

Рис. 2 Зависимость степени превращения от толщины пленок висмута при $T = 573$ К: 1 – 3 нм, 2 – 16 нм, 3 – 34 нм, 4 – 50 нм, 5 – 92 нм

Литература.

1. Денисов В.М., Белоусова Н.В., Моисеев Г.К. Висмутсодержащие материалы: строение и физико-химические свойства. – Екатеринбург: Уро РАН, 2000. – 527 с.
2. Суевой Э.П., Бугерко Л.Н., Суевая В.Э., Бин С.В. Кинетические закономерности термических превращений в наноразмерных пленках висмута // Журн. физ. химии. 2012. Т. 86. № 4. С. 702 – 709.
3. Суевой Э.П., Бугерко Л.Н., Суевая В.Э., Бин С.В. Кинетические закономерности термических превращений в наноразмерных пленках никеля // Журн. физ. химии. 2014. Т. 88. № 12. С. 1970 – 1976.
4. Суевой Э.П., Бин С.В., Суевая В.Э., Бугерко Л.Н. Кинетические закономерности термических превращений в наноразмерных пленках свинца // Журн. физ. химии. 2015. Т. 89. № 1. С. 85 – 91.
5. Золотарев В.М., Морозов В.Н., Смирнова Е.В. Оптические постоянные природных и технических сред. Справочник. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
6. Эпштейн М.И. Измерения оптического излучения в электронике. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
7. Бьюб Р. Фотопроводимость твердых тел. – М.: ИЛ, 1962. – 558 с.

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ФИЗИКА ВЫСТРЕЛА

С.В. Мергалиев, студент группы 10А52,

научный руководитель: Полицинский Е.В., к.пед.н., доцент

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

С помощью уравнения Клапейрона-Менделеева в некотором приближении можно описать поведение пороховых газов. Это позволяет качественно проанализировать явление выстрела и построить графики зависимости давления газа p скорости пули v от пути l , проходимого ею в канале ствола (рис.1).

Рассмотрим процесс выстрела. Его длительность можно условно разделить на такие последовательные периоды: предварительный – от начала горения порохового заряда до полного врезания оболочки пули в нарезы ствола; первый – от начала движения пули по стволу до полного сгорания порохового заряда; второй – от момента полного сгорания порохового заряда до момента вылета пули из ствола; третий – от момента вылета пули до прекращения возрастания её скорости. Рассмотрим, как меняется давление порохового газа при выстреле (давление порохового газа описывает кривая I (рис.1)).

Предварительный период. Во время горения заряда образуется пороховой газ. Давление его можно выразить формулой: $p = RTm / MV$ (1), где T , V и m – соответственно температура, объём и масса порохового газа, M – его молярная масса, R – универсальная газовая постоянная. Поскольку объём газа не меняется, а температура и масса резко увеличиваются, давление газа будет расти по закону: $p = CtT$, где C – постоянная величина. Давление пороховых газов будет возрастать до тех пор, пока пуля не сдвинется с места.

Первый период. Его условно можно разделить на три полпериода. Рассмотрим их поочередно. Масса порохового газа m возрастает быстрее, чем объём V запульного пространства (объём, заключённый между дном пули и дном гильзы). Учитывая, что $V = Sl$ (S – площадь сечения канала ствола,

l – путь пули в канале ствола), изменение давления газа в первый подпериод можно представить графически в виде участка 1-2 кривой I. Скорость возрастания массы порохового газа становится близкой к скорости движения пули, или, что одно и то же, к скорости изменения объёма V . Тогда формула (1) принимает вид $p = C_1$, где C_1 – постоянная величина. Графически изменение давления в этот подпериод можно представить в виде участка 3-4 кривой I.

Объём V запульного пространства вследствие быстрого увеличения скорости пули растёт гораздо быстрее массы m притока порохового газа, и изменением массы можно пренебречь. Тогда формула (1) примет вид: $p = C_2 / V$, где C_2 – постоянная величина. Изменение давления газа в этот подпериод можно представить в виде участка 5-6 кривой I. Промежуточные процессы между подпериодами можно приближённо изобразить соответствующими участками 2-3 и 4-5 кривой I.

Второй период. Так как весь пороховой заряд уже сгорел, масса газа не меняется. Тогда формула (1) принимает вид $p = C_3 / V$, где C_3 – постоянная величина. Изменение давления можно представить участком 6-7 кривой I.

Третий период. Часть газа вырывается из канала ствола вслед за пулей, при встрече с воздухом образует пламя и ударную волну. Следовательно, масса газа m уменьшается. Так как при этом увеличивается объём газа, то, согласно формуле (1), происходит резкое падение давления газа (участок 7-8 кривой I). Это уменьшение происходит до тех пор, пока давление порохового газа на дно пули не уравновесится сопротивлением воздуха.

График изменения скорости пули в канале ствола (кривая II на рис.) можно построить, если предположить, что сила, действующая на пулю со стороны пороховых газов, много больше силы сопротивления, силы трения и т.д.

В предварительный период скорость пули не меняется. В остальные периоды ускорение пули пропорционально давлению. Действительно, на пулю действует сила: $F = pS$, где p – давление порохового газа, S – площадь сечения канала ствола. Следовательно, если масса пули m , то её ускорение $a = Sp / m$.

Поскольку давление газа в канале ствола во все периоды много больше атмосферного, ускорение пули будет больше нуля, то есть она будет двигаться ускоренно.

