

Subi S. Minev,

PREPARATION OF GROSS PROPERTIES AFTER LONG STORAGE THROUGH INTERNAL BALLISTICS

Subi S. Minev

under. 26690 Pavlikeni, E-mail:subi.minev@abv.bg

***Abstract:** The effect of aging of gunpowder charges due to their long-term storage is investigated. The relationship between the storage time of the gunpowder and the changes in their ballistic properties is determined using the obtained parameters of the inverse ballistics assignment.*

***Keywords:** gunpowder, ballistic characteristics, gunpowder aging, gunpowder gases*

ПРОГНОЗИРАНЕ НА СВОЙСТВАТА НА БАРУТИТЕ ПРИ ПРОДЪЛЖИТЕЛНО ИМ СЪХРАНЯВАНЕ ЧРЕЗ ОБРАТНАТА ЗАДАЧА НА ВЪТРЕШНАТА БАЛИСТИКА

Съби С. Минев

В.ф. 26690 гр. Павликени, E-mail:subi.minev@abv.bg

Поради сложността на явлението изстрел всички негови процеси са свързани с промените във физико-химичните свойства на барутите особено при продължителното им съхранение (Анипко, с.4-6).

Срокът за съхранение на барутите за нашата страна средно е 20-35 години, което води до необратими физико-химични процеси поради комбинираното въздействие на температура, влажност, вибрации и т.н., в тях. (Бирюков,2005,с.55-57). Ефекта от стареенето на барутните заряди за посочените периоди се изразява в интегрални форми на последствията, които могат на кратко да се дефинират с възможността за поражението на целите (Kalev,2015, с.3-7). Този проблем разискван в е засегнат само информативно, а в литературата са представени частично, (Коновалов, 1979,с.52-89). Затова за определянето връзката между: времето за съхранение на барутите и измененията на балистическите им свойства е възможно да се използват някои основни зависимости на обратната задача на вътрешната балистика.

1. Постановка на проблема

За да се изследва ефекта от възрастовите промени в отклоненията на балистичните характеристики на оръжията, се налага да се вземе предвид барута и неговата чувствителност към външни влияния. При това, стойностите на тези отклонения могат да се определят от решаването на уравнението на втората или още обратната задача на вътрешната балистика. Но получените резултати дават само приблизителните стойности за: налягането на барутните газове, скоростта на

куршума и относителният път на куршума в цевта на огневата система. Или задачата за настоящото изследване се заключава в получаването на относително постоянни балистични характеристики на барутните състави, чиито стойности пряко се определят, от последствията в изменението на техните физико-химични характеристики, във функция от срокът им за съхранение. Това потвърждава актуалността на проблема по определяне състоянието на бойните припаси с продължителни срокове на съхранение, чрез използване резултатите от решенията на обратната задача на вътрешната балистика ОЗВБ -2.

2. Влияния на ефектите от стареенето на барутите върху балистичните елементи

Промените в бойни припаси поради негативното въздействие на срока за тяхното съхранение, предизвикват необратими физико-химични процеси. Те се дължат преди всички на преобразуването на техния химически състав, поради комбинираното въздействие на физико-химическите процеси протичащи в барутните състави, климатичните фактори при тяхното съхранение - температура и влажност на въздуха, механични вибрации при транспортиране или при манипулиране с тях в складовите бази и т.н. Те се изразяват в няколко направления:

Първо- Физико-химическите процеси при съхранение на барутите се съпровождат с ефекти на разлагане, молекулна дифузия и конвективен масов трансфер най-често на азотни компоненти, изграждащи техният състав. Това неминуемо води до промяната на процесите на явлението изстрел, главно в: плътността на барута - δ и скоростта на горене на барутното зърно u_1 . Така например в барутните заряди при редуция на разтворителя с 1 до 2%, фабричната плътност на барута - δ , се редуцира почти с 10%, (Бирюков, 2005, с.55-57).

Второ - продължителните срокове на съхранение на боеприпасите средно от 25...35 години за артилерийско и стрелково оръжие, спонтанно се наблюдава частично разлагане на барутните състави, съпроводено с масов трансфер на азот, изпарение на летливите вещества, абсорбция на влага в тях и др. Вследствие на това се получават отклонения в: началната дебелината на барутното зърно - $2e_1$; силата на барута - f ; скорост на горене - u_1 .

