

## Глава 2. Общие вопросы при разработке патронов стрелкового оружия

Основной задачей при проектировании новых стрелковых комплексов вооружения и патронов для них является повышение эффективности стрельбы. Этот термин уже неоднократно упоминался, но что он означает, из чего складывается? И как управлять им в процессе проектирования патронов? Вопрос – наиважнейший. Поэтому, прежде чем приступить к описанию следующих наших послевоенных патронов, целесообразно хотя бы вкратце рассмотреть вопросы, непосредственно связанные с эффективностью стрельбы – критерии эффективности и ошибки стрельбы, параметры кучности и точности стрельбы, статистику огнестрельных ранений и развитие отечественных средств индивидуальной защиты.

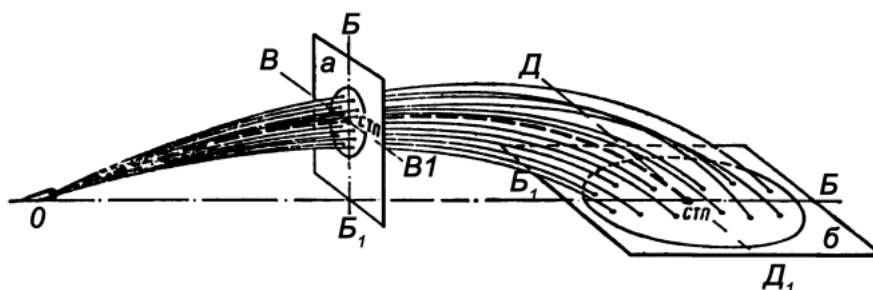


Рис. 30 Сноп траекторий

### 2.1. Эффективность стрельбы

#### 2.1.1. Рассеивание пуль, кучность, точность и меткость стрельбы

Предположим, что при стрельбе из какого-либо оружия при каждом выстреле все условия абсолютно одинаковые. Пули имеют одинаковый вес, форму и размеры, заряды обеспечивают им одинаковые начальные скорости, ствол неподвижен при выстреле, не меняет своей наводки на цель и т. п. В этом случае все пули описали бы одну и ту же траекторию и попали в одну и ту же точку на мишени. Траекторию эту при нормальных условиях (при температуре воздуха 15 °С, атмосферном давлении 750 мм рт. ст. и отсутствии ветра) принято называть нормальной траекторией.

Однако на практике таких случаев не бывает, и в серии выстрелов всегда наблюдается отклонение одной траектории от другой и одной точки попадания в мишень от другой точки попадания вследствие различных условий каждого выстрела. Отклонения траекторий отдельных пуль вызываются самыми разнообразными причинами, которые являются источником ошибок стрельбы.

Явление неодинаковости полёта пуль и отклонений точек попадания друг от друга носит название рассеивания пуль. Его называют также естественным рассеиванием пуль, в отличие от искусственного рассеивания (например, при стрельбе из автоматического оружия с рассеиванием по фронту или по дальности). Так как рассеивание пуль связано с рассеиванием траекторий их полёта, часто применяется другой термин – рассеивание выстрелов, относящийся к рассеиванию как траекторий, так и пуль.

Совокупность траекторий отдельных пуль называют снопом траекторий, а траектория, проходящая в его середине, называется средней траекторией (рис. 30).

Расчётные и табличные данные относятся именно к средней траектории. Точка пересечения средней траектории с поверхностью цели называется средней точкой попадания (СТП) или центром рассеивания. Способы нахождения СТП описаны ниже.

Площадь, внутри которой группируются точки попадания серии выстрелов, полученные при пересечении снопа траекторий с какой-либо поверхностью, называется площадью рассеивания.

На рис. 30 изображён сноп траекторий пуль серии выстрелов, вертикальная и горизонтальная площади рассеивания, средняя траектория (обозначена пунктирной линией) и соответствующая ей средняя точка попадания СТП. Взаимно перпендикулярные линии, проведённые через среднюю точку попадания так, чтобы одна из них располагалась в плоскости стрельбы, называются осями рассеивания. На рис. 30 это линии  $ВВ_1$  – ось рассеивания по вертикали,  $ББ_1$  – ось рассеивания по боковому направлению и  $ДД_1$  – ось рассеивания по дальности.

