



STVOLDAN POROX GAZLARI CHIQISH JARAYONINING ASOSIY XUSUSIYATLARI

Mamanazarov Rahmatjon Axmadjon o'g'li

*O'R HX va MU Harbiy Aviatsiya Instituti Aviatsiya qurollari sikli katta
o'qituvchisi*

Annatatsiya: Ushbu maqolada aviatsiya artilleriya qurollari stvolidan porox gazlari chiqish jarayonining xususiyatlari hamda gazlarning harakat bosqichlari, tovush tezligi, bosimlar nisbati va stvol devorlari bilan issiqlik almashinuvi qonuniyatlari tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: issiqlik-fizikaviy yuklanishlar, otish vaqtida gazlarning bosimi, tezligi va harorati, poroxning yonish va gaz hosil bo'lish qonuni, o'qlarning boshlang'ich tezligi va stvol kanalda harakat tenglamasi.

Аннотация. В статье анализируются особенности процесса истечения пороховых газов из канала ствола авиационного артиллерийского вооруженияб а также фазы движения газов, скорость звука, степень повышения давления и законы теплообмени ствола.

Ключевые слова: теплофизические нагрузки, давление, скорость и температура газов при выстреле, закон горения пороха и газообразования, начальная скорость пуль и уравнение движения в канале ствола.

Annotation: This article analyzes the characteristics of the process of powder gasses escaping from the barrel of aviation artillery weapons, as well as the phases of gas movement, sound speed, pressure ratio and heat exchange laws with the barrel walls.



Keywords: thermal – physical loads, pressure, velocity and temperature of gases during firing, law of gunpowder combustion and gas formation, initial velocity of bullets and equation of motion in the barrel channel.

Kirish

Aviatsiya artilleriya qurollari (AAQ) zamonaviy jangovar texnikaning muhim tarkibiy qismi bo'lib, ularning samaradorligi stvol va o'qning issiqlik holatiga bevosita bog'liq. Otish jarayonida hosil bo'ladigan porox gazlari stvol kanalida yuqori bosim va harorat ostida harakatlanadi hamda o'q stvoldan chiqqach, gazlarning chiqish dinamikasi qurolning issiqlikka bardoshlilikini belgilaydi. AAQni xavfsiz ishlashi va ishonchliligi taminlashda ushbu jarayonlarni chuqur o'rganish, to'g'ri modellashtirish juda muhim hisoblanadi.

Muammoning qo'yilishi. Aviatsiya artilleriya qurollarining xavfsiz qo'llanish shartlari asosan qurol stvoli va o'qning issiqlik holati bilan belgilanadi, bu esa o'q otish rejimi amalga oshirilgandan so'ng issiq stvolda joylashgan o'qning holatini anglatadi. Issiqlik yuklanishiga eng ko'p duch keladigan AAQ elementlari majmuasai bu "o'q – stvol" tizimi hisoblanadi. **Issiqlikka chidamlilik** xususiyati tizimning ishga layoqatli holatini saqlab qolish bilan tavsiflanadi, bunda o'q otish natijasida issiq stvolda bo'lganda o'qning o'z-o'zidan ishga tushishi yuz bermaydi. Bu xususiyat tadqiqotda tizimning asosiy xususiyati sifatida qaraladi.

Muammoni yechilishi. O'q stvol kanalidan chiqandan so'ng gazlar erkin ravishda atmosferaga tarqaladi va stvol kanalidagi gaz parametrlarining qiymatlari tezda tushadi, shu bilan birga issiqlik uzatish jarayoni davom etadi. Otish natijasiga issiqlik uzatishning keyingi davrdagi ta'siri sezilarli emas, ammo bu stvolning, ayniqsa tub qismining, yanada qizishiga olib keladi.



Tadqiqot chegaralarini aniq belgilash uchun balistikada quyidagi farazlar qabul qilingan [1]:

- modellashtirilayotgan jarayon ideal gazlarning holat tenglamasiga bo'ysunadi;
- gazlarning stvol kanalidan chiqishi taxminan barqaror hisoblanadi;
- stvol uzunligi bo'ylab gazlar holat ko'rsatgichlarining o'rtacha qiymatlari doimiy va tengdir.

