

УДК 623.522

Бабаев Д.Д., к.т.н., доцент

преподаватель

Московское высшее общевойсковое командное училище

Российская Федерация, г. Москва

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАЛЬНЫХ ПОРОХОВЫХ ГАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАНОМЕТРИЧЕСКОЙ БОМБЫ

Аннотация: обоснована необходимость учёта теплотерь и сил межмолекулярного взаимодействия пороховых газов при решении прямой задачи внутренней баллистики, получено уравнение пиростатики, рассмотрена методика определения характеристик реальных пороховых газов с использованием манометрической бомбы.

Ключевые слова: прямая задача внутренней баллистики, характеристики реальных пороховых газов, уравнение пиростатики, манометрическая бомба, теплотери.

Babaev D. D., Ph.D. in Technology, associate Professor

teacher

Moscow higher combined arms command school

Russian Federation, Moscow

DETERMINATION OF REAL POWDER GAS CHARACTERISTICS USING A MANOMETRIC BOMB

Abstract: the necessity of taking into account heat losses and the forces of intermolecular interaction of powder gases when solving the direct problem of internal ballistics is substantiated, the pyrostatics equation is obtained, and the method for determining the characteristics of real powder gases using a manometric bomb is considered.

Keywords: direct task of internal ballistics, characteristics of real powder gases, pyrostatics equation, monometric bomb, heat loss.

В настоящее время при решении прямой задачи внутренней баллистики (ПЗВБ) выстрел из артиллерийского орудия рассматривается как адиабатический процесс, а реальные свойства пороховых газов учитываются только через их коволюм [1, с. 31].

Однако, при больших плотностях заряжания в области высоких давлений пороховых газов необходимо учитывать не только собственный объем молекул пороховых газов, но и силы межмолекулярного взаимодействия. Кроме того, при низких плотностях заряжания доля теплотеря увеличивается и их необходимо так же учитывать при решении ПЗВБ.

Для учёта реальных свойств пороховых газов предлагается при решении ПЗВБ вместо неполного уравнения Ван-дер-Ваальса

$$p \cdot (W_1 - \alpha) = R_1 T \quad (1)$$

применять полное уравнение с учётом сил межмолекулярного взаимодействия пороховых газов

$$p = \frac{R_1 T}{W_1 - \alpha} - \frac{a_s \cdot n^2}{W_1^2}. \quad (2)$$

На основании сравнения результатов расчёта давления пороховых газов по формулам (1) и (2) установлено, что в области высоких давлений (200–400 МПа) при температурах 2000–2500 К расхождение в расчётах составляет до 10% [2, с. 48].

На основании уравнения (2) получено уравнение пиростатики [2, с. 42]

$$p = \frac{f \cdot \Delta \cdot \psi}{1 - \frac{\Delta}{\rho}(1 - \psi) - \alpha \cdot \Delta \cdot \psi} - a_s \left(\frac{n \cdot \Delta \cdot \psi}{1 - \frac{\Delta}{\rho}(1 - \psi)} \right)^2. \quad (3)$$

Для применения формулы (3) при решении ПЗВБ необходимо определить характеристики реальных пороховых газов (α , a_s) и

теплопотерь при выстреле. Их предлагается определять экспериментально с использованием манометрической бомбы.

При отсутствии теплопотерь адиабатическая «сила» пороха может быть рассчитана по формуле

$$f = nRT_1, \quad (4)$$

где n – число молей газообразных продуктов горения;

T_1 – адиабатическая температура пороховых газов.

Значения n и T_1 рассчитываются термодинамическим методом.

При наличии теплопотерь «сила» пороха будет равна

$$f = nRT, \quad (5)$$

где T – реальная температура пороховых газов при наличии теплопотерь.

При сжигании пороха в манометрической бомбе с постоянным объемом (изохорический процесс) имеет место соотношение

$$\frac{T_1}{T} = \frac{Pm_{расч}}{Pm_{он}} = \kappa, \quad (6)$$

где κ – коэффициент, учитывающий теплопотери.

На основании термодинамического расчёта параметров n , T_1 , $Pm_{расч}$ и определения $Pm_{он}$ по опытам в манометрической бомбе установлено, что теплопотери увеличиваются с увеличением времени горения пороха.

В свою очередь время горения пороха увеличивается при уменьшении плотности заряжания Δ , при увеличении толщины горящего свода $2e_1$ и при уменьшении «единичной» скорости горения u_1 .

При $\psi=1$ для двух плотностей заряжания получим

$$P_{m1} = \frac{f \cdot \Delta_1}{1 - \alpha \cdot \Delta_1} - a_s (n \cdot \Delta_1)^2, \quad (7)$$

$$P_{m2} = \frac{f \cdot \Delta_2}{1 - \alpha \cdot \Delta_2} - a_s (n \cdot \Delta_2)^2. \quad (8)$$

Таким образом, для определения характеристик реальных пороховых газов (α , a_s) необходимо на основе термодинамического расчёта определить f и n , затем определить при двух больших плотностях заряжания Δ_1 и Δ_2 в манометрической бомбе максимальное давление пороховых газов Pm_1 и Pm_2 , на основе решения полученной системы уравнений рассчитать характеристики α и a_s .

Список использованных источников

1. Чурбанов Е.В. Внутренняя баллистика. – Л.: Артакадемия им. Калинина, 1975. – 243с.
2. Бабаев Д.Д., Боклашов Н.М. Отчет о НИР № 0-04-164П. Оценка возможности совершенствования термодинамической модели выстрела из артиллерийского орудия с учетом свойств реальных продуктов горения. Шифр «Реальность». – Пенза: АИИ, 2005. – 76 с.