком внизу, означающим, по какому направлению берется отклонение:

а) вертикальное срединное отклонение (по высоте) через $B_в$;

б) боковое (в сторону) срединное отклонение через $B_б$;

в) продольное (в дальности) срединное отклонение через $B_д$.

Существует вполне определенная зависимость между срединным отклонением по высоте и срединным отклонением в дальности, которая выражается формулой:

$$B_в = B_д \cdot У_п,$$

т. е. величина срединного отклонения по высоте равна величине срединного отклонения в дальности, умноженной на величину угла падения, выраженного в тысячных.

Выводится эта зависимость при допущении, что конец траектории представляет собой прямую линию, поэтому данная формула особой точностью не отличается.

Существует постоянная и определенная зависимость между размерами всей площади рассеивания и величинами срединных отклонений, а именно: полное рассеивание по высоте $= 8B_в$; по боковому направлению $= 8B_б$ и в дальности $= 8B_д$.

[1] Так как раньше эти отклонения называли не срединными, а вероятными, то для обозначения взята начальная буква этого слова.

Определение величины рассеивания по сердцевинной полосе

Было уже сказано, что между размером сердцевинной полосы, заключающей 70% пуль, и общим рассеиванием всех пуль существует зависимость, выражающаяся в том, что полное рассеивание в три раза больше этой полосы. Следовательно, о величине рассеивания выстрелов можно судить по размерам сердцевинной полосы.

Для простоты и притом без особого ущерба для точности выводов принимают, что только те пули наносят действительное поражение, которые находятся внутри сердцевинной полосы. Кроме того, допускают, что пули по всей сердцевинной полосе *расположены равномерно* и что от пуль, находящихся вне полосы, вследствие их разбросанности, существенного поражения ожидать нельзя.

Таким образом, сердцевинная полоса представляет собой равномерно обстреливаемую часть общей площади рассеивания.

Величины сердцевинных полос определяются по величине срединного отклонения, а именно: сердцевинная полоса равняется трем срединным отклонениям.

Величина сердцевинной полосы может быть определена непосредственно на мишени или на местности (как по высоте, так и в дальности).

Если в мишень попали все пули или все пули найдены на местности, то надо отсчитать от крайней верхней и нижней (дальней и ближней) пробоин по 15% всех выпущенных пуль и провести горизонтальные линии. Расстояние между этими двумя линиями и укажет величину сердцевинной полосы по дальности (рис. 93).

Условимся обозначать сердцевинную полосу по высоте через $C_в$, по боковому направлению через $C_б$ и в дальности через $C_д$.

Зависимость между сердцевинными полосами по высоте и в дальности будет выражаться так:

$$C_в = C_д \cdot У_п.$$

Сердцевина рассеивания

До сих пор мы рассматривали рассеивание по одному какому-либо направлению: по высоте, в дальности и боковому.

Если же возьмем две полосы, например, одну вертикальную, а другую горизонтальную, то, пересекаясь, они образуют площадь, в которой будет также вполне определенный процент попаданий, который определяется произведением процентов попаданий по обоим направлениям, разделенным на 100. Например, в площадь, образованную пересечением двух

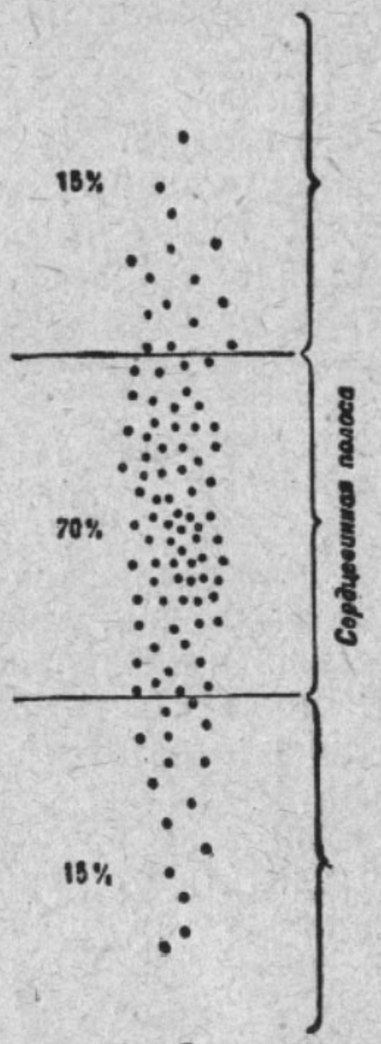


Рис. 93. Определение величины сердцевинной полосы в дальности на местности

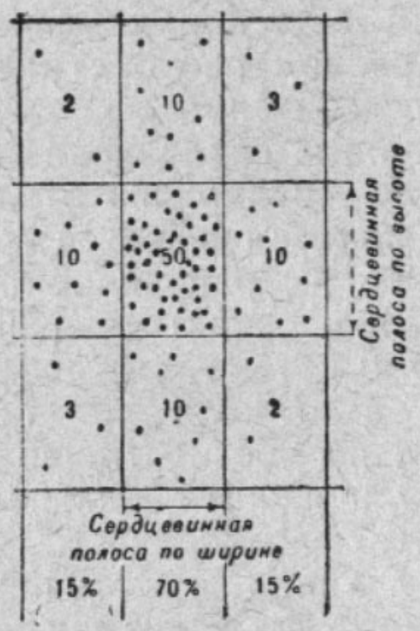


Рис. 94. Определение величины рассеивания по сердцевинной полосе

сердцевинных полос, из которых в каждую попало по 70% пуль, попадет $\frac{70 \cdot 70}{100} = 49\%$, или, за округлением, 50%.

Площадь эта называется ***сердцевиною***.

Для более наглядного представления о рассеивании выстрелов всю площадь рассеивания разделим на полосы; при этом образуется 9 участков (прямоугольников) (рис. 94), количество пробоин в которых можно определить указанным выше способом или по табл. 7.

Таблица 7

Определение количества пробоин в полосах площади рассеивания

Число всех пробоин в горизонтальных рядах	15%	70%	15%	В процентах
1 500	225 (1/20)	1 050 (1/5) сердцевина	225 (1/20)	15
7 000	1 050 (1/5)	(1/2) (50%) 4 900	1 050 (1/5)	Сердцевинная полоса 70
1 500	225 (1/20)	1 050 (1/5)	225 (1/20)	15
Число всех пробоин в вертикальных рядах	1 500	7 000	1 500	—

Если число пробоин в сердцевине принять за единицу, то число пробоин, приходящихся на такую же площадь, находящуюся на таком же участке, но в другом месте, будет меньше, что и показано в табл. 7 дробью (например, 1/20 означает, что на угловых участках число попаданий в 20 раз меньше).

В этом случае, когда рассеивание выстрелов измеряется срединными отклонениями, для выяснения закона рассеивания надо разделить всю площадь прямыми, параллельными плоскости стрельбы и отстоящими одна от другой на величину срединного отклонения по горизонтали (в сторону). При этом получится 8 симметрично расположенных полос, которые разбивают площадь на 64 равных прямоугольника. В зависимости от положения каждого прямо-

угольника относительно средней точки, проценты попаданий в тот или иной из этих прямоугольников будут различны. Процент попадания в каждый прямоугольник высчитывается путем *перемножения процентов попаданий в полосы,* от пересечения которых этот прямоугольник образовался, и деления полученного произведения на 100.

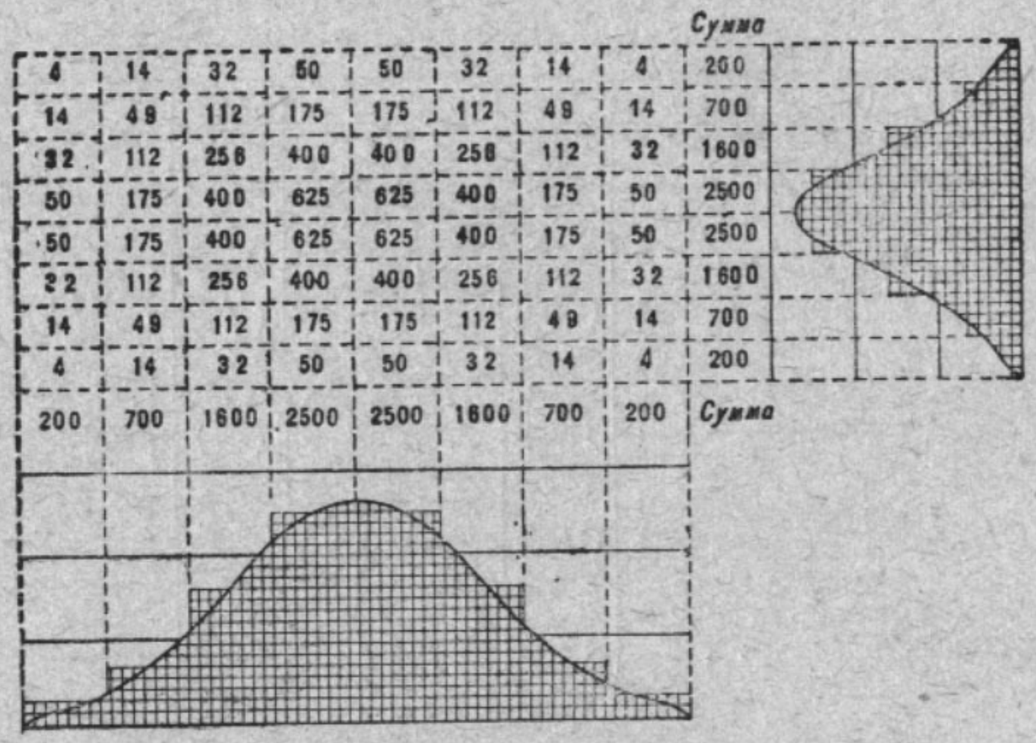


Рис. 95. Схема распределения попаданий на площади рассеивания для 10 000 выпущенных пуль

Если представим себе, что каждая пуля после падения на землю остается на земле, то при большом количестве выпущенных пуль на площади рассеивания образуется кучка или горка пуль, и чем больше кучность[1], т. е. чем меньше величина рассеивания пуль, тем круче горка.

На рис. 95 дана схема распределения попаданий для 10 000 выпущенных пуль и показан профиль предполагаемой горки пуль.

---

[1] О кучности см. гл. VIII. — *Ред.*

Определение величины рассеивания по радиусу круга, вмещающего лучшую половину пуль

О величине рассеивания пуль можно судить не только по сердцевинам и не только по величинам срединных отклонений, но также и по величине радиуса круга, вмещающего лучшую, т. е. ближайшую к средней точке попадания, половину пробоин (рис. 96). О величине рассеивания можно также судить и по радиусу круга, вмещающего все пробоины.

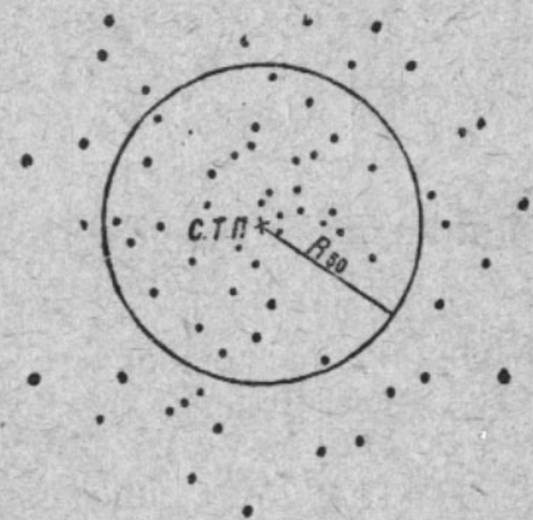


Рис. 96. Радиус круга, вмещающего лучшую половину пуль (50%)

Оба эти положения основываются на том, что между обоими радиусами существует определенное соотношение:

$$R_{100} = R_{50} \cdot 3.$$

Для определения величины этих радиусов надо найти на мишени или на чертеже, на котором отмечены пробоины от серии произведенных выстрелов, среднюю точку попадания; затем для определения круга, вмещающего лучшую половину пуль, поставить одну ножку циркуля в среднюю точку попадания и подыскать такое растворение циркуля, при котором очерченная окружность охватила бы половину всех пробоин. Подобным же образом поступают и при определении радиуса круга, вмещающего все пули, причем подыскивают наименьший радиус круга, в который были бы захвачены все пули.

Величина радиуса круга лучшей половины пуль (R_{50}) находится в строго определенной зависимости от величины срединного отклонения по вертикали (по высоте) и горизонтали (в сторону). В том случае, когда величины срединных отклонений по высоте и

по боковому направлению $B_в$ и $B_б$ равны между собой, радиус круга, вмещающего лучшую половину пуль,

$$R_{50} = 1{,}76 \cdot B.$$

Когда же величины срединных отклонений по вертикали и в сторону различаются между собою, то

$$R_{50} = 1{,}76 \sqrt{B_б \cdot B_в} = 0{,}6 \sqrt{C_в \cdot C_б}.$$

6. Влияние расстояния до цели на величину срединного отклонения по дальности ($B_д$).

Величина рассеивания пуль по высоте и в стороны растет значительно быстрее, чем увеличивается дальность стрельбы. Это об'ясняется тем, что отклонение пули в полете происходит не только от разнообразия в прицеливании, разнообразия в углах бросания, но и от многих других причин, как, например, от состояния погоды.

Рассеивание же по дальности с увеличением расстояния стрельбы, примерно, до 2000 *м* уменьшается, а затем начинает снова возрастать. Происходит это потому, что рассеивание по дальности зависит от двух причин: а) от рассеивания по высоте и б) от величины угла падения.

Рассеивание в дальности равняется рассеиванию по высоте, деленному на угол падения:

$$3 \cdot C_д = \frac{3 \cdot C_в}{y_п}.$$

С увеличением дальности стрельбы рассеивание по высоте увеличивается, угол падения тоже возрастает, но в большей степени, почему рассеивание в дальности уменьшается. Однако, при стрельбе на очень большие дальности рассеивание по высоте увеличивается в значительно большей степени, чем увеличивается угол

падения, почему на таких расстояниях рассеивание в дальности начинает вновь возрастать (рис. 97).

Пример. Требуется определить размеры сердцевины выстрелов в дальности при стрельбе на 1 500 *м*.

Найти по оси XX_1 расстояние 1 500 *м*; затем, идя вверх до пересечения с кривой, посмотреть, против какого числа на оси XY будет находиться точка пересечения. Это число покажет размеры сердцевины выстрелов, в нашем примере 37 *м*.

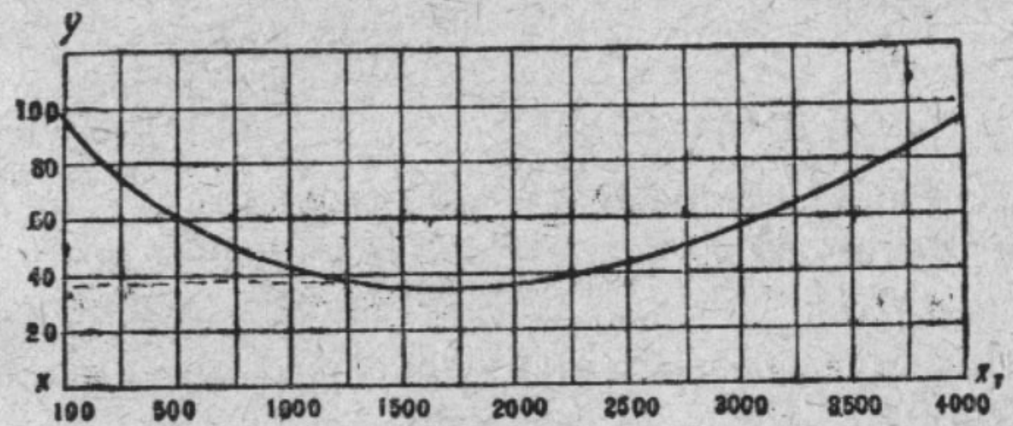


Рис. 97. Кривая изменения сердцевины рассеивания выстрелов в дальности в зависимости от расстояния стрельбы (пуля обр. 1930 г.):

по оси XX_1 — расстояния в метрах; по оси XY — размеры сердцевины рассеивания пуль в метрах

7. Влияние наклона местности на величину $B_д$

На величину срединного отклонения в дальности ($B_д$) влияет также и наклон местности у цели.

Если местность, на которую падают пули, горизонтальна, срединное отклонение будет величиной более или менее определенной (табличное срединное отклонение) (*а* — рис. 98).

Если местность в районе цели имеет наклон в сторону стреляющего, то величина $B_д$ сравнительно с табличной уменьшается (*б* — рис. 98).

Если же местность в районе цели имеет наклон в обратную сторону от стреляющего, то величина $B_д$ сравнительно с табличной увеличивается (*в* — рис. 98).

Таким образом, чем больше наклон местности, тем больше соответственно изменяется величина $B_д$, и чем меньше угол падения, тем больше влияет наклон местности на рассеивание (рис. 99).

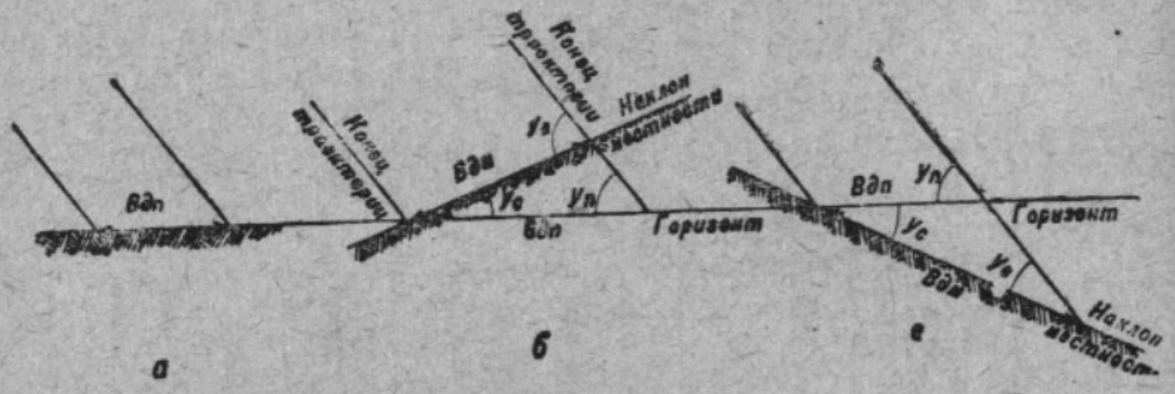


Рис. 98. Влияние наклона местности на величину $B_д$.

$B_{дм}$ — вероятное отклонение по местности; $B_{дп}$ — вероятное отклонение по линии прицеливания.

При стрельбе по скатам, $B_д$ определяется по формуле (рис. 98, *б* и *в*):

$$\frac{B_{дм}}{B_{дп}} = \frac{\sin У_п}{\sin (180° - У_в)},$$

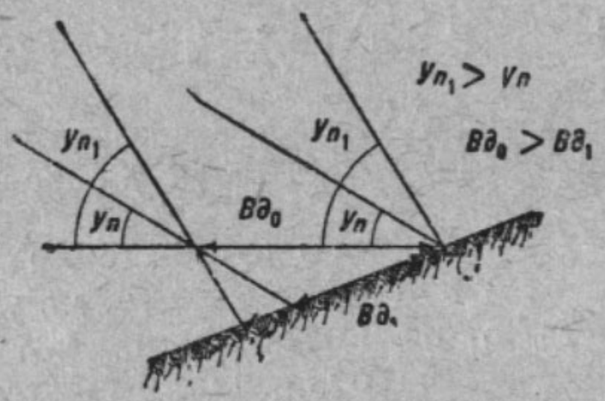


Рис. 99. Влияние на величину $B_д$ угла падения при наклоне местности

а так как $\sin (180° - У_в) = \sin У_в$, можем написать:

$$B_{дм} = \frac{B_{дп} \cdot \sin У_п}{\sin У_в}.$$

Заменив синусы углов их значениями в тысячных, получим:

$$\boxed{B_{дм} = \frac{B_{дп} \cdot У_п}{У_в}.}$$

Пример 1. Местность повышается. Дальность 1 300 *м*. Угол ската 3° (50 тысячных). $B_{дп} = 13$ *м*. Угол падения 60 тысячных.

$$B_{дм} = \frac{13 \cdot 60}{60 + 50} \approx 7 \text{ м}.$$

Пример 2. Местность понижается. Условия те же.

$$B_{дм} = \frac{13 \cdot 60}{60 - 50} = 78 \text{ м}.$$

8. Влияние разнобойности пулеметов на величину $B_д$

При стрельбе по одной цели группой пулеметов величина $B_д$ всегда будет несколько больше табличной, которая составлена для стрельбы из одного пулемета. Это увеличение срединного отклонения является следствием некоторой неизбежной разнобойности пулеметов, т. е. разницы в дальностях падений при одной и той же установке прицелов у различных пулеметов, и следствием не совсем точной выверки квадрантов, разнообразия в наводке, свойств пулеметов (тела и станка) и т. д.

Значение этого явления рассмотрим на следующих примерах.

Пример 1. Предположим, что разнобойность двух пулеметов доходит до $8B_д$. Из каждого пулемета произведено по 100 выстрелов. Пули расположатся так, как показано на рис. 100, где E_1 и E_2 означают площади рассеивания первого и второго пулеметов, C_1 и C_2 — средние точки попадания соответствующих площадей рассеивания, E_3 — площадь рассеивания обоих пулеметов. Из расположения пробоин на этой площади видно, что наименьшее число попаданий — около центра рассеивания, в то время как по закону рассеивания около центра рассеивания должно быть наибольшее

число попаданий, значит закон рассеивания при стрельбе из двух и более пулеметов с большим разнобоем не имеет ничего общего с законом рассеивания при стрельбе одним пулеметом.

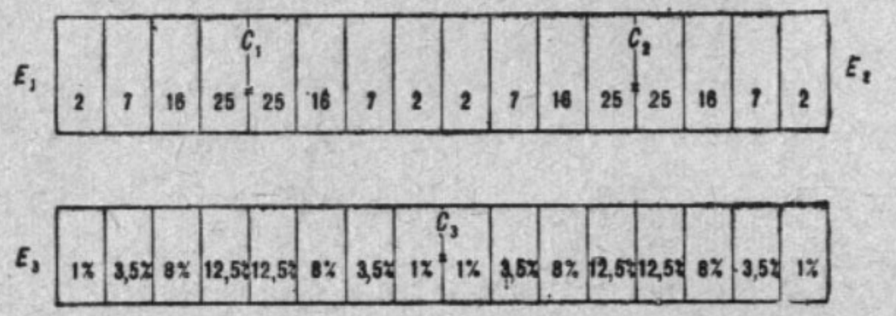


Рис. 100. Рассеивание пуль при стрельбе батареей пулеметов при большой разнобойности их ($8B_д$):
E_1 и E_2 — площади рассеивания отдельных пулеметов, E_3 — общая площадь рассеивания двух пулеметов

Следовательно, правила стрельбы, разработанные на основе закона рассеивания пуль,

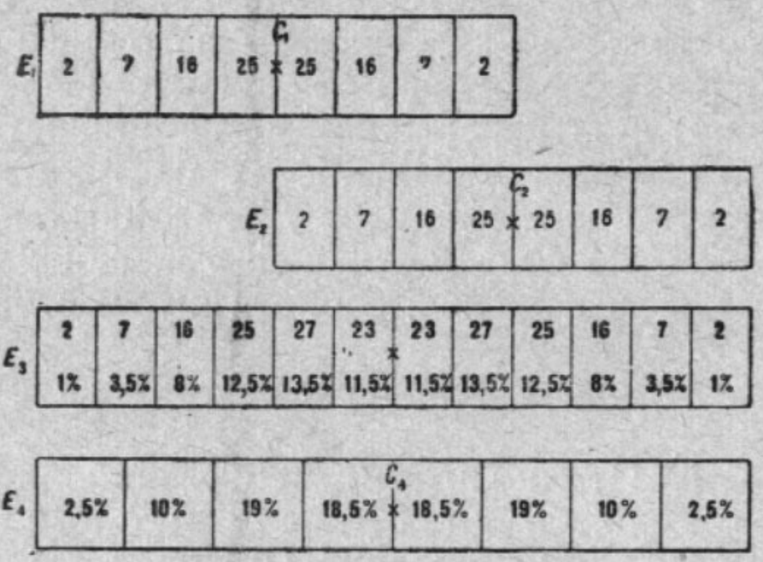


Рис. 101. Рассеивание пуль при стрельбе батареей пулеметов при разнобойности, не превышающей $4B_д$:
E_1 и E_2 — площади рассеивания отдельных пулеметов; E_3 и E_4 — общая площадь рассеивания двух пулеметов

для данного случая не могут быть применимы, так как совмещение центра рассеивания с серединой цели даст наименьшее число попаданий.

Вывод. Распределение пулеметов по взводам необходимо делать с учетом однообразия их боя по высоте; то же самое и в отношении запасных стволов.

Пример 2. Предположим, что разнобойность двух пулеметов доходит до $4B_д$. Из каждого пулемета произведено по 100 выстрелов.

В этом случае пули двух пулеметов расположатся так, как показано на рис. 101 (E_1 и E_2). Прямоугольник E_3 представляет общую площадь рассеивания двух пулеметов. Верхние числа показывают распределение пуль по полосам, а нижние — проценты попаданий. E_4 — распределение попаданий по 8 полосам в процентах.

Из этого распределения попаданий видно, что у центра рассеивания, как и в предыдущем случае, находится не наибольшее число попаданий, однако, наблюдается приближение к закону рассеивания одного пулемета. Кроме этого, в 4 полосах, ближайших к центру рассеивания, заключено 73% попаданий, которые расположены равномерно.

Вывод. При стрельбе взводом по площади с установкой шкалы прицелов разность смежных прицелов не должна превышать $4B_д$.

9. Определение величины $B_д$ при стрельбе с рассеиванием в глубину

Равномерный обстрел заданной глубины достигается:

а) установкой разных прицелов (углов возвышений) с таким расчетом, чтобы сердцевинные полосы двух смежных углов возвышений соприкасались между собой;

б) рассеиванием в заданных пределах с помощью вращения маховичка под'емного механизма.

При такой стрельбе размеры всего рассеивания пуль будут зависеть:

а) от величины сердцевинных полос при крайних прицелах,

б) от заданной глубины рассеивания.

Предположим, что рассеивание производится на протяжении от расстояния $Д$ до расстояния $д$.

Величина сердцевинной полосы для $Д = C_д$, для $д = C_д$.

Заданная глубина рассеивания $Д - д = a$ метрам, и, следовательно, полная глубина площади, обстреливаемой при данных условиях, будет равна:

$$\frac{3 \cdot C_д}{2} + a + \frac{3 \cdot C_д}{2}.$$

При обстреле целей с рассеиванием в глубину мы встречаемся с некоторыми особенностями. Разберем их на примере.

Допустим, что выпущено 1 000 пуль с рассеиванием в глубину на 200 *м*. Рассеивание ведется непрерывно и равномерно. Дальность стрельбы 1 000 *м*. Рассеивание выстрелов в дальности примем равным 160 *м* ($B = 20$ *м*).

Рассмотрим, как в данном случае на обстреливаемой площади расположатся выпущенные нами пули. Для большей наглядности расчленим все выстрелы на очереди по 100 патронов каждая и будем передвигать среднюю точку попадания для каждой очереди на 20 *м* в глубину (табл. 8). Это допущение делается для того, чтобы как можно нагляднее показать рассеивание пуль при непрерывной стрельбе с рассеиванием в глубину.

В табл. 8 каждая очередь по отношению к предыдущей смещена для ясности в сторону. В действительности же они накладываются одна на другую.

В крайней левой графе подсчитано количество пуль, попавших на каждые 20 *м* глубины общей площади рассеивания.