В первый подпериод ускорение увеличивается, следовательно, скорость пули будет резко возрастать. Графически это изменение скорости можно представить в виде участка 1-2 кривой II. Во второй подпериод ускорение почти не изменяется, поэтому движение пули будет близким к равноускоренному (участок 3-4 кривой II). В третий подпериод ускорение пули уменьшается, но остаётся положительным, следовательно, прирост скорости пули уменьшается (участок 5-6 кривой II). Во второй и третий периоды происходит дальнейшее уменьшение ускорения, что соответствует уменьшению прироста скорости (участок 7-8 кривой II).

Можно исследовать начальную скорость пули с помощью законов сохранения. Начальной скоростью пули называется та скорость, с которой она покидает канал ствола. Закон сохранения энергии для явления выстрела можно записать так: $E_1 = E_2 + E_3 + E_4$ (2). Здесь E_1 – энергия, выделяющаяся при сгорании пороха, E_2 – кинетическая энергия пули в момент вылета из канала ствола, E_3 – кинетическая энергия стрелкового оружия, E_4 – энергия, уносимая выброшенными пороховыми газами, идущая на нагревание ствола, и т. д.

Очевидно, $E_1 = m_1 \cdot q$ (3), где q – теплота сгорания пороха, m_1 – его масса; $E_2 = m_2 \cdot v^2 / 2$ (4), где m_2 – масса пули, v – её скорость в момент вылета из ствола; $E_3 = m_3 \cdot u^2 / 2$ (5), где m_3 – масса оружия, u – скорость отдачи при выстреле, причём, поскольку согласно закону сохранения импульса $u = m_2 \cdot v / m_3$, выражение (5) можно записать в виде:

$$E_3 = \frac{m_2}{m_3} \times \frac{m_2 v^2}{2} \quad (6).$$

Энергия E_4 зависит от длины ствола l . При малой длине много энергии будет выбрасываться наружу, при слишком большой окажутся значительными потери энергии на нагревание ствола и преодоление сил сопротивления, действующих на пулю в его канале. Следовательно, важно выбрать некоторую оптимальную длину ствола, при которой энергия E_4 будет минимальной.

Учитывая (3) – (6) и приведённые выше рассуждения, выражение (2) можно переписать в виде:

$$m_1 q = \frac{m_2 v^2}{2} + \frac{m_2}{m_3} \times \frac{m_2 v^2}{2} + E_4(l).$$

Откуда начальная кинетическая энергия пули:

$$\frac{m_2 v^2}{2} = (m_1 q - E_4(l)) / (1 + \frac{m_2}{m_3}).$$

С помощью этой формулы легко доказать следующие утверждения:

- начальная скорость пули зависит от длины ствола, массы пули, массы порохового заряда и от других факторов;
- чем длиннее ствол (до известных пределов), тем дольше действует на пулю пороховой газ и тем больше её начальная скорость;
- при постоянных длине ствола и массе порохового заряда начальная скорость пули тем больше, чем меньше её масса.

Кроме того можно сказать, что скорость пули зависит и от массы стрелкового оружия.

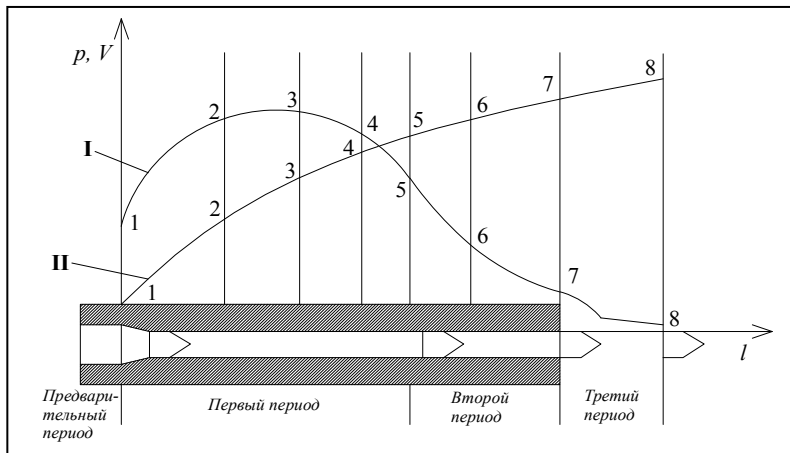


Рис. 1. График зависимости давления газа и скорости пули от пути, проходимого ею в канале ствола

Литература.

1. Суорц К.Э. Необыкновенная физика обыкновенных явлений: Т.1. – М.: Наука, 1986. – 400с.
2. Яворский Б.М. Физика. Справочное руководство для поступающих в вузы / Б.М. Яворский, Ю.А. Селезнёв. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 592с.

АНТИФРИКЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ

*Ш.С. Нозирзода, студент группы 10А41, Н.С. Давлатзода, студент группы 10А51,
научный руководитель: Деменкова Л.Г.,*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Для снижения трения в подвижных узлах любого оборудования требуется их своевременное смазывание. Выбор вида и способа смазки производится с учетом конструкции и условий эксплуатации пары трения. Механизм действия традиционных жидких и пластичных смазочных материалов состоит в образовании разделительной смазочной пленки между движущимися поверхностями при определенном сочетании нагрузки и скорости, необходимом для установления гидродинамического или полужидкостного режима трения. Однако реальные условия работы механизмов далеки от идеальных. Некоторые из механизмов (например, оборудование кирпичного производства) предназначены для постоянной эксплуатации в пыльной среде под воздействием высоких температур, нагрузок. Узлы большинства машин и оборудования в отдельные моменты времени или в течение всей эксплуатации также работают в режиме, при котором происходят локальные нарушения смазочной пленки, приводящие к повышенному трению, изнашиванию и образованию задиров. В таком режиме