

ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

УДК 623.522.4/6

Гращенко Г.П., Долженко И.Ю., к.т.н.; Оксеніч Н.В., Мельник С.А., Лебедев В.А., Волох М.Т.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СКОРОСТЬ ПОЛЕТА ПУЛИ

Постановка и актуальность задачи. В настоящее время, легкобронированная техника используется в локальных конфликтах, проходящих преимущественно в странах с жарким климатом. Повышенная температура влияет на внешнебаллистические характеристики боеприпасов, а следовательно, на бронепробиваемость.

В связи с этим, представляет интерес рассмотреть воздействие температуры воздуха на скорость полета пули.

Задача определения воздействия температуры на скорость полета пули актуальна тем, что, оценив это влияние, в конечном итоге можно говорить о способности пробития пуль различных видов целей.

Температура влияет и на процесс горения порохового заряда в стволе оружия. Как известно, с повышением температуры скорость горения порохового заряда увеличивается, так как уменьшается расход тепла, необходимый для нагревания и воспламенения пороховых зерен. Следовательно, чем ниже температура воздуха, тем медленнее идет процесс нарастания давления газов. В результате уменьшается и начальная скорость пули.

Установлено, что изменение температуры воздуха на 1°С изменяет начальную скорость на 1 м/сек. Значительные температурные колебания между летом и зимой приводят к изменениям начальной скорости в пределах 50-60 м/сек.

В данной статье рассмотрен фактор влияния температуры окружающей среды на скорость полета пули калибра 12,7 мм.

При повышении температуры плотность воздуха уменьшается, а вследствие этого уменьшается сила сопротивления воздуха и увеличивается дальность полета пули. Чем ниже температура воздуха, тем больше его плотность. Пуля, летящая в более плотном воздухе, на своем пути встречает большое количество его частиц, поэтому и быстрее теряет начальную скорость. Следовательно, при низкой температуре дальность стрельбы уменьшается.

Государственное предприятие «Харьковское конструкторское бюро по машиностроению имени А.А. Морозова» провело испытания по баллистическому отстрелу бронебойной преграды. В испытаниях использовался пулемет НСВТ-12,7 и боеприпасы калибра 12,7 мм с пулей Б-32 (Рис.1) одной партии изготовления У12-74-3, которые предохранялись от прямого воздействия солнечных лучей и выдержанные при одинаковых условиях хранения. Характеристики 12,7-мм патрона с бронебойно-зажигательной пулей Б-32 приведены в таблицах 1 и 2 [3].

Таблица 1

Характеристика патрона	
Калибр, мм	12,7×108
Длина патрона, мм	145,7...147,0
Масса патрона, г	128,5...137,4

© Г.П. Гращенко, 2017

Характеристика пули

Тип пули	оболочечная
Длина пули, мм	62,6...63,5
Масса пули, г	47,4...49,5



Рис. 1. 12,7-мм патроны с бронебойно-зажигательной пулей «Б-32»

Для измерения начальной скорости полета пули использовался поверенный измерительный комплекс оптоэлектронный ИБХ-731/3, погрешность измерения 0,5% на 1000 м/с. Температура окружающего воздуха измерялась с помощью ртутного термометра ТЛ-2, диапазон измерений от минус 30°C до плюс 70°C, погрешность измерения $\pm 0.2^\circ\text{C}$, цена деления 1°C (рис. 2).



Рис. 2. Аналогово-регистрационный блок оптоэлектронного комплекса ИБХ-731/3

Цель статьи. Оценка влияния температуры воздуха окружающей среды на скорость полета пули с целью внесения корректировок в стрельбе при температурах, отличающихся от нормальных условий (15°C).

Основная часть. Стрельбовые испытания проводились при различной температуре окружающего воздуха. Перед стрельбой, на измерение начальной скорости пули, выполняли 3...5 прогревных выстрела, для лучшей работы автоматики пулемета НСВТ-12,7 и прогрева канала ствола.