Трето - като съществен недостатък на пироксилиновия барут е промяната на свойствата му при продължително съхранение в резултат на изпаряване на алкохолно-етерния разтворител в него. Резултатът от тази реакция е неговото разлагане с крайни химически елементи - азот и азотни киселини, които се образуват в резултат на автокаталитична реакция по време на масовия пренос на азот от барута към околната среда или свободният обем ограничен от параметрите на гилзата. Последното оказва влияние върху: силата на барута - f ; скоростта на горене - u_1 ; пълният импулс на налягането по време на горене на барута - I_k , което се свързва със скоростта на горене с величината e_1 , а вследствие на това и върху началната скорост на куршума V_0 .

Четвърто - интензитета на трансфера, формиращ дифузионният поток описващ движението на азота и разтворителите в барутният заряд, процесите ре-кристализация на някои от химическите елементи влизащи в състава на барута поради внасяне на енергия от вибрациите на барутните заряди при транспортиране. Следствие от това, главно на външните повърхности на барутните зърна се получават микропукнатини и дори малки фрагменти от зърната изграждащи барутният заряд на огневата система. Комплексното влияние на описаните последствия от стареенето на барута водят до изменения главно в редуцията на масата на заряда ω , което автоматично променя и плътността на зареждането Δ на огневата система.

Посочените последствия на влияние (1-4) върху балистичските елементи на изстрела поради продължителното съхранение на бойните припаси, оказват въздействие в протичането на явлението изстрел. Обобщено всичко това, например при промяна на съдържанието на летливите вещества в барутите само с 1% скоростта им на горене се изменя с 12%, съответно налягането на барутните газове - 15%, а началната скорост на снаряда - с 4% (Анипко, 2007, с.4). Освен това при продължително съхранение на барутните заряди се получава частично повърхностно разлагане на барута. Ускоряването на този процес в голяма степен се влияе от температурата на околната среда при тяхното съхранение, при което в практиката е установено, че нагряването на бару-

та само с 5 градуса ускорява процеса на разлагане на барутните състави от 1,5 до 2 пъти (Орлова, 1973, с.23-44.). При посочените последствия от процесите на стареенето на барута се налага да се определят величините на налягането и скоростта, задаващи ориентировъчно зависимостта за годините за съхранение на барутните състави.

3. Особенности на решенията на обратната задача на вътрешната балистика

Известно е, че при решението на обратната задача на вътрешната балистика ОЗВБ-2 могат да се получат множество решения, при които за куршум от определен калибър и маса, може да се получат определени основни стойности на налягането P_{max} на барутните газове и начална скорост V_0 на куршума в цевната система. Това се реализира, чрез изменение на входните данни необходими за решението на задачата, като: марка и геометрически характеристики на барута, маса на барута в гилзата, плътността на барута, условия на зареждането др. Поради това, че броят на входните данни е значително голям може да се получи желаната начална скорост на куршума, чрез подбор и изменение на всяка една входна характеристика на барута. И затова се налага да се използват някои ограничения, при решаването на ОЗВБ-2, които се отнасят за определен тип огневи системи. Така например, решенията на ОЗВБ-2 за стрелковото оръжие се определят от следните негови параметри: коефициент на относителна маса на снаряда (куршума) - 20-30; относителна дължина на цевта -70 -100 калибъра,; калибър на огневите системи -5,45-14,5 mm (Костадинов, 2000,с.6); начална скорост на куршумите - 700-1000 m/s; плътност на зареждане - 0,8 - 0,95. Като пример за определяне на основните баллистически характеристики на барутите с дълг срок на съхраняване, които да служат за прогнозиране на техните характеристики в зависимост от времето на тяхното съхраняването, може да се използва методологията за решаването на ОЗВБ-2 за този тип въоръжение. За целта, като модел за прогнозиране характеристиките на барутите дефиниращи стойностите на налягането на барутните газове и началната скорост на куршума във функция от времето на тяхното съхраняването се предлага да се използват:

