

ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ВНУТРЕННЕЙ БАЛЛИСТИКИ

Д.П. Мальгин

Внутренняя баллистика изучает явления, происходящие в канале ствола оружия во время выстрела, движение снаряда по каналу ствола и характер нарастания скорости снаряда как внутри канала ствола, так и в период последствия газов. Важнейшей частью в явлении выстрела является порох боевого заряда, образующий газы, двигающие всю систему: снаряд – пороховые газы – ствол.

Внутренняя баллистика занимается исследованием вопросов наиболее рационального использования энергии порохового заряда во время выстрела.

Решение этого вопроса и составляет основную задачу внутренней баллистики: как снаряду данного веса и калибра сообщить определенную начальную скорость (V_0) при условии, чтобы максимальное давление газов в стволе (P_m) не превышало заданной величины.

Решение основной задачи внутренней баллистики делится на две части: первая задача – вывести математические зависимости горения пороха; вторая задача – рассчитать данные для проектирования оружия (конструктивные данные ствола и патронника).

Кроме этих двух общих задач, решает много специальных задач.

Специальные задачи внутренней баллистики:

– расчёт баллистического подобия артиллерийских систем (баллистически подобными называются системы, имеющие геометрически подобные кривые изменения давления газов и скорости снаряда);

– исследование явления выстрела при смешанных или комбинированных зарядах;

– исследование явления выстрела в ствольных артиллерийских системах;

– исследование явления выстрела в реактивных системах и др.

Внутренняя баллистика тесно связана с рядом смежных дисциплин: термодинамикой, механикой, математикой.

Выстрелом называется выбрасывание снаряда из канала ствола давлением газов, образующихся при сгорании порохового заряда. При выстреле из стрелковых и артиллерийских систем различают следующие основные процессы. Эти процессы взаимосвязаны и протекают одновременно, но мы их разделяем.

Основные процессы при выстреле из стрелковых и артиллерийских систем:

– горение пороха и образование газов, (в этом процессе скорость горения зависит в основном от природы и температуры пороха, от давления газов);

– преобразование потенциальной энергии пороховых газов в кинетическую энергию движения системы;

– движение газов заряда, снаряда и ствола.

Несмотря на высокую интенсивность протекающих при выстреле процессов, они тем не менее закономерны, в определённых пределах управляемы и при сохранении одних и тех же условий заряжания стабильны от выстрела к выстрелу. В баллистике выстрел рассматривается как процесс очень быстрого превращения потенциальной энергии пороха в кинетическую энергию движения оружия.

Под оружием понимается система: пороховые газы – снаряд – ствол.

Существенной особенностью выстрела является то, что работа пороховых газов по перемещению снаряда происходит в переменном объёме. Все эти особенности чрезвычайно осложняют исследование явления выстрела и чтобы получить общую картину явления, приходится рассматривать его по частям.

Поэтому весь комплекс процессов, происходящих при выстреле, внутренняя баллистика разделяет на ряд отдельных вопросов, а само явление выстрела делится на четыре периода: предварительный, первый, второй и период последствия газов (рис. 1).

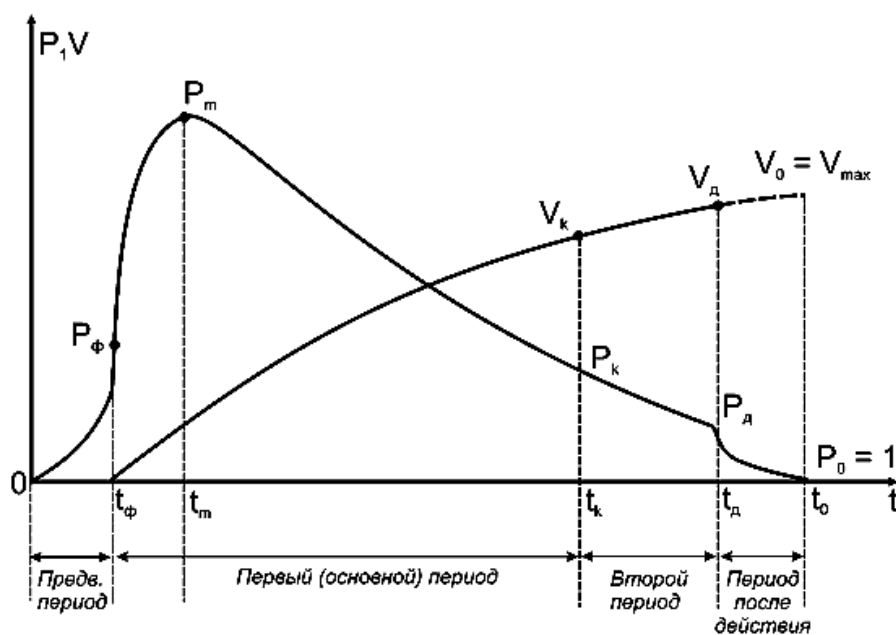


Рис. 1. Периоды выстрела (кривые изменения давления газов и скорости снаряда даны в зависимости от времени).