Результаты определения средней скорости пули при различных температурах окружающего воздуха приведены в таблице 3, а зависимость начальных скоростей пуль калибра 12,7 мм от температуры окружающего воздуха, приведена на рисунке 3:

Таблица 3

Начальные скорости пули при различных температурах воздуха.

t = 34°C		t = 28°C		t = 8°C		t = минус 2°C	
V ₁ , м/с	846	V ₁ , м/с	830	V ₁ , м/с	819	V ₁ , м/с	817
V ₂ , м/с	852	V ₂ , м/с	830	V ₂ , м/с	822	V ₂ , м/с	821
V ₃ , м/с	855	V ₃ , м/с	836	V ₃ , м/с	832	V ₃ , м/с	816
V ₄ , м/с	845	V ₄ , м/с	829	V ₄ , м/с	826	V ₄ , м/с	812
V ₅ , м/с	854	V ₅ , м/с	838	V ₅ , м/с	834	V ₅ , м/с	820
V _{СР} , м/с	850,4	V _{СР} , м/с	832,6	V _{СР} , м/с	826,6	V _{СР} , м/с	817,2

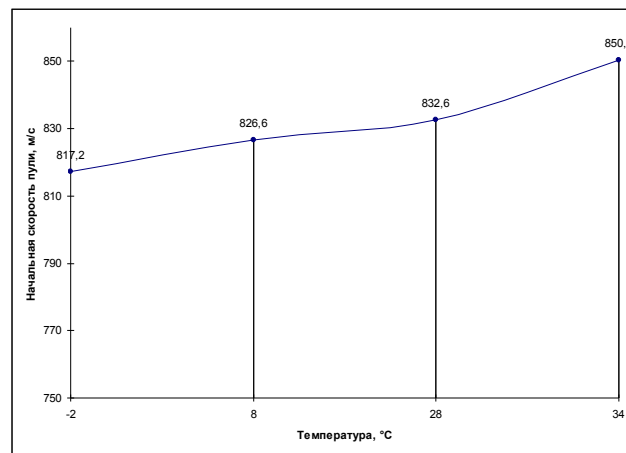


Рис. 3. Зависимость начальной скорости пули калибра 12,7 мм от температуры

В результате эксперимента видно, что при превышении нормальных условий (выше 15°C), разность средних скоростей составила 17,8 м/с, при разности температур 6°C. А эта разность при температурах ниже нормальных условий, составила 9,4 м/с и 10°C соответственно.

Таким образом, на практике для патронов калибра 12,7 мм с пулей Б-32 с увеличением температуры окружающей среды на 1°C, относительно нормальных условий (15°C), начальная скорость пули изменяется на 2,97 м/с. Для температур ниже нормальных условий – начальная скорость изменяется на 0,94 м/с.

При температурах, превышающих нормальные условия (15°C), увеличивается начальная скорость пули, что приводит к увеличению кинетической энергии и как следствие - бронепробития.

Зная массу пули и ее начальную скорость можно рассчитать кинетическую энергию пули на срезе ствола для температур выше и ниже нормальных условий по формуле:

$$E = \frac{m \cdot V^2}{2},$$

где m – масса пули, кг, V – начальная скорость пули, м/с.

Для температур выше нормальных условий:

$$E_{34} = \frac{m \cdot V_{\dot{N}D}^2}{2} = \frac{0,04845 \cdot 850,4^2}{2} = 17,519 \text{ (кДж);}$$

$$E_{28} = \frac{m \cdot V_{\dot{N}D}^2}{2} = \frac{0,04845 \cdot 832,6^2}{2} = 16,793 \text{ (кДж).}$$

Для температур ниже нормальных условий:

$$E_8 = \frac{m \cdot V_{\dot{N}D}^2}{2} = \frac{0,04845 \cdot 826,6^2}{2} = 16,552 \text{ (кДж);}$$

$$E_{-2} = \frac{m \cdot V_{\dot{N}D}^2}{2} = \frac{0,04845 \cdot 817,2^2}{2} = 16,178 \text{ (кДж).}$$

Из расчетов видно, что при увеличении температуры от минус 2°C до 34°C кинетическая энергия пули на срезе ствола увеличилась на 7,65 %.