Gazlar holat ko'rsatgichlari stvol kanali ichida o'rta qiymati gipotezasini issiqlik almashinuvi hisoblashda quyidagi fizik asoslarga tayanadi:

- otish paytida gaz bosimi p_1 bir necha yuz atmosfera bo'lib, shuning uchun porox gazlarining kovolyum α ta'sirini e'tiborsiz qoldirish mumkin;
- keyingi ta'sir davrida gazlar chiqishi stvol kanalining doimiy hajmi W dan amalga oshadi;
- stvoldan issiqlik va energiya ajralishi gazlarning atmosferaga chiqishi va stvol devorlari bilan bevosita issiqlik almashinuvi orqali sodir bo'ladi.

Oraliq balistika hodisalarining har doim aniq belgilanmaganligi sababli, tizim holatining o'zgaruvchilarini bir xil shaklda aniqlash ba'zi qiyinchiliklarni tug'diradi va katta xatoliklarga olib kelishi mumkin. Bunga misol sifatida, tub kesimidan gazlar chiqishining tebranish, inertsiya va asosiy fazalari mavjudligi keltiriladi, ular gazlarning tub kesimidagi holat parametrlari o'rtasidagi bog'liqliklarni ko'rsatadi [2; 3]. Shunga qaramay, tebranish fazasining qisqa o'tishi haqidagi taxmin keyingi ta'sir davrining ko'rsatgichlarida, tizim elementlari ko'rsatgichlari va ularning o'zaro munosabatlarining minimal zarur to'plamidan foydalanishni bildiradi.

Oraliq balistika davri gazlarning tovush tezligi va undan past tezlikda chiqishi bosqichlarini o'z ichiga oladi. Bu bosqichlar havo bosimi p_2 ning tub bosimi p_d ga nisbati va ushbu bosimlar nisbati uchun kritik qiymat ζ_{kp} orqali baholanadi. 30 mm diametrli stvoldan chiqish paytida gaz bosimlari nisbati quyidagiga tengdir $\zeta = p_2 / p_d < \zeta_{kp} \approx 0,528$ [4]. Bu gazlarning tovush tezligida chiqishni boshlashini bildiradi.



Otish tezligi h yuqori bo'lgani uchun, N -chi otish navbati davomida stvoldan gazlarning to'liq chiqishi yuz bermaydi, shuning uchun keyingi otish boshlanishida tub kesimida $\zeta < \zeta_{\text{кр}}$ bo'ladi. Gazlarning tovush tezligidan past tezlikka o'tishi faqat otish navbati to'xtatilganda yuz berishi mumkin.

Keyingi ta'sir davri vaqti t_p aniqlash maqsadida oraliq balistika davriga mos material muvozanat tenglamasi ko'rib chiqilgan:

$$-dm_p = G_p dt_p, \quad 34(1)$$

Bu yerda:

- m_p — keyingi ta'sir davrida stvol kanalidagi gazlar massasi;
- G_p — keyingi ta'sir davridagi gazlarning massaviy oqimi.

Chastotali otish jarayoni tahlil qilinayotganligi sababli, $\zeta < \zeta_{\text{кр}}$ sharti saqlanib turadi va keyingi ta'sir davridagi gazlar massaviy oqimining qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi [5]:

$$G_{\pi} = s \sqrt{2 \frac{\gamma_1}{\gamma_1 + 1} \frac{p_{\pi}}{w} \left(\frac{2}{\gamma_1 + 1} \right)^{\frac{2}{\gamma_1 - 1}}}. \quad 35(2)$$