Рассмотрим эти периоды подробнее.

От удара бойка ударный состав капсюля воспламеняется, образовавшиеся газы, создающие первоначальное давление около $20\text{--}40 \text{ кг/см}^2$, и зажигают пороховой заряд. Во время горения порохового заряда образуется большое количество сильно нагретых газов. В дальнейшем все действия рассматриваем для боеприпасов с гильзовым заряжением. Газы распространяются во все стороны и, стремясь расшириться, давят на снаряд, стенки и дно гильзы. Давление на дно гильзы заставляет её прижиматься к

затвору; давление на стенки гильзы плотно прижимает её к стенкам патронника, предотвращая прорыв газов назад, давление на снаряд заставляет его двигаться по каналу ствола.

Предварительный или пиростатический период – от момента начала воспламенения заряда до момента врезания снаряда (пули) в нарезы ствола.

В некоторой литературе этот период делят на два:

I. Предварительный или пиростатический период – от момента начала воспламенения заряда до момента начала движения снаряда.

II. Период форсирования – от момента начала движения до окончания врезания ведущих поясков снаряда (пули) в нарезы.

В данном периоде горение пороха происходит в постоянном объёме, пока давление не достигнет величины, необходимой для страгивания снаряда. Это давление называют давлением форсирования ($P_{\text{ф}}$).

Давление форсирования колеблется в пределах от 250–500 кг/дм² для снарядов и около 300–500 кг/дм² для пуль (в зависимости от твёрдости оболочки).

Первый, или основной период (пиродинамический период) – от момента окончания врезания ведущих поясков до момента окончания горения пороха.

Давление пороховых газов сначала быстро нарастает в увеличивающемся объёме, а затем, пройдя максимум, падает, скорость снаряда в этот момент составляет $(0,8–0,9)V_{\text{д}}$. В течение периода газы совершают большую часть работы.

В этом периоде горение пороха происходит в быстро изменяющемся объёме, так как снаряд под давлением непрерывно возрастающего количества газов движется по каналу ствола. В первый промежуток времени нарастание количества газов идёт значительно быстрее увеличения объёма заснарядного пространства, поэтому и давление быстро повышается, достигая наибольшей величины, максимума ($P_{\text{м}}$).

Максимальное давление при выстреле из стрелкового оружия развивается при прохождении пульей 4–6 см пути, а в артиллерийских системах при прохождении снарядом 20–45 см. Однако быстрое увеличение давления вызывает значительное ускорение движения снаряда в канале ствола, т. е. значительное увеличение заснарядного пространства. Поэтому, несмотря на приток новых газов, давление начинает падать до конца горения пороха ($P_{\text{к}}$), а скорость снаряда все время возрастает, достигая значения $V_{\text{к}}$.

Второй, или термодинамический период – от момента окончания горения порохового заряда до момента вылета из канала ствола. Давление газов падает, скорость снаряда достигает скорости $V_{\text{д}}$. С началом этого периода приток новых газов прекращается, но так как газы обладают большим запасом энергии, то продолжается их расширение и, как следствие этого, увеличение скорости движения снаряда. В этот период давление убывает от $P_{\text{к}}$ до дульного $P_{\text{д}}$. Величина дульного давления у различных

образцов оружия колеблется в пределах 300–600 кг/см². Скорость снаряда у дульного среза может быть меньше табличной начальной скорости. В стрелковом оружии полное сгорание порохового заряда происходит к тому моменту, когда пуля находится вблизи дульного среза, а в системах с более коротким стволом (например, пистолет) полного сгорания пороха не происходит, т. е. второй период выстрела фактически отсутствует.

Третий период, или период последствий – от момента вылета снаряда из ствола до момента окончания последствий истекающих из ствола пороховых газов. В конце этого периода снаряд получает максимальную скорость V_{\max} или V_0 . Период последствий заканчивается при падении давления в канале ствола примерно 1 кг/см². Этот последний период выстрела характеризуется тем, что газы, истекающие из ствола вслед за снарядом, обгоняя его, продолжают действовать на него. Их скорость в момент истечения достигает 1100–1400 м/с. Длина участка последствий у стрелкового оружия достигает нескольких десятков сантиметров, а у некоторых артиллерийских систем до нескольких метров.

Для некоторых видов оружия, особенно короткоствольного, например, пистолетов, из-за короткого ствола второй и третий период объединяются в один. То есть порох не успевает полностью сгореть в стволе и частицы пороха догорают в воздухе. Для боеприпасов с отсечкой пороховых газов остаются в силе только два с половиной периода. А именно:

- предварительный период;
- первый или основной;
- частично второй.

Предварительный период остаётся таким же, как и у всех видов боеприпасов. Первый период протекает до момента полного сгорания пороха, часть второго периода после сгорания пороха поршень продолжает движение до полного раскрытия цилиндра. Пуля продолжает движение по стволу за счёт приданной энергии. В некоторых случаях порох в первом периоде не сгорает, а поршень останавливается. Догорание пороха происходит в постоянном объёме.