На основании полученных данных можно построить зависимость кинетической энергии пули от температуры окружающей среды, приведенной на рисунке 4.

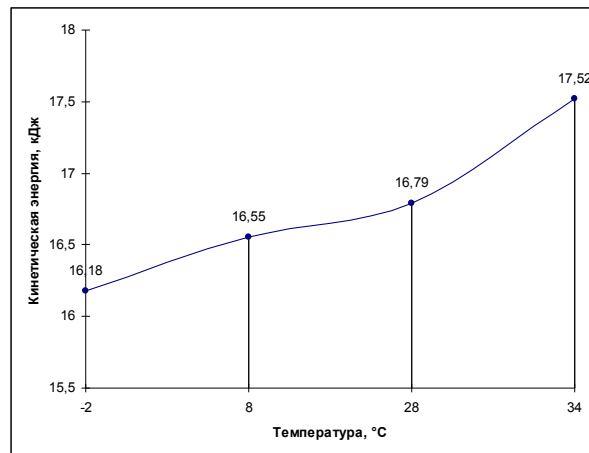


Рис. 4. Зависимость кинетической энергии пули калибра 12,7 мм от температуры

В качестве примера оценим возможность пробития брони высокой твердости толщиной $S=15$ мм при стрельбе из пулемета НСВТ $d=12,7$ мм пулями Б-32 на реальную дальность (расстояние – 600 м), под углом встречи $\alpha=25^\circ$, который может соответствовать углу броневых листов для легкобронированной техники, при разных температурах. Масса пули $m_{п}=48,5$ г, высота оживальной части пули $h=33,3$ мм. Масса сердечника $m_c=29$ г, диаметр сердечника $d_c=10,9$ мм [2]:

- а) для скорости 850,4 м/с при температуре 34°C;
- б) для скорости 832,6 м/с при температуре 28°C;
- в) для скорости 826,6 м/с при температуре 8°C;
- г) для скорости 817,2 м/с при температуре минус 2°C.

Для определения скорости пули на дистанции 600 м необходимо определить коэффициент формы i и баллистический коэффициент C .

Коэффициент формы i зависит от формы и размеров фигур, составляющих пулю, её начальной скорости и дальности стрельбы:

$$i = 1,1 - 0,343 \cdot \frac{h}{d} + 0,042 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^2 \text{ (по закону Сиаччи),}$$

где h -высота оживальной части пули, мм; d -диаметр пули, мм:

$$i = 1,1 - 0,343 \cdot \frac{33,3}{12,7} + 0,042 \cdot \left(\frac{33,3}{12,7}\right)^2 = 0,49.$$

Рассчитываем баллистический коэффициент, который учитывает тормозящее действие силы сопротивления воздуха на летящую пулю:

$$C = \frac{i \cdot d^2}{q_i},$$

где d – калибр пули, мм; q_i – вес пули, г; i – коэффициент формы пули:

$$C = \frac{0,49 \cdot 12,7^2 \cdot 10^{-6}}{48,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 10^3 = 1,63.$$

Основное баллистическое уравнение имеет вид:

$$C \cdot X = D(V_c) - D(V_0),$$

где C – баллистический коэффициент, X – дальность полета снаряда, $D(V_c)$ и $D(V_0)$ – функции скорости, определяемые по таблицам внешнебаллистических расчетов.

Из этого уравнения мы можем рассчитать скорость у цели:

$$D(V_c) = C \cdot X + D(V_0).$$

Скорость пули у цели V_c определяется исходя из функции скорости $D(V_c)$ по таблицам Сиаччи.