Yuqoridagi formulada keyingi ta'sir davrida stvol kanalidagi gaz bosimining o'zgarish qonuni E.L. Bravin tomonidan taklif qilingan quyidagi eksperimental formula bilan yaqinlashtirish mumkin [37]:

$$p_{\pi} = p_d e^{-b_{\pi} t_{\pi}}. \quad 36(3)$$



(2) formuladagi o'ziga xos hajm w ni keyingi ta'sir davridagi gazlarning harorati T_p va bosimi p_p nisbati $(R_1 T_p) / p_p$ bilan almashtirilgandan so'ng, o'zgartirishlar natijasida quyidagi umumlashtirilgan ifoda olinadi:

$$G_{\Pi} = s \frac{p_{\Pi}}{\sqrt{R_1 T_{\Pi}}} \sqrt{2 \frac{\gamma_1}{\gamma_1 + 1} \left(\frac{2}{\gamma_1 + 1} \right)^{\frac{2}{\gamma_1 - 1}}} = s \Psi \frac{p_{\Pi}}{\sqrt{R_1 T_{\Pi}}}. \quad 37(4)$$

O'z navbatida, keyingi ta'sir davrida stvol kanalidagi gazlar massasi quyidagi shaklda ifodalanadi:

$$m_{\Pi} = W/w,$$

Bu yerdan:

$$dm_{\Pi} = -\frac{W}{w^2} dw. \quad 38(5)$$

Gazlarning stvoldan chiqishi jarayonining adiabatikligi hisobga olinganda, $p_{\Pi} w^{\gamma_1} = \text{const}$ quyidagi hosilalar aniqlanadi:

$$dw = -w \frac{dp_{\Pi}}{\gamma_1 p_{\Pi}}. \quad 39(6)$$

(4) – (6) formulalarini material muvozanat tenglamasiga qo'llash natijasida, dastlabki tenglama quyidagi ko'rinishga keltiriladi:



$$-\frac{W}{\gamma_1 p_{\pi} w} dp_{\pi} = s \Psi \frac{p_{\pi}}{\sqrt{R_1 T_{\pi}}} dt_{\pi}. \quad 40(7)$$

Holat tenglamasi natijalari formulasi yordamida [61]:

$$\frac{T_{\pi}}{T_{\pi}} = \left(\frac{p_{\pi}}{p_{\pi}} \right)^{\frac{\gamma_1 - 1}{\gamma_1}},$$

(7) bog'lanishi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$dt_{\pi} = \frac{W}{\gamma_1 \Psi s \sqrt{R_1 T_{\pi}}} \frac{dp_{\pi}}{p_{\pi}}. \quad 41(8)$$

(8) ifodasining tub gaz bosimi p_{π} dan keyingi ta'sir davridagi gaz bosimi p_{π} gacha yechimi sifatida, keyingi ta'sir davrida gazlarning chiqish vaqti quyidagicha aniqlanadi:

$$t_{\pi} = \frac{W}{\Psi s \sqrt{R_1 T_{\pi}}} \frac{2}{\gamma_1 - 1} \left[\left(\frac{p_{\pi}}{p_{\pi}} \right)^{\frac{\gamma_1 - 1}{\gamma_1}} - 1 \right]. \quad 42(9)$$

(8) ifodasini integratsiya qilish t vaqt bo'yicha, gaz-dinamik masalaning yechimi uchun belgilangan $\Delta\tau$ qadamida amalga oshiriladi. Bu keyingi ta'sir davrini dasturlash jarayonida ortiqcha o'tishlarni oldini oladi.

AAQ ichki va oraliq balistikasi uchun kombinatsiyalangan matematik modelining tuzilishi quyidagi ketma-ketlikda iborat bo'ladi:



1-blok. Porox yonish mexanizmini tavsiflash stvolda gaz hosil bo'lish jarayonini identifikatsiya qilish uchun standart hisoblanadi. 1-blokga kiruvchi boshlang'ich ma'lumotlar quyidagilar: zaryadning geometrik, energetik va massaviy xususiyatlari hamda AAQning zaryadlash shartlari bo'lib ularga quyidagilar kiradi:

- Poroxning yarmi uzunligi c_{1c_1} ;
- Poroxning yarmi qalinligi e_{1e_1} ;
- Porox qobig'ining qalinligi ee ;
- Porox diametri D_{0D_0} ;
- Porox kanali diametri d_{0d_0} ;
- Porox kanallari soni ξ_{xi} ;
- Texnik atmosfera sharoitida porox yonish tezligi u_{1u_1} ;
- Porox kuchi ff ;
- Gazlar kovolyumi α ;
- Gazlarning adiabatik ko'rsatkichi γ ;
- Zaryad vazni ω ;
- Porox zichligi δ ;
- Zaryadlash zichligi Δ ;
- Forcing bosimi p_0 ;
- Kameraning hajmi W_{kam} .