На основании табл. 8 для данного примера можно вывести следующие положения:

1) общая глубина рассеивания равна 340 *м*, т. е. величине естественного рассеивания на данное расстояние плюс величина искусственного рассеивания;

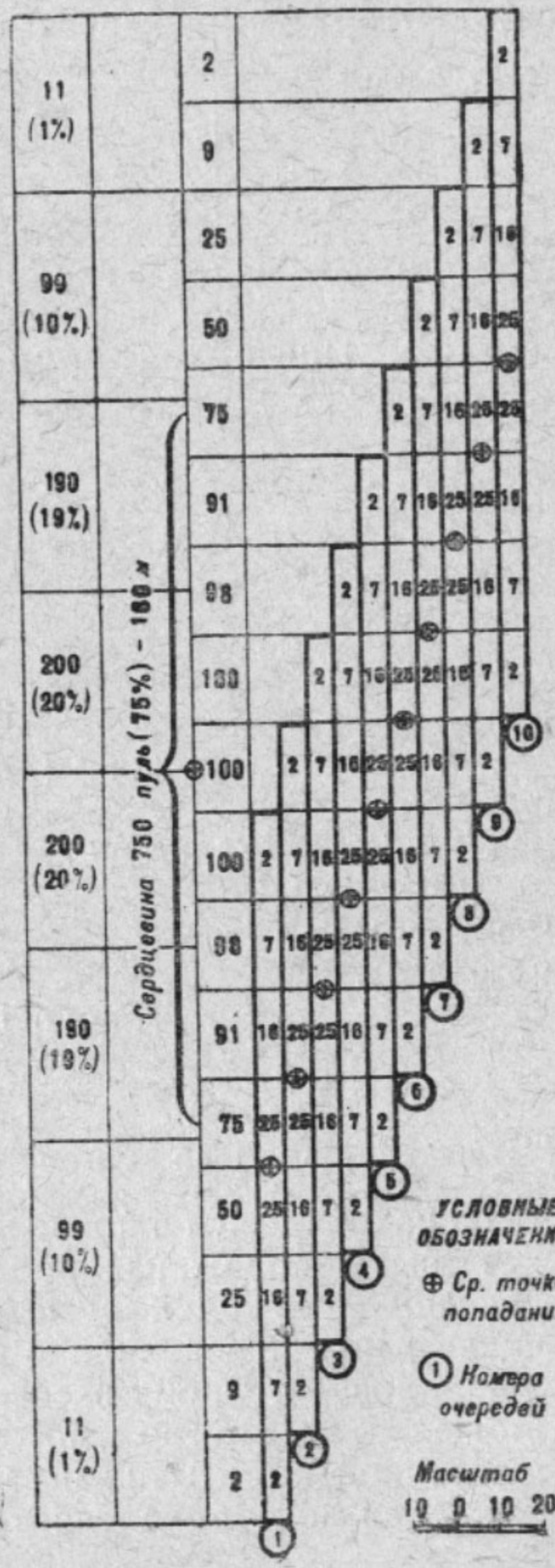
2) пули располагаются на обстреливаемой площади неравномерно, плотнее около общей средней точки попадания.

3) закон рассеивания принимает своеобразное выражение; если разбить всю площадь рассеивания на 8 равных полос, то пули расположатся так, как указано в табл. 8;

4) сердцевина снопа, включающая 70% всех выпущенных пуль, будет равняться, примерно, половине величины всего рассеивания; поэтому при желании обстрелять какую-либо цель по глубине не необходимо строго рассчитывать нужную величину рассеивания по глубине.

Таблица 8

Расположение пуль при стрельбе с рассеиванием в глубину



10. Зависимость между дальностью и величинами $B_в$ и $B_д$

Рассеивание по высоте и боковое увеличивается с увеличением дальности стрельбы, причем $B_в$ и $B_д$ увеличиваются значительно быстрее, чем возрастает дальность. Происходит это потому, что отклоняющее действие ветра, температуры, влажности и т. д. значительно возрастает вследствие падения скорости пуль.

Рассеивание же в дальности по мере увеличе-

ния дальности стрельбы уменьшается вследствие увеличения угла падения.

Между $P_в$ и $P_д$ существует определенная зависимость, которая выражается формулой:

$$P_д = \frac{P_в \cdot 1\,000}{У_п},$$

где $P_д$ — рассеивание в дальности, $P_в$ — рассеивание по высоте и $У_п$ — угол падения, выраженный в тысячных (рис. 102). При выводе этой формулы конец траектории принят за прямую линию.

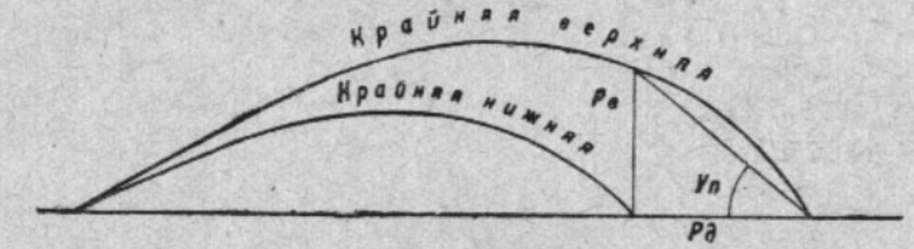


Рис. 102. Зависимость между рассеиванием по высоте и в дальности

Пример. Дальность стрельбы 1 000 *м*. $P_в = 360$ *см*. Угол падения равен 30 тысячным.

Определить $P_д$.

Решение.

$$P_д = \frac{360 \cdot 1\,000}{30} = 120 \text{ м}.$$

11. Поражаемая зона при рассеивании выстрелов

Цель, находящаяся в пределах площади рассеивания, может быть поражена, почему эта площадь называется *поражаемой площадью*. Глубина поражаемой площади равняется величине рассеивания в дальности, а ее ширина — полному рассеиванию по ширине.

Площадь, на которой может быть поражена цель определенной высоты, называется *поражаемой зоной*. Поражаемая зона определяется глубиной поражаемой площади плюс глубина поражаемого пространства для данной цели, для данного расстояния и для отдельной крайней нижней траектории (рис. 103).

Поражаемая зона для сердцевины рассеивания равняется величине сердцевины рассеивания в дальности плюс величина поражаемого пространства отдельной крайней нижней траектории сердцевины.



Рис. 103. Поражаемая зона при рассеивании выстрелов

Пример. Стрельба ведется по движущейся цели с дальности 1 000 *м*.

Поражаемое пространство по бегущей фигуре (высота 135 *см*) на 1 000 *м* будет равно 44 *м*.

Поражаемая площадь для данного примера будет равна рассеиванию в дальности, т. е. 150 *м*, а поражаемая зона—194 *м* (рассеивание в дальности 150 *м* плюс поражаемое пространство 44 *м*).

ГЛАВА VI

ВЕРОЯТНОСТЬ ПОПАДАНИЯ

1. Общие понятия

Рассматривая закон рассеивания пуль, мы установили, что это явление происходит от того, что движение пули в воздухе зависит от целого ряда причин, влияющих на полет пули (разнообразие в весе зарядов, в форме, в размерах и весе пуль, непостоянство силы и направления ветра, разнообразие углов бросания и т. д.).

Совокупность этих причин приводит к *случайным* траекториям пуль и *случайным* точкам попадания.

Другими словами, пули опишут не одну, а целый ряд траекторий. Пули будут перегонять одна другую, траектории их будут переплетаться.

Подобное явление случайности мы наблюдаем не только при стрельбе. Так, например, измеряя много раз какое-либо расстояние одним и тем же способом, мы неизбежно всякий раз будем получать различные случайные результаты.

Такие случайные результаты в теории вероятностей называются *событием*, или *простым событием*.

Например, попадание пули в цель или промах — события простые.

Совокупность двух или нескольких простых событий при условии их совпадения или последовательного их появления называется *сложным событием*.

Например, появление пробоины в сердцевине — событие сложное, так как в этом случае было одновременное попадание в две неограниченные полосы: по

ширине и высоте, т. е. мы имеем налицо совпадение двух простых событий. Также событие сложное, если при двух выстрелах получатся два попадания подряд.

В большинстве случаев влияние всей совокупности причин, вызывающих появление того или иного события (например, расположение пробоин на мишени), чаще всего для нас неизвестно, и появление данного события является *случайным*.

Однако, при большом числе опытов (многократная стрельба при одних и тех же условиях) выясняется, что случайные события подчиняются вполне определенному *закону случайных ошибок* (подробно см. гл. VII).

Изучение с количественной стороны закономерности случайных явлений составляет предмет так называемой *теории вероятностей*.

Например, изучение вопроса, на какое количество попаданий можно рассчитывать при той или иной стрельбе, относится к предмету теории вероятностей (в области огневого дела).

2. Частость и вероятность события

Частостью события называется отношение появления события к числу произведенных опытов.

Допустим, при стрельбе выпущено 5 пуль, из них попало 2, значит частость событий равна $\frac{2}{5}$, т. е. отношению 2 попавших пуль ко всем 5 выпущенным.

Число всех выпущенных пуль мы рассматриваем как число произведенных опытов, а попавшие пули как появление события.

Частость события выражается формулой:

$$\boxed{W = \frac{m}{n},}$$

где W — частость события, m — число появлений события и n — число опытов.

Пример. Произведено 10 выстрелов, получено 6 попаданий.

$$W = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}.$$

Два события называются *противоположными, если появление одного из них исключает возможность появления другого.*

Например, при одном выстреле попадание или промах, недолет или перелет, отклонение вправо или влево — события противоположные, так как если появилось одно, то не могло иметь место другое.

Частость события обладает следующими свойствами:

1. *Сумма частостей двух противоположных событий равна единице.*

Пример 1. В результате стрельбы оказалось 2 попадания и 3 промаха.

Всего произведено было 5 выстрелов (2 + 3).

Частость попадания $= \frac{2}{5}$, а частость промаха $= \frac{3}{5}$.

Частость обоих событий:

$$\frac{2}{5} + \frac{3}{5} = \frac{5}{5} = 1.$$

Пример 2. W попаданий $= \frac{2}{3}$. Найти число промахов.

Решение. W промахов $= 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3}$.

2. *Частость события выражается всегда правильной дробью,* так как число событий может либо равняться числу опытов ($m = n$), либо быть меньше числа опытов ($m < n$), либо равняться 0 ($m = 0$).

Частость события обычно подсчитывается после стрельбы по ее результатам, но в стрелковой практике иногда бывает необходимо знать, на какое число попаданий можно рассчитывать при данной стрельбе. В таких случаях пользуются определением *вероятности попадания*, которая выражается *отношением числа ожидаемых попаданий M к числу произведенных выстрелов N*:

$$\boxed{P = \frac{M}{N}.}$$

Если вероятность попадания неизвестна, то при большом числе стрельб можно установить (почти достоверно), что она приближается к частости попадания и мало от нее отличается.

Например, при 100 выстрелах получено 80 попаданий. Частость попадания будет равна $\frac{80}{100} = \frac{4}{5}$.

В этом случае частость $\frac{4}{5}$ показывает, что при данных условиях стрельбы на каждые 5 выстрелов приходится 4 попадания. Следовательно, отношение $\frac{4}{5}$ выражает вероятность попадания, так как было произведено большое число выстрелов.

Для того чтобы внести ясность в дальнейшее изложение, нужно понять, что при изучении вероятности мы имеем дело только с отвлеченными, а не с именованными числами (с отношениями, а не с числом пуль или патронов). Кроме того, вероятность попадания вычисляется в отношении одной пули или снаряда.

Например, вероятность попадания $\frac{4}{5}$ означает, что при одной выпущенной пуле вероятность попадания ее в цель выразится числом $\frac{4}{5}$.

Вероятность попадания выражается всегда правильной дробью, так как число ожидаемых попаданий может:

1) либо равняться числу произведенных выстрелов, $P = 1$ — попадание обязательно;

2) либо быть меньше числа выстрелов, $P < 1$ — попадание может произойти;

3) либо равняться нулю, $P = 0$ — попадание невозможно.

Вероятность попадания выражается также в процентах, например

1) $P = \frac{4}{5} = 80\%$;

2) $P = 1 = 100\%$;

3) $P = 0 = 0\%$.

Предположим, что вероятность попадания для одного выстрела равна 0,3, или 30%. Это значит, что если произвести много выстрелов, то в среднем на каждые 10 выстрелов придется 3 попадания. Но это вовсе не значит, что если произвести 10 выстрелов, то будет обязательно 3 попадания, попаданий может быть от 0 до 10.

Отсюда ясно, что вероятность попадания есть величина отвлеченная, она показывает лишь, на какое число попаданий можно рассчитывать при стрельбе по определенной цели и в определенных условиях. На практике же при каждой стрельбе условия бывают различные.

3. Вероятность хотя бы одного попадания

Для поражения одиночной цели достаточно одного попадания, поэтому в стрелковой практике часто встречается необходимость знать вероятность хотя бы одного попадания.

Раз'ясним на примере значение этого выражения.

Предположим, что произведено два выстрела. В этом случае могут иметь место только следующие комбинации:

1-й выстрел		*2-й выстрел*
1. Попадание	и	попадание.
2. Попадание	и	промах.
3. Промах	и	попадание.
4. Промах	и	промах.

Других комбинаций быть не может.

Первые три комбинации удовлетворяют требованию попасть хотя бы один раз, четвертая комбинация этому треб ванию не удовлетворяет.

Определим вероятность хотя бы одного попадания в данном примере, если вероятность попадания (p) при одном выстреле считать равной 0,3, а следовательно, вероятность промаха $q = 1 - 0{,}3 = 0{,}7$.

Вероятность всех четырех комбинаций равна 1, так как других комбинаций быть не может, следовательно, вероятность первых трех комбинаций, удовлетворяющих условию нашей задачи, будет: 1 минус вероятность четвертой комбинации, т. е. двух промахов подряд, как вероятность сложного события равняется произведению вероятностей этих событий.

В нашем примере

$$q = (0{,}7)^2 = 0{,}49,$$

а вероятность хотя бы одного попадания будет равна $1 - 0{,}49 \doteq 0{,}51$.

Обозначив вероятность хотя бы одного попадания буквою r, а вероятность промаха $1 - p$ (сумма противоположных событий равна 1), напишем общую для всех случаев формулу вероятности хотя бы одного попадания:

$$\boxed{r = 1 - (1 - p)^n},$$

где p — вероятность при одном выстреле, а n — число выстрелов.

Эта формула читается так:

Вероятность хотя бы одного попадания равна 1 (сумме вероятностей всех комбинаций) *минус вероятность промаха при одном выстреле в степени числа всех выстрелов.*

С помощью этой формулы легко определить вероятность хотя бы одного попадания при различном числе выстрелов.

Пример. Определить вероятность хотя бы одного попадания при трех выстрелах по головной фигуре в расстоянии 400 *м*, если вероятность попадания при 1 выстреле равна 0,1.

Решение

$$r = 1 - \left(1 - \frac{1}{10}\right)^3 = 1 - \left(\frac{9}{10}\right)^3 = 1 - \frac{729}{1\,000} = 1 - \frac{73}{100} =$$

$$= 0{,}27, \text{ или } 27\%.$$

Результат показывает, что при 27 стрельбах из 100 задача будет решена, т. е. получим хотя бы одно попадание.

Из данного примера видно, что вероятность хотя бы одного попадания решает вопрос, *как часто при стрельбе будет решена та или иная задача,* что принято называть *надежностью стрельбы.*

Но вероятность хотя бы одного попадания не дает ответа на вопрос о наименьшем числе патронов и времени, потребном для решения той или иной огневой задачи, что принято называть *экономичностью стрельбы.*

Ответ на этот вопрос дает *математическое ожидание* (см. п. 4 этой главы).

Что же касается определения вероятности двух промахов или попаданий, являющихся сложным событием, то это определение производится на основании *теоремы умножения,* согласно которой *вероятность сложного события, состоящего из двух событий, равняется произведению вероятностей этих событий:*

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \ldots .$$

4. Математическое ожидание

Рассмотрим, что такое среднее значение какой-либо величины.

Предположим, проведено 8 стрельб при одинаковых условиях (одинаковые мишени, одно и то же число патронов, одинаковый метод стрельбы, при одинаковой погоде и других внешних условиях).

Результаты стрельб следующие:

при одной стрельбе получено по 3 попадания
» двух стрельбах » » 2 »
» трех » » » 1 попадание
» двух » » » 0 попаданий

Найдем среднее число попаданий за одну стрельбу.
Оно будет:

$$\frac{(3\cdot 1)+(2\cdot 2)+(1\cdot 3+(0\cdot 2)}{8}=\frac{10}{8}\approx 1{,}2.$$

Это выражение можем написать так:

$$\left(3\cdot\frac{1}{8}\right)+\left(2\cdot\frac{2}{8}\right)+\left(1\cdot\frac{3}{8}\right)+\left(0\cdot\frac{2}{8}\right)=\frac{10}{8}\approx 1{,}2. \qquad (1)$$

В этом выражении 3, 2, 1 и 0 являются *частными значениями* числа попаданий соответствующих стрельб, а дроби $\frac{1}{8}$, $\frac{2}{8}$. $\frac{3}{8}$ и $\frac{2}{8}$ *частостями* получения этих частных значений.

Например, $\frac{1}{8}$ есть частость получения при одной стрельбе трех попаданий и т. д.

Отсюда делаем вывод, что *среднее значение какой-либо величины равно сумме произведений частных значений этой величины на соответствующие им частости.*

Но частость событий, как нам известно, при большом числе опытов мало отличается от вероятности события, поэтому в приведенном примере определения среднего значения частость события можем заменить вероятностью, тогда получим среднее ожидаемое значение величины, или *математическое ожидание величины.*

Итак, *математическим ожиданием какой-либо величины называется сумма произведений из отдельных значений этой величины на соответствующие вероятности этих отдельных значений.*

Подставив в выражение (1) вместо частости вероятность, получим формулу математического ожидания:

$$\boxed{a=X_1P_1+X_2P_2+X_3P_3+\ldots+X_nP_n,} \qquad (2)$$

где a — условное обозначение математического ожидания; X_1, X_2, $X_3,\ldots,X_n$ — отдельные значения исходной величины X; P_1, P_2, $P_3,\ldots,P_n$ — соответствующие этим отдельным значениям величины вероятности их получения.

По отношению к стрельбе математическое ожидание формулируется так: *математическим ожиданием числа попаданий называется среднее число попаданий, которое можно иметь, если повторить большое число раз стрельбу при возможно одинаковых условиях.*

Определим математическое ожидание для одного выстрела в общем выражении, при этом вероятность попадания обозначим p, а вероятность промаха — q.

Так как при одном выстреле частными значениями искомой величины могут быть либо единица (случай попадания), либо нуль (случай промаха), то, подставив эти значения в общее выражение математического ожидания (2), получим:

$$a=X_1\cdot P_1+X_2\cdot P_2,$$

$$a=1\cdot p+0\cdot q,$$

откуда

$$a=p,$$

т. е. при одном выстреле математическое ожидание попаданий *численно равно вероятности попадания.*

Пример. Определить математическое ожидание при одном выстреле, если вероятность попадания $p=0{,}25$.

$$a=1\cdot 0{,}25+0\cdot 0{,}75,$$

отсюда

$$a=0{,}25, \text{ т. е. } a=p.$$

Однако, это равенство только численное, так как $p=0{,}25$ означает что задача будет решена в 25 случаях из 100, между тем $a=0{,}25$ означает, что в среднем для одного попадания необходимо 4 патрона и около полминуты времени для стрельбы

Математическое ожидание при двух выстрелах равно:

$$a_2=2p,$$

вероятность же хотя бы одного попадания при двух выстрелах равна:

$$r_2=1-(1-p)^2.$$

После возведения в квадрат получим:

$$r_2 = 1 - (1 - 2p + p^2),$$

а после сокращения:

$$r_2 = 1 - 1 + 2p - p^2 = 2p - p^2.$$

Отсюда при двух выстрелах *математическое ожидание и вероятность* не равны между собой:

$$a_2 = 2p; \quad r_2 = 2p - p^2, \quad \text{т. е. } a_2 \neq r_2.$$

То же получим и для n выстрелов:

$$a_n = na; \quad a_n \neq r_n.$$

Пример. Определить математическое ожидание и вероятность хотя бы одного попадания при 10 выстрелах, если вероятность попадания равна 0,2.

Решение. Математическое ожидание при одном выстреле равно 0,2, следовательно, при 10 выстрелах оно будет:

$$a_{10} = 10 \cdot 0{,}2 = 2 \text{ попаданиям.}$$

Вероятность хотя бы одного попадания:

$$r_{10} = 1 - (1 - 0{,}2)^{10} = 1 - 0{,}8^{10} = 0{,}82.$$

В нашем примере математическое ожидание $a_{10} = 2$ попаданиям показывает, что если будет произведено большое число стрельб по 10 выстрелов в каждой, то среднее ожидаемое число попаданий на одну стрельбу было бы равным 2. Эти 2 попадания характеризуют экономичность стрельбы.

Вероятность хотя бы одного попадания $r_{10} = 0{,}82$ показывает, что при 82 стрельбах из 100 мы получим одно или более попаданий, а в 18 случаях из 100 мы будем иметь все 10 промахов Следовательно, вероятность хотя бы одного попадания показывает надежность стрельбы.

Итак, можно сказать, что вероятность попадания есть величина отвлеченная. Математическое же ожидание есть величина именованная, так как оно показывает потребное количество патронов и времени.

Соотношение между математическим ожиданием и вероятностью попадания указывает наилучший метод стрельбы для решения той или иной огневой задачи.

5. Определение вероятности попадания

Условия, от которых зависит величина вероятности попадания

Величина вероятности попадания вообще зависит:

а) от соотношения между размерами площади рассеивания пуль и размерами цели (*а* — рис. 104);

б) от положения средней точки попадания относительно центра цели (*б* — рис. 104).

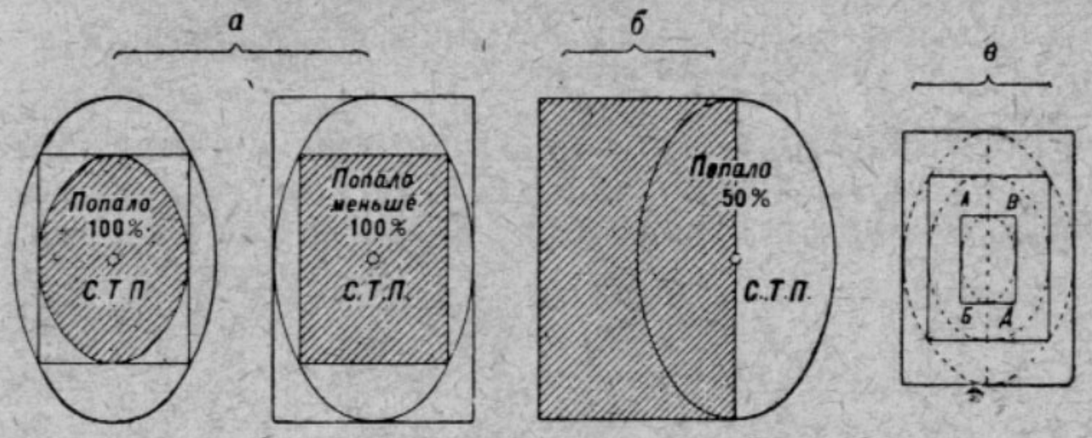


Рис. 104. Зависимость вероятности попадания от положения *С. Т. П.*

Совершенно понятно, что в случае совпадения средней точки попадания с центром цели вероятность попадания будет тем больше, чем больше размеры цели. Когда размеры цели больше полной площади рассеивания, вероятность попадания обращается в единицу, т. е. все пули будут попадать в цель.

При данных определенных размерах цели вероятность попадания возрастает с уменьшением рассеивания и обратно.

При несовпадении средней точки попадания с центром цели вероятность попадания уменьшается по мере удаления средней точки попадания от центра цели, так как все меньшая и меньшая часть площади рассеивания будет покрывать цель. Когда же расстояние между средней точкой попадания и краем цели будет превосходить четыре срединных отклонения по дан-

ному направлению, вероятность попадания обращается в нуль.

При стрельбе из оружия двух разных образцов, с разной величиною рассеивания, по целям разных абсолютных размеров вероятность попадания будет одна и та же при одинаковом отношении площади рассеивания к площади цели и при одинаковом расположении средней точки попадания относительно центра цели (*в* — рис. 104).

Определение вероятности попадания в цели определенных размеров по сердцевинным полосам

Для вычисления вероятности попадания в различных частных случаях надо определить ту часть площади рассеивания, которая покрывает поверхность

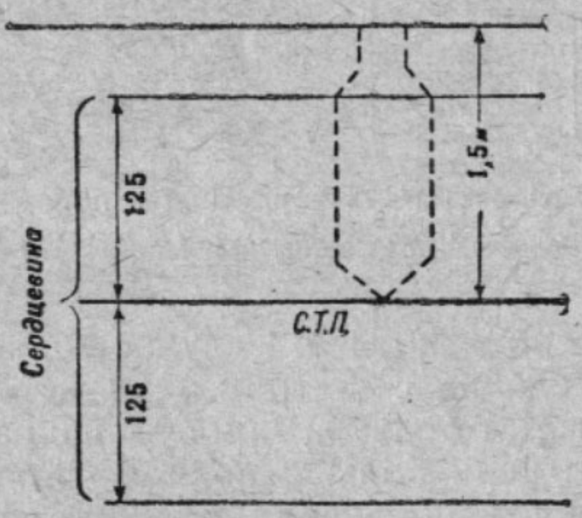


Рис. 105. Определение вероятности попадания в цели определенных размеров по сердцевинным полосам

цели, и, применяя закон рассеивания, найти возможный процент попадания пуль на участке площади цели.

Покажем на примерах, как определяется вероятность попадания в цель определенных размеров.

Пример. Дана цель высотой 150 *см* и неограниченной ширины. Предположим, что сердцевинная полоса по высоте равна 250 *см*;

требуется определить вероятность попадания, когда вся цель покрыта сердцевинною полосою и когда средняя точка попадания (с. т. п.): 1) внутри цели на 25 *см* выше подошвы; 2) на краю цели (рис. 105 и 105а) и 3) в расстоянии 100 *см* выше цели (рис. 106).

Для нахождения вероятности попадания определим сначала, какой процент попадания приходится на единицу высоты сердцевинной полосы, т. е. найдем *плотность поражения*. Так как сердцевинная полоса по высоте = 250 *см* и в ней заключается 70% попаданий, то на каждый сантиметр сердцевинной полосы приходится $\frac{70\%}{250} = 0{,}3$ попадания.

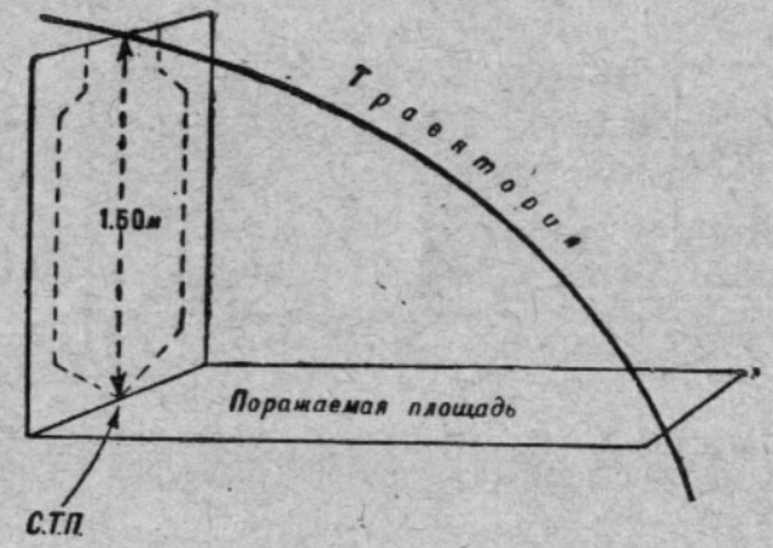


Рис. 106. Величина поражаемого пространства по цели заданной полосы

Накладывая затем площадь рассеивания на цель так, чтобы средняя точка попадания пришлась в указанных заданием местах, найдем, какая часть цели (в сантиметрах) покрывается рассеиванием. Вероятность попадания определится как произведение числа сантиметров высоты на плотность поражения.