Чтобы оценить стойкость брони необходимо знать скорость, при которой возможно сквозное пробитие. Скорость рассчитываем по известной эмпирической формуле Жакоб де Мара:

$$V_{ПСП} = K \cdot \frac{d_{ср\delta}^{0,75} \cdot S^{0,7}}{q_{ср\delta}^{0,5} \cdot \cos \alpha} \text{ (м/с),}$$

где K – коэффициент, характеризующий уровень прочности брони, $K = 1600 \dots 1800$ – для брони низкой твердости; $K = 1800 \dots 2000$ – для брони средней твердости;

$K = 2000...2200$ – для брони высокой твердости; $d_{срд}$ – диаметр сердечника, дм; S – толщина брони, дм; $q_{срд}$ – вес сердечника, кг; α – угол встречи (угол между нормалью к поверхности брони и вектором скорости пули) [2].

Подставив в формулу Жакоб де Мара данные, определим скорость, при которой возможно сквозное пробитие брони толщиной 15 мм, высокой твердости [2]:

$$V_{i\tilde{N}\tilde{I}} = 2200 \cdot \frac{(0,109)^{0,75} \cdot (0,15)^{0,7}}{(0,029)^{0,5} \cdot 0,9} = 716,6 \text{ (м/с)}.$$

Следовательно, необходимо сравнить скорость у цели со скоростью, при которой возможно сквозное пробитие брони.

Воспользовавшись выше изложенным, рассчитаем возможность пробития брони при следующих температурах: минус 2°C, 8°C, 28°C и 34°C.

Определяя функции скорости у цели по таблицам внешнебаллистических расчетов [2], получаем:

$$D(V_{c34}) = 1,63 \cdot 600 + 6820 = 978 + 6824 = 7802,$$

$$D(V_{c28}) = 1,63 \cdot 600 + 6980 = 978 + 6970 = 7948,$$

$$D(V_{\tilde{N}8}) = 1,63 \cdot 600 + 7023 = 978 + 7023 = 8001,$$

$$D(V_{c-2}) = 1,63 \cdot 600 + 7106 = 978 + 7106 = 8084.$$

Находим скорость пули у цели исходя из определенных функций скорости по таблицам внешнебаллистических расчетов:

$$V_{c34} = 740,6 \text{ м/с}; V_{c28} = 725,1 \text{ м/с}, V_{c8} = 719,5 \text{ м/с}, V_{c-2} = 710,8 \text{ м/с}.$$

При температурах 8°C, 28°C и 34°C скорость у цели больше: $V_{c8} = 719,5 \text{ м/с} > V_{i\tilde{N}\tilde{I}}$, $V_{c28} = 725,1 \text{ м/с} > V_{i\tilde{N}\tilde{I}}$, $V_{c34} = 740,6 \text{ м/с} > V_{i\tilde{N}\tilde{I}}$, следовательно броня будет пробита, тогда как при температуре минус 2°C скорость составляет $V_{c-2} = 710,8 \text{ м/с} < V_{i\tilde{N}\tilde{I}}$, т.е. пробития не будет.

В рассматриваемом случае приводится расчет для брони, использованной в открытой литературе [2], которая может использоваться на легкобронированной технике или применяться для огневых точек.

Выводы. В результате исследования получено, что при температурах превышающих нормальные условия (15°C), увеличивается начальная скорость пули калибра 12,7 мм. Как следствие, увеличивается кинетическая энергия и скорость пули у цели, что влияет на бронепробитие.

Поэтому, при использовании бронетехники в странах с жарким климатом, необходимо учитывать высокую температуру окружающей среды, которая влияет на увеличение дистанции, с которой может быть поражена техника.

При температурах ниже нормальных условий, тем более при очень низких, необходимо вводить поправку на сокращение дистанции, с которой может быть поражена цель.

Из вышеизложенных расчетов видно, что изменение начальной скорости (по отношению к табличной) и как следствие скорости у цели, приводит к сокращению

дистанції на (4...8,5)% для умов нижче нормальних (в залежності від температури оточуючої середовища).