Величина площади рассеивания определяет так называемую кучность стрельбы (устаревшее – кучность боя): чем эта площадь меньше, тем лучше кучность стрельбы. Таким образом, чем больше рассеивание, тем хуже кучность стрельбы, и наоборот.

В работе [28] даётся следующее определение:

«Кучность стрельбы – степень группирования точек встречи (пробойн) вокруг средней точки попадания (центра рассеивания) в условиях данной (конкретной) стрельбы».

В 1939 году Артиллерийское управление РККА определение кучности стрельбы системы оружия (без учёта человеческого фактора) давало более конкретизированное [29]: «Кучностью боя системы называется свойство системы наименее разбрасывать пули при условии, что во всё время стрельбы системе придан один и тот же угол прицеливания при неизменной горизонтальной наводке».

Однако не только кучность стрельбы или рассеивание выстрелов влияют на эффективность стрельбы. Большую роль играет также степень совмещения СТП с серединой цели, которая определяет точность стрельбы. Чем ближе СТП к центру цели, тем выше (лучше) точность стрельбы и наоборот.

В свою очередь, кучность и точность – два основных фактора, сочетание которых определяет меткость стрельбы. Меткость стрельбы разделяется на меткость боя системы и меткость стрелка [29]:

«Меткостью боя системы называется свойство системы совмещать среднюю точку попадания выстрелов с желаемым местом на цели – с точкой прицеливания – при одновременной кучности боя и при условии, что стрельба производится при одном и том же значении угла прицеливания и неизменной горизонтальной наводке, причём сама система выверена, т. е. приведена к нормальному бою...»

Меткостью стрелка (или искусством стреляющего) называется способность его совмещать среднюю точку попадания группы выстрелов или групп выстрелов с желаемой точкой на цели при одновременной кучности стрельбы.

Меткость стрельбы... складывается из меткости боя системы и меткости стрелка».

В 1930-е годы давались следующие определения меткости стрельбы [24]:

«Меткая стрельба складывается из следующих двух условий:

- 1) рассеивание выстрелов не должно превосходить нормального предела, присущего данному виду оружия, и
- 2) средняя точка попадания должна совпадать с желаемой точкой на цели.

Стрельба кучная, но неправильная – когда рассеивание нормальное, но средняя точка попадания не совпадает с точкой прицеливания на цели. Стрельба правильная, но некучная – при совпадении средней точки попадания с точкой прицеливания, но рассеивание больше нормального. Стрельба некучная и неправильная – при большом рассеивании пуль и несовпадении средней точки попадания с точкой прицеливания».

Наиболее точное определение меткости стрельбы дано в «Наставлениях по стрелковому делу» [30]:

«Меткость стрельбы определяется точностью совпадения средней точки попадания с намеченной точкой на цели и величиной рассеивания. При этом, чем ближе средняя точка попадания

к намеченной точке и чем меньше рассеивание пуль (гранат), тем лучше меткость стрельбы.

Стрельба признаётся меткой, если средняя точка попадания отклоняется от намеченной точки на цели не более чем на 0,5 тысячной дальности стрельбы, что соответствует допустимому отклонению средней точки попадания от контрольной точки при приведении оружия к нормальному бою, а рассеивание не превышает табличных норм.

Меткость стрельбы обеспечивается точным приведением оружия к нормальному бою, тщательным сбережением оружия и боеприпасов и отличной выучкой стреляющего. Для улучшения меткости стрельбы стреляющий должен уметь определять расстояние до цели, учитывать влияние метеорологических условий на полёт пули... и соответственно им выбирать установки прицела, целика и точку прицеливания, правильно выполнять приёмы стрельбы, тщательно сберегать оружие и боеприпасы».

Причины рассеивания пуль подразделяются на постоянные и переменные. Постоянные причины вызывают ошибки всегда в одну и ту же сторону и одинаковой величины. В качестве примеров можно привести следующие постоянные причины появления ошибок при стрельбе:

1. Вращение пули вокруг продольной оси, вызывающее постоянное отклонение (деривацию) пули в сторону её вращения (при правой нарезке – вправо, в северном полушарии Земли).