Таким образом:

1. Когда с. т. п. на краю цели (рис. 106), часть цели, захваченная сердцевинной полосой, равна 125 *см*; поэтому вероятность попадания будет $125 \cdot 0{,}3\% = 37\%$.

2. Когда с. т. п. выше цели, часть цели, захваченная сердцевинной полосой, равна 25 *см* и вероятность попадания $25 \cdot 0{,}3\% = 75\%$.

Определение вероятности попадания по площади

Для определения вероятности попадания в цель ограниченных размеров по высоте и по ширине надо сначала найти вероятность попадания в цель данных размеров по высоте, предполагая, что размеры цели по ширине так велики, что захватывают все пули, а затем определить вероятность попадания в цель данных размеров по ширине, предполагая, что высота цели не ограничена. Полученные вероятности (в процентах) на основании теоремы умножения следует перемножить и произведение разделить на 100.

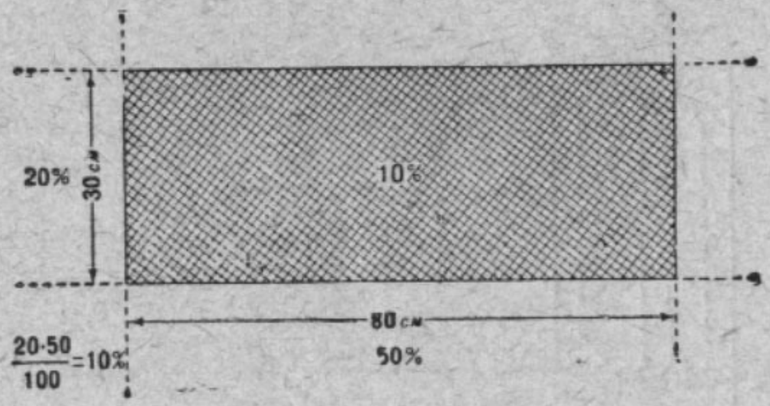


Рис. 107. Определение вероятности попадания по цели ограниченных размеров

Пример (рис. 107). Требуется определить вероятность попадания по мишени высотой 30 *см* и шириной 80 *см*. Найдено, что при тех же условиях стрельбы вероятность попадания в полосу высотой в 30 *см* и при неограниченной ширине = 20%, а вероятность попадания в полосу шириной 80 *см* при неограниченной высоте = 50%. Вероятность попадания в заданную мишень, согласно приведенному правилу, будет:

$$\frac{20 \cdot 50}{100} = 10\%.$$

Определение вероятности попадания по фигурной цели

В том случае, когда требуется определить вероятность попадания по цели, имеющей вид не прямоугольника, а поверхности, ограниченной кривой линией (изображающей, например, фигуру стоящего человека),

надо сначала определить вероятность попадания по прямоугольнику, высота и ширина которого соответственно равны наибольшей высоте и ширине цели. Вероятность попадания по цели будет во столько раз меньше вероятности попадания по прямоугольнику, во сколько раз площадь цели меньше площади прямоугольника.

Можно принять, что вероятность попадания в мишень составляет $^3/_4$ от вероятности попадания в соответствующие прямоугольные цели.

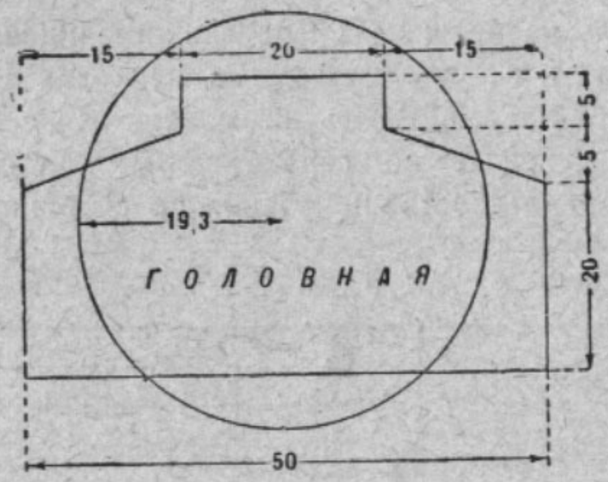


Рис. 108. Определение вероятности попаданий по обрезной фигуре

Пример. Требуется определить вероятность попадания по головной цели, т. е. цели, изображающей голову человека (рис. 108), высотой 30 *см* и шириной 50 *см*, при условии, что плотность поражения по высоте равна 1,2% на сантиметр, по боковому направлению — 1,4% на сантиметр, а потому вероятность попадания по высоте = 1,2·30 = 36%, по ширине = 1,4·50 = 70%. Вероятность попадания в прямоугольную цель:

$$\frac{36 \cdot 70}{100} \approx 25\%.$$

Площадь прямоугольной цели = 1 500 *кв. см*, площадь головной цели с вырезами = 1 225 *кв. см*, а потому вероятность попадания по фигурной цели = 20,5%:

$$25 \cdot \frac{1\,225}{1\,500} \approx 20{,}5\%.$$

Определение вероятности попадания по прерывчатой цели

Для определения вероятности попадания по прерывчатой цели надо найти сначала вероятность попадания по вертикальному щиту, высота которого равна высоте цели, а ширина равна фронту всей цели, полагая, что промежутки заполнены мишенями. Затем полученную вероятность следует помножить на отношение площади, занятой самими мишенями, ко всей площади фронта.

Пример. Цель изображена 20 поясными мишенями, поставленными в один ряд и с промежутками в 1 *м* одна мишень от края другой (рис. 109). Вероятность попадания по сплошному ряду фигур можно вычислить по сердцевинным полосам. Пусть для данного случая вероятность попадания по сплошному ряду поясных мишеней = 44%.

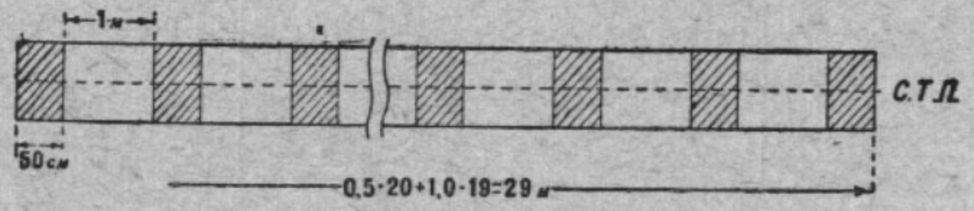


Рис. 109. Определение вероятности попадания по прерывчатой цели

Для определения вероятности попадания по прерывчатой цели сначала находим ширину всех мишеней, если поставить их без промежутков. Эта ширина равна 10 *м* (20·0,50 *м*). Затем находим ширину всего фронта, т. е. площади, занятой мишенями и промежутками, которая равна 29 *м* (0,5·20 *м* + 1,0·19 *м*). Так как высота всех мишеней одна и та же, то площадь самих мишеней будет составлять $^{10}/_{29}$ части всей площади, а потому вероятность попадания $= 44 \cdot {}^{10}/_{29} \approx 15\%$.

Для определения вероятности попадания по прерывчатой цели, расположенной на некоторой определенной площади по ширине и глубине, сначала надо найти вероятность попадания во всю площадь, предполагая, что таковая занята непрерывными щитами мишеней, затем определить поражаемую площадь,

занятую одними мишенями, после чего величину вероятности попадания во всю площадь умножить на отношение площади, занятой мишенями, ко всей площади, на которой разбросаны мишени с промежутками.

Упрощенный способ определения вероятности попадания по прерывчатой цели

Из рассмотрения величин сердцевинных полос по дальности при стрельбе из пулемета видно, что для всех расстояний свыше 1 000 *м* до 2 500 *м* сердцевинные полосы приблизительно равны 40 *м*, а отсюда плотность поражения, т. е. процент попадания на 1 *кв. м* поражаемого пространства, можно принять 1,8. Зная эти числа, определение вероятности попадания можно значительно упростить, так как все будет сводиться к умножению поражаемого пространства на плотность поражения, т. е. на 1,8.

Пример. Определить вероятность попадания при стрельбе с известного расстояния, например, с 1 200, 1 400, 1 800 *м*, для пулемета по сплошному ряду поясных мишеней (пуля обр. 1930 г.).

Расстояние *м*	Поражаемые пространства по поясной цели	Вероятности попадания
1 200	20	36
1 400	14	25
1 800	7	12
2 000	5	9

Если мишени будут установлены не сплошным рядом, а с промежутками, то часть пуль будет пролетать в промежутки, и для определения вероятности попадания надо найти сначала число попаданий в сплошной ряд и затем это число умножить на отношение ширины площади, занятой мищенями, к ширине всей площади.

Если мишени будут установлены не в одном ряду, а, например, будут разбросаны по некоторой определенной площади, то в таком случае надо найти отношение площади, занятой самими мишенями, ко всей площади, на которой находится вся обстреливаемая цель.

Значительно проще, и притом с достаточной точностью, вероятность попадания по цели с промежутками можно определять еще следующим способом: заключим цель в полосу высотою, равною высоте цели, и найдем вероятность попадания сначала в сплошную цель определенной высоты. Путь она равна $B^0/_0$. Разобьем всю цель на участки, содержащие 1 фигуру и 1 промежуток; тогда каждый такой участок равен ширине фигуры (50 *см*) + интервал, и отношение ширины цели ко всему участку будет при интервале в $1\ м = \frac{50}{50+100} = \frac{1}{3}$, и, следовательно, вероятность попадания в мишени на таком участке $= \frac{1}{3} B^0/_0$.

При интервале, равном 2 *м*, вероятность попадания в мишень составит $\frac{50}{50+200} = \frac{1}{5} B^0/_0$.

При интервале, равном 3 *м*, вероятность попадания составит $\frac{50}{50+300} = \frac{1}{7}$ вероятности попадания в сплошные щиты.

При интервале, равном 10 *м*, вероятность попадания составит $\frac{50}{10+1\,000} \approx \frac{1}{20} B^0/_0$ и т. д.

На основании этих данных можно составить табл. 9.

Таблица 9

Вероятности попадания в сплошной ряд мишеней

Интервал	1 *м*	2 *м*	3 *м*	4 *м*	5 *м*	6 *м*	7 *м*	10 *м*
В процентах	33	20	15	11	9	7	6	5
В отношениях . . .	$^1/_3$	$^1/_5$	$^1/_7$	$^1/_9$	$^1/_{11}$	$^1/_{15}$	$^1/_{17}$	$^1/_{21}$

Определение вероятности попадания по целям различной высоты

При определении вероятности попадания *по целям различной высоты* можно считать, что если вероятность попадания в цель высотою в рост человека равна единице, то вероятность попадания в поясную мишень равна $^2/_3$, грудную — $^1/_3$ и головную — $^1/_6$.

Для поправки на фигурность цели или мишени можно принять, что вероятность попадания в мишень составляет $^3/_4$ от вероятности попадания в соответствующие прямоугольные цели.

Определение вероятности попадания по срединным отклонениям

До сих пор мы определяли вероятность попадания по величинам сердцевины и сердцевинных полос, теперь рассмотрим более точный способ определения вероятности попадания по срединным отклонениям.

Если от осей рассеивания, т. е. от горизонтальной или вертикальной линии, проходящей через среднюю точку попадания, отложить величину срединного отклонения, то получим полосы, в которые попадает (на основании закона рассеивания выстрелов) по $25^0/_0$ пуль. Если отложить еще по одному такому срединному отклонению, то получим полосы, в которые попадает по $16^0/_0$, а в две полосы, считая от средней точки попадания, — по $41^0/_0$. Если отложить еще по одной полосе, то в каждую полосу попадает по $7^0/_0$, а во все три полосы (считая от средней точки попадания) — $48^0/_0$ и т. д. В первом случае отношение ширины полосы к срединному отклонению равно единице (попадает $25^0/_0$), во втором — отношение равно 2 (попадает $41^0/_0$), в третьем — отношение равно 3 (попадает $48^0/_0$) и т. д.

Из этого можно видеть, что для каждого определенного отношения ширины полосы к срединному

отклонению существует вполне определенный процент попадания при условии, что средняя точка попадания находится на краю полосы; так, например, единице соответствуют 25% попаданий; двум соответствует 41% попаданий; трем соответствуют 48% попаданий и т. д.

Для определения вероятности попадания в полосу безграничной ширины составлена таблица, называемая *таблицей вероятностей*, в которой для любого отношения ширины полосы к срединному отклонению определена соответствующая вероятность попадания при условии, что средняя точка попадания находится на краю полосы.

В первой графе таблицы помещены входные числа, т. е. отношение ширины полосы к срединному отклонению, а во второй — соответствующие вероятности. Входные числа идут от 0,1 до 4,5, а вероятности попадания соответственно от 3 до 49,9%. Существуют таблицы вероятностей краткие и полные (табл. 10).

Таблица 10

Вероятности попадания в полосу безграничной ширины

(в процентах)

Отношение высоты полосы к срединному отклонению (входное число)	Соответствующая вероятность попадания	Отношение высоты полосы к срединному отклонению (входное число)	Соответствующая вероятность попадания
0,1	3	0,6	16
0,2	5	0,7	18
0,3	8	0,8	21
0,4	11	0,9	23
0,5	13	1,0	25

Отношение высоты полосы к срединному отклонению (входное число)	Соответствующая вероятность попадания	Отношение высоты полосы к срединному отклонению (входное число)	Соответствующая вероятность попадания
1,1	27	2,1	42,0
1,2	29	2,2	43,0
1,3	31	2,3	44,0
1,4	33	2,5	45,0
1,5	34	2,6	46,0
1,6	36,0	2,8	47,0
1,7	37,0	3,0	48,0
1,8	39,0	3,5	49,0
1,9	40,0	4,0	49,7
2,0	41,0	4,5	49,9

Пользование таблицей вероятностей для определения вероятности попадания по целям определенной высоты и ширины при разном положении средней точки попадания производится следующим образом. В том случае, когда средняя точка попадания находится на краю полосы, для определения вероятности попадания надо найти входное число, т. е. число, показывающее, во сколько раз ширина (высота) полосы более срединного отклонения, и затем по входному числу в таблице вероятностей найти соответствующую вероятность.

Пример. Мишень шириною 45 *см*; *Вб* — срединное отклонение по ширине 23 *см*; входное число $\frac{Ш}{Вб}=\frac{45}{23}\approx 2$. Соответственная вероятность (по табл. 10) 41%

По высоте захватываются все пули.

Если средняя точка попадания находится не на краю мишени, то для решения задачи надо провести через среднюю точку попадания две линии, параллельные

сторонам мишени. Тогда мишень будет разбита на части, и средняя точка попадания будет на краю каждой полосы. Затем, пользуясь таблицей вероятностей, найти вероятности попадания в каждую полосу отдельно, как было только что указано, и если:

а) средняя точка попадания внутри мишени — взять сумму вероятностей в отдельные полосы;

б) средняя точка попадания вне мишени — взять разность.

На основании подобных вычислений составляются таблицы „вероятностей попаданий в процентах".

Определение вероятности попадания по круглой мишени

Если известен радиус круга, вмещающего лучшую половину попаданий, то легко можно определить, на какой процент попаданий можно рассчитывать при обстреливании круга другого радиуса.

Круг, радиус которого в два раза больше радиуса круга, вмещающего лучшую половину пуль, вмещает 93,8% всего числа выпущенных пуль, несмотря на то, что площадь его в четыре раза больше площади круга, вмещающего лучшую половину пуль.

Круг, радиус которого равен $^1/_2R_{50}$, вмещает 15,9% выпущенных пуль, хотя площадь этого круга составляет только $^1/_4$ от площади круга, вмещающего лучшую половину попаданий.

Круг, радиус которого равен $3R_{50}$, вмещает 99,8% выпущенных пуль, т. е. с достаточной для практики точностью можно считать, что такой круг вмещает все выпущенные пули.

Из этих данных видно, что каждому отношению радиусов соответствует определенный процент попадания, как это и показано в табл. 11.

Таким образом, зная величину радиуса круга, вмещающего лучшую половину пуль, например, для стрельбы из винтовок отличными стрелками с малых дальностей, и имея приведенную выше табл. 11, можно находить вероятность попадания по кругу данного

размера. Для этого заданный радиус круга надо разделить на радиус круга лучшей половины пуль, взятый из таблиц стрельбы, и по полученному отношению в табл. 11 найти соответствующую вероятность попадания.

Таблица 11

Вероятности попаданий в круглую мишень

Вход. чис.	Соотв. вер.	Вход. чис.	Соотв. вер.	Вход. чис.	Соотв. вер.	Вход. чис.	Соотв. вер.	Вход. чис.	Соотв. вер.
0,00	0,0	0,60	22,1	1,20	63,1	1,75	88,0	2,30	97,4
0,05	0,7	0,65	25,4	1,25	66,1	1,80	89,4	2,35	97,8
0,10	0,8	0,70	28,8	1,30	69,0	1,85	90,7	2,40	98,2
0,15	1,5	0,75	32,3	1,35	71,7	1,90	91,8	2,45	98,4
0,20	2,7	0,80	35,8	1,40	74,3	1,95	92,8	2,50	98,7
0,25	4,2	0,85	39,4	1,45	76,7	2,00	93,7	2,55	98,9
0,30	6,0	0,90	41,9	1,50	79,9	2,00	93,8	2,60	99,0
0,35	8,1	0,95	46,5	1,55	81,0	2,05	94,6	2,70	99,4
0,40	10,5	1,00	50,0	1,60	83,0	2,10	95,3	2,80	99,5
0,45	13,1	1,05	53,4	1,65	84,9	2,15	95,9	2,90	99,7
0,50	15,9	1,10	56,8	1,70	86,5	2,20	96,5	3,00	99,8
0,55	18,9	1,15	60,0			2,25	97,0		

Пример. Покажем, как с помощью таблиц можно определить на какой процент попаданий по цели № 10 в каждый данный круг цели может рассчитывать стрелок, если он не делает ошибок в прицеливании.

Радиус центрального круга мишени № 10 равен 5 *см*; радиус круга лучших пуль (R_{50}) для отличного стрелка = 13 *см*; входное число = $^5/_{16} \simeq 0{,}4$.

В табл. 11 находим, что входному числу 0,4 соответствует 10,5% попаданий. Стало быть, стрелок может рассчитывать, что из выпущенных им пуль в круг № 10 попадет 10%. Имея в виду, что радиус круга № 9 составляет 10 *см*, найдем, что входное число, т. е. отношение этого радиуса к R_{50}, будет 10 : 13 = 0,78; по табл. 11 можно ожидать, что в круг № 9 попадет 33% из всех выпущенных пуль. Составим таблицу:

Круг мишени №	Радиус *см*	Входное число	Процент попаданий
10	5	0,40	10
9	10	0,78	33
8	15	1,16	60
7	20	1,58	80
6	25	1,92	92
5	30	2,31	97
4	35	2,71	99
3	40	3,00	99

Таким образом, 1 000 выпущенных пуль распределяется на мишени следующим образом:

Круг №	Процент попаданий	Число пуль из 1 000	В яблоко круга (число пуль)	Число очков
10	10,0	100	100	1 000
9	33,0	330	230	2 070
8	60,0	600	270	2 160
7	80,0	800	200	1 400
6	92,0	920	120	720
5	97,0	970	50	250
4	99,8	998	28	112
		Сумма очков . . .		7 712

Если будет выпущено 10 пуль, то хороший стрелок в среднем должен дать 77—78 очков при стрельбе на 200 *м* по цели № 10.

6. Вероятность поражения цели при ошибках в определении расстояния до цели

При определении расстояния до цели, каким бы способом оно ни выполнялось, ошибки так же неизбежны, как рассеивание выстрелов, но чем точнее прибор для измерения или чем искуснее наблюдатель в глазомерном определении, тем ошибки будут меньше. Ошибки в этом случае подчиняются закону ошибок, причем за меру отклонений принимаются сердцевинные полосы, или срединные (вероятные) ошибки. Допустим, что измерение производилось дальномером, точность которого, т. е. срединная ошибка, равна 5%. В таком случае, если расстояние до цели определено в 1 400 *м*, то это еще не значит, что цель находится именно в этом расстоянии. Она может быть и ближе и дальше, и лишь в самых редких случаях цель будет действительно в расстоянии 1 400 *м*.

Однако, если срединная ошибка равна 5%, что для данного случая составит 70 *м*, то сердцевина ошибок составит 200 *м*, и на основании закона ошибок можно положительно утверждать, что цель в 70 случаях из 100 находится в пределах 200 *м*, где-то между 1 300—1 500 *м*, и почти наверное (100%) в пределах полного размера отклонений между 1 200—1 800 *м*.

Предположим, что для данного расстояния 1 500 *м* сердцевинная полоса рассеивания пуль равняется 100 *м*. Равномерно обстрелянная площадь будет находиться в пределах 1 450—1 550 *м*. Отсюда ясно, что если продолжать стрельбу с прицелом для этой дальности, то все время будет обстреливаться одно и то же место, и поэтому, если на самом деле цель будет ближе или дальше указанных пределов, т. е. ближе 1 450 или дальше 1 550 *м*, то она не будет покрываться сердцевиною и попаданий не будет.

Как было сказано, в 70 случаях из 100 цель находится где-то на пространстве 200 *м*, между 1 300—

1 500 *м*, а поэтому в пределах полосы 1 350—1 450 *м*, поражаемой сердцевиною снопа, на протяжении 100 *м* цель будет находиться реже, а именно в $\frac{70 \cdot 100}{200} = 35\%$, т. е. всего в 35 случаях. Итак, если продолжать стрельбу все время с одним и тем же прицелом, то только в 35 случаях из 100 цель будет покрыта сердцевинною полосою.

При стрельбе с двумя прицелами (также принимая условно, что при откреплeнном механизме пулеметов сердцевина рассеивания в дальности равна 100 *м*), например, с прицелами 14 и 15, сердцевиною выстрелов будет покрыта полоса местности от 1 350 до 1 550 *м*.

Таким образом, глубина рассматриваемой нами полосы обстрела равна 200 *м* (1 550—1 350 *м*).

Определим вероятность поражения цели, для чего составим следующую пропорцию:

$$\frac{300 \text{ (вся площадь рассеивания)}}{70} = \frac{200 \text{ (вычисленная нами площадь)}}{x},$$

откуда

$$x = \frac{70 \cdot 200}{300} \approx 47\%.$$

Допустим, что при стрельбе с одним прицелом по какой-либо цели мы ожидаем 30% попаданий (вычисляем по таблицам стрельбы при условии, что средняя точка попаданий совпадает с центром цели), но таких случаев при определении расстояния с ошибкой будет не 100%, а всего, как указано выше, только 35%. Поэтому если будет произведено 100 стрельб, то только при 35 стрельбах может получиться определенный по таблицам стрельбы процент попаданий, равный 30.

Если бы только в одном случае из 100 цель была покрыта сердцевинной полосой, то в среднем на все 100 стрельб вероятность попаданий была бы равна, $\frac{30\%}{100}$, а если таких стрельб будет 35, то в среднем вероятность попадания будет равна:

$$\frac{30 \cdot 35}{100} = 10\%.$$

Для лучшего выяснения этого вопроса предположим, что произведено 100 стрельб, каждую стрельбу вели с прицелом для дальности, определенной наглаз, и выпускали по 100 пуль. В том случае, когда прицел соответствовал действительному расстоянию, из 100 пуль попадало 30; таких случаев было всего 35, а потому число попавших пуль за все 100 стрельб было $30 \cdot 35 = 1\,050$, а число выпущенных патронов $100 \cdot 100 = 10\,000$, и, следовательно, вероятность попадания $\frac{1\,050}{100 \cdot 100}$, или $\frac{1\,050 \cdot 100}{100 \cdot 100} = 10{,}5\%$, а с округлением 10%.

Этот вопрос проще всего решается применением теоремы умножения вероятностей. Вероятность попадания = 0,30; вероятность нахождения цели в пределах поражаемой зоны = 0,35; вероятность попадания $= 0{,}3 \cdot 0{,}35 = 0{,}105$, в процентах — 10,5.

Для определения числа возможных поражений по цели, состоящей из некоторого количества отдельных фигур, при стрельбе с определенного расстояния необходимо знать не только вероятность попаданий по этой цели, но и число патронов, израсходованных при стрельбе.

Расход патронов P зависит от числа пулеметов или стрелков C, от продолжительности стрельбы t, от скорости стрельбы, т. е. числа выстрелов в одну минуту одним стрелком или из одного пулемета K, и определяется по формуле:

$$\boxed{P = CtK.}$$

Пример. Определить расход патронов при стрельбе из 2 пулеметов в течение $1\frac{1}{2}$ мин. со скоростью 350 выстрелов в минуту.

$$P = 2 \cdot 1{,}5 \cdot 350 = 1\,050 \text{ патронов.}$$

По расходу патронов и вероятности попадания B определяется число возможных попаданий в цель.

$$\text{Число попаданий} = \frac{P \cdot B^0/_0}{100} =$$

$$\boxed{= \frac{CtKB^0/_0}{100}.}$$

Пример. Определить в условиях предыдущего примера число возможных попаданий пуль в сплошной щит из поясных мишеней при стрельбе с расстояния 1 400 *м*. Пусть для этого случая $B = 16^0/_0$.

$$\text{Число попаданий} = \frac{2 \cdot 1{,}5 \cdot 350 \cdot 16}{100} = 168 \text{ пулям.}$$

Если на данном фронте цели поставлено n отдельных фигур, то число попаданий в фигуры определяется, как было указано, вероятностью попадания в сплошной щит, умноженной на отношение длины, занятой собственно фигурами, к длине всего фронта.

$$\text{Следовательно, число попаданий в фигуры} = \frac{PBna}{100\Phi},$$

где n — число фигур, a — ширина одной фигуры и Φ — ширина фронта.

Для определения числа попаданий в одну фигуру надо полученное число разделить на число отдельных фигур (n). Следовательно, число попаданий в одну фигуру будет:

$$\boxed{A = \frac{PBa}{100\Phi}.}$$

Из этой формулы видно, что число пуль, приходящееся на одну фигуру при равномерном обстреливании фронта, не зависит от числа поставленных фигур n, а зависит от вероятности попадания B в сплошной ряд фигур, от размера расхода патронов P и ширины фронта Φ.

Формула эта дает возможность быстро и просто определить число попаданий в одну фигуру, не проделывая сложных вычислений, а лишь подставляя в эту формулу соответствующие числа.

Пример. Определить при условиях предыдущей задачи число возможных попаданий пуль в одну мишень, когда на фронте в 20 *м* поставлено 5 поясных мишеней и ширина каждой 50 *см*. Выпущено 168 патронов.

$$\text{Число попаданий} = \frac{168 \cdot 0{,}5}{20} = 4{,}2.$$

7. Зависимость числа пораженных фигур от числа попавших пуль

При стрельбе в бою большое значение имеет количество выведенных из строя людей. Поэтому и в мирное время при боевых стрельбах полезно заботиться не только о достижении известного процента попаданий, но также и о том, чтобы пули по возможности равномерно распределялись по всей цели, так как при этом получится наибольшее число пораженных фигур. При большом числе попаданий количество пораженных фигур может быть очень малым; это бывает в тех случаях, когда стрелки не распределяют огня по всей цели и все прицеливаются, как это нередко бывает, в одно какое-либо место, например, в середину общей цели. Хотя при равномерном распределении огня по всей цели число пораженных фигур получается наибольшим, тем не менее и в этом случае может быть, что некоторые отдельные фигуры совсем не будут поражены, а другие поражены несколькими пулями. Вообще, как правило, число попаданий в фигуры должно быть больше числа пораженных фигур; и его можно вычислить с помощью табл. 12 (стр. 164). Эта таблица указывает зависимость между числом возможных попаданий в среднем в каждую фигуру и процентом пораженных фигур при равномерном распределении попаданий по всему фронту.