Література: 1. Наставление по стрелковому делу. Основы стрельбы из стрелкового оружия. // Москва. Военное издательство. 1970 г. – 176 с. 2. Данилин Г.А. Основы проектирования патронов к стрелковому оружию. Учебник. / Г.А. Данилин, В.П. Огородников, А.Б. Заволокин // Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2005 г. – 375 с. 3. Коломийцев А.В. Справочное пособие по патронам. / А.В. Коломийцев, С.Н. Ларьков, И.С. Собкарь // Харьков: «Обериг», 2008 г. – 528 с. 4. Федосеев С.Л. Боевые машины пехоты: Иллюстрированный справочник. / С.Л. Федосеев. // Москва, изд-во АСТ», 2001. – 352 с.: ил. – (Военная техника). 5. Отчет №30/21-ГП «ХКБМ» от 30.07.2015г. Результаты испытаний пулевым обстрелом макетных образцов (макетов БПИ), сваренных из броневых сталей: марки «Protection 500» производства финской компании «Miilux Ltd.», марки «Armsta/500» производства бельгийской фирмы «NLMK Clabecq» и марки 71 производства украинской корпорации «ИСД». // Харьков. ГП «ХКБМ», 2015г. 6. Отчет №32/21-ГП «ХКБМ» от 30.07.15 г. Результаты испытаний пулевым обстрелом карт, вырезанных из листов стали марки Protection 500, изготовленной металлургической компанией Miilux Ltd., Финляндия и стали марки HB500MOD (Guardian 500), изготовленной металлургической компанией NLMK Clabecq, Бельгия. // Харьков. ГП «ХКБМ», 2015г.

Bibliography (transliterated) 1. Instruction on small business. The basics of shooting from small arms. // Moscow. Military publishing house. 1970 – 176 p. 2. Danilin G. A. bases of design of ammunition for small arms. Tutorial. G. A. Danilin, V. P. Ogorodnikov, B. A. Zavolokin // Balt. GOS. tehn. Univ. of Illinois St. Petersburg, 2005 – 375 p 3. Kolomiytsev A. V. Handbook of ammo. / V. A. Kolomiytsev, S. N. Stalls, I. S. Abkar // Kharkiv: "Oberig", 2008. – 528 p. 4. Fedoseev S. L. infantry Fighting vehicles: an Illustrated Handbook. / S. L. Fedoseev. // Moscow, Elista AST", 2001. – 352 s.: Il. – (Military equipment). 5. Report No. 30/21-SE 'KMDB' from 30.07.15 G. test Results of a bullet firing prototypes (mock-UPS BPI), welding of armour steels: grades of "Protection 500" produced by the Finnish company "Miilux Ltd.", brand "Armsta/500" produced by Belgian company "NLMK Clabecq" and type 71 of production of the Ukrainian Corporation "ISD". // Kharkov. SE "KMDB", 2015. 6. Report No. 32/21-SE 'KMDB' from 30.07.15 G. test Results of bullet fire cards cut from sheets of steel brand Protection 500, manufactured iron and steel company Miilux Ltd., Finland and the steel grade HB500MOD (Guardian 500), manufactured iron and steel company NLMK Clabecq, Belgium. // Kharkov. SE "KMDB", 2015.

Гращенко Г.П., Долженко І.Ю., Оксеніч М.В., Мельник С.О., Лебедєв В.А., Волох М.Т.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ШВИДКІСТЬ ПОЛЬОТУ КУЛІ

Розглянуто питання щодо впливу температури навколишнього середовища на швидкість кулі кулемета НСВТ-12,7. Визначено, як теоретично, так і підтверджено на практиці зміну початкової швидкості кулі при різних температурах навколишнього середовища.

G. Grashchenkov, I. Dolzhenko, N. Oksenich, S. Melnyk, V. Lebediev, M.T. Volokh.

INFLUENCE OF ENVIRONMENT IS TEMPERATURE ON THE SPEED OF A BULLET

The question of the influence of environment is temperature on the speed of a bullet machine gun NSVT -12.7 was studied. The change of the initial velocity of the bullet at different environment is temperatures was defined theoretically and confirmed in practice.