2. Неперпендикулярность дульного среза по отношению к оси канала ствола, способствующая отклонению пули в определённом направлении.

3. Расположение штыка у 7,62-мм винтовки обр.1891/30 г. справа способствует отклонению пуль влево.

4. Более высокая температура воздуха при стрельбе по сравнению с той температурой, при которой производилась пристрелка оружия, уменьшает сопротивление воздуха и вызывает отклонение пули вверх по сравнению с результатами пристрелки. При более низкой температуре воздуха – наоборот.

Так как постоянные причины отклонения всегда вызывают постоянные по величине и направлению ошибки, эти ошибки могут быть учтены и исправлены. Так, первые три из перечисленных постоянных причин устраняются приведением оружия к нормальному бою. Четвёртая причина может быть компенсирована при стрельбе введением поправки на температуру воздуха.

Переменные причины отклонения вызывают ошибки, различные по величине и направлению. Полностью устранить их влияние невозможно, также как и заранее определить величину связанных с ними ошибок при данном выстреле. Совокупное же действие постоянных и переменных причин, что имеет место в действительности, вызывает рассеивание пуль в расходящийся от дула сноп траекторий, со средней траекторией, отклонённой от нормальной траектории.

Причины, влияющие на рассеивание пуль, зависят от оружия, патронов, стрелка и от атмосферных условий. В работе специалистов ЦНИИТОЧМАШ авторы сводят их к трём группам причин, вызывающих разнообразие следующих параметров [32]:

- начальных скоростей пуль;
- углов бросания и направлений стрельбы;
- условий полёта пули.

Разнообразии начальных скоростей пуль от выстрела к выстрелу ведёт к рассеиванию их по дальности и по высоте и является следствием переменности многих параметров:

- массы пуль;
- массы пороховых зарядов и характеристик пороха в конкретном заряде (размеров пороховых зёрен, степени их флегматизации и т. п.);
- внутреннего объёма гильз;
- величины пулеизвлекающего усилия;
- степени деформации пуль и величины сопротивления движению пули в канале ствола вследствие разнообразия её характеристик жёсткости (зависящих от диаметра пули, длины ведущей части, толщины и твёрдости оболочки, содержания сурьмы в свинце и т. п.), переменности коэффициентов трения и др.;
- температуры пороховых газов, которая зависит от условий выдержки патронов перед стрельбой, времени нахождения патрона в нагретом патроннике и др.;
- степени нагрева и качественного состояния канала ствола и других причин.

Например, в работе [24] говорится:

«При непрерывной автоматической стрельбе начальная скорость повышается примерно за время производства первых 100 выстрелов [следствие того], что изменяется температура заряда. При продолжении стрельбы начальная скорость начинает заметно понижаться, потому что по мере нагревания ствола зазор между пулей и стенками канала ствола увеличивается, одновременно увеличивается частичный прорыв пороховых газов в эти зазоры. При сильном нагреве ствола скорость пули настолько уменьшается, что вести стрельбу нет никакого смысла...

При грубой обработке поверхности канала ствола, при прочих равных условиях, рассеивание выстрелов иногда увеличивается на 20 %... При сильном ржавлении канала ствола рассеивание выстрелов увеличивается на 20–30 %...

Изменение начальной скорости пули на 2 % при стрельбе из винтовки обр.1891/30 гг. вызывает изменение СТП в вертикальной плоскости на дальности 500 м на 9,5 см, при стрельбе на дальность 2500 м на 860 см.

При изменении веса пули на 1 % отклонение в вертикальной плоскости на тех же дальностях выражается следующими данными: на 500 м – отклонение 1,2 см, на 2500 м – отклонение 665 см».

Разница начальных скоростей пуль в серии выстрелов, действительно, способствует вытянутости площади рассеивания по высоте. Однако этот фактор оказывает существенное влияние при стрельбе на большие дальности. На малых же дальностях оно невелико, вследствие чего на этих дальностях применим круговой закон рассеивания.

Например, Николаев Ю.В. сообщает, что в 1948 году в Свердловском физико-техническом институте (СФТИ) проводились исследования влияния разброса начальных скоростей и весов винтовочных пуль. Они показали, что при стрельбе из винтовки на 100 м изменение начальной скорости с 860 до 840 м/с приводит к разнице по высоте всего на 6 мм. Такой же порядок имеет разброс по высоте и при изменении веса винтовочной пули в пределах допуска (0,3 г). Специальные эксперименты при стрельбе штатными и специально снаряжёнными винтовочными патронами (при весе пули  $9,6 \pm 0,01$  г и весе заряда  $3,25 \pm 0,002$  г) также показали, что «даже такой тщательный отбор не приводит практически к улучшению кучности боя винтовочных патронов при стрельбе на малые дальности» [23].

Существенное влияние на кучность стрельбы одиночными выстрелами оказывает оптимальность соотношения площадей поперечного сечения пули и канала ствола. Например, в 1960-е гг. Кучеровым В. Г. были проведены исследования, применительно к винтовке СВД, зависимости характеристик рассеивания от шага нарезов и диаметра канала ствола по полям и по наредам. Они показали, что при использовании 7,62-мм винтовочной пули со стальным сердечником площадь сердцевины рассеивания на 33,4 % зависит от оптимальности диаметральных размеров и допусков канала ствола по полям и наредам.

Основными причинами, вызывающими разнообразие углов бросания и направлений стрельбы, считаются:

- шибки прицеливания, т. е. различия в горизонтальной и вертикальной наводках оружия на цель;
- изменения углов вылета и боковых смещений оружия вследствие вибрации ствола, неоднобразной изготовления к стрельбе, неустойчивым и неодинаковым удержанием автоматического оружия, неправильным упором приклада в плечо или разными положениями оружия на опоре, резким спуском курка и др.;
- угловые колебания ствола автоматического оружия при стрельбе очередями, возникающие в результате отдачи оружия, ударов подвижных частей автоматики, а также при стрельбе в движении.

Эти причины приводят к рассеиванию в боковом направлении, по высоте и по дальности.

Разнообразие условий полёта пули вызывается изменениями:

- атмосферных условий во время стрельбы (атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра), главными из которых

являются скорость и направление ветра в промежутках между выстрелами или очередями;

– размер и формы пуль, проявляющихся (вместе с разнообразием их веса) через изменение силы сопротивления воздуха и различие прецессионно-нутационных колебаний пуль на полёте.

Эти причины также приводят к рассеиванию пуль по всем направлениям.

При стрельбе одиночными выстрелами большая часть причин рассеивания пуль связана с конструкцией, точностью изготовления и баллистическими характеристиками боеприпасов, часть – с конструкцией и точностью изготовления оружия и прицельных приспособлений. При стрельбе автоматическим огнём рассеивание выстрелов зависит от конструкции оружия и в большой степени определяется величиной импульса отдачи патрона и энергией отдачи оружия. Наконец, рассеивание в значительной степени зависит от личных качеств и выучки стрелка. Поэтому уменьшения рассеивания траекторий добиваются различными способами: технологическими, конструктивными, а также повышением квалификации стрелка.

#### Закон рассеивания траекторий

Положение пробоины на мишени (или точки падения пули) является случайной величиной, зависящей от многих причин. Причины рассеивания вызывают различные ошибки стрельбы, следующие, вместе или порознь, без определённой последовательности. Однако в совокупности они подчиняются законам ошибок.

Например, при наблюдении за результатами большого количества измерений (каждое из которых также является случайной величиной) установили, что ошибки измерений подчиняются определённой закономерности. В результате были установлены различные законы распределения случайных величин.

Самым распространённым из них является нормальный закон распределения случайных величин. Он называется ещё законом Гаусса (или распределением Гаусса) – по имени немецкого математика К.Ф. Гаусса. Многие случайные величины, встречающиеся в прикладных вопросах, в том числе рассеивание траекторий или рассеивание начальных скоростей пуль, имеют распределения, близкие к нормальному закону. В работе [35] даётся следующее его определение: «Нормальное распределение возникает, когда данная случайная величина представляет собой сумму большого числа независимых случайных величин, каждая из которых играет в образовании всей суммы незначительную роль».

Так, при стрельбе одиночными выстрелами координаты точек попадания пуль зависят от многих факторов, но их распределение на площади рассеивания подчиняется нормальному закону.

Если же один из факторов по своему влиянию начинает играть преобладающую роль по сравнению с другими, характер закона распределения пробоин изменяется,

и он может существенно отличаться от нормального закона. Например, если стрелок совершит значительную ошибку при прицеливании, то точка попадания резко отклонится от остальных.

По отношению к рассеиванию пуль нормальный закон называется законом рассеивания и характеризуется следующими свойствами:

1. Если стрельба производится по вертикальной или по горизонтальной мишени, то при большом количестве выстрелов на получившейся площади рассеивания всегда можно найти такую точку, относительно которой все пробоины расположатся симметрично. Эту точку и называют средней точкой попадания (СТП). Оси рассеивания (рис. 31) разделят общее количество пробоин пополам, так что количество пробоин по обе стороны от них будет одинаковым. Отклонения отдельных точек попадания от центра рассеивания (СТП), заключённые в равных по абсолютной величине пределах, но различные по знаку (находящиеся по разные стороны от осей рассеивания), равновероятны.

В НСД-38 это положение сформулировано следующим образом [31]: «На площади рассеивания можно определить точку, являющуюся центром рассеивания (СТП), относительно которой распределение точек встречи (пробоин) симметрично: число точек встречи (пробоин) по обе стороны от осей рассеивания, заключающихся в равных по абсолютной величине пределах (полосах), одинаково, и каждому отклонению от оси рассеивания в одну сторону отвечает такое же по величине отклонение в противоположную сторону».

2. Пробоины располагаются на площади рассеивания неравномерно – густо вблизи СТП и реже по мере удаления от этой точки (рис. 31). С увеличением отклонения отдельной точки попадания от центра рассеивания вероятность отклонения уменьшается и, наоборот, чем меньше отклонение, тем больше вероятность его получения.

3. Пробоины в каждом частном случае занимают не беспредельную, а ограниченную площадь.

При повторении стрельбы центры рассеивания различных групп выстрелов, произведённых в возможно одинаковых условиях, не совпадают между собой и, в общем случае, с точкой прицеливания. Рассеивание СТП групп выстрелов или очередей также подчиняется нормальному закону распределения случайных величин.

В работе [32] закон рассеивания траекторий сформулирован следующим образом: «Закон рассеивания траекторий пуль (снарядов) в общем виде формулируется так: при достаточно большом числе выстрелов, произведённых практически в одинаковых условиях, рассеивание пуль (снарядов) неравномерно, симметрично и небеспредельно. Последнее свойство формально противоречит нормальному закону, согласно которому возможно любое по величине отклонение. Однако большие отклонения имеют весьма малую вероятность и, применяя к ним принцип практической невозможности таких событий, отклонения можно считать небеспредельными».



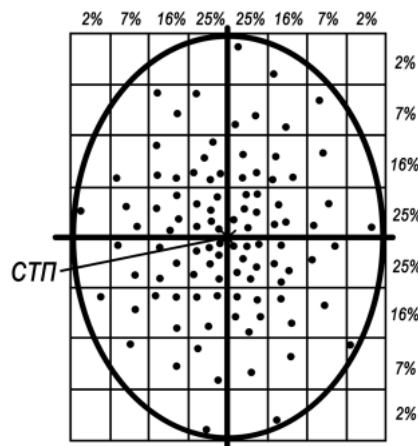


Рис. 31

Закономерность рассеивания

Определение средней точки попадания. Для поражения цели необходимо совмещение средней точки попадания (СТП), вблизи которой наиболее густо располагаются пробоины, с желаемой точкой на цели. Чтобы скорректировать результаты стрельбы или привести оружие «к нормальному бою», также необходимо уметь определять среднюю точку попадания на площади рассеивания. На рис. 31 приведено рассеивание пуль по 100 выстрелам.

В общем случае площадь рассеивания имеет вытянутую форму в виде эллипса. На практике чаще всего используются два способа определения СТП. При числе выстрелов не менее 10 на мишени проводятся оси рассеивания в виде двух взаимно перпендикулярных линий, вертикальной и горизонтальной, таким образом, чтобы они, каждая в своём направлении, разделяли общее количество пробоин пополам.

На рис. 31 СТП соответствует пересечению вертикальной и горизонтальной осей рассеивания, по обе стороны от которых находится по 50 пробоин. При серии в 20 выстрелов эти оси должны проходить так, чтобы по обе стороны от них было по 10 пробоин – посередине между 10-й и 11-й пробоинами. При числе пробоин не более 5 (например, при приведении оружия к нормальному бою) для нахождения СТП используется способ последовательного деления отрезков – см. рис. 32. На нём показан порядок определения положения СТП по 3, 4 и 5 пробоинам, аналогичный нахождению центра тяжести системы при известном расположении центров тяжести её составных частей.

При определении СТП трёх пробоин (рис. 32а) вначале отыскивается средняя точка попадания 1-й и 2-й пробоин (выбираемых в произвольном порядке), которая находится на середине прямой линии, соединяющей эти две пробоины. Полученная таким образом точка соединяется прямой линией с 3-й пробоиной. Эта линия делится на три равные части, и деление, расположенное ближе к линии, соединяющей точки 1 и 2, является СТП трёх пробоин.

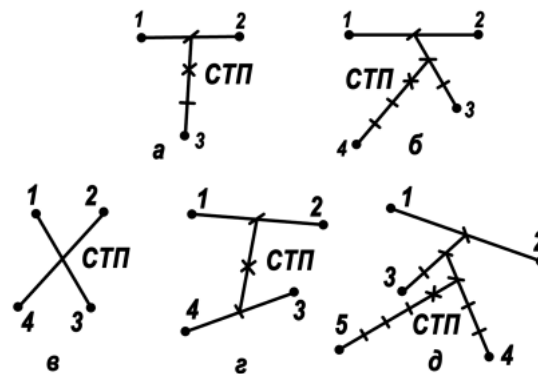


Рис. 32

Определение положения СТП

а – по трём; б, в, г – по четырём; д – по пяти пробоинам

Для определения СТП четырёх пробоин найденную СТП для трёх пробоин соединяют прямой линией с 4-й пробоиной и делят её на 4 равные части. Деление, ближайшее к первым трём пробоинам, принимается за СТП четырёх пробоин (рис. 32б). На рис. 32в и 32г показаны другие возможные способы определения СТП для четырёх пробоин при достаточно симметричном их расположении [31]. При наличии 5 пробоин СТП для них определяется подобным образом.

#### Меры рассеивания и зависимости между ними

Умение правильно и единообразно измерять величины рассеивания важно потому, что от них существенным образом зависит оценка эффективности стрельбы. Для измерения величины площади рассеивания, для сравнения рассеивания пуль при стрельбе из разных видов оружия, а также для оценки рассеивания пуль одного и того же оружия при различных условиях его применения используются следующие меры (или единицы измерения) рассеивания:

- срединные (или вероятные) отклонения по высоте ( $B_v$ ), в боковом направлении ( $B_o$ ) и по дальности ( $B_d$ );
- сердцевинные полосы рассеивания по высоте, в боковом направлении и по дальности –  $C_v$ ,  $C_o$ ,  $C_d$ ;
- радиусы кругов, вмещающих лучшую половину попаданий (50 %) –  $R_{50}$  или все попадания –  $R_{100}$ .

Основной и наиболее точной мерой рассеивания траекторий пуль является оценка его по срединным (вероятным) отклонениям. Величина срединного отклонения по каждому направлению ( $E_x$ ) численно равна 0,6745 средней квадратической ошибки рассеивания  $\sigma$ :

$$E_x = 0,6745 \cdot \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}} = 0,6745 \cdot \sigma,$$

где:  $n$  – количество выстрелов (пробоин);  
 $x_1, x_2, \dots, x_n$  – отклонения (расстояния) пробоин от соответствующей оси рассеивания,

$\sigma$  – средняя квадратическая ошибка рассеивания или, в иностранных источниках, стандартное отклонение.