

ОПРОСТЕН ТЕРМОДИНАМИЧЕН МОДЕЛ НА ВЪТРЕШНАТА БАЛИСТИКА

Мариан Н. Мутафчиев
marian_mutafchiev@abv.bg

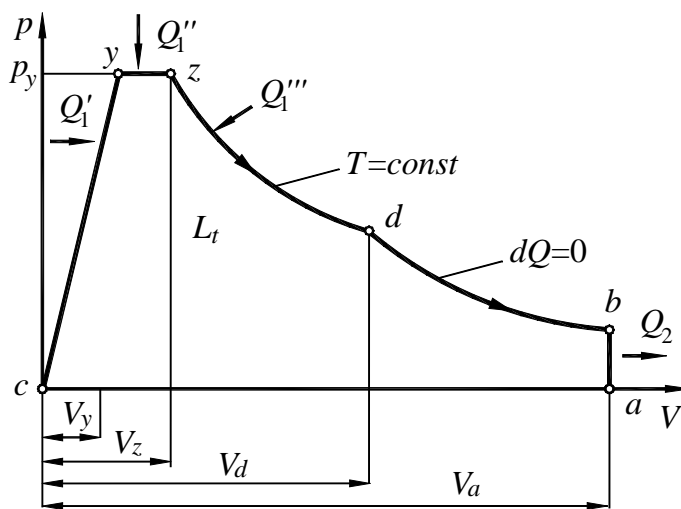
ВТУ "Тодор Каблешков", катедра "Транспортна техника"
София 1574, ул. „Гео Милев" №158,
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: балистика, вътрешна балистика, термодинамичен модел

Резюме: Извършено е математично моделиране на основните процеси, представляващи вътрешната балистика на цевните стрелкови оръжия. На базата на основните термодинамични принципи и зависимости са изведени формули за определяне на налягането, температурата и обема за отделните етапи и в характерните точки на процеса. Направено е сравнение за кривите на налягането и скоростта на куришума с данни, получени чрез диференциална методика от по-високо ниво и заводски данни за разгледания пример.

1. Увод

Една от най – опростените апроксимации на вътрешната балистика се състои в замяната на действителните процеси с частни термодинамични процеси. Така се



Фиг. 1. p-V диаграма на вътрешноцевния процес

получава показаната на фиг.1 p-V диаграмата, наподобяваща термодинамичен цикъл.

В настоящата работа ще се представи накратко една методика за определяне основните термодинамични параметри на барутните газове, различаваща се съществено от класическата методика, създадена в началото на миналия век от проф. Дроздов [2].

Основната идея на предлаганата методика се състои в това да се разпредели действителното количество

разпределителни коефициенти. Този подход авторът прилага успешно за описание на процесите и характеристиките на буталните двигатели с вътрешно горене [1].

2. Кратко изложение на изчислителната процедура

Приема се, че внасянето на топлината с горенето на барута може да се раздели на три характерни етапа-с-у, $Q'_1 = nQ_1$ с линейно нарастване на налягането до достигане на максималното налягане p_y , $y-z$, $Q''_1 = rQ_1$, с постоянно налягане и $z-d$, $Q'''_1 = sQ_1$ с постоянна температура. За внесено количество топлина и разпределителните коефициенти трябва да са изпълнени условията $Q_1 = Q'_1 + Q''_1 + Q'''_1$ и $n + r + s = 1$. От приложението на първия принцип на термодинамиката за първия участък се получават изразите за определяне на температурата и налягането в точка у,

$$(1) \quad T_y = \frac{nQ_1(k-1)}{(nm_3 + m_B)R} + T_o,$$

$$(2) \quad p_y = \frac{nQ_1(k-1) + (nm_3 + m_B)RT_o}{V_o - \alpha \frac{m_3}{\rho_3} - (1-n) \frac{m_3}{\rho_3}},$$

където V_o е обемът на камерата (гилзата), k - адиабатният показател, m_3 - масата на заряда, m_B - масата на въздуха в камерата, R - газовата константа на барутните газове, T_o - температурата на околната среда, α - кообемът (коволюм), $\alpha \frac{m_3}{\rho_3}$ - обемът на молекулите в газовете, $(1-n) \frac{m_3}{\rho_3}$ - обемът, освободен от изгорелия барут.

За налягането се получава,

$$(3) \quad p_y = \frac{nQ_1(k-1) + (nm_3 + m_B)RT_o}{V_o - (\alpha n + n - 1) \frac{m_3}{\rho_3}}.$$

При аналогично разглеждане на втория участък се получават изразите за определяне на температурата и обема в точка z,

$$(4) \quad T_z = \frac{Q_1(k-1)}{(n_3 r m_3 + m_B)R} \left(\frac{r}{k} + n \right) + \frac{nm_3 + m_B}{n_3 r m_3 + m_B} T_o,$$

$$(5) \quad V_z = (r m_3 + m_B) R \frac{T_z}{p_y}.$$

За третия участък се използва условието за изотермичност и се получават изразите за определяне на обема и налягането в точка d,