Параметърът на условията за зареждане, наречен в балистиката още параметър на проф. Н. Ф. Дроздов - B , (Серебряков, 1962, с.243-249), обединява основните баллистически характеристики на налягането P_{max} на барутните газове и началната скорост V_0 на куршума в цевната система. Влиянието на измененията в тези величини и следствията от тях са описани в (1-4). Параметърът на условията за зареждане притежава вида:

$$B = \frac{s^2 I_k^2}{f \omega \rho m} = \frac{s^2 e_i^2}{u_i^2 f \omega \rho m} = \frac{s^2 I_k^2 g}{f \omega \rho q} = \frac{s^2 e_i^2 g}{u_i^2 f \omega \rho q} \quad (1)$$

От параметъра на проф. Н. Ф. Дроздов - B , могат да се определят основните баллистически характеристики като:

-силата на барута:

$$f = \frac{s^2 I_k^2}{B m \omega \rho} \quad (2)$$

-тегло на барута:

$$\omega = \frac{s^2 I_k^2}{B f m \rho} \quad (3)$$

-пълен импулс на барутните газове в цевта на огневата система:

$$I_k = \frac{\sqrt{B f \omega \rho m}}{s} \quad (4)$$

-дебелина на барутното зърно:

$$e_i = \frac{\sqrt{B f \omega \rho m u_i}}{s} \quad (5)$$

-скоростта на горенето на барутният заряд:

$$u_1 = \frac{e_1 s}{\sqrt{B f \alpha \rho m}}; \quad (6)$$

- коефициент на второстепенните работи:

$$\varphi = \frac{s^2 I_k^2}{B f m \omega}; \quad (7)$$

Освен това като показател на ефектите от стареенето на барута се явява и плътността на зареждането Δ , която може да се определи по:

$$\Delta = \frac{\omega \text{ kg}}{w \text{ dm}^3} \quad (8)$$

където: Δ - плътност на зареждане; ω - маса на заряда, kg; w - обем на зарядната камера на оръжейната система, литри[L]

Използвайки посоченият модел [1-7] за определяне настъпилите изменения в балистическите елементи (f, I_k, e_1, u_1) , както и техните производни δ, σ, ν и др. на барутите намиращи се на дълговременно съхранение, става възможно определянето на стойностите на налягането P_{max} на барутните газове и начална скорост V_0 на куршума в цевната система. За целта е необходимо да се знаят табличните стойности на величините: параметър на условията за зареждане - $B_{маб}$, а също така и балистическите елементи (f, I_k, e_1, u_1) . В този случай по метода на подобие, където се приема, че стрелковите (артилерийските) системи са балистически подобни, безразмерното налягане, скоростта, времето и пътят на (куршумите) снарядите в зависимост от избрания елемент ще съвпада или ще се различава само по мащабите. Подобие между огневите системи ще бъде пълно, ако то се изпълнява до излитането на снаряда и е ограничено, ако то се изпълнява само в периода на горене на барутният заряд в огневата система (Kalev, 2016, с.32).

В тази връзка посочената методика за определяне на променените стойности на балистически елементи (f, I_k, e_1, u_1) поради дълговременното съхранение на бойните припаси, започва с определяне табличната стойност на параметъра на условията $B_{мабл}$. При което за таблични данни се приемат (Кирилов, 1973, с.334: $s_{мабл} = 0.00476 \text{ m}^2$, $\Delta_{мабл} = 0.796 \text{ kg/dm}^3$, $\omega_{мабл} = 0.016 \text{ kg}$, $g_{мабл} = 9.80667 \text{ m/s}^2$, $f_{мабл} = 900000 \text{ kg}^* \text{ dm/kg}$, $e_{1мабл} = 0.001 \text{ m}$, $q_{мабл} = 0.0079 \text{ kg}$, $I_{k_табл} = 133.3334 \text{ N}$, $\varphi_{мабл} = 1.09748$ $P^{max}_{мабл} = 274.6 \text{ MPa}$, $u_{1мабл} = 0.0000075 \frac{\text{dm/s}}{\text{kg/dm}^2}$, $V_{0_табл} = 715 \text{ m/s}$.