В данном случае второй период отсутствует. Пуля продолжает движение по стволу за счёт приданной энергии.

На примере графиков $P(l)$, $P(t)$ (рис. 2), рассмотрим работу телескопического боеприпаса с отсечкой пороховых газов.

На первой стадии мы видим резкое повышение давления до достижения максимума, а потом резкий спад.

На второй стадии также небольшой спад. На третьей – уже небольшой рост давления, видимо увеличения объёма при выдвигании поршня не хватает для понижения давления и происходит его возрастание. На четвёртой стадии все штоки выдвинулись, объём постоянный, а порох продолжает гореть и давление возрастает, пока весь порох не сгорит. В итоге давление достигает отметки 980 кг/см².

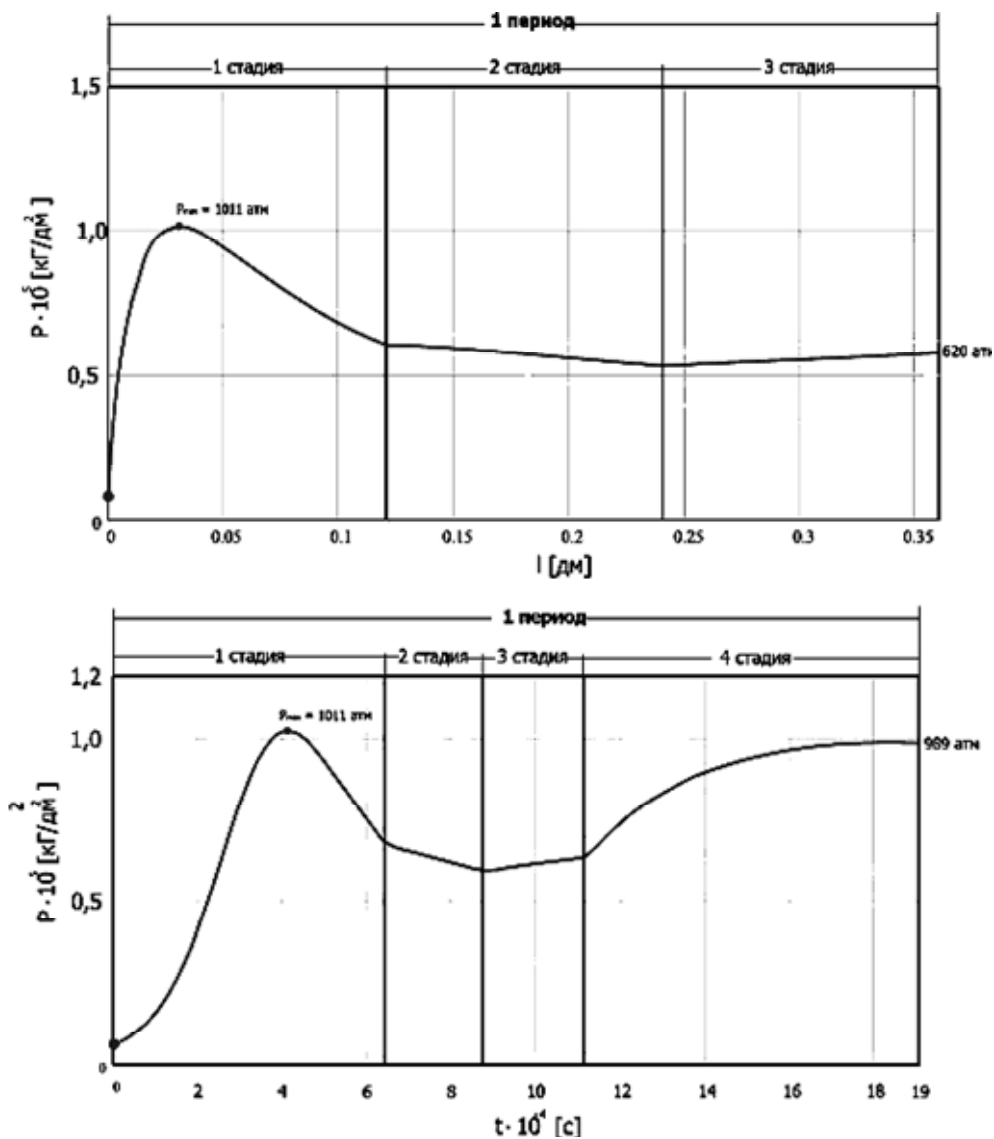


Рис. 2. Графики зависимостей: $P(l)$, $P(t)$

Библиографический список

1. Ассовский, И.Г. Физика горения и внутренняя баллистика / И.Г. Ассовский. – М.: Наука 2005. – 357 с.
2. Шкворников, П.Н. Экспериментальная баллистика / П.Н. Шкворников. – М.: Воениздат, 1976. – 80 с.
3. Серебряков, М.Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет / М.Е. Серебряков. – М.: Воениздат, 1973. – 83 с.