$$(6) \quad V_d = V_z e^{\frac{sQ_1}{(r m_3 + m_B)RT_z}},$$

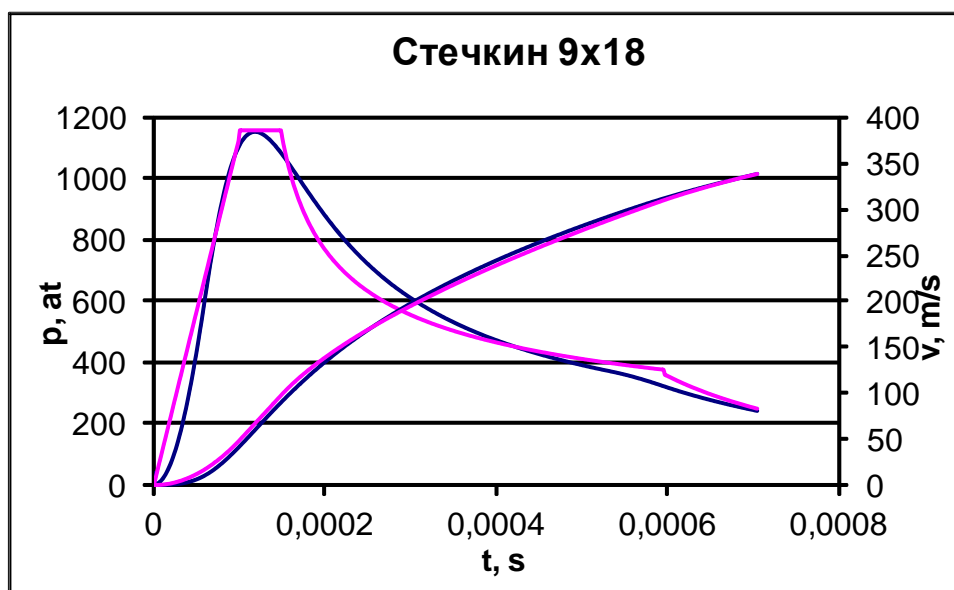
(7)

$$p_d = \frac{T_z}{V_z R(m_3 + m_B) e^{\frac{sQ_1}{(sm_3 + m_B)}}}$$

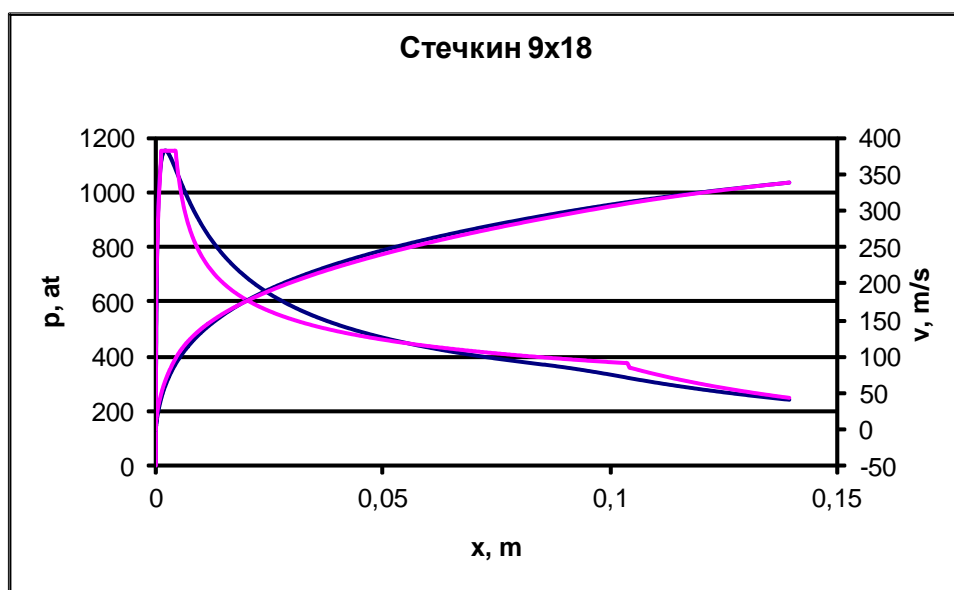
В точка d горенето на барута приключва и ускоряването на куршума (снаряда) продължава с адиабатно разширение на барутните газове.

Пример:

За онагледяване възможностите на методиката по-долу са показани резултатите от изчисленията, направени с данни за късоцевно оръжие – пистолет “Стечкин” с боеприпас 9x18.



Фиг. 2. Изменение на скоростта и налягането във функция от времето



Фиг. 3. Изменение на скоростта и налягането във функция от пътя на куршума

Гладките криви, представляващи изменението на налягането и на двете фигури, са получени с друга методика от по-високо йерархично ниво, базирана на първия принцип на термодинамиката за отворена термодинамична система в диференциална форма. Приема се, че стойностите от тези криви са достатъчно близки до действителните и могат да бъдат използвани за сравнение.

3. Коментар на резултатите

От фигури 2 и 3 може да се придобие визуална представа за разликата в стойностите и тяхната достоверност. Най – голяма е разликата в началния период, след което бързо намалява и в края на цевта става минимална. Разликата зависи в голяма степен от правилния подбор на стойностите на разпределителните коефициенти. Трябва да се отбележи, че предположението за изотермичност на третия етап води до твърде голяма разлика с действителността. Изчисленията за този етап са направени с показател $k=0,4$, а би трябвало стойността да бъде 1. Това се дължи вероятно на фатка, че действителното горене на барута има изотермичен характер само във втората си половина, освен това са налице и топлинни загуби, които макар и малки не се отчитат от изложената методика и влиянието им на този етап е неясно.

4. Изводи

Представената методика представлява математичен модел на процесите от вътрешната балистика от най – ниско йерархично ниво. Тя е доста различна от утвърдената в практиката методика [2], но борави с широко известни средства на техническата термодинамика, което я прави лесно достъпна и би могла да бъде особено полезна в учебния процес, както и в началните етапи на проектирането.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] МУТАФЧИЕВ М. Ръководство за курсово проектиране на двигатели с вътрешно горене., София, 2005.
- [2] СЕРЕБРЯКОВ М. Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет., Оборонгиз, Москва, 1962.