Използвайки ги за табличната стойност на $B_{мабл}$ получаваме:

$$B_{мабл} = \frac{s^2 I_k^2 g}{f \alpha \rho q} = \frac{0,00476^2 \cdot 133,3334^2 \cdot 9.80667}{9000000 \cdot 0.016 \cdot 1,015 \cdot 0.0079} = 2,98752 \quad (9)$$

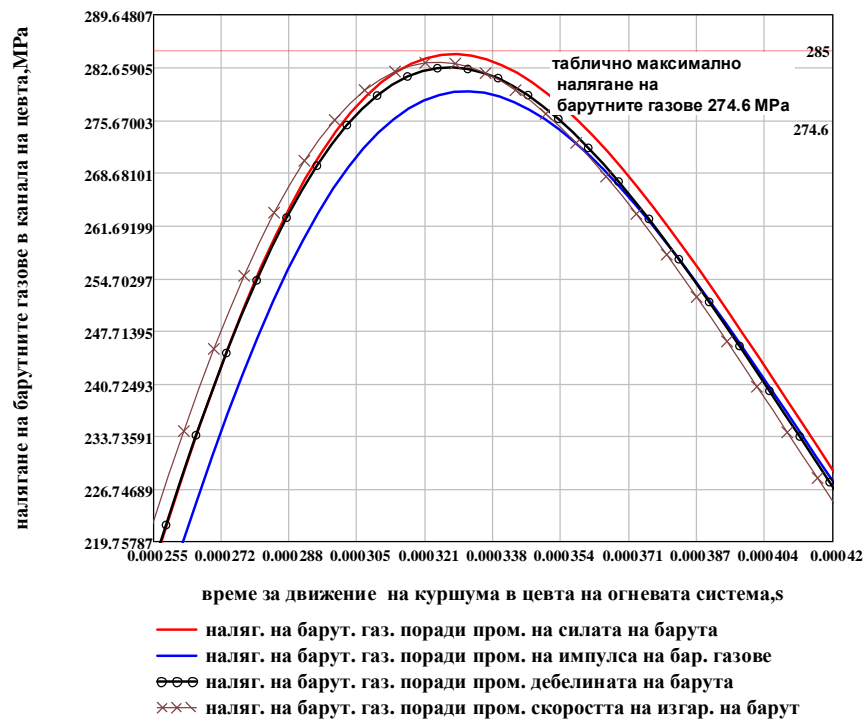
Тогава използвайки (9) за определяне стойността на балистическите елементи (f, I_k, e_1, u_1) променени от табличните, конструктивните само с - 0.5% на барут подложен на продължително съхранение имаме:

За силата на барута променен заради неговото стареене само с - 0.5% определен по (2) получаваме: $f = \frac{s^2 I_k^2}{B m \alpha \rho} = 8999990.2436 \text{ kg}^* \text{ dm/kg}$; за пълният импулс на барутните газове в кана-

ла на цевта в края на горенето I_k определен по (4) имаме $I_k = \frac{\sqrt{B f \alpha \rho m}}{s} = 131.3425 \text{ N}$; за дебелината

на барутното зърно e_1 определено по зависимостта (5) се получава $e_1 = \frac{\sqrt{Bf\omega\rho m}u_1}{s} = 0.00099mm$;
за скоростта на горенето u_1 на барутният заряд в огневата система определена по (6) получаваме $u_1 = \frac{e_1 s}{\sqrt{Bf\omega\rho m}} = 0.00000773 \frac{dm/s}{kg/dm^2}$.