Покажем применение табл. 12.

Таблица 12

Возможное число пораженных фигур в зависимости от числа попаданий в 1 фигуру или возможного процента пораженных фигур

| Характер огня | | |

ГЛАВА VII

ЗАКОН СЛУЧАЙНЫХ ОШИБОК

1. Зависимость между величиной ошибки и частостью ее появления

Практика убеждает нас в том, что, как бы старательно мы ни измеряли какое-либо расстояние, мы неизбежно всякий раз будем получать различные результаты измерения, т. е. всякое измерение будет ошибочным. При этом величина ошибки будет зависеть от метода измерения и точности применяемых приборов.

Итак, каждое измерение будет включать в себя ошибку, которая может быть больше или меньше, но неизбежно будет иметь место.

В основе этих ошибок лежат причины, которые могут быть подразделены на *постоянные* и *случайные*.

Постоянные причины производят *постоянные ошибки*, постоянной величины, поэтому их легко учесть, коль скоро источник ошибок будет обнаружен.

Пример 1. Вследствие смещения на винтовке мушки влево, пуля, при дальности стрельбы на 100 *м*, уклоняется от точки прицеливания вправо на 7 *см*. Достаточно передвинуть мушку вправо на 0,4 *мм*, и ошибка будет устранена.

Пример 2. Принимая одно деление угломера равным 0,001 дальности, при переводе в линейную меру мы делаем ошибку в 4,5% в меньшую сторону (более точно одно деление угломера равняется $^1/_{955}$ дальности). Очевидно, ошибку эту можно учесть, если нужна большая точность расчетов.

Случайные причины, напротив, производят и *случайные ошибки*. Они случайны и по величине и по направлению, поэтому невозможно подсчитать и ввести заблаговременно поправки на их устранение.

Пример 1. При нескольких выстрелах, произведенных, казалось бы, при одних и тех же условиях, каждая пуля опишет свою траекторию, которая не совпадет с траекторией другой пули.

Пример 2. Определение расстояний тем или иным способом всегда дает приближенные результаты, содержащие в себе случайные ошибки.

Хотя эти ошибки случайны, но они подчиняются определенному закону.

Закономерность эта выражается в известной зависимости между величиной ошибки и частостью ее появления.

Например, из практики нам известно, что малые отклонения пуль от средней точки попадания бывают чаще, чем большие отклонения.

Явление рассеивания выстрелов при стрельбе, а также ошибки при измерениях расстояний различными способами подчиняются *закону случайных ошибок*. Сущность этого закона (Гаусса) об'ясним на частном примере. Предположим, что произведено 100 выстрелов на дальность 1 600 *м*, при этом отклонения пуль (ошибки) по дальности сведены в группы в зависимости от их величины и частости появления и показаны в табл. 13.

Таблица 13

Распределение отклонений пуль по дальности (ошибок) в пределах 5 *м*

	Величина отклонений (ошибок)								Всего
От	0	5	10	15	20	25	30	35	
До	5	10	15	20	25	30	35	40	
Частость появления ошибок . . .	+13	+12	+9	+7	+4	+3	+1	+1	100
(отклонение пуль в большую и меньшую стороны) . .	−13	−12	−9	−7	−4	−3	−1	−1	

Пользуясь данными этой таблицы, изобразим графически зависимость между величиной ошибок и частостью их появления.

Для этого отложим, в условном масштабе, по горизонтальной оси XX_1 (рис. 110) от точки O в обе стороны ошибки в 5 *м*.

По вертикальной оси OY отложим, также в условном масштабе, частости получения этих ошибок, выраженные в процентах.

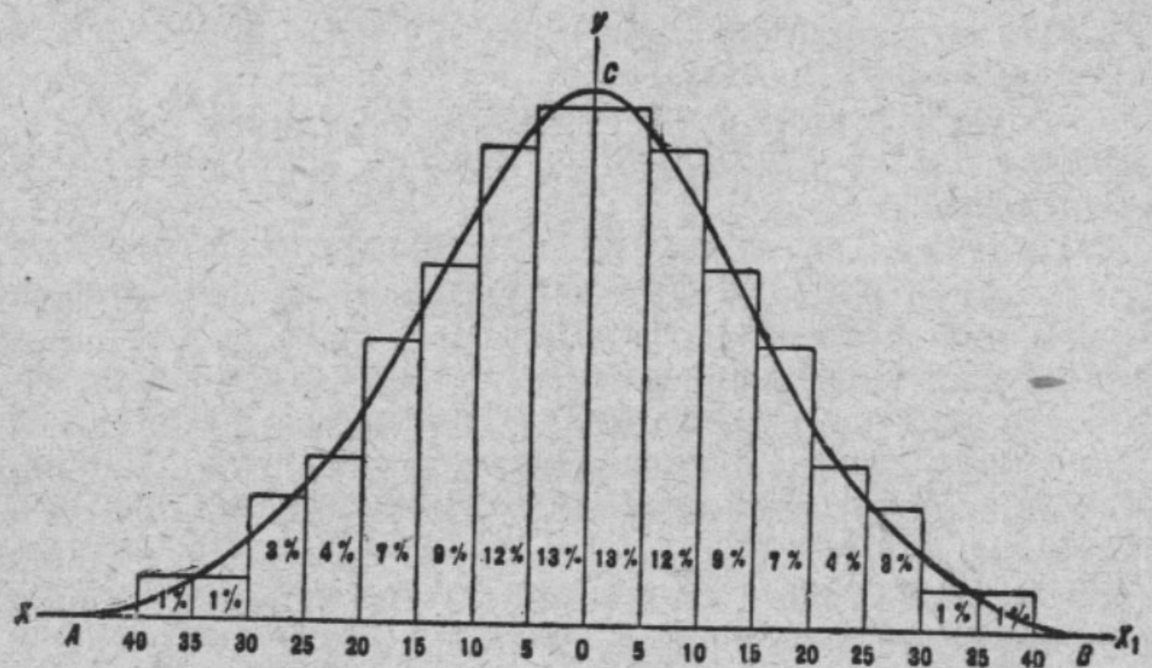


Рис. 110. Частный случай распределения ошибок величиною в 5 *м*

Площади прямоугольников показывают частость появления ошибок различной величины.

Из чертежа видно, что прямоугольники, обозначающие наименьшие ошибки в 5 *м*, по площади наибольшие, следовательно, и частость появления ошибок наибольшая. С увеличением ошибок площади прямоугольников уменьшаются, значит и частость появления ошибок также уменьшается.

Кроме того, чертеж симметричен, т. е. число прямоугольников по обе стороны оси OY одинаково и площади их также одинаковы, значит ошибки, равные по величине, но разнящиеся по знаку, одинаково вероятны.

Соединив кривой середины оснований прямоугольников, получим *кривую закона Гаусса ACB*, которая указывает зависимость между величиной ошибок и соответствующей им частостью; но так как при большом числе опытов частость мало отличается от вероятности, то можно сказать, что полученная кривая определяет зависимость между величиной ошибок и вероятностью их появления.

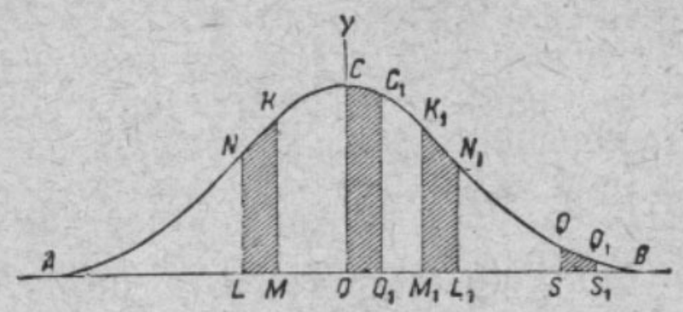


Рис. 111. Графическое выражение закона Гаусса

Кривая закона Гаусса показывает не абсолютную величину ошибок, а лишь зависимость между ними и вероятность их появления.

Закон Гаусса выражается в следующем.

1. *Для каждого измерения и каждого прибора* (оружия) *существует предел величины ошибок.* Из рис. 111 видно, что вероятность больших ошибок OA и OB настолько ничтожна, что практически можно считать ее равной нулю.

2. *Вероятность ошибок в большую и меньшую стороны одинакова.* Симметричность кривой подтверждает это положение.

3. *Ошибки, равные по величине, но разнящиеся по знаку, равновероятны,* площади $LNKM$ и $M_1K_1N_1L_1$ одинаковы по величине ошибок и равны между собой, отсюда кривая, выражающая закон Гаусса, симметрична.

4. *Маленькие ошибки более вероятны, чем большие.* Площадь OCC_1O_1 больше площади SQQ_1S_1.

Применительно к стрельбе закон Гаусса формулируется так:

1) *отклонения отдельных пуль от средней точки попадания больше некоторой величины имеют такую малую вероятность, что практически ими пренебрегают;*

2) *отклонения от средней точки попадания в бо́льшую и меньшую стороны (вправо и влево) равновероятны;*

3) *отклонения отдельных пуль от средней точки попадания, одинаковые по абсолютной величине, но разные по знаку, имеют равную вероятность;*

4) *малые отклонения по величине имеют бо́льшую вероятность, чем большие.*

2. Арифметическая средина

Как уже было сказано ранее, даже при большом числе измерений мы не получим истинного значения измеряемой величины: все результаты будут приближенными. Но какой же тогда из этих приближенных результатов принять за истинный?

На основании закона Гаусса можно сказать, что наиболее приближаться к истинному значению будет средний результат; при этом *с увеличением числа измерений* (выстрелов) *средний результат будет все бо́льше и больше приближаться к истинному.*

Этим положением закона Гаусса широко пользуются в стрелковой практике. Например, при определении расстояний принимают за истинное расстояние средний результат измерений, произведенных несколькими стрелками.

Средняя точка попадания принимается за наиболее точный показатель боя пулемета, винтовки и т. д.

Средним результатом, или *арифметической срединой, называется частное, полученное от деления суммы результатов измерения, взятых с их знаками, на число измерений.*

Пример. Расстояние определено глазомером 10 стрелками. Результаты измерений следующие: 1 450, 1 375, 1 350, 1 500, 1 650, 1 550, 1 700, 1 400, 1 550, 1 700 (метров).

Найти арифметическую средину (средний результат).

Решение.

$$X = \frac{1\,450 + 1\,375 + 1\,350 + 1\,500 + 1\,650 + 1\,550 + 1\,700}{10} + \frac{1\,400 + 1\,550 + 1\,700}{10} = \frac{15\,225}{10} = 1\,522\ м.$$

3. Меры для суждения о точности

Характеристика точности измерения

В стрелковой практике часто встречается необходимость решать вопрос о точности того или иного метода измерения расстояний, кучности боя оружия и т. д.

Принято за единицу измерения точности считать следующие средние ошибки: *среднюю арифметическую, среднюю квадратическую* и *срединную* (вероятную).

Средняя арифметическая ошибка

Для нахождения средней арифметической ошибки берут сумму абсолютных величин всех ошибок и делят ее на число ошибок (всех измерений). Средняя арифметическая ошибка обозначается условно буквою E_1.

Пример. Отделение стрелков глазомером определяло расстояние до ориентира. Результаты измерений приведены в таблице.

Определить среднюю арифметическую ошибку, допущенную стрелками отделения.

Результаты измерений

Глазомерщики	Результаты, м	Глазомерщики	Результаты, м
1	850	6	1 000
2	1 120	7	1 100
3	1 050	8	900
4	950	9	1 050
5	900	0	1 150

Решение. Находим арифметическую средину X, принимая ее за истинное значение измеряемой величины:

$$X = \frac{850 + 1\,120 + 1\,050 + 950 + 900 + 1\,000 + 1\,100 + 900}{10} + \frac{1\,050 + 1\,150}{10} = \frac{10\,070}{10} = 1\,007\ м$$

Определяя ошибки как разность между результатами отдельных измерений и найденной арифметической срединой, получим:

$$157 + 113 + 43 - 57 - 107 - 7 + 93 - 107 + 43 + 143.$$

Находим среднюю арифметическую ошибку:

$$E_1 = \frac{157+113+43+57+107+7+93+107+43+143}{10} = \frac{870}{10} = 87 \text{ м}.$$

Итак, средняя арифметическая ошибка при измерении 10 стрелками оказалась равной 87 *м*.

На основании этого результата можно сказать, что стрелки в среднем определяют расстояния глазомером удовлетворительно, так как средняя ошибка не превышает 10% измеряемого расстояния.

Из сказанного следует — *средней арифметической ошибкой называется сумма абсолютных величин ошибок, разделенная на число ошибок.*

Средняя квадратическая ошибка

Для нахождения средней квадратической ошибки нужно каждую ошибку возвести в квадрат, разделить сумму квадратов всех ошибок на число ошибок без одной и извлечь квадратный корень.

Средняя квадратическая ошибка условно обозначается буквою E_2.

Пример. При определении дальности результаты отдельных измерений оказались следующие: 760, 815, 713, 795, 820, 800, 780, 804, 787, 792 (в метрах).

Арифметическая средина равна:

$$\frac{760+815+713+795+820+800+780+804+787+792}{10} = \frac{7\,866}{10} = 786 \text{ м}.$$

Ошибка, как разность между результатами отдельных измерений и найденной арифметической срединой, будет:

$$-26+29-73+9+34+14-6+18+1+6.$$

Средняя квадратическая ошибка

$$E_2 = \sqrt{\frac{26^2+29^2+73^2+9^2+34^2+14^2+6^2+18^2+1^2+6^2}{10-1}} = \sqrt{\frac{8\,670}{9}} \approx 28 \text{ м},$$

а средняя арифметическая ошибка для данного примера будет:

$$E_1 = \frac{216}{10} = 21{,}6 \text{ м}.$$

В случаях небольшого числа измерений лучше пользоваться не средней арифметической ошибкой, а средней квадратической, как более приближающейся к истинной ошибке.

Итак, *средней квадратической ошибкой называется квадратный корень из суммы квадратов ошибок отдельных измерений, деленной на число измерений без одного.*

Срединная (вероятная) ошибка

В стрелковой практике чаще всего пользуются срединной, или вероятной, ошибкой, которую принято обозначать буквой B (вероятная).

Ее называют срединной, потому что она (ошибка) занимает срединное положение в ряде всех ошибок.

Поясним на примерах:

Пример 1. Найдем срединную, или вероятную, ошибку в условиях предыдущего примера.

Решение. Расположив полученные при измерении дальности ошибки в ряд, в возрастающем порядке, получим: 1, 6, 6, 9, 14, 18, 26, 29, 34, 73. Срединная ошибка будет находиться между 14 и 18, поэтому

$$B = \frac{14+18}{2} = 16 \text{ м}.$$

Пример 2. Найти срединную ошибку из ряда следующих ошибок, указанных без знаков: 18, 5, 0, 16, 4, 0, 1, 3, 7, 12, 2.

Решение. Расположим ошибки в ряд в убывающем порядке: 18, 16, 12, 7, 5, 4, 3, 2, 1, 0, 0. Посредине нечетного ряда стоит число 4. Следовательно, срединная ошибка $B = 4$ *м*.

Для нахождения срединной ошибки нужно все ошибки по абсолютной величине расположить в ряд в возрастающем или убывающем порядке. В случаях нечетного числа ошибок, ошибка, стоящая посредине, и будет срединной ошибкой; в случаях четного числа

ошибок нужно взять две ошибки, стоящие посредине ряда, сложить их и разделить на два. Частное будет срединной ошибкой.

Таким образом, *срединной ошибкой называется такая ошибка, которая по абсолютной величине больше каждой ошибки одной половины всех ошибок и меньше каждой ошибки другой половины всех ошибок.*

Действительно, в примере $B = 4$ *м*. Срединная ошибка 4 меньше 5, 7, 12, 16, 18 и больше 3, 2, 1, 0, 0.

Между срединными ошибками существует следующая зависимость.

Срединная ошибка $B = {}^5/_6\ E_1$ (арифметической ошибки) и $B = {}^2/_3\ E_2$ (квадратической ошибки).

Таким образом, зная арифметическую или квадратическую ошибку, мы можем всегда найти срединную ошибку.

Пример. Найти срединную ошибку, если арифметическая ошибка $E_1 = 86$ *м* и квадратическая ошибка $E_2 = 18{,}4$ *м*.

Решение. 1) $B = {}^5/_6 \cdot 86 = 71{,}6$ *м*;
2) $B = {}^2/_3 \cdot 18{,}4 = 12{,}3$ *м*.

При ограниченном числе измерений лучше находить срединную ошибку по средней квадратической, так как этот способ дает наилучшие результаты.

Как показывают опыт и теория, наибольшая ошибка может во много раз превышать срединную ошибку, но *вероятность этого очень мала*. Обыкновенно в стрелковой практике считают, что наибольшая ошибка не превосходит 4,5 срединной ошибки, а еще чаще допускают, что она не превосходит 4 срединных ошибок.

Например, характеризуя величину площади рассеивания выстрелов, считают, что наибольшее отклонение пуль не превосходит 4 срединных отклонений.

На рис. 112 показано численное выражение закона Гаусса. Рассматривая кривую этого закона, можно видеть, что в 50 случаях из 100 ошибки не превзойдут по абсолютной величине вероятной ошибки, а в 50 случаях — превзойдут. Возможно получить ошибку и бо́льшую вероятной ошибки и меньшую ее, причем

меньшие ошибки колеблются в пределах от 0 до величины вероятной ошибки, а бо́льшие от величины вероятной ошибки до 4—4,5 ее величины.

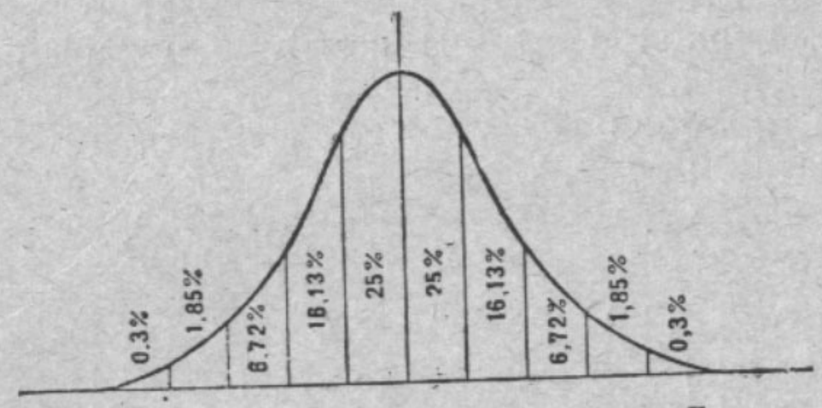


Рис. 112. Численное выражение закона Гаусса

Для удобства расчетов числа, выражающие вероятность ошибки, округляются до целых чисел; так, например, распределение ошибок по величине в шкале рассеивания выражено в целых числах

Шкала рассеивания выстрелов

%	2	7	16	25 —	25 +	16	7	2	%

Таким образом, шкала рассеивания выстрелов является частным случаем закона Гаусса.

Нахождение центра рассеивания и срединных (вероятных) отклонений при стрельбе производится следующим образом.

Предположим, при стрельбе пробоины расположились, как указано на рис. 113. Направление стрельбы показано стрелкою.

Требуется определить $B_в$ и $B_б$ (срединное отклонение

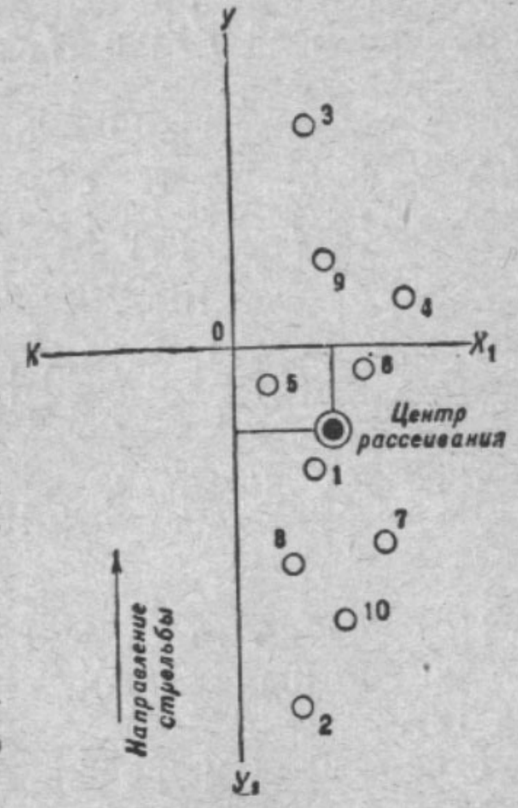


Рис. 113. Положение точек попадания при стрельбе

по дальности и срединное отклонение боковое). Раньше всего найдем положение центра рассеивания. Для этого проведем две оси: одну YY_1 параллельно плоскости стрельбы и другую XX_1 перпендикулярно к ней. Выбранной меркой (метром) измерим отклонение всех точек падения.

Места пробоин будут определяться следующими координатами:

	Y	X		Y	X
1.	−20	+15	6.	− 4	+24
2.	−60	+10	7.	−35	+27
3.	+40	+ 8	8.	−40	+10
4.	+ 8	+30	9.	+15	+15
5.	− 8	+ 7	10.	−49	+20

Координаты центра рассеивания найдем как арифметические средины отклонений всех точек падения относительно произвольных осей координат; в нашем примере осей YY_1 и XX_1:

$$Y_0 = \frac{-20-60+40+8-8-4-35-40+15-49}{10} =$$

$$= \frac{-153}{10} = -15 \text{ м (округленно);}$$

$$X_0 = \frac{+15+10+8+30+7+24+27+10+15+20}{10} =$$

$$= \frac{+166}{10} = +16 \text{ м (округленно).}$$

Нанесем центр рассеивания; он будет лежать ближе точки O (начала координат) на 15 $м$ и правее нее на 16 $м$.

Теперь найдем срединное отклонение. Для этого сначала пересчитаем отклонение каждой пули от центра рассеивания:

	по оси Y-ов	по оси X-ов
1.	(−20+15=−5)	(+15−16=− 1)
2.	(−60+15=−45)	(+10−16=− 6)
3.	(+40+15=+55)	(+ 8−16=− 8)
4.	(+ 8+15=+23)	(+30−16=+14)
5.	(− 8+15=+ 7)	(+ 7−16=− 9)
6.	(− 4+15=+11)	(+24−16=+ 8)
7.	(−35+15=−20)	(+27−16=+11)
8.	(−40+15=−25)	(+10−16=− 6)
9.	(+15+15=+30)	(+15−16=− 1)
10.	(−49+15=−34)	(+20−16=+ 4)

Для определения $B_д$ и $B_б$ найдем средние квадратические отклонения:

$$E_2 = \sqrt{\frac{5^2+45^2+55^2+23^2+7^2+11^2+20^2+25^2+30^2+34^2}{9}} =$$

$$= \sqrt{983{,}9} = 31{,}3 \text{ м;}$$

$$E_2 = \sqrt{\frac{1^2+6^2+8^2+14^2+9^2+8^2+11^2+6^2+1^2+4^2}{9}} =$$

$$= \sqrt{68{,}4} = 8{,}2 \text{ м.}$$

Вероятные отклонения будут:

$$B_д = {}^2/_3 \cdot 31{,}3 = 20{,}8 \text{ м;}\quad B_б = {}^2/_3 \cdot 8{,}2 = 5{,}4 \text{ м.}$$

Если срединные отклонения находятся посредине ряда, то, расположив все отклонения по каждому направлению отдельно в возрастающем или убывающем порядке, получим:

55, 45, 34, 30, 25, 23, 20, 11, 7, 5; $B_д = \frac{25+23}{2} = 24$ м.

14, 11, 9, 8, 8, 6, 6, 4, 1, 1; $B_б = \frac{8+6}{2} = 7$ м.

Сравнив результаты вычислений вероятных отклонений этими двумя способами, мы видим, что они несколько разнятся один от другого. Результат средний квадратический надо считать более точным, поэтому если требуется более точное определение вероятных отклонений, то следует применять метод вычисления по среднему квадратическому.

ГЛАВА VIII

МЕТКОСТЬ СТРЕЛЬБЫ

1. Общие понятия о меткости стрельбы и причинах, от которых она зависит

При данных размерах цели вероятность попадания увеличивается с уменьшением рассеивания пуль. Поэтому необходимо принимать все меры для уменьшения

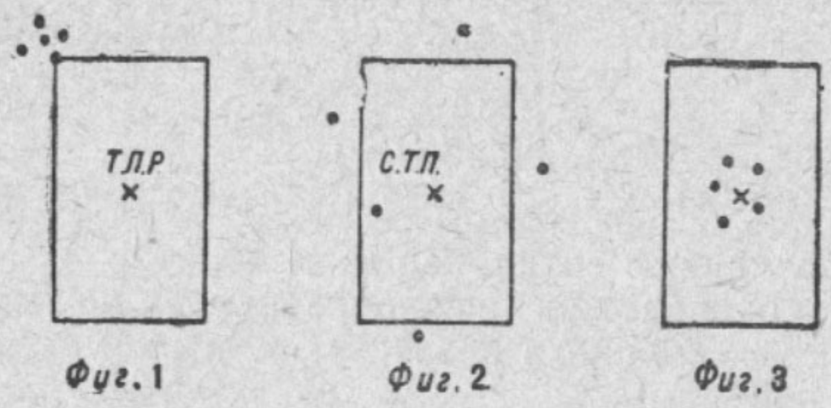


Рис. 114. Меткость стрельбы

площади рассеивания, т. е. увеличивать, как принято говорить, *кучность стрельбы.*

Но понятие кучности стрельбы еще не обнимает собой понятия *меткой стрельбы.*

Два необходимых условия определяют понятие меткой стрельбы: стрельба считается меткой только в том случае, если при достаточной степени кучности средняя точка попадания совмещается с намеченной точкой цели, т. е. с той точкой, в которую желательно направить попадания.

Поэтому, если все пули располагаются так, как показано на рис. 114, фиг. 1, т. е. хотя и весьма кучно, но вне цели, то стрельба не меткая.

Точно так же нельзя признать меткой стрельбу, при которой средняя точка попадания хотя и находится в самой середине цели, но пули разбрасываются по всей площади цели (рис. 114, фиг. 2). Только в том случае, если средняя точка попадания совмещается с целью, а пули располагаются в достаточной степени кучно на малой площади, как показано на рис. 114, фиг. 3, стрельбу можно признать меткой. Итак, *меткой стрельбой называется стрельба кучная и притом правильно направленная.*

Кучность зависит от тех же случайных причин, которые создают и рассеивание пуль, а именно:

а) от оружия и патронов, т. е. от различных отклонений в устройстве ствола, прицела и прочих частей оружия, от разнообразия в весе пули, в ее размерах и форме, от разнообразия в количестве и качестве пороха и т. п.;

б) от разнообразия в сборке винтовок, пулеметов, станков и пр.;

в) от качеств и навыков стрелка или наводчика, т. е. от разнообразия в прицеливании;

г) от изменения погоды во время стрельбы, например, от переменного ветра, дождя и пр.