1-blokdan chiqadigan natijalar quyidagilar:

- Poroxning nisbiy qalinligi z_1 ;
- Porox yonish tezligi u ;
- Gaz bosim impulsi J_k ;
- Yonib ketgan poroxning nisbiy qismi ψ ;
- Poroxning nisbiy yuzasi σ ;
- Kameraning bo'sh hajmining yonayotgan qism ψ vaqtidagi normallashtirilgan uzunligi l_ψ .



1-blok parametrlari porox yonish harorati T_g va gazlar harorati T_1 ni gaz hosil bo'lish jarayonida va keyingi bloklarda, otish jarayonini tenglamalar tizimi orqali modellashtirishda hisoblash uchun ishlatiladi.

2-blok. Forcing davrini hisoblash bo'lib o'q(gazlar) harakatining boshlanish nuqtasiga xos ko'rsatkichlarni aniqlash uchun mo'ljallangan:

- Yonib ketgan poroxning nisbiy qismi ψ ,
- Nisbiy qalinlik z ,
- Nisbiy yuzasi σ_0 ,

3-blok. O'q va gazlarning stvol kanalidagi harakatini formalizatsiyalashda amalga oshiriladi. Bu yerda boshlang'ich ma'lumotlarga quyidagilar qo'shiladi:

- O'q vazni q ,
- Stvol kanali diametri d ,
- Stvol uzunligi l ,
- Stvol kanalining kesim yuzasi, shu jumladan kesmalar bilan birga s .

4-blok. Keyingi ta'sir davrini hisoblash bo'lib bunda stvolning vaqtinchalik isitilishini va gazlar chiqishi jarayonini oraliq balistika usullari orqali yechadi. Boshlang'ich shartlar sifatida

- tub bosim p_d ,
- tezlik v_d ,
- harorat T_d olinadi

O'q (gazlar) chiqib ketgandan so'ng stvolning keyingi isitilishi hodisasi mavjudligi sababli taklif etilgan metodikaning tuzilmasiga blok 4-Keyingi ta'sir davrini hisoblashni kiritish zarur bo'ladi. Ushbu blok oraliq balistika vazifasini yechish vositalarini birlashtiradi. 3-blokdan chiqqan qiymatlar — tub kesimidagi bosim p_t , tezlik v_t va gazlarning harorati T_t 4-blokda gazlarning tub kesimidan chiqishi vaqtida stvolning vaqtinchalik isitilishini aniqlash uchun boshlang'ich shartlar sifatida ishlatiladi.



Xulosa. Taklif etilayotgan metodika tuzilmasiga ishlab chiqilayotgan modelni kiritishdan oldingi majburiy bosqich sifatida kichik kalibrli artilleriya qurollaridan otishining haqiqiy fizik jarayonlariga matematik qisimining ishonchliligini tasdiqlash hisoblanadi. Qolaversa modellashda stvolning tub qismidagi isitish, o'q qoldiqlarining issiqlikka chidamliligi va ketma-ket otishlarda gazlarning to'liq chiqmay qolishi kabi holatlar alohida e'tiborga olinishi kerak.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. A.R.Urazboyev “Внутренняя баллистика ствольных систем и ракетных двигателей твердого топлива, Учебное пособие. Карши-2024. Издание Института военной авиации Республики Узбекистан.
2. Миропольский Ф.П., Морозов А.А., Пырьев Е.В. Баллистика авиационных средств поражения. Ч. 1. Внутренняя баллистика ствольных систем и ракетные двигатели твердого топлива. М. : Изд-во ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. 255 с
3. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. М. : Оборонгиз, 1962. 703 с
4. С.Т.Кадиров. “Основы автоматических систем авиационного вооружения“. Джизак – 2012г.4-62 стр.
5. Маманазаров Р.А., Вафаев М. Авиационное артиллерийское оружие: Учебное пособие. Издание высшего военного авиационного училище. Карши-2023. С. 11-58.