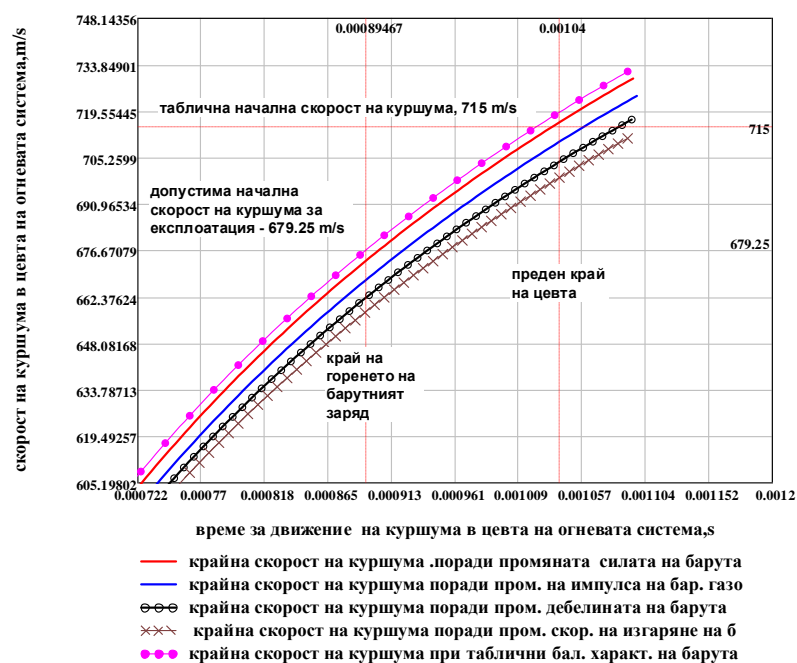
Получените резултати от промяната на балистичните елементи (f, I_k, e_1, u_1) на барутите със значителен срок на съхранение влияят по различен начин на стойностите на налягането P_{max} на барутните газове и съответно на начална скорост V_0 на куршума в цевта на система. При отчитането на отклоненията на всеки един от тях (f, I_k, e_1, u_1) стойността на P_{max} се променя по различен начин. Особеностите в стойността на P_{max} в зависимост от изменените (f, I_k, e_1, u_1) поради стареенето на барутите, спрямо табличните (f, I_k, e_1, u_1) са демонстрирани на фиг.1



Фиг.1. Максимално налягане на барутните газове в цевта на АК-47 при променени параметри на барута (f, I_k, e_1, u_1) при срок за съхранение от 25 години .

Анализът на относителното влияние на всеки един от променените параметри на барута (f, I_k, e_1, u_1) поради продължително съхранение от 25 години, стойността на P_{max} показва, че с най-голяма относителна тежест се явява промяната от проектните характеристики на силата на барута f , Фиг.1. Негативните влияния се изразяват в моментното повишаване на P_{max} поради физико-химическите промени главно свързани с дифузията на азота в барутните зърна. На второ място по влияние върху стойностите на P_{max} се явява импулса на барутните газове в канала на цевта в края на горенето I_k , където се наблюдава незначително повишаване на неговата стой-

ност, Фиг.1. Дебелината на горящият свод на барута e_1 , най-динамично се променя поради дифузията на азота, ре-кристализацията и механическите въздействия на вибрациите. Поради това, геометрическите характеристики се променят и вследствие от това законът за горене на барутният заряд, нарежда на второ място по влияние формирането стойностите на P_{max} . Фиг.1. Всички негативи на старанието на барута се отразяват чувствително върху стойността на скоростта на горенето u_1 при формирането стойността на P_{max} . Освен като завишена моментна стойност на налягането P_{max} , неговият център на получаване се измества по направление зарядната камера на огневата система. Това променя комплексно края на изгарянето на барута и респективно води до редукция на началната скорост на куршума. Промяната на началната скорост на куршума поради променени параметри на барута (f, I_k, e_1, u_1) е представена на фиг.2.



Фиг.2. Начална скорост на куршума за АК-47 при променени параметри на барута (f, I_k, e_1, u_1) при срок за съхранение от 25 години

Формирането стойностите на налягането на барутните газове поради променени параметри на барута (f, I_k, e_1, u_1) оказват влияние върху началната скорост V_0 на куршума в цевната система. Основно най-голяма редукция на V_0 се получава при промяната на стойността на скоростта на горенето на барута u_1 поради физико-химическите промени в барутните зърна, частичните механически разрушения на повърхностният слой получени от вибрациите при транспортиране на зарядите, както и други причини. Поради това от табличната началната скорост от $V_0 = 715m/s$, същата се редуцира $V_0 = 697m/s$ поради промяната на u_1 , фиг.2. За относителното влияние промяната на e_1 върху V_0 е характерно, че то заема второ