Направление выстрелов и, следовательно, положение средней точки попадания зависят:

а) от оружия, т. е. правильности установки прицела, мушки, точности нарезки высот прицела, состояния канала ствола и т. п.;

б) от стрелка, т. е. от его умения правильно прицеливаться, спускать курок, правильно определять расстояние и устанавливать соответственно прицел, выбирать точку прицеливания;

в) от состояния погоды во время стрельбы (температура, ветер и пр.).

Винтовка 7,62-*мм*, которая в руках отличного стрелка при стрельбе на 100 *м*, при благоприятных условиях погоды, нормальных патронах и т. п., дает

кучность с габаритом рассеивания не более 6 *см* и стабильную меткость при совмещении средней точки попадания с контрольной или отклонении от нее не более 3 *см*, считается винтовкой точного боя.

Для получения меткой стрельбы следует тщательно проверять бой винтовки как по высоте, так и по боковому направлению, улучшать хранение и обращение с оружием и патронами и заботиться о хорошем обучении стрелков и наводчиков, добиваясь устранения всех причин, ухудшающих кучность боя и меткость огня.

Меткий стрелок — это стрелок, который умеет не только правильно производить выстрел, но и учитывать все внешние условия, влияющие на отклонение пуль; такой стрелок попадает туда, куда он хочет.

2. Влияние состояния оружия на меткость стрельбы

Вибрация ствола

При выстреле из всякого оружия направление вылета пули обыкновенно не совпадает с направлением оси канала ствола, так как в момент выстрела оружие делает резкое движение дулом вверх. Таким образом, между направлением вылета пули и направлением оси канала ствола до выстрела образуется угол, который называется *углом вылета*.

Явление это происходит от вращения оружия (стремление перевернуться) и от вибрации ствола, т. е. от его колебаний при выстреле, подобных дрожанию струны от действия смычка.

Вращение оружия дулом кверху об'ясняется следующим.

Как только пуля получает движение вперед вдоль ствола, ружье под действием силы отдачи отодвигается назад и вместе с тем вращается дулом кверху. Такое вращение происходит потому, что центр тяжести всего оружия расположен ниже оси канала ствола.

Предположим, что ось канала ствола идет по линии *АБ* (рис. 115), что центр тяжести ружья находится

в точке *Ц* и что *Р* представляет собой силу, с которой пороховые газы давят на дно канала ствола и производят, направленную по оси канала, отдачу ружья.

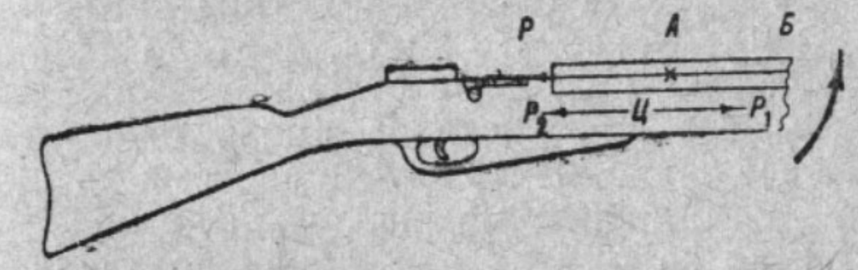


Рис. 115. Причины образования угла вылета

Приложим к центру тяжести две силы P_1 и P_2, равные *Р* и действующие в прямо противоположном друг другу направлении.

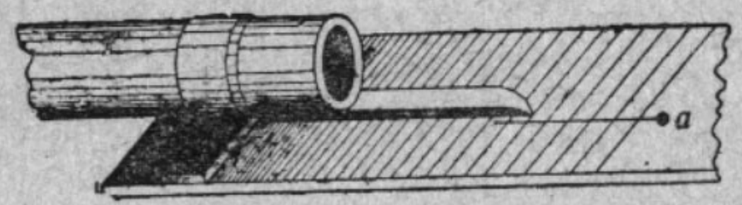


Рис. 116. Метод определения вибрации ствола

Три силы *Р*, P_1 и P_2 произведут на ружье то же действие, что и одна сила *Р*. Рассматривая же действие силы P_2 отдельно от сил *Р* и P_1, мы видим,

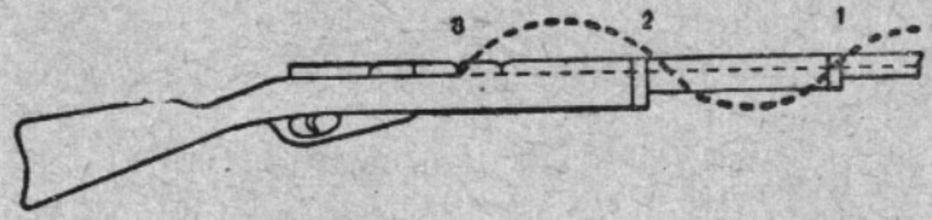


Рис. 117. Узловые точки при колебании ствола

что сила P_2, приложенная к центру тяжести ружья, производит отдачу его назад, а силы *Р* и P_1, образующие пару сил, вращают ружье дулом вверх.

Для изучения вибрационного (колебательного) движения ствола производились следующие опыты: к ство-

лу в одной или нескольких точках прикрепляли посредством обоймы гибкое перо, которое концом своим упиралось в цинковый лист. При выстреле во время движения ружья назад от отдачи острие пера, упираясь в поверхность цинкового листа, чертило линию *а*, характеризующую колебание ствола.

Если бы все точки ствола имели одно движение назад, то все линии, начерченные перьями на цинковом листе, были бы прямыми, параллельными между собой (рис. 116), но на опытах эти линии получались непараллельными; это указывает, что во время движения пули по каналу ствола разные его точки то поднимаются, то опускаются (рис. 117).

Подробное исследование полученных таким образом линий показало также, что на стволе имеются и такие точки, где нет колебания ствола. Это видно из того, что прикрепленные в этих точках перья чертят прямые линии. Такие точки называются узловыми (рис. 117).

Далее на тех же опытах выяснилось, что центр тяжести ружья движется горизонтально, а дуло ствола колеблется, то поднимаясь, то опускаясь относительно узловой точки, находящейся в некотором расстоянии от дула.

По фотографическим снимкам движения точки ствола, находящейся у дула, определили, что при стрельбе без штыка из всех испытанных ружей пуля вылетает, когда дуло поднято вверх, почему и угол вылета положительный, а при стрельбе со штыком пуля вылетает, когда дуло опущено вниз, почему и угол вылета в данном случае отрицательный.

На величину вибрации оказывает влияние толщина стенок ствола: чем стенка тоньше, тем колебания больше, и наоборот. Поэтому ружья с более толстыми стенками бьют кучнее (целевые винтовки). Однако, излишнее утолщение стенок, увеличивающее вес ружья, крайне нежелательно для боевого оружия.

Длина ствола должна быть подобрана так, чтобы узловая точка была вблизи дула. Опыты показывают, что длина ствола 7,62-*мм* винтовки обр. 1891/1930 гг. в рассматриваемом отношении является наивыгоднейшей.

При выработке соединений ствола с ложей не следует стремиться крепко зажимать ствол, так как

вибрация для закрепленного оружия получается иная, чем при стрельбе с руки или когда оружие свободно подвешено. По тем же соображениям при проверке боя винтовок не следует закреплять их в станке неподвижно, а лучше класть на мешок с песком, так как при этом вибрация ствола будет ближе подходить к той, которая получается при стрельбе с руки.

Точность изготовления оружия

При массовом производстве любого оружия — пулеметов, винтовок, пистолетов и т. д. — невозможно добиться совершенно одинаковых размеров всех деталей. Поэтому при изготовлении оружия установлены *допуски,* т. е. наибольший и наименьший предельные размеры.

Для обеспечения наилучших боевых качеств оружия допуски на размеры ответственных частей и в особенности канала ствола установлены минимальные.

Например, калибр ствола винтовки и пулемета должен быть изготовлен в пределах 0,2995 и 0,3025 дм. Следовательно, разница между предельными калибрами не должна превышать 0,003 дм. Такие же строгие допуски существуют и для прочих размеров канала ствола — ширины, глубины и длины хода нарезов. Кроме того, нарезы должны иметь строго определенное очертание.

Правильность изготовления частей оружия проверяется *лекалами.* Так, например, размеры калибра ствола проверяются двумя лекалами — *калибромерами.* Диаметр одного равен 0,2995 дм., а другого 0,3025 дм. При проверке первый калибромер должен свободно проходить по всей длине канала ствола, а второй не должен не только входить, но, как говорят, не должен и «закусывать».

Существует целый набор таких *войсковых лекал* для каждого образца оружия: винтовки, пулеметы и т. д. Правила применения этих лекал и проверочных приборов к ним, называемых *шаблонами,* изложены

в соответствующих руководствах, почему здесь этот вопрос не разбирается.

Чем точнее изготовлено оружие, тем большей меткости и однообразия можно добиться при ведении огня. Это особенно важно при одновременной стрельбе по одной цели из нескольких пулеметов или винтовок, т. е. при всякой групповой стрельбе. Помимо этого при точном изготовлении оружия увеличивается продолжительность службы стволов.

Изнашивание оружия

Даже при самом правильном сбережении и хранении оружия и самом тщательном уходе за ним части оружия постепенно изнашиваются, так, например, при громадных давлениях пороховых газов и больших скоростях пули, при движении ее по каналу ствола, последний постепенно стирается, от больших температур начинается разгар металла, от удара бойком разнашивается боевая личинка винтовки и т. д.

Для того чтобы такое *естественное изнашивание* оружия при стрельбе и отчасти при чистке не превысило допускаемых пределов, необходимо систематически проверять его войсковыми лекалами. При этом изношенные части оружия подлежат *выбраковке* и замене их новыми.

Неисправности оружия

Наибольшее влияние на результаты стрельбы оказывают неисправности в канале ствола оружия.

Растертость ствола выражается следующими признаками:

а) стираются поля и углубления нарезов по всему каналу ствола;

б) расширяются пульный вход и канал ствола со стороны патронника;

в) расширяется дульная часть ствола;

г) округляются углы полей по всей длине канала ствола или же со стороны патронника, или в дульной части.

Чаще всего наблюдается одновременно несколько признаков, например, стертость полей по всему каналу ствола и растертость пульного входа и т. д.

Изнашиваться канал ствола обыкновенно начинает у пульного входа и со стороны дульной части. Если растертость ствола не превысила допустимых пределов и равномерна, то стрельба из таких стволов дает удовлетворительные результаты. Значительно большее влияние оказывает неравномерный износ ствола.

Ствол признается негодным для дальнейшей стрельбы, когда браковочный калибромер проходит по всей длине ствола.

Царапины в канале ствола. Царапины появляются чаще всего потому, что к поверхности пули во время стрельбы прилипают посторонние частицы: песчинки, частицы металла и т. д. Точно так же посторонние частицы могут попасть на паклю при чистке оружия. Таким образом, при стрельбе и при чистке могут образоваться одиночные или же группа царапин большей или меньшей глубины. Если при повреждении металла края его несколько поднимаются, такая царапина называется *заусеницей*. Царапины от стрельбы постепенно сглаживаются. Одиночные царапины, как мелкие, так и глубокие, сами по себе не оказывают влияния на результаты стрельбы. Однако, они способствуют более легкому появлению ржавчины и быстрейшему разрушению ствола.

Чтобы предупредить появление царапин, необходимо при чистке оружия следить за чистотой материалов и принадлежностей для чистки: протирать стволы перед самой стрельбой, не бросать патроны на землю и обтирать случайно упавшие, оберегать оружие от засорения.

Раздутие ствола. Раздутие обычно происходит от присутствия в канале ствола посторонних тел: снега, песка, грязи, оторванного дульца гильзы и даже густой смазки или отдельных, не распылившихся по каналу ствола капель воды.

Появление раздутости в перечисленных случаях об'ясняется таким образом: как только пуля при своем

движении в канале ствола встретит какое-либо препятствие, скорость ее уменьшается. Газы, толкающие пулю, отразившись от дна пули, получат движение назад в противоположном направлении. При таком обратном движении в некотором расстоянии от дна пули они столкнутся с газами, двигающимися вперед. Произойдет столкновение двух упругих тел, при котором возникает сила, действующая перпендикулярно к направлению движения газов, т. е. к направлению оси канала ствола. Эта возникшая сила может произвести такое сильное давление на стенки канала ствола, которое превысит предел упругости материала, и получится растяжение, которое и является *раздутием канала ствола.*

Сильное раздутие ствола заметно снаружи наглаз или наощупь. Вообще же раздутие при осмотре канала ствола имеет вид поперечного сплошного или прерывчатого кольца. Чем гуще тень, тем больше степень раздутия.

Раздутие может произойти в любом месте ствола, примерно, от заднего ложевого кольца до самого дульного среза. При раздутии ствола никаких других повреждений ни в стволе, ни в прочих частях оружия не бывает.

Раздутие, даже незначительное, влияет на изменение боя оружия как в отношении положения средней точки попадания, так и в отношении кучности боя.

Стволы с сильным раздутием к дальнейшей службе совершенно негодны.

Незначительные раздутия около дульного среза не оказывают влияния на меткость боя, если калибромер входит не более чем на *7 мм* внутрь канала ствола.

Избежать раздутия можно, если тщательно осматривать канал ствола перед стрельбой и оберегать дульную часть оружия от загрязнения.

Погибы и кривизна ствола. *Погибом* ствола называется искривление его на небольшом радиусе, а *кривизной* — искривление на большом радиусе, практически на протяжении всего ствола.

При погибе и кривизне ствола пули отклоняются в сторону погиба. При незначительном погибе ствола, когда нормальный калибромер проходит через ствол не задерживаясь, влияние кривизны на бой может быть устранено передвижением мушки и изменениями ее высоты. При более сильном погибе и кривизне влияние их на бой ствола столь значительно, что исправить его передвижением и изменением высоты мушки нельзя. В этом случае необходимо *править* ствол, что производится в мастерской и на заводе.

Избежать погиба можно при строгом соблюдении всех правил хранения и сбережения оружия и при бережном обращении с ним в бою.

Неравномерная осадка опорных плоскостей ствольной коробки, боевых выступов боевой личинки, упора и нагеля. Правильное движение оружия назад вследствие отдачи без отклонения в стороны может происходить только в том случае, когда на опорные плоскости, расположенные симметрично, давление будет одновременно и одинаково. Такими опорными плоскостями являются: плоскости ствольной коробки, на которые давят боевые выступы боевой личинки, плоскость упора, прилегающая к нагелю, цапфы пулеметного ствола и т. д.

Разберем в виде примера случай неодинакового давления опорных плоскостей боевых выступов боевой личинки при отдаче.

Если боевая личинка касается опорной плоскости ствольной коробки лишь одним выступом, то под влиянием отдачи сила ее будет направлена не по оси оружия. Ствол уклонится передним концом в сторону выступа, не прилегающего к опорной плоскости ствольной коробки. Вследствие этого и пули отклонятся в ту же сторону.

Точно такое же действие и такие же результаты получатся во всех случаях, когда давление на опорные плоскости не будет симметрично.

Для того чтобы сразу добиться стабильного боя оружия, необходимо тщательно проверять и *отлаживать* однообразие прилегания опорных плоскостей.

Неперпендикулярность дульного среза к оси ствола вызывает отклонение пули в сторону срезанной части. Такая неисправность может получиться лишь при неаккуратной расшорошке дула ствола в мастерской.

Об'яснить это явление можно тем, что в тот момент, когда пуля подходит к дульному срезу, на ту ее часть, которая еще прилегает к стволу, продолжают давить газы, тогда как на срезе газы вырываются из ствола и давление на пулю ослабевает и прекращается. Таким образом, в момент вылета пули из ствола давление на ее дно неравномерно, т. е. больше на стороне, противоположной скосу. Поэтому пуля и отклоняется в сторону срезанной части.

Забоины на дульном срезе. Даже незначительные забоины на дульном срезе со стороны канала ствола влияют на увеличение рассеивания выстрелов и на отклонение средней точки попадания. На основании ряда произведенных опытов оказалось, что средняя точка попадания отклоняется в сторону, противоположную расположению забоины.

Устраняются забоины подшорошкой дульного среза.

Ржавчина. Ржавчина есть окисел металла, имеющий вид красно-бурых пятен или крапин, скученных в одном месте или разбросанных по всему каналу ствола. По удалении налета ржавчины (окисла) всегда остается более или менее явственный след. Незначительный след, имеющий вид темных точек, иногда трудно заметных наглаз, называют *сыпью. Сыпь и незначительные следы ржавчины оказывают влияние на стрельбу.*

Сильную ржавчину или глубокие следы ее нужно отнести к серьезной порче ствола, так как при стрельбе рассеивание выстрелов увеличивается на 20—30% и может получиться раздутие ствола и даже разрыв последнего. Чистка ствола сильно затрудняется, а от усиленной чистки углы полей округляются, и срок службы ствола уменьшается.

Степень заржавления ствола и запущенности ржавчины определить более или менее точно какими-либо

приборами невозможно, а потому затруднительно сказать, как велика ржавчина и какое влияние она оказывает на разбрасывание пуль или на изменение положения средней точки попадания в каждом данном случае.

Рассеивание пуль особенно сильно возрастает при первых выстрелах; при последующих же выстрелах (после 10—20) налет ржавчины самой пулей сглаживается и частью удаляется, и стрельба делается более однообразной.

Тесная зависимость между износом канала ствола и его заржавлением может быть об'яснена следующим образом.

Если случайно появившуюся в канале ствола ржавчину (красно-бурый налет) удалить, хотя бы и по прошествии непродолжительного времени после ее образования, то она все-таки оставит в канале след в виде небольших, едва заметных углублений. Для извлечения попавшей впоследствии в эти углубления воды неизбежно потребуется более усиленная чистка канала, которая в свою очередь поведет к его расширению. Наоборот, если не прочистить канала ствола от только что появившегося красно-бурого налета, то последний, по свойству своему впитывать влагу, будет способствовать образованию новой ржавчины и, распространяясь в глубь металла, раз'едать ствол. Насколько необходимо удаление появившегося в канале красно-бурого налета, настолько же нерационально уничтожение следов ржавчины при помощи чистки наждаком или другими подобными средствами.

Ввиду вредного влияния ржавчины на изменение боя оружия перечислим меры, соблюдение коих совершенно необходимо для предупреждения появления этого недостатка.

а) Чистку оружия после стрельбы следует производить как можно скорее.

Требование это вызывается тем обстоятельством, что в продуктах горения бездымного и малодымного пороха содержится значительное количество воды, которая способствует образованию ржавчины. В про-

дуктах горения малодымного пороха для холостых патронов процент воды получается значительно больший; сверх того имеющиеся в бумаге этих патронов частицы железа способствуют образованию ржавчины. Вследствие указанных причин необходимо особенно внимательно следить за чисткой после стрельбы холостыми патронами.

б) Для смачивания пакли при чистке употребляются: смазка, щелочный состав, керосин или, в крайнем случае, вода. Смазка или керосин должны быть хорошего качества, а вода непременно кипяченая. Последнее обусловливается тем, что в кипяченой воде, особенно в горячей, нет воздуха, между тем как в холодной воде всегда есть в растворе частицы воздуха, кислород которого, действуя на железо, окисляет последнее и вызывает ржавчину.

Как было сказано, необходимо особенно внимательно чистить оружие после стрельбы и обязательно на второй-третий день вновь протереть ствол, так как даже и после правильной чистки через некоторое время в канале ствола может появиться налет ржавчины. Явление это об'ясняется следующим образом. При продолжительной стрельбе из винтовки, особенно при автоматической стрельбе из пулемета, стенки канала ствола нагреваются и расширяются, и если давление газов в стволе весьма велико, то очень часто газы входят, как бы вкрапливаются, внутрь стенки ствола. При охлаждении газы сжимаются и выдавливаются из стенок внутрь канала ствола; такое явление называется *окклюзией*.

Газы содержат в себе кислотные соединения и, выделяясь на поверхность канала, способствуют образованию ржавчины.

Выделение газов из металла совершается весьма медленно, почему для устранения их вредного влияния на ствол надо прочищать канал несколько раз и не только тотчас после стрельбы, но и спустя некоторое время, через день или два.

В заключение надо сказать, что работа по чистке оружия требует большого внимания. Так, например,

очень тугое движение протирки может повести к стиранию углов полей, а очень слабое оставит в углах влажность, которая может послужить причиной появления ржавчины. Чистка винтовок и автоматов без дульной накладки ведет к растертости дульной части ствола, между тем все опыты определенно указывают, что на меткость стрельбы главное влияние оказывает состояние дульной части канала ствола, и преимущественно обреза дула, дающего направление линии выстрела. Ввиду этого, а также принимая во внимание, что растертость со стороны патронника оказывает значительно меньшее влияние на меткость стрельбы, необходимо, когда это возможно, чистить канал ствола исключительно со стороны казенной части, тем более что на исправность дульных накладок не всегда можно положиться. В американском наставлении воспрещается чистить оружие со стороны дула.

Мельхиоризация. При движении пули по каналу ствола развивается сильное трение между поверхностями пули и канала ствола; по мере увеличения скорости движения пули трение это увеличивается и при очень больших скоростях пули и при большой температуре достигает такой величины, что частицы мельхиора прилипают к стенкам ствола; явление это называется *мельхиоризацией*.

Обычно мельхиоризация наблюдается в передней части ствола, между ложевыми кольцами и мушкой.

При стрельбе из стволов, в которых получилось заметное наслоение мельхиора, увеличивается давление и даже возможны случаи раздутия ствола.

Кроме того, оседание мельхиора вызывает ухудшение меткости.

Поэтому при большом наслоении мельхиора необходимо принимать меры к удалению его, для чего нужно тщательно и своевременно чистить ствол. Если при нормальном способе чистки удалить его не удается, следует произвести чистку эмульсией из зеленого мыла ($^1/_3$) и горячей воды ($^2/_3$), после

чистки ствол протереть насухо и смазать ружейным салом.

Самым надежным средством предупреждения мельхиоризации служит смазка патронов перед стрельбой.

К сказанному остается добавить, что мельхиоризация стволов — явление, присущее не только нашим винтовкам; оно наблюдается и в оружии иностранных образцов, например, американском «Браунинге» и в лучшей по меткости стрельбы специально спортсменской винтовке системы «Росса».

Влияние правильного положения ствола винтовки в ложе

Выше было указано, что колебание ствола при выстреле будет наиболее однообразным в том случае, когда сила, толкающая оружие назад, приложена к одной точке. Это достигается тем, что обеспечивается плотное и однообразное прилегание упора ствола к нагелю и устраняется упор других частей ствола в ложу, например упор хвоста ствольной коробки в вырез ложи.

В ручном пулемете это требование достигается подгонкой упора венчика к стволу.

а) Однообразное колебание, *вибрация*, различных частей оружия и в особенности ствола может быть достигнута так называемым свободным положением ствола. В этом случае ни одна точка ствола не должна касаться дерева ложи, для чего между стволом и ложей обеспечивается постоянный и однообразный *зазор*. Однако, опыт многих лет показал, что это требование достижимо только путем отладки и почти исключительно в спортивном оружии, которое хранится в особо благоприятных условиях. В боевых винтовках, которыми приходится действовать под дождем, в сырость, туман и под палящим солнцем, выдвинутое требование невыполнимо. Дерево ложи, переходя весьма быстро из одних условий в другие (из-под дождя на солнце, с холода в тепло и т. д.), *поводится*, т. е. слегка изгибается. При такой «поводке» ложи зазор между

ложей и стволом нарушается, происходит соприкосновение и бой винтовки резко изменяется. Поэтому отладка боевых винтовок недопустима, как мероприятие, ведущее к ухудшению боя оружия.

б) Однообразия боя винтовок можно достигнуть прилеганием ствола к ложе. Добиваются этого заводским путем и в оружейных мастерских. Никакое кустарничество и индивидуальная отладка здесь недопустимы, ввиду сложности и трудности этой тонкой работы. Такое решение вопроса наиболее приемлемо для боевых винтовок.

Отсюда вытекает правило: *отладка боевых винтовок производится только на заводе или в оружейной мастерской. Какие-либо мероприятия бойцов и командиров в этом отношении совершенно недопустимы.*

Для станкового пулемета также крайне важно обеспечить условия однообразного колебания ствола при автоматической стрельбе. Этого можно достигнуть, либо пытаясь наглухо закрепить пулемет, либо дать ему возможность наиболее однообразно двигаться при каждом выстреле.

Как показала практика, первый прием ведет к необходимости весьма прочных упоров, создать которые не всегда возможно. Кроме того, такие упоры в конце концов сдают, и при этом изменяется бой оружия. Очевидно также, что при этом получается больший износ частей вследствие сильных толчков.

Наиболее благоприятные результаты оказались при применении второго приема, когда пулемету обеспечивается свободное и однообразное движение при каждом выстреле. Согласно НСД-2, это достигается применением особых войлочных прокладок под катки и сошник пулемета. Такие прокладки обеспечивают однообразие боя пулемета, способствуют сохранению материальной части и применимы при любых, даже самых неблагоприятных, условиях (снег, песок, твердый грунт и т. д.). Разумеется, при благоприятном грунте, например, при стрельбе с дерна, в искусственных мерах нет никакой надобности.

Нагревание и загрязнение ствола

Изменение температуры заряда влияет на изменение начальной скорости v_0. Это влияние имеет место при начале стрельбы, пока ствол не нагрет еще до степени, вызывающей его расширение; после же значительного количества выстрелов нагревание ствола ведет к его расширению, начальная скорость начинает уменьшаться, а рассеивание сильно увеличивается.

При стрельбе из винтовок после 10—15 выстрелов нагревание увеличивает начальную скорость пули на 2 *м/сек*, а после 20—25 выстрелов — на 5 *м/сек*.

При производстве непрерывной стрельбы из автоматов и пулеметов до 90—120 выстрелов начальная скорость повышается до 10 *м/сек*. При дальнейшей стрельбе (120 выстрелов) начальная скорость начинает падать.

При стрельбе из разгоряченного оружия между прицелом и мушкою получается движение воздуха, затрудняющее правильное и однообразное прицеливание, отчего меткость стрельбы понижается. Такое явление более заметно при стрельбе в тихую погоду и оказывает наибольшее влияние тогда, когда линия прицеливания приближена к оси канала ствола, т. е. при стрельбе на близкое расстояние.

При выяснении испытанием влияния загрязнения на меткость боя пулемета и винтовки выведено заключение, что при стрельбе из оружия, загрязненного стрельбою и нечищенного несколько дней, положение средней точки попадания обыкновенно повышается, а кучность боя ухудшается, причем радиус круга увеличивается до 20%.

Влияние штыка

При стрельбе из винтовки с примкнутым штыком она не остается в спокойном состоянии, а вращается в сторону, противоположную той, с которой примкнут штык, т. е. при штыке, примкнутом справа, отклонение получается влево и обратно. Происходит это потому, что при примкнутом штыке центр тяжести находится не на оси канала ствола, а в стороне.

Об'ясняется это следующим образом.

Пусть давление пороховых газов на дно канала равно силе P (рис. 118), приложенной к одной из точек, лежащих на оси. Для рассмотрения, какое действие произведет эта сила, приложим к центру тяжести $Ц$ винтовки две взаимно противоположные силы P_1 и P_2, из которых каждая равна и параллельна силе P. Сила P_2, приложенная к центру тяжести оружия, будет отодвигать его назад, а две силы P и P_1, составляя пару, вращать его передним концом в сторону, противоположную расположению центра тяжести оружия; таким образом, когда штык примкнут с правой стороны, ствол будет вращаться передним концом влево, а при штыке, примкнутом снизу,— вверх.

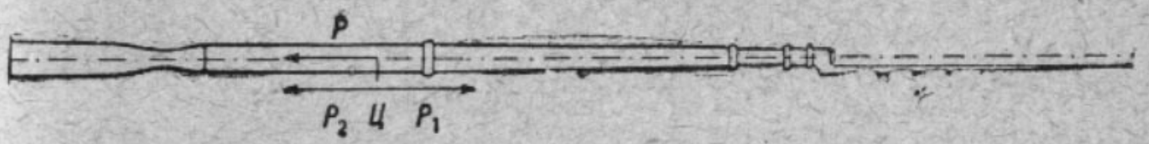


Рис. 118. Влияние примкнутого штыка

Вследствие указанного вращения ствола направление дула винтовки при вылете пули будет иное, чем в момент прицеливания, и пуля получит движение в плоскости, проходящей через ось оружия в момент вылета из дула; таким образом, если до выстрела линия прицеливания была направлена параллельно оси оружия, то при стрельбе с примкнутым штыком, даже с самого малого расстояния, ни одна пуля не попадет в точку прицеливания вследствие отклонения оси оружия в момент вылета пули в сторону от своего первоначального направления, и все пули отклонятся в ту же сторону. Поэтому для того, чтобы пуля попала в точку прицеливания, необходимо заранее, еще до выстрела, направить ось оружия в сторону, противоположную уклонению от штыка, и как раз настолько, чтобы в момент вылета пули ось оружия совпала с плоскостью, в которой была линия прице-

ливания до выстрела. Для этого нужно вершину мушки передвинуть влево.

Чтобы определить величину отклонения мушки от оси канала *ОС*, рассмотрим два подобных треугольника *ВОС* и *ВКМ* (рис. 119).

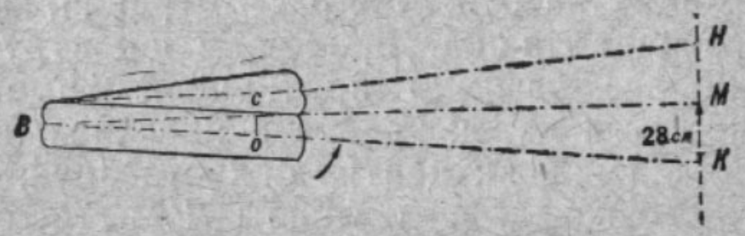


Рис. 119. Устранение влияния примкнутого штыка

Подобие этих треугольников дает нам такую пропорцию:

$$\frac{MK}{CO}=\frac{BM}{BC},$$

откуда

$$CO=\frac{MK\cdot BC}{BM}.$$

Наоборот, зная величину передвижения мушки *СО*, мы можем определить, насколько отодвигается от этого в сторону средняя точка попадания, т. е. определить

$$MK=\frac{BM\cdot CO}{BC}$$

Например, при стрельбе на дистанцию 100 *м* передвижение мушки на 0,1 *см* дает:

$$MK=\frac{10\,000\cdot 0{,}1}{61{,}5}=16\ см,$$

где 61,5 *см* — длина прицельной линии.

Из предыдущего видно, что чем дальше отнесен центр тяжести от оси канала ствола, тем вращение ружья в сторону при прочих равных условиях будет больше; поэтому с увеличением уклона острия штыка в сторону увеличивается вращение дула.

Влияние штыка выражается в том отклонении, которое получает винтовка во время движения пули по каналу ствола вследствие расположения центра тяжести в стороне от оси канала ствола, а также вследствие вибрационного колебания ствола.

От совокупности этих причин получаются уменьшение дальности полета пули и отклонение ее в сторону от точки прицеливания; но если добиться того, чтобы передвижением мушки и изменением ее высоты средняя точка попадания по направлению оси совпала с точкой прицеливания, а по высоте— с нормальным превышением боя винтовки, то влияние штыка будет устранено и при стрельбе отклонение пуль в сторону будет происходить только от деривации и влияния ветра.

Выше было указано, какое влияние оказывает штык на бой оружия. Остается указать, какое влияние окажет *погиб штыка* на отклонение пуль.

Чем дальше отнести центр тяжести от оси канала ствола, тем больше будет отклонение ствола при выстреле. Поэтому при погибах штыка отклонение пуль в сторону будет тем больше, чем больше погиб его, и всегда в сторону, противоположную погибу.

Когда штык неплотно пригнан к стволу, получается *качание штыка*. В результате будет большое разбрасывание пуль, происходящее вследствие изменения положения центра тяжести оружия при каждом выстреле. Это предположение подтверждается опытами и практикой стрельбы. Так, например, при хорошо пригнанном штыке при стрельбе на 300 *м* радиус круга, вмещающего лучшую половину выстрелов, равнялся 18 *см*, а при шатании штыка он возрос до 30 *см*.

Поэтому при стрельбе необходимо заботиться о том, чтобы штык был хорошо пригнан. Пригонка штыка производится в оружейной мастерской.

Стрельба без штыка. Если из винтовки, приведенной к нормальному бою со штыком, будем стрелять без штыка, то пули отклонятся в правую сторону; и наоборот, если из винтовки, приведенной к нормальному бою без штыка, будем стрелять с примкнутым штыком, то пули будут попадать левее и ниже.

Насколько надо изменять в этих случаях точку прицеливания, показано в табл. 14, в которой принята во внимание и деривация.

Таблица 14

Величина изменения точки прицеливания при стрельбе со штыком и без штыка

Дальность *м*	Винтовка приведена к нормальному бою для стрельбы со штыком		без штыка	
	при стрельбе без штыка		со штыком	
	точку прицеливания брать левее		правее	
	см	фигуры	*см*	фигуры
140	15	—	15	—
290	30	в край	30	в край
420	50	¼ выносить	50	¼ выносить
560	70	1	60	¼
700	90	1½	70	½
	м			
1 050	1,5	3	60 левее	½ левее
1 400	3	7	0	0
			м	
1 750	6	14	2	5
2 100	11	25	7	16

Для того чтобы устранить при стрельбе из винтовки без штыка влияние боя по высоте, надо поставить более высокую мушку.

Кроме изменения в положении средней точки попадания, штык оказывает влияние и на *кучность боя*. Примкнутый штык, вообще говоря, ухудшает стрельбу как потому, что при всяком шатании штыка увеличивается рассеивание выстрелов, так и потому, что при более или менее продолжительной стрельбе стрелок утомляется и рассеивание увеличивается при такой стрельбе на 15—20% сравнительно со стрельбой из того же оружия без штыка.

3. Влияние установки оружия на меткость стрельбы

Упор при стрельбе

Опыты показали, что, чем тверже упор, тем больше изменяется положение средней точки попадания.

На кучности и меткости боя винтовки отражается также непосредственное соприкосновение ствола или цевья с упором, будет ли оно ближе к дульной или казенной части винтовки. Поэтому непосредственно на упоре располагать винтовку не следует, лучше всего класть на упор руку, а на нее уже винтовку. Для однообразия влияния упора на положение средней точки попадания следует всегда помещать упор под центром тяжести винтовки (примерно, под передним краем магазинной коробки).

Положение стрелка

Самый низкий бой получается при стрельбе стоя (+15 *см*), самый высокий — при стрельбе с колена (+22 *см*) и средний — при стрельбе лежа (+18 *см*).

Значительно большее влияние на положение средней точки попадания по высоте оказывает место вставления приклада в плечо.

Для об'яснения этого рассмотрим силы, действующие на винтовку в момент выстрела. Из рис. 120 и 121 видно, что кроме силы отдачи P на винтовку действует реакция плеча P_1, равная, но противоположная направлению силы P. Таким образом, всегда образуется пара сил, вращающая винтовку дулом вверх. Дей-

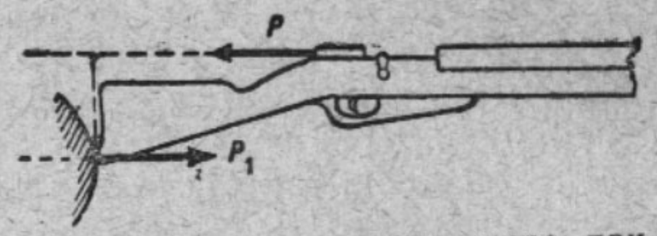


Рис. 120. Значение места упора приклада в плечо. Упор нижним углом



Рис. 121. Значение места упора приклада в плечо. Упор верхним углом

ствие этой пары сил будет тем больше, чем больше плечо пары, т. е. чем выше упор приклада в плечо (рис. 120 и 121).

Прицеливание

Меткость стрельбы обеспечивается, главным образом, *точным и однообразным прицеливанием*. Под *точным* прицеливанием мы разумеем такое прицеливание, при котором три точки, определяющие положение линии прицеливания, т. е. определенная точка в прорези прицела, вершина мушки и намеченная точка цели, находятся на одной прямой линии.

Точность и однообразие прицеливания в совокупности образуют понятие *правильного прицеливания*.

Рассмотрим, от каких причин зависит правильность прицеливания.

Форма и размер точки прицеливания. На точность прицеливания оказывают громадное влияние вид и размеры точки прицеливания. Наилучшей точкой прицеливания следует признать круглое яблоко белого цвета в черном круге или черное яблоко на белом фоне.

Для каждого расстояния радиус этого яблока должен быть строго определенных размеров. Наилучший размер яблока, когда диаметр его составляет одну тысячную расстояния.

Фигура, размер и цвет точки прицеливания имеют большое суб'ективное значение.

Выбор точки прицеливания. В том случае, когда цель видна, в особенности при стрельбе из винтовок, крайне желательно точку прицеливания избирать на цели, так как при этом стрелок или наводчик имеет возможность лучше наблюдать за результатами своих выстрелов.

Однако, при *обыкновенных* прицелах без подвижного целика это редко осуществимо, так как при стрельбе всегда бывают причины, отклоняющие пули в стороны (деривация, боковой ветер) или изменяющие превышение полета над линией прицеливания (плотность воздуха, холод, жара, продольный ветер и т. д.), и для попадания в цель надо брать точку прицеливания

выше или ниже центра цели или выносить точку прицеливания в сторону и нередко брать ее вне цели. Точно так же для стрельбы по движущимся целям точку прицеливания надо выносить и брать ее перед целью.

Свойства глаза стрелка и наводчика. Известно, что глаз человека не может отчетливо видеть одновременно три расположенные одна за другой точки, особенно когда первая находится в очень близком расстоянии от глаза; поэтому прорезь прицела обычного типа не должна располагаться ближе 25 *см* от глаза, причем для точности и однообразия прицеливания необходимо, чтобы глаз стрелка находился всегда на одном и том же определенном расстоянии от прорези.

Опыты проверки прицеливания из пулемета и винтовки со станка показали, что при прицеливании нескольких стрелков в одну и ту же точку получается разнообразие в прицеливании, зависящее исключительно от свойств глаза, причем установлено, что ошибки (отклонения) по высоте несколько больше, чем по боковому направлению. Так, например, срединное отклонение по высоте составляет для дальности 70 *м* — 7 *см*, а по боковому направлению — 4 *см*. При стрельбе на большее расстояние эти отклонения увеличиваются пропорционально расстоянию. Таким образом, при стрельбе на 700 *м* отклонения по высоте составляют 70 *см* и в сторону — 40 *см*.

Точно так же, если навести винтовку со станка под яблоко мишени, поставленной в 150 *м*, держа глаз на линии шейки ложи, и если затем, отойдя назад и став позади приклада в расстоянии одного шага, проверить прицеливание, то будет казаться, что наводка неправильна и линия прицеливания идет ниже точки прицеливания на 50 *см*.

Это обстоятельство показывает, что при стрельбе, а также при проверке прицеливания надо глаз устанавливать всегда в одном и том же месте, а проверяющий должен смотреть оттуда, где был глаз стрелка или наводчика.

Сваливание оружия

При сваливании оружия прорезь прицела описывает бóльшую дугу, чем вершина мушки, и потому отходит в сторону больше, чем мушка (рис. 122). Если теперь линию прицеливания направить в цель, то ось канала ствола уклонится от точки прицеливания в сторону и вниз, как это видно из рисунка. При этом если свалить винтовку или пулемет вправо, то и пуля отклонится вправо от точки прицеливания, а дальность полета уменьшится (при сваливании влево пуля отклонится влево и дальность полета тоже уменьшится).

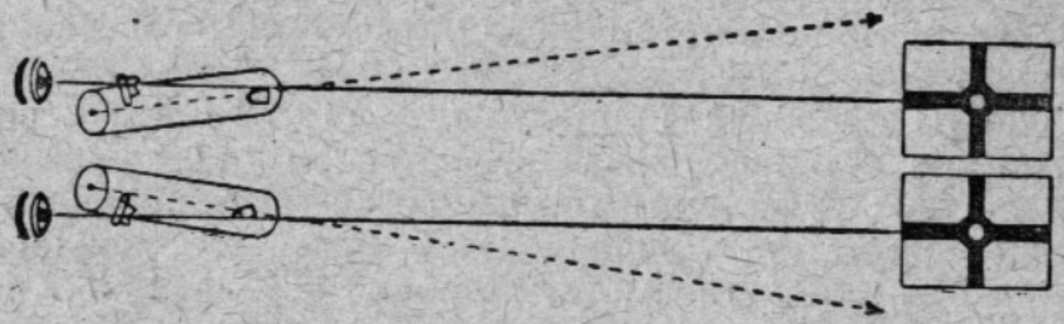


Рис. 122. Влияние сваливания винтовки

Правильное положение винтовки или пулемета определяется по положению прицела; поднятая рамка или стойка должна быть вертикальна, а обрез хомутика или целика — горизонтален.

Величина отклонения целика в зависимости от угла сваливания определяется по формуле:

$$\Delta ц = \frac{H \cdot У}{1\,000},$$

где $\Delta ц$ — отклонение целика в сантиметрах, H — высота прицела над осью канала ствола в сантиметрах, $У$ — угол наклона оружия.

Таким образом, вычислено, что при сваливании пулемета Максима на станке Соколова на 1° (17 тысячных), или, что то же, при превышении одного колеса

станка над другим на 5 *см*, целик надо отклонять при стрельбе на 1 400 *м* на 3 деления, на 2 100 *м* на 7 делений и на 2 300 *м* на 14 делений.

Если производить стрельбу из пулеметов с рассеиванием при горизонтальном положении плоскости рассеивающего приспособления и по местности горизонтальной, пули будут ложиться по дуге круга, имеющего центром место стояния пулемета. Принимая во внимание малый фронт обстреливаемой цели по сравнению с дальностью стрельбы, дугу эту принимают за прямую линию.

При стрельбе с рассеиванием по горизонтальной местности, но с плоскостью рассеивающего приспособления, наклоненной вперед, по мере направления выстрелов к флангам цели, дальность полета пуль будет увеличиваться; при наклоне же плоскости рассеивающего приспособления назад дальность полета пуль будет уменьшаться. Явление это будет выражено тем резче, чем меньше расстояние до цели и чем больше уклон стола пулемета. Об'ясняется это тем, что при уклоне рассеивающего приспособления вперед дуло пулемета по мере уклонения в стороны будет подниматься, и если бы направить пулемет под углом 90° к направлению наклона плоскости рассеивающего приспособления, то угол возвышения пулемета увеличился бы на величину наклона плоскости рассеивающего приспособления. Если плоскость рассеивающего приспособления уклонить назад, то по мере поворота пулемета угол возвышения по тем же причинам уменьшается.

Это обстоятельство указывает на необходимость установки стола пулемета всегда в горизонтальной плоскости.

Спуск курка

На меткость стрельбы, кроме точности прицела, оказывает громадное влияние правильный спуск курка. Стрелок должен уметь производить спуск без особого напряжения и не задумываясь над тем, как его выполнить.

Для меткой стрельбы следует спускать курок, удерживая дыхание, *плавно, постепенно,* доводя тягу спуска до такой величины, чтобы в последний момент выстрел произошел без какого-либо особого нажима на спусковой крючок.

Отклонение линии прицеливания от цели при спуске курка может происходить: 1) вследствие того, что стрелок, опасаясь отдачи, подает плечо (как говорят, «клюет»), 2) вследствие нетвердой постановки ружья в плече и 3) вследствие того, что наводчик при стрельбе из пулемета толкает за ручки затыльника. Обыкновенно при дергании за спуск пули уклоняются вправо и вниз, но определить, как велико в среднем такое отклонение, не представляется возможным, так как величины отклонений весьма разнообразны.

4. Влияние на меткость стрельбы других причин

Начальная скорость

С изменением начальной скорости пули изменяется положение средней точки попадания как вследствие того, что изменяется время полета, а следовательно, и понижение пули от оси канала ствола, так и потому, что изменяется угол вылета.

На основании опытов установлено, что отклонение в величине начальной скорости пули в 10 *м/сек* изменяет дальность полета пули на расстоянии в 1 000 *м*, примерно, на 15 *м*; на расстоянии в 2 100 *м* — на 25 *м*. То же отклонение в величине начальной скорости изменяет положение средней точки попадания пули по вертикальному направлению.

Состояние атмосферы

Если расстояние до цели точно известно и стрельба производится в тихую погоду при тех условиях, при которых были выработаны высоты прицела, т. е. при нормальных начальных скоростях, при температуре 15°, при атмосферном давлении 750 *мм*, то наилучшие результаты получаются при высоте прицела, соответствующей расстоянию. Но подобный случай

представляет редкое исключение, а потому, если даже расстояние до цели определено точно, все-таки при определении высоты прицела необходимо вводить поправки в зависимости от температуры, атмосферного давления, скорости и направления ветра и качества патронов.

Плотность воздуха, состоящего из различных газов и паров воды, оказывает влияние на дальность полета пуль, так как с изменением плотности воздуха изменяется и сила его сопротивления движению пули, а следовательно, и дальность.

Плотность воздуха зависит, как известно, от величины атмосферного давления, температуры и степени влажности.

Давление атмосферы. С увеличением давления атмосферы плотность воздуха повышается, а потому сила сопротивления воздуха увеличивается и дальность полета пули уменьшается. Давление атмосферы, главным образом, зависит от расположения местности над уровнем моря — чем выше местность, тем меньше давление, а потому тем больше будет при данной высоте прицела дальность полета пули.

При стрельбе на высотах вследствие понижения давления атмосферы плотность воздуха уменьшается, а дальность полета увеличивается.

Температура. С изменением температуры дальность полета пули изменяется по двум причинам: с одной стороны, от температуры зависит плотность воздуха, а с другой — с увеличением температуры увеличивается начальная скорость пули.

Опыты показывают, что с увеличением температуры на 1° начальная скорость пули увеличивается на 1 *м* в секунду.

С увеличением температуры уменьшается плотность воздуха и потому увеличивается дальность полета. На основании опытов составлена таблица, в которой указано, насколько изменяется дальность при изменении температуры (см. табл. 4а и 4б НСД-2).

Влажность. Изменение количества влаги в воздухе также меняет плотность последнего, отчего

дальность полета пули меняется. Но влажность по сравнению с температурой и давлением оказывает на изменение дальности полета пули ничтожное влияние, так что можно не принимать ее в расчет и не делать поправок.

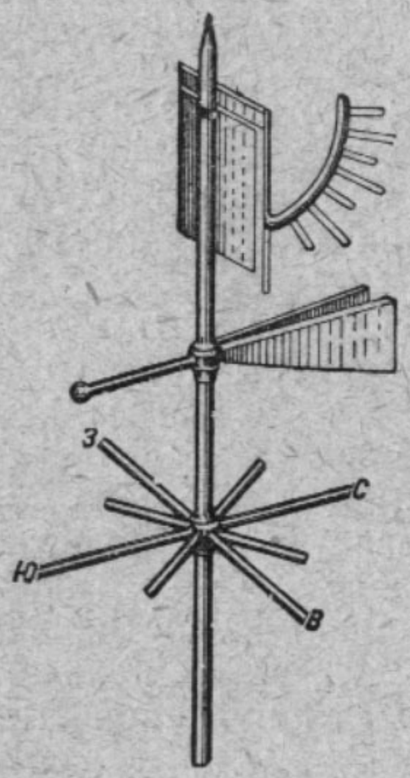


Рис. 123. Ветромер

Ветер. Для определения скорости ветра существуют приборы *анемометры*. Простейшим анемометром, или ветромером, является пластина из тонкой жести, подвешенная за верхний край. Под действием ветра она отклоняется в сторону и притом тем больше, чем сильнее ветер (рис. 123).

Для измерения угла, составляемого направлением ветра и директрисою, употребляется обыкновенно флюгер, вращающийся по кругу, разделенному на градусы.

Конечно, очень трудно определить скорость ветра без помощи специальных приборов, но понятия: слабый, умеренный, сильный — более или менее установившиеся; для того же, чтобы более наглядно характеризовать эти понятия, в табл. 15 приведены указания для определения скорости ветра наглаз.

Кроме приведенных признаков, для определения скорости и направления ветра можно пользоваться следующим простым способом. Взять в руки носовой платок за два смежных угла и, повернувшись к ветру так, чтобы не заслонить его, наблюдать за отклонением и качанием платка. Если платок слегка поднимается и тотчас же падает — скорость ветра 1—2 *м/сек*; платок остается все время вытянутым, но его не рвет из рук — скорость ветра 3—4 *м/сек*; платок с шумом вырывается ветром из рук — скорость его 6—7 *м/сек*; наконец, когда ветер порывистый, переходит в бурю, — скорость его около 18 *м/сек*.

Таблица 15

Определение скорости ветра по внешним признакам

Характер ветра	Скорость ветра, *м/сек*	Действие ветра (приметы)
Тихо (штиль)	1—0	Дым поднимается вертикально
Слабый	2	Флаг колеблется, но не развевается
Умеренный (средний) .	4	Движутся листья, флаг развевается
Сильный (свежий) . . .	8—10	Качаются ветви деревьев
Очень сильный . . .	12—14	Качаются тонкие стволы деревьев

Ветер, дующий сзади по направлению выстрелов, увеличивает дальность; ветер встречный уменьшает ее; ветер боковой, дующий перпендикулярно к направлению стрельбы, отклоняет пулю в ту сторону, куда дует, и, наконец, ветер, дующий под углом, изменяет дальность и отклоняет пулю.

Можно определить отклонения пуль от ветра как по дальности, так и в сторону путем непосредственного опыта и составить таблицы отклонений пуль от ветра. Такие таблицы помещены в НСД-1, НСД-2.

При полете в воздухе пуля имеет постоянное отклонение вправо от плоскости стрельбы (деривация), и поэтому при боковом ветре слева пуля получает отклонение и от ветра и от деривации, а при ветре справа отклонение пули будет меньше на величину деривации. Таким образом, чтобы найти отклонение пули, принимая во внимание величину деривации, надо при ветре слева сложить, а при ветре справа вычесть из отклонения деривации отклонение от ветра. Исходя из этого, составляются таблицы отклонений пуль от ветра.

Для того чтобы определить снос пули при боковом ветре, можно пользоваться табл. 16, в которой показаны слагающие скорости ветра в зависимости от его направления.

Таблица 16

Слагающие скорости ветра в зависимости от его направления

Скорость ветра	Угол ветра				Примечание
	10°	30°	50°		
	Скорость ветра бокового				
1	0,2	0,5	0,8	0,9	Таблица дает возможность определять снос пуль при боковом ветре, дующем под каким-нибудь углом. Например, ветер дует под углом 50°, вместо данной скорости, положим, 6 *м/сек*, надо брать ту скорость, которая отклоняет пулю в сторону, а именно, 5 *м/сек*. Таким образом, отклонение пули при ветре со скоростью 6 *м/сек*, но под углом 50°, будет такое же, как и при ветре 5 *м/сек* под углом 90°, т. е перпендикулярно к директрисе
2	0,4	1,0	1,5	1,3	
4	0,7	2,0	3,0	3,8	
6	1,0	3,0	5,0	5,6	
8	1,5	4,0	6,0	7,0	
12	2,0	6,0	8,0	11,0	

Таким образом, учитывая влияние ветра на меткость стрельбы, стрелку необходимо помнить, что:

а) направление ветра не всегда постоянно на протяжении всей траектории даже в том случае, если местность вполне открытая;

б) отклонение от ветра пропорционально его скорости;

в) для той же скорости ветра отклонение по дальности почти в два раза больше, чем отклонение в сторону;

г) если при стрельбе скорость ветра более 4 *м/сек*, го от действия ветра увеличивается рассеивание пуль.

При скорости ветра 10 *м/сек* рассеивание увеличивается больше, чем вдвое, сравнительно со стрельбой в тихую погоду.

Все опыты показывают, что отклонение от ветра возрастает прямо пропорционально скорости ветра, а потому, если знать отклонения от умеренного ветра со скоростью 4 *м/сек*, то при слабом ветре, дующем со скоростью около 2 *м/сек*, указанные отклонения надо уменьшать в 2 раза, а при сильном ветре, дующем со скоростью 8 *м/сек*, увеличивать в два раза.

Освещение

Освещение мушки и прорези прицела оказывает сильное влияние на точность прицеливания.

Опыты показывают, что если солнце светит с правой стороны, то правая сторона мушки, будучи сильнее освещена, нежели левая, дает отблеск в виде блестящей точки, которую наводчик принимает за вершину мушки и вследствие этого прицеливается так, что через прорезь прицела видна эта блестящая точка. При этом действительная мушка будет находиться влево, отчего и сама пуля отклонится влево. Отклонение это будет еще значительнее, если и прорезь будет отсвечивать, потому что тогда блестящая точка получится и на левой стенке прорези. Точно так же при освещении мушки сверху, когда отблеск в виде блестящей точки получается сверху, направление линии прицеливания отклоняется вниз, и дальность получается меньше.

При сильном освещении мушки и прицела с одной стороны направление линии прицеливания отклоняется при дальности стрельбы 100 *м* на 7 *см*, при стрельбе же на более дальние расстояния отклонения прямо пропорциональны увеличению дальности.

Кроме отклонения пуль в сторону и по дальности, освещение мушки и прицела оказывает заметное влияние на увеличение рассеивания выстрелов (до 15%).

ГЛАВА IX

ОСОБЫЕ ВИДЫ СТРЕЛЬБЫ

1. Стрельба с полузакрытой и закрытой позиций и по невидимой цели

В настоящее время организация и средства наблюдения в бою (бинокли, перископы, стереотрубы и т. д.) достигли такого совершенства, что при современной мощности огня артиллерии, пулеметов и винтовок открыто расположенные об'екты поражения (стрелки, пулеметы, наблюдатели и т. д.), обнаружившие себя противнику, будут немедленно уничтожены.

Поэтому все стремления должны быть направлены к тому, чтобы поражать противника, оставаясь укрытым от его взоров. Это достигается маскировкой, а также расположением огневых средств за укрытием.

Огневые позиции, расположенные за укрытиями, называются *полузакрытыми* и *закрытыми*. Различие между ними только в величине закрытия.

Выбирая закрытые позиции, необходимо помнить основное положение: поставленный на закрытой позиции пулемет (или другое оружие), поражающий противника, может в свою очередь быть поражен тем же оружием не только с той же, но даже с меньшей дальности. Это положение вытекает из изученных нами свойств траектории пуль. Разумеется, снаряд с более крутой траекторией, например, выпущенный из миномета или ружейного гранатомета, наверняка будет поражать об'екты, расположенные на закрытой позиции.

Таким образом, расположение огневой точки на закрытой позиции укрывает только от наблюдения, но не от огня противника. Однако, существуют закрытия, которые укрывают и от огня противника. В этом случае оружие, закрытое с какого-либо направления, не может в этом направлении вести огонь. Так, например, пулемет, поставленный под обрывом, находится в закрытии от фронтального огня, но слева он укрыт только от наблюдения, а не от огня (рис. 124).

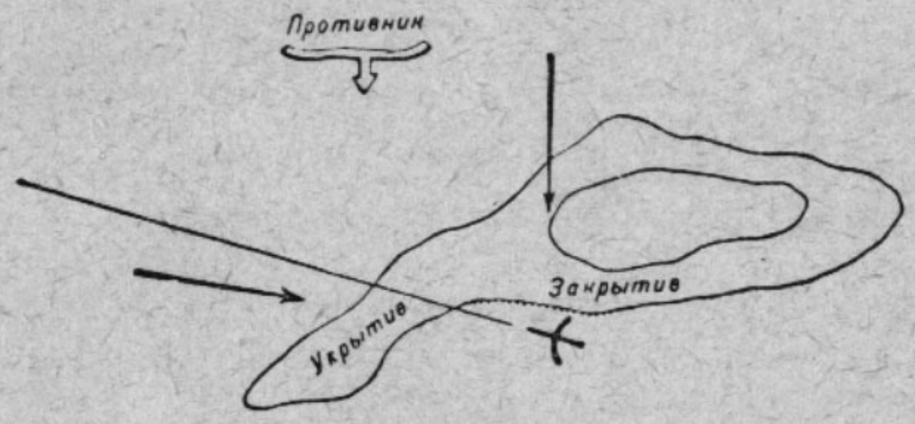


Рис. 124. Закрытие и укрытие

Значит, если перед огневой точкой находится какое-либо препятствие, то оно может быть или закрытием, препятствующим стрельбе, или укрытием, скрывающим огневую точку от наблюдения противника, но не мешающим ведению огня. Будет ли препятствие укрытием или закрытием, зависит от высоты препятствия и его удаления от точки, ведущей огонь.

Покажем решение вопросов стрельбы с закрытых позиций на частных примерах.

Пример. Расстояние до цели 1100 *м*, высота препятствия над позицией равна 12,5 *м*, расстояние от закрытия до позиции — 350 *м*, а превышение цели над позицией — 7 *м*. Найти угол прицеливания (рис. 125, *а*).

Сначала определим угол укрытия по формуле:

$$У_{350} = \frac{12{,}5 \cdot 1000}{350} = 36 \text{ тысячным.}$$

Угол места цели над позицией:

$$У_{1\,100} = \frac{7 \cdot 1\,000}{1\,100} \approx 7 \text{ тысячным.}$$

Угол превышения закрытия над целью:

$$У_{350} - У_{1\,100} = 36 - 7 = 29 \text{ тысячным.}$$

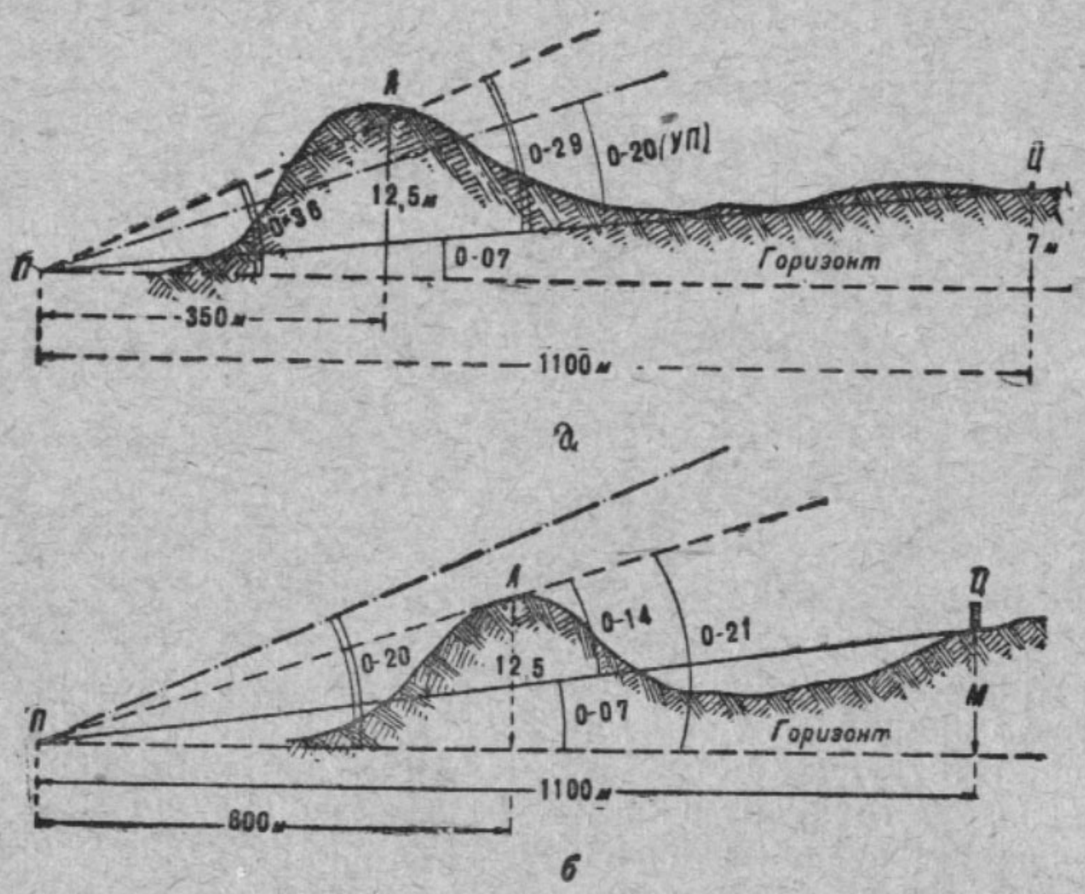


Рис. 125. Стрельба из-за укрытия

По таблице прицельных углов при стрельбе на 1 100 *м* угол прицеливания равен 20 тысячным (округленно).

Этот угол (в 20 тысячных) меньше, чем найденный угол превышения закрытия над целью (29), почему при этом прицеле цель не может поражаться, так как пули будут перехватываться закрытием. Но если бы препятствие было расположено дальше, предположим в 600 *м* от позиции, то при всех тех же условиях оно

явилось бы маской, ибо угол укрытия $У_{600}$ был бы равен $\frac{12{,}5 \cdot 1\,000}{600} = 21$ тысячной, а угол превышения закрытия над целью 21 — 7 = 14 тысячным, т. е. меньше угла прицеливания (20 тысячных) (рис. 125, *б*). Таким образом, из этого примера выводим следующее правило.

Для того чтобы определить, будут ли пули перехватываться закрытием, надо найти величину угла укрытия и величину угла места цели. Затем взять разность этих углов и сравнить ее с углом прицеливания для расстояния от позиции и до цели. Если полученный угол больше соответствующего угла прицеливания, то препятствие данной высоты явится закрытием, если же это число будет меньше его, то перед нами укрытие.

Если цель закрыта препятствием, не пробиваемым пулями (складкой местности, насыпью, земляным валом и т. п.), то поражение ее из стрелкового оружия, стреляющего пулями, возможно только при условии, если она не находится в мертвом пространстве, т. е. если пули, непосредственно перелетающие через вершину закрытия, не перелетают через цель.

2. Стрельба по возвышенностям

При стрельбе на ровной местности по мере уменьшения расстояния до цели огонь становится все действительнее и действительнее, так как величина поражаемого пространства увеличивается, и вследствие этого ошибки в определении расстояния до цели все более и более теряют свое значение, а площадь рассеивания в глубину постоянно возрастает. Действительность огня увеличивается при этом не только по целям, находящимся в передней линии, но и расположенным сзади, вследствие чего приходится проходить обстреливаемое пространство и подвергаться весьма значительным потерям.

Но если войска должны будут обстреливать противника, расположившегося на значительной высоте

или возвышенности (гребне), то условия сзади находящихся войск противника будут иные; так, например, если цель расположена на гребне возвышенности, в точке *М* (рис. 126), то действительность огня будет зависеть от позиции, которую займет наша стрелковая часть.

При расположении в пункте *Д* траектория наших пуль будет подниматься очень круто вверх и коснется неприятельской цели своими восходящими ветвями; за

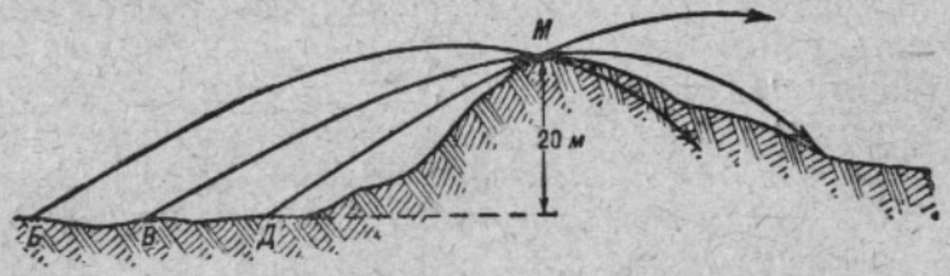


Рис. 126. Стрельба по возвышенностям

гребнем будет большое мертвое пространство, и находящиеся там части противника будут вполне укрыты от нашего огня.

Если стрелки займут позицию в пункте *Б*, траектория пуль будет пересекать цель своими нисходящими ветвями, причем создадутся условия, близко подходящие к условиям стрельбы на ровной местности. Эта последняя позиция выгоднее первой, но между пунктами *Д* и *Б* можно найти такой пункт *В*, когда вершины траектории будут располагаться на линии неприятельских стрелков; сами эти траектории будут почти параллельны профилю заднего ската возвышенности, а потому пули наступающего будут поражать все то, что расположено или двигается по местности сзади переднего края, а стало-быть, и неприятельские вторые эшелоны.

При стрельбе по войскам, занимающим высоту, огонь на малые расстояния, весьма действительный на ровной местности, не дает значительных результатов. Самым выгодным является некоторое среднее расстояние, с которого цель поражается вершиной траектории.

При стрельбе по высотам с очень близких расстояний войска, находящиеся сзади, не будут обстреливаться вовсе, а между тем желательно, чтобы одновременно поражались войска, расположенные в глубине, чего можно достигнуть пулеметным огнем с более дальних расстояний.

Этот вопрос с достаточной для практики точностью решается применением следующего правила.

Помножив величину превышения (в метрах) на 10 и прибавив 800, получим расстояние в метрах, с которого высота, занятая противником, будет лучше всего обстреливаться.

Например, высоту, имеющую превышение 15 *м*, лучше всего обстреливать с расстояния: $15 \cdot 10 + 800 = 950$ *м*.

3. Стрельба через свои войска

Общие указания

Стрельбу через свои войска можно производить из станковых пулеметов, которые обладают большей устойчивостью их установки и, следовательно, небольшим рассеиванием. Такая стрельба имеет следующие преимущества:

а) она увеличивает сферу действия пулемета;

б) пулеметы не связаны с местом позиции, а также со своими войсками, которые они поддерживают;

в) позиции могут избираться в тылу, что дает возможность полностью использовать огневую мощь оружия;

г) при наступлении можно вести прикрывающий огонь во время продвижения своих соединений вперед;

д) при обороне, для задержки наступления противника, пулеметы могут развивать с успехом заградительный огонь, как фронтальный, так и фланкирующий.

Стрельбу через войска следует направлять и руководить ею так, чтобы она давала полную уверенность в безопасности тех войск, через которые производится стрельба; она должна допускать маневрирование подразделений.

Для достижения этого необходимо, чтобы пули проходили не менее как на 5 *м* над головами стрелков, когда они передвигаются, и, следовательно, не менее как на 6,7 *м* над поверхностью местности, на которой они находятся стоя (считая высоту человека в 1,7 *м*). Требование это должно быть выполняемо не только при стрельбе при нормальных условиях, в хорошую погоду, при правильной установке прицела и т. п., но и при таких обстоятельствах, когда возможны ошибки в определении расстояния до цели

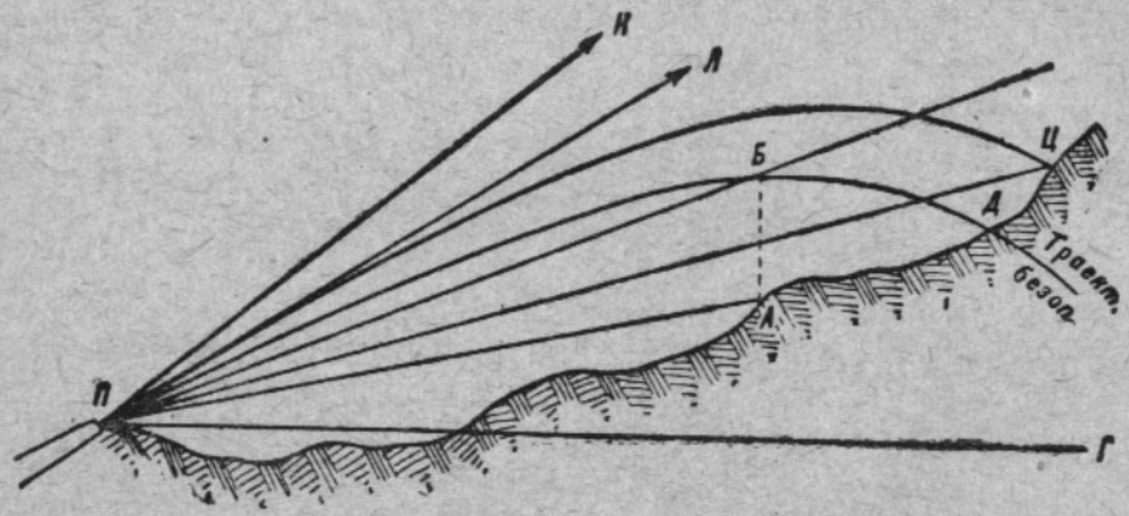


Рис. 127. Стрельба через свои войска

и когда не приняты во внимание причины, влияющие на изменение дальности полета пуль, например, температура воздуха, ветер и т. п.

На основании этих соображений для выяснения вопроса о безопасности своих войск важно исследовать среднюю траекторию и ознакомиться с понятием *об углах страховки на безопасность и об углах безопасности.*

Расстояние средней траектории от уровня местности, обеспечивающее безопасность своих войск при стрельбе через них, носит название *наименьшего превышения;* если же оно выражено в угловых единицах, то — *угла страховки на безопасность,* а наименьший угол, при котором можно вести стрельбу по противнику вполне безопасно для своих войск,

через которые производится стрельба, называется *углом безопасности.*

Величина наименьшего превышения до крайней нижней траектории слагается из (рис. 127):

а) половины полного рассеивания выстрелов по высоте;

б) высоты стоящего человека;

в) предохранительной полосы в 5 *м.*

Сумма всех этих величин составляет наименьшее превышение *БА.* Угол *БПА,* измеряющий это превышение, называется *углом страховки на безопасность.*

Вычисление углов страховки на безопасность

На рис. 127 угол *КПБ* — угол прицеливания для попадания в точку *Б.*

Угол *КПА* составляет тот наименьший угол прицеливания, при котором войска, находящиеся в точке *А,* будут в безопасности от своих пуль. Поэтому этот угол называется *углом безопасности.*

Угол прицеливания до своих войск плюс угол страховки составляют угол безопасности, т. е. тот наименьший угол, при котором можно вести стрельбу.

Сначала определим возможность стрельбы в том случае, когда пулемет, цель и войска находятся на одном горизонте. Свои войска находятся в 1 000 *м* от пулемета.

В этом случае (для пули обр. 1908 г.) угол прицеливания для дальности в 1 000 *м* равен	17 тысячным
Высоту человека примем равной 2 *м,* что соответствует для дистанции в 1 000 *м*	2 »
Запас на безопасность (страховка)	5 »
Половина полного рассеивания снопа выстрелов .	6 »
Итого . . .	30 тысячным

Итак, угол *КПБ* в 30 тысячных представляет *наименьший* угол прицеливания, при котором можно вести стрельбу через свои войска, находящиеся от пулемета в расстоянии 1 000 *м.*

Остается решить вопрос о том, на какую же дальность возможно вести обстрел целей при таком угле возвышения. Этот угол прицеливания в 30 тысячных необходим для попадания в цель, расположенную в расстоянии 1 400 *м* от пулемета; следовательно, этот угол определяет *наименьшее расстояние* для обстреливания цели при расположении своих войск в 1 000 *м* от пулемета. Число 1 400 *м* было бы верно при абсолютной точности в определении расстояния.

Однако, нам известно, что точно измерить расстояние удается в исключительно редких случаях, почему мы должны допускать возможность ошибок.

Ошибка в определении расстояния ведет к тому, что средняя точка попадания будет не точно на расстоянии 1 400 *м*. К этой ошибке прибавится ряд других, зависящих от неточного учета температуры, плотности воздуха, ветра и т. п.

Чтобы определить величину всех ошибок, были произведены многочисленные вычисления, выяснявшие величину отклонений средней точки попадания, в зависимости от перечисленных выше причин *в отдельности*. В результате оказалось, что если вместо того, чтобы учитывать отклонения от разных причин, взять ошибку в определении расстояния, равную 15%, то эта одна ошибка поглотит все другие ошибки, которые могут произойти от различных причин.

Продолжая теперь исследование вопроса о вычислении углов страховки на безопасность, мы примем суммарную ошибку, равную ошибке в 15% при определении расстояний. Так как эту ошибку можно сделать и в бо́льшую и в меньшую сторону, то принятую нами дальность в 1 350 *м* надо увеличить на 15%.

Составим пропорцию:

$$85 : 100 = 1\,350 : X,$$

откуда

$$X = \frac{100 \cdot 1\,350}{85} = 1\,588 \ м \ (1\,600 \ м).$$

Угол прицеливания для стрельбы на это расстояние равен 45 тысячным. Таким образом, стрельба, безопасная для своих войск, невозможна при угле возвышения, меньшем 45 тысячных. Отсюда получаем величину угла страховки на безопасность:

$$45 - 17 = 28 \text{ тысячным.}$$

На основании таких вычислений составлены таблицы, указывающие возможность ведения огня через свои войска.

В том случае, когда пулемет, цель и свои войска находятся не на одном горизонте, надо принять во внимание углы места цели и придать пулемету соответствующее возвышение по углам возвышения.

Значит *стрельба через свои войска возможна, если вычисленный угол возвышения больше угла возвышения, который нужен для попадания в точку, расположенную на вертикали, проходящей через свои войска и выше их на расстоянии, равном наименьшему превышению на безопасность.*

Выведем это правило, пользуясь рис. 127:

$$\angle БПГ = \angle БПА + \angle АПГ.$$

Угол места точки *Б* равен сумме угла страховки для войск, находящихся в точке *А*, и угла места своих войск.

Как известно, угол возвышения равен алгебраической сумме углов прицеливания и места цели, поэтому

$$\angle КПГ = \angle КПЦ + \angle ЦПГ.$$

Угол возвышения для попадания в вершину наименьшего превышения на безопасность: $\angle ЛПГ = \angle ЛПБ + \angle БПГ$. Можно принять, что $ПБ = ПА$ и угол прицеливания для *Б* равен углу прицеливания для *А*. Поэтому

$$\angle ЛПГ = \angle ЛПБ + \angle БПА + \angle АПГ = \angle ЛПА + \angle АПГ.$$

Очевидно, стрельба возможна, если $\angle КПГ > \angle ЛПГ$, что и требовалось доказать.

Для определения возможности ведения огня через головы своих войск составлены специальные таблицы (см. НСД, табл. 6а и 6б).

Пользуясь этими таблицами, решим следующие примеры.

Пример 1 (рис. 128). Расстояние до цели — 1 500 *м*, угол места цели — 0-14; расстояние до своих войск — 700 *м*, угол места своих войск — 0-10.

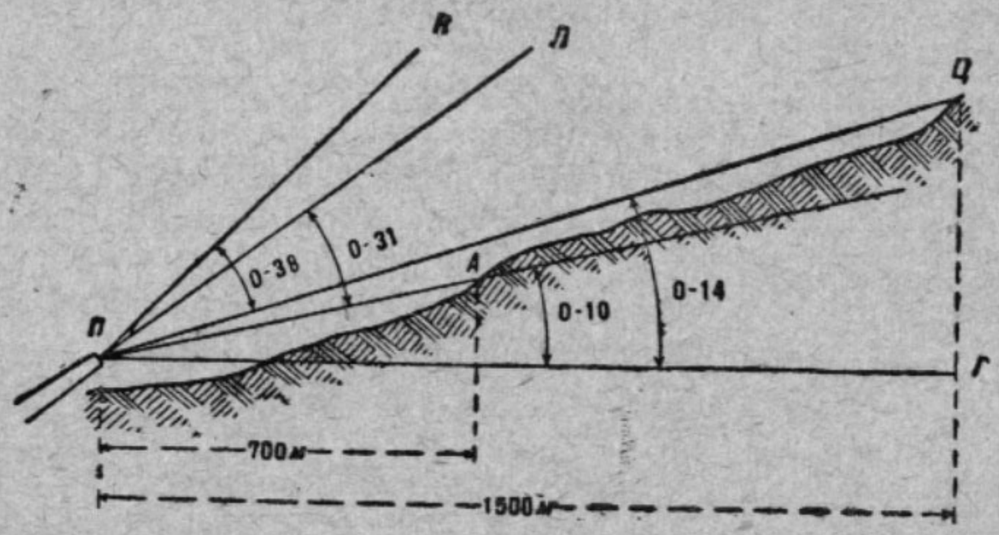


Рис. 128. Стрельба через свои войска на местности неровной

Угол прицеливания для данной цели 0-38 (для пули обр. 1908 г.) и 0-32 (для пули обр. 1930 г.).

Из табл. 6а и 6б НСД-2 находим:

Угол безопасности, при данном расстоянии до своих войск, будет 0-31 (для пули обр. 1908 г.) и 0-25 (для пули обр. 1930 г.)

Вычисляем:

$$\angle КПГ = \angle КПЦ + \angle ЦПГ; \quad \angle ЛПГ = \angle ЛПА + \angle АПГ$$

(для пули обр. 1908 г.)

$$\angle КПГ = 38 + 14 = 52 \text{ тыс.}$$
$$\angle ЛПГ = 31 + 10 = 41 \text{ тыс.}$$

(для пули обр. 1930 г.)

$$\angle КПГ = 34 + 14 = 48 \text{ тыс.}$$
$$\angle ЛПГ = 25 + 10 = 35 \text{ тыс}$$

Так как

$$\angle КПГ = 0\text{-}52 > \angle ЛПГ = 0\text{-}41,$$

то стрельба через свои войска возможна.

Пример 2 Расстояние до цели — 1 400 *м*, угол места цели — 0; расстояние до своих войск — 600 *м*, угол места своих войск (— 4) тысячных.

Находим:

угол прицеливания для данной цели равен 0-33 (0-28);

угол безопасности своих войск — 0-30 (0-24).

Решаем:

$\angle КПГ = 33 + 0 = 33$ (тысячным) (для пули обр. 1930 г.) или $28 + 0 = 28$ (тысячным) (для пули обр. 1908 г.).

$\angle ЛПГ = 30 + (-4) = 26$ (тысячным) или $24 + (-4) = 20$ (тысячным).

$\angle КПГ$ (33 или 28) $> \angle ЛПГ$ (26 или 20).

Стрельба через свои войска невозможна.

Определение возможности стрельбы через свои войска по углам безопасности и по разности углов места цели

Стрельба через свои войска возможна, если *разность угла прицеливания до цели и угла безопасности больше, чем разность между углами места своих войск и углом места цели* (рис. 127).

Действительно, возьмем выражение

$$\angle КПГ > \angle ЛПГ$$

и заменим углы возвышения углами прицеливания, тогда выражение принимает такой вид:

$$\angle КПЦ + \angle ЦПГ > \angle ЛПБ + \angle БПГ.$$

Но так как

$$\angle БПГ = \angle БПА + \angle АПГ,$$

то должно быть:

$$\angle КПЦ + \angle ЦПГ > \angle ЛПБ + \angle БПА + \angle АПГ,$$

но

$$\angle ЛПБ + \angle БПА = \angle ЛПА,$$

а поэтому

$$\angle КПЦ + \angle ЦПГ > \angle ЛПА + \angle АПГ,$$

или

$$\angle КПЦ - \angle ЛПА > \angle АПГ - \angle ЦПГ,$$

что и требовалось доказать.

Пример 1. Расстояние до цели — 1 500 *м*; разность между углом места своих войск и углом места цели, т. е. $\angle АПГ - \angle ЦПГ = 0\text{-}44$; расстояние до своих войск — 700 *м*.

Находим из таблиц стрельбы (только для пули обр. 1930 г.):

угол прицеливания до цели 32 тысячных;

угол безопасности для своих войск 25 тысячных.

Подставим эти числа в выведенную формулу:

$$32 - 25 = 7 \text{ тысячным.}$$

Стрельба возможна.

Пример 2 (для пули обр. 1930 г.). Расстояние до цели — 1 300 *м*; угол прицеливания — 24 тысячных; расстояние до своих войск — 600 *м*; угол безопасности — 24 тысячных; разность углов места своих войск и цели равна (— 4) тысячным.

Сделав подстановку, получим:

$$24 - 24 = 0.$$

$$0 > (-4).$$

Стрельба возможна.

Пример 3 (для пули. обр. 1930 г.). Расстояние до цели — 2 700 *м*; угол прицеливания — 1-05 тысячных; расстояние до своих войск — 2 300 *м*; угол безопасности — 109 тысячных; разность углов места своих войск и цели (— 6) тысячных.

Сделав подстановку в основную формулу, получаем:

угол прицеливания до цели без угла безопасности равен:

$$105 - 109 = (-4) \text{ тысячным,}$$

$$(-4) > (-6).$$

Стрельба возможна.

Необходимо отметить, что, решая задачи по второй основной формуле, *нет необходимости знать углы места отдельно для цели и отдельно для своих войск, а надо знать только их разность, что легко определить прямо на местности.*

Предосторожности при стрельбе через свои войска

Стрельба через войска при изложенных выше условиях дает основательное обеспечение безопасности своих войск. Однако, все зависит от тщательности работы и опытности руководителя.

Поэтому необходимо принимать предупредительные меры, чтобы быть уверенным, что стрельбу можно вести вполне безопасно. Для достижения этого прежде всего надо устранить возможность появления срыва пуль с нарезов — в канале ствола не должно быть сглаженности полей нарезов, ржавчины и тому подобных недостатков. Патроны брать исправные из ящиков в герметической укупорке. Обратить особое внимание: на исправность прицела, чтобы хомутик не сдавал; на сборку под'емного механизма, чтобы не было шатания; применять ограничители по высоте. Стрельбу вести очередями, чаще исправлять наводку и не доводить воду до кипения (выпускать не более двух лент подряд). При сильном накаливании ствола нельзя поручиться за точность полета всех выпущенных пуль. Поэтому продолжительная непрерывная стрельба из пулемета через свои войска недопустима.

Сверх того необходимо принимать во внимание следующее.

1. Расстояния и углы места должны тщательно измеряться.

2. При измерении угла безопасности по прицелу пулемет прежде всего наводится в цель, и затем эта наводка сохраняется.

3. Нужно различать стрельбу через свои войска прямой и непрямой наводками.

Стрельба через свои войска прямой наводкой нуждается в известных условиях местности и может быть применена без особого вычисления, если она производится с командующих точек или по целям, расположенным на таких же точках. С пулеметной позиции должны быть видны порознь и свои и неприятельские части, причем траектория должна проходить по меньшей мере на высоте 5 *м* над головами стрелков, под нею находящихся.

Стрельба непрямой наводкой зависит исключительно от правильности вычислений командира.

4. Во время стрельбы не нужно забывать внимательно следить, чтобы пули не задевали на своем пути деревьев или вообще каких-либо местных предметов, так как

при этом пули отражаются под значительным углом. Следует заметить, что пули, за что-либо задевшие, не всегда летят недалеко, подобно рикошетам, часто они только меняют направление и пролетают еще значительное расстояние.

Случайные перерывы в стрельбе вследствие задержек и других причин должны быть использованы для исправления наводки и для предотвращения случайного понижения дула пулемета ниже пределов безопасности.

5. Чтобы обезопасить себя от рикошетов, можно применять постройку предохранительного валика.

4. Стрельба в промежутки (интервалы)

Стрельба в промежутки возможна так же, как и стрельба через свои войска, только в том случае, если будет обеспечена безопасность своих войск.

Опасность поражения своих войск может быть от прямых попаданий пуль вследствие рассеивания выстрелов по ширине и отклонения пуль от ветра и других причин.

Наибольшую опасность при стрельбе в интервалы представляют рикошетирующие пули. Поэтому первое условие такой стрельбы — устранить возможность падения пуль на землю ближе, чем находятся свои части.

При стрельбе из ручного оружия случаи рикошетирования пуль вблизи линии огня всегда возможны: случайное дергание за спуск, торопливость при прицеливании, нервность стреляющего и т. п. Чтобы обеспечить свои войска от таких случайностей, единственное средство — иметь промежутки не менее 200 *м* в каждую сторону от направления выстрелов. Надежно обеспечивается безопасность стрельбы, если промежуток с левой стороны взять 150 *м*, а с правой — 200 *м*.

Такая норма обусловливается многочисленными опытами по исследованию полета рикошетирующих пуль.

Для решения вопроса о том, как велик должен быть промежуток, чтобы обеспечить свои войска от прямых попаданий, рассмотрим отклонения в сторону вследствие неизбежного рассеивания пуль по боковому

направлению, отклонения от ветра, деривации, естественных ошибок в прицеливании и других причин. Величины последних ошибок, как показали многочисленные опыты, составляют по одному градусу, т. е. по 17 тысячных, в каждую сторону.

Ширину полосы безопасности от рассеивания выстрелов в пределах от 5 до 15 тысячных с той и другой стороны интервала можно признать теоретически вполне достаточной. При стрельбе через свои войска давно уже было поставлено требование, чтобы траектория проходила не менее как на 5 *м* выше своих войск; на этом же основании можно установить, что крайняя траектория в направлении фронта также не должна проходить ближе, чем на 5 *м*, от флангов своих войск.

Выражая эти величины в угловых мерах (тысячных), получим, что полоса безопасности в направлении фронта должна быть не меньше:

50 тысячных с той и с другой стороны интервала в расстоянии 100 *м*;

25 тысячных с той и с другой стороны в расстоянии 200 *м*;

20 тысячных с той и с другой стороны интервала в расстоянии 300 *м*.

Чтобы обезопасить свои войска, находящиеся впереди, от рикошетирующих пуль, следует требовать, чтобы при стрельбе пули крайних возможных траекторий не падали ближе своих войск. Для достижения этого стрельбу надо вести в промежутки по целям, находящимся несколько впереди своих войск, чтобы не было случайных рикошетов.

Если свои войска находятся в расстоянии от 0 до 300 *м*, наименьший прицел при стрельбе в интервалы должен быть на 600 *м* больше, чем расстояние до своих войск, мимо которых производится стрельба.

Если свои войска — на расстоянии от 300 до 600 *м*, наименьшее расстояние для стрельбы в интервалы должно быть на 500 *м* больше.

Точно так же при расстоянии от 600 до 1 000 *м* надо прибавлять 400 *м*; при расстоянии от 1 000 до 2 500 *м* прибавлять 300 *м*.

5. Рикошеты

При стрельбе имеют место не одни прямые выстрелы: некоторая часть попаданий происходит от рикошетов. В момент встречи пули с землей происходит удар, и если бы соприкасающиеся поверхности были вполне упруги, то пули отражались бы от поверхности почвы под углом, равным углу падения.

Но так как свинец и земля не представляют собой тел вполне упругих, то в момент удара происходит некоторая деформация самой пули, а вблизи точек соприкосновения развиваются колебательные движения и теплота; поэтому пуля теряет часть своей энергии и под действием почвы отскакивает после того, как она более или менее углубится в грунт, так что угол отражения более угла падения.

Сила, действующая на пулю в момент удара в землю, направлена по касательной к траектории в точке падения.

Под действием этой силы пуля стремится углубиться в землю по направлению касательной, но в то же время проявляется сопротивление среды, которое можно представить силой, замедляющей движение и действующей по обратному направлению. Вследствие этого пуля при проникании в среду находится в условиях, аналогичных с условием полета ее в воздухе. Подобно тому как в воздухе пуля, в случае если направление ее оси не совпадает с касательной, стремится повернуться назад, точно так же при проникании в землю пуля стремится вращаться головной частью назад, и так как при попадании в землю развивается между поверхностью пули и почвою сильное трение, замедляющее скорость вращения пули вокруг оси, то пуля, потеряв устойчивость оси, опишет при отражении борозду, продольное сечение которой представляет кривую, и пуля поднимается из впадины под углом отражения, который более угла падения и который возрастает с увеличением сопротивления среды.

Сверх того, так как задерживающая сила, происходящая от сопротивления среды, составляет в земле, так же как и в воздухе, с направлением движения некоторый угол, то пуля отклоняется в сторону, чаще всего вправо. Полет пули после отражения называется *рикошетом*. Рикошетирование пули зависит от свойства почвы, и чем почва представляет меньшее сопротивление прониканию пули, тем рикошетирование слабее. Такие материалы, как земли глинистые (суглинок), свежевспаханные, чернозем, оказывают меньшее сопротивление, чем почвы песчаные, особенно когда они перемешаны с гравием или камнем. Грунты твердый, сухой и ровный весьма благоприятствуют рикошетам.

В течение того короткого промежутка времени, когда пуля описывает борозду в земле, величина сил, к ней приложенных, зависит от окончательной скорости пули и характера грунта; при этом опыт показывает, что наибольшим скоростям соответствует самое наибольшее углубление в земле при рикошете. Этот результат можно об'яснить себе или деформациями, которые происходят с пулями, или присутствием сжатого воздуха, предшествующего пуле, обладающей значительной скоростью. Этот воздух, увлеченный пулею, составляет как бы одно тело с нею и, сжимаясь при ударе о землю, замедляет движение пули и ее проникание.

Опыты для определения предельной дальности рикошетировавших пуль, а также и отклонения их в сторону показали, что наибольшая дальность рикошета, считая от стрелков до второго падения, не превосходила 1900 *м*, все рикошеты уклонились в правую сторону; наибольшее отклонение 250 *м*, а среднее — 90 *м*; второе падение от первого бывает в 4—7 *м*.

На основании всех произведенных опытов выведены окончательно следующие заключения о рикошетировании пуль.

1. Пули после рикошета чаще отклоняются в правую сторону (нарезы слева направо), и чем менее от направления директрисы отклоняется пуля, тем далее

она летит после рикошета. Те же пули, которые сильнее отклоняются после рикошета, летят не так далеко. Вследствие этих двух причин наблюдается интересный факт: среднее отклонение рикошетов остается постоянным для всех расстояний и составляет около 70 *м*. Рикошеты, сильно отклонившиеся в сторону, не достигают даже и заметной дальности; пули вскоре падают на землю плашмя или боком. Отклонение в сторону рикошетирующих пуль бывает тем более неправильным, чем дистанции стрельбы больше. В общем число рикошетов, которые отклонялись в сторону от плоскости стрельбы более чем на 200 *м*, вообще ничтожно.

2. Для всех расстояний стрельбы, меньших 1 300 *м*, в щит высотой 1,7 *м* (рост), установленный на расстоянии 1 400 *м* от позиции, попадает около 2% рикошетов от числа выпущенных пуль.

3. При стрельбе на очень малое расстояние на ровной местности, когда угол встречи очень мал, пуля, рикошетируя под малым углом, описывает очень отлогую траекторию и, вновь падая на землю в расстоянии 5—7 *м*, делает второй рикошет.

4. На ровной местности при твердом плотном грунте:

а) при стрельбе на 200 *м* все пули (на 100%) рикошетируют, причем 60% рикошетов летят до 1 000 *м*, 15% рикошетов достигают 2 000 *м*;

б) при стрельбе на 600 *м* почти все пули (до 90%) рикошетируют и 15% рикошетов достигают 1 900 *м*;

в) при стрельбе на 1 400 *м* 80% пуль дают рикошеты, почти половина из них достигает 2 000 *м*;

г) при стрельбе на 2 000 *м* 50% пуль дают рикошеты, из которых до 10% достигают 2 700 *м*; далее пули в общем не рикошетируют.

5. При стрельбе на местности сырой, мягкой уже с 1 400 *м* только половина пуль рикошетирует, а с расстояния 1 800 *м* почти все пули перестают рикошетировать.

6. Обратно, при стрельбе на льду или твердой, мерзлой почве пули рикошетируют даже тогда, когда падают под углом 30°, т. е. в расстоянии предельной дальности.

7. Результаты опытов подтверждают факт, уже давно замеченный в артиллерии, относительно продолговатых снарядов, которые, рикошетируя, достигают почти тех предельных дистанций в дальности, на которых они уже перестают рикошетировать вовсе по горизонтальной местности; так, пули, выстреленные с близких и средних дистанций, достигают, рикошетируя, наибольшей дальности в 1 900—2 200 *м*, на которой процент рикошетирующих пуль является очень малым.

8. Снимая пробоины пуль, попавших в мишень после рикошета, заметили большое число — до 40% — пробоин (от пуль, попавших с рикошета), у которых отверстие почти круглое.

Пробивное действие пуль после рикошета уменьшается, и при этом чем больше угол, под которым отклонилась пуля в сторону, тем пробивное действие меньше. При стрельбе по маскированным целям, даже если они легко различимы, поражение получается очень слабое — гораздо меньшее, чем по открытым целям. Об'ясняется это явление тем, что пуля, встречая на своем пути хотя бы самое незначительное препятствие, как, например, листья, отклоняется от своего первоначального направления и летит совершенно неправильно, а встретив более серьезное препятствие — ветку, дерево и т. п., отклоняется еще сильнее и в мишень не попадает. На этом основании и с этой точки зрения очень выгодно применять маскировку в бою, причем маски ставить подальше от позиций, так как пули, попав в маску, отклоняются, и это отклонение будет тем больше, чем дальше отстоит маска.

ГЛАВА X

СКОРОСТРЕЛЬНОСТЬ И ДАЛЬНОБОЙНОСТЬ

1. Скорострельность и ее значение

Скорострельностью называется предельное количество выстрелов, которое можно произвести в единицу времени (обыкновенно в 1 мин.) *из какого-либо оружия.*

Количество выстрелов в единицу времени зависит или от устройства самого оружия, например, пулемета, или же от устройства оружия и умения стрелка работать с данным образцом оружия.

Скорострельность, зависящая от *конструкции* оружия, получила уставное название *технической скорострельности.*

Практически же в бою наибольшую выгоду представляет та скорость стрельбы, которая позволяет производить наибольшее количество выстрелов без порчи материальной части оружия и без потери меткости огня.

Эта *боевая скорострельность* всегда меньше технической. Например, для станкового пулемета сист. Максима она равна 350—450 выстрелам в 1 мин., тогда как техническая скорострельность достигает 600 выстрелов.

Скорострельность нельзя рассматривать изолированно от меткости и действительности огня. Поэтому в бою необходимо добиваться такого положения, когда с повышением скорострельности возрастает абсолютное число пораженных целей. Дать в кратчайший срок

наибольшее число пораженных целей — такова задача скорострельности.

Значение скорострельности сильно возрастает при обстреле целей, характерных для современного боя: появляющихся на самое короткое время, движущихся, маскированных.

Большая скорострельность вызывает большой расход патронов, пополнять которые в бою часто бывает затруднительно. Поэтому наличие весьма скорострельного оружия приводит к необходимости крайней *экономии* патронов.

Кроме того, указанную выше боевую скорострельность можно поддержать весьма короткое время, так как в пулемете закипает вода, а в винтовке накаляется ствол, что ведет к понижению меткости огня.

Поэтому для различных моментов боя устанавливается различная *напряженность огня* (режим огня), например, для пулеметов: *шквальный, шквальный с перерывами, длительный.*

Наибольшее значение скорострельность имеет при обстреле воздушных целей. Вследствие быстрого движения цели, краткости времени пребывания ее под огнем и большого рассеивания выстрелов, необходимо для создания нужной плотности огня использовать полностью скорострельность оружия.

Если для обстрела наземных целей существующая скорострельность стрелкового оружия достаточна, то для обстрела воздушных целей она различными способами увеличивается, например, спаренными, строенными и счетверенными установками пулеметов, а также принятием на вооружение более скорострельных образцов пулеметов.

Этими мерами скорострельность доводится до 1 000—1 500 выстрелов в 1 мин. Для увеличения скорострельности авиационных пулеметов применяются особые приспособления, позволяющие вести огонь из пулеметов через винт со скоростью до 900—1 000 выстрелов в 1 мин. При этом требуются патроны очень высокого качества и безукоризненно работающие механизмы.

2. Скорострельность автоматических и полуавтоматических (самозарядных) винтовок

К самозарядным винтовкам относятся те винтовки, из которых каждый отдельный выстрел может последовать только после нажатия на спуск, а к автоматическим — те, из которых при нажимании на спуск производится беспрерывная автоматическая стрельба, пока не прекратится нажатие на спуск.

Скорость стрельбы из самозарядных винтовок зависит: а) от системы обоймы или магазина и б) от удобства заряжания.

Из самозарядных винтовок опытный стрелок, заряжая винтовку обоймой в 5—10 патронов, может сделать 15—25 одиночных метких выстрелов в 1 мин., при более же скорой стрельбе — до 25—50 выстрелов.

В том случае, когда у автоматической винтовки имеется переводчик для перехода от одиночного огня к непрерывному, нормальным видом огня все-таки следует считать одиночный огонь. Автоматический огонь применяется лишь при атаке и в особо критических случаях. Стрельба из автоматического ружья очередями по 3—5 выстрелов отличается, как показывает опыт, меньшей меткостью, вследствие того, что вес оружия, отдача и неустойчивость влекут за собой при беспрерывной стрельбе большое рассеивание. Опыт показывает, что, в то время как одиночный огонь из самозарядной винтовки не хуже, а по кучности лучше, чем из неавтоматической винтовки, при стрельбе при тех же условиях из автоматической винтовки даже небольшими очередями в 2—4 выстрела получается разброс пуль в 3—4 раза больше. При стрельбе непрерывным огнем целым магазином (10—25 выстрелов, в зависимости от величины магазина) рассеивание увеличивается в 5—8 раз.

При автоматических винтовках, как и при обыкновенных, увеличение скорости стрельбы полезно только до известного предела, который всецело зависит от обучения войск, от удаления и величины цели. Скорость стрельбы следует увеличивать по мере приближения цели, увеличения ее размеров и при лучшем обучении стрелков.

3. Дальнобойность

Дальнобойность характеризуется наибольшей дальностью стрельбы, при которой пуля обладает достаточной убойной или пробивной силой для того, чтобы вывести цель из строя.

Значение дальнобойности вытекает из указаний наших боевых уставов, требующих расстреливать противника огнем с возможно больших дальностей, нанеся ему по возможности наибольшие материальные потери.

Чем дальнобойнее оружие, тем легче маневрировать огнем разбросанных огневых средств. Вот почему огнем станковых пулеметов, обладающих большей дальнобойностью, легче маневрировать, т. е. сосредоточивать, переносить и распределять его.

Дальнобойность нашего стрелкового оружия ограничивается *прицельной дальностью*, различной для каждого образца оружия и образца пули. Под прицельной дальностью надо понимать дальность стрельбы с помощью прицельных приспособлений всех видов: прицелов, угломеров-квадрантов, кольцевых прицелов и т. д.

При стрельбе по воздушным целям пулеметам и винтовкам придается такой угол возвышения, при котором пуля летит на *предельное расстояние*.

Даже при полете на предельное расстояние современные пули, выпущенные из винтовки или пулемета, обладают достаточной убойностью и способны выводить из строя живую цель.

При ведении огня на все расстояния необходимо иметь в виду, что современные пули действительны, главным образом, против открытых живых целей, действие же по прикрытиям и бронированным целям сильно ограничено (эффективность его указывается в стрелковых таблицах для каждого вида оружия и пуль).

Дальнобойность обычно увеличивается с увеличением калибра оружия и поперечной нагрузки пуль. Поэтому в настоящее время почти во всех армиях для борьбы с бронированными целями, а также для ведения дальнего огня, когда эту задачу нельзя передать артиллерии, вводятся крупнокалиберные пулеметы и мелкокалиберные пушки.

ГЛАВНЕЙШИЕ ФОРМУЛЫ

1. Скорость

$$V = \frac{s}{t},$$

s — единица длины, t — единица времени.

2. Кинетическая энергия (живая сила)

$$Q = \frac{m \cdot v^2}{2},$$

m — масса тела, v — скорость.

3. Кинетическая энергия (живая сила)

$$Q = \frac{p \cdot v^2}{2g},$$

p — вес тела, v — скорость, g — ускорение силы тяжести.

4. Пройденный путь

$$s = v \cdot t,$$

v — скорость, t — время.

5. Кинетическая энергия отдачи (живая сила)

$$Q = \frac{\left(p + \frac{\omega}{2}\right)^2 \cdot v_0^2}{2gP},$$

p — вес пули, P — вес оружия, v_0 — начальная скорость, g — ускорение силы тяжести, ω — вес заряда пороха.

6. Ускорение силы сопротивления воздуха

$$j = \frac{i}{\left(\frac{q}{s}\right)} \cdot \frac{\Pi v^2}{2} \cdot K_{\left(\frac{v}{a}\right)},$$

i — коэфициент формы пули, $K_{\left(\frac{v}{a}\right)}$ — коэфициент, выражающий зависимость сопротивления воздуха от отношения скорости

пули (v) к скорости звука (a), П — вес воздуха в единице об'ема.

7. Путь, пройденный падающим телом,

$$h = \frac{gt^2}{2},$$

g — ускорение силы тяжести, t — единица времени.

8. Деление угломера

$$\Delta z = \frac{2\pi Д}{6\,000}$$

или

$$\Delta z = \frac{Д}{950}, \text{ а округленно } \Delta z = \frac{Д}{1\,000}.$$

9. Величина угла в тысячных

$$У = \frac{В \cdot 1\,000}{Д},$$

$В$ — высота (линейная мера угла), $Д$ — дальность.

10. Дальность

$$Д = \frac{1\,000 \cdot В}{У},$$

$В$ — высота, $У$ — угловая величина в тысячных.

11. Высота (линейная мера измеряемого угла)

$$В = \frac{У \cdot Д}{1\,000},$$

$У$ — угловая величина в тысячных, $Д$ — дальность.

12. Превышение полета пули над линией прицеливания

$$В = \frac{Д \cdot (У_Д - У_д)}{1\,000},$$

$Д$ — расстояние до точки траектории, превышение которой определяется, $У_Д$ — прицельный угол для дальности $Д_д$, $У_Д$ — прицельный угол для дальности $У_д$.

13. Угол падения

$$У_п = \frac{Д}{100} \cdot \left(У_Д - У_{Д-100}\right),$$

$Д$ — дальность, $У_Д$ — прицельный угол для дальности $Д_д$, $У_{Д-100}$ — прицельный угол для дальности $Д - 100$.

14. Зависимость между величиной поражаемого пространства по линии прицеливания и углом падения

$$П_п = В \cdot \frac{1\,000}{У_п},$$

$П_п$ — поражаемое пространство по линии прицеливания, $В$ — высота цели, $У_п$ — угол падения.

15. Коэфициент поражаемого пространства по линии прицеливания

$$К_{пп} = \frac{1\,000}{У_п},$$

$К_{пп}$ — коэфициент поражаемого пространства по линии прицеливания, $У_п$ — угол падения в тысячных.

16. Поражаемое пространство по местности

$$П_м = \frac{П_п \cdot У_п}{У_п \pm У_с},$$

$П_м$ — поражаемое пространство из местности, $П_п$ — поражаемое пространство из линии прицеливания, $У_п$ — угол падения в тысячных, $У_с$ — угол ската местности в тысячных.

17. Угол встречи при угле места цели положительном

$$У_в = У_п - У_с - У_м,$$

$У_в$ — угол встречи, $У_п$ — угол падения, $У_с$ — угол ската, $У_м$ — угол места цели (все углы выражены в тысячных).

18. Угол встречи при угле места цели отрицательном

$$У_в = У_п - У_с + У_м,$$

$У_в$ — угол встречи, $У_п$ — угол падения, $У_с$ — угол ската, $У_м$ — угол места цели (все углы выражены в тысячных).

19. Вероятное (срединное) отклонение по высоте

$$В_в = В_д \cdot У_п,$$

$В_в$ — вероятное отклонение по высоте, $В_д$ — вероятное отклонение по дальности, $У_п$ — угол падения (все углы выражены в тысячных).

20. Сердцевинное рассеивание по высоте

$$С_в = С_д \cdot У_п,$$

$С_в$ — сердцевинное рассеивание по высоте, $С_д$ — сердцевинное рассеивание по дальности, $У_п$ — угол падения (все углы выражены в тысячных),

21. Радиус круга, вмещающего все пули

$$R_{100} = R_{50} \cdot 3,$$

R_{100} — радиус круга, вмещающий все пули, R_{50} — радиус круга, вмещающий лучшую половину пуль.

22. Радиус круга, вмещающий лучшую половину пуль

$$R_{50} = 1{,}76 \sqrt{B_в \cdot B_б} = 0{,}6 \sqrt{C_в \cdot C_б},$$

R_{50} — радиус круга, вмещающий лучшую половину пуль, $B_в$ — вероятное отклонение по высоте, $B_б$ — вероятное отклонение боковое, $C_в$ — серединное рассеивание по высоте, $C_б$ — серединное рассеивание в стороны (боковое).

23. Вероятное (срединное) отклонение по местности (местность у цели повышается или понижается)

$$B_{дм} = \frac{B_{дп} \cdot У_п}{У_в},$$

$B_{дм}$ — вероятное отклонение по дальности по местности, $B_{дп}$ — вероятное отклонение по дальности по линии прицеливания, $У_п$ — угол падения в тысячных, $У_в$ — угол встречи в тысячных.

24. Рассеивание по дальности

$$P_д = \frac{P_в \cdot 1000}{У_п},$$

$P_д$ — рассеивание по дальности, $P_в$ — рассеивание по высоте, $У_п$ — угол падения в тысячных.

25. Величина отклонения целика в зависимости от угла свалывания

$$\Delta ц = \frac{H \cdot У}{1000},$$

H — высота прицела в сантиметрах, $У$ — угол наклона пулемета

26. Величина угла, на который следует отклонять ось канала ствола для поражения самолета (упреждение)

$$У = \frac{vt \cdot 1000}{Д} = \frac{v \cdot 1000}{\frac{Д}{t}},$$

$У$ — упреждение, $Д$ — расстояние до самолета, v — скорость движения самолета, t — время полета пули.

27. Частость попадания

$$W = \frac{m}{n},$$

m — число попавших пуль, n — число произведенных выстрелов.

28. Вероятность попадания

$$P = \frac{M}{N},$$

M — число отдельных попаданий, N — число всех произведенных выстрелов.

29. Вероятность хотя бы одного попадания

$$r = 1 - (1 - p)^n,$$

p — вероятность при одном выстреле, n — число выстрелов.

30. Математическое ожидание

$$a = X_1P_1 + X_2P_2 + X_3P_3 + \ldots + X_nP_n,$$

a — условное обозначение математического ожидания; X_1, X_2, X_3, . . . , X_n — отдельные значения исходной величины X; P_1, P_2, P_3, . . . , P_n — соответствующие этим отдельным значениям величины вероятности их получения.

31. Расход патронов для выполнения огневой задачи

$$P = Ct \cdot K,$$

P — расход патронов, C — число стрелков или пулеметов, K — количество выстрелов в одну минуту, t — продолжительность стрельбы.

32. Число возможных попаданий в цель

$$П = \frac{Ct \cdot K \cdot B\%}{100},$$

C — число стрелков или пулеметов, t — продолжительность стрельбы, K — количество выстрелов в одну минуту, $B\%$ — вероятность попадания.

33. Число попаданий в одну фигуру

$$A = \frac{P \cdot Ba}{100 \cdot Ф},$$

P — расход патронов, Ba — вероятность попадания в сплошной ряд фигур, $Ф$ — ширина фронта.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Глава I

Сведения из внутренней балистики

1. Понятие о бездымном пироксилиновом порохе 5
2. Горение пороха 8
3. Давление пороховых газов 11
4. Коэфициент полезного действия пороха 14
5. Начальная скорость 15
6. Начальная энергия пули (живая сила) 19
7. Отдача оружия 20

Глава II

Сведения из внешней балистики

1. Понятие о движении пули в безвоздушном пространстве 23
2. Движение пули в воздухе 25
3. Деривация 32
4. Средства для уменьшения действия силы сопротивления воздуха 35
5. Закон понижений и начало Сан-Роберто 38
6. Табличные элементы траектории 41
7. Свойства траектории в воздухе 44

Глава III

Прицеливание и прицельные приспособления

1. Измерение углов 55
2. Общие понятия о прицеливании 58
3. Открытый прицел 59
4. Диоптрический прицел 63
5. Оптические прицелы 66
6. Пулеметный угломер-квадрант 71
7. Зенитные прицелы 77

Глава IV

Отлогость траектории

1. Общие понятия об отлогости траектории 86
2. Построение траектории 87
3. Определение величины угла падения 91

4. Поражаемое пространство 92
5. Определение величины поражаемого пространства по величине угла падения 95
6. Поражаемое пространство по местности 97
7. Поражаемое пространство при обстреливании скатов . 99
8. Дальность прямого выстрела 105
9. Зависимость прямого выстрела от отлогости траектории 107
10. Постоянный прицел . . . . . —

Глава V

Рассеивание выстрелов

1. Причины рассеивания выстрелов 109
2. Закон рассеивания пуль 111
3. Определение положения средней точки попадания на вертикальной плоскости 114
4. Определение средней точки попадания на местности . . 118
5. Способы измерения рассеивания 119
6. Влияние расстояния до цели на величину срединного отклонения по дальности $B_д$ 126
7. Влияние наклона местности на величину $B_д$ 127
8. Влияние разнобойности пулеметов на величину $B_д$ . . 129
9. Определение величины $B_д$ при стрельбе с рассеиванием в глубину 131
10. Зависимость между дальностью и величинами $B_в$ и $B_д$ . . 133
11. Поражаемая зона при рассеивании выстрелов 134

Глава VI

Вероятность попадания

1. Общие понятия 136
2. Частость и вероятность события 137
3. Вероятность хотя бы одного попадания 140
4. Математическое ожидание 141
5. Определение вероятности попадания 145
6. Вероятность поражения цели при ошибках в определении расстояния до цели 159
7. Зависимость числа пораженных фигур от числа попавших пуль 163
8. Действительность стрельбы 165

Глава VII

Закон случайных ошибок

1. Зависимость между величиной ошибки и частостью ее появления 166
2. Арифметическая средина 170
3. Меры для суждения о точности 171

Глава VIII

Меткость стрельбы

1. Общие понятия о меткости стрельбы и причинах, от которых она зависит 178
2. Влияние состояния оружия на меткость стрельбы 180
3. Влияние установки оружия на меткость стрельбы 199
4. Влияние на меткость стрельбы других причин 204

Глава IX

Особые виды стрельбы

1. Стрельба с полузакрытой и закрытой позиций и по невидимой цели 210
2. Стрельба по возвышенностям 213
3. Стрельба через свои войска 215
4. Стрельба в промежутки (интервалы) 224
5. Рикошеты 226

Глава X

Скорострельность и дальнобойность

1. Скорострельность и ее значение 230
2. Скорострельность автоматических и полуавтоматических (самозарядных) винтовок 232
3. Дальнобойность 233

Главнейшие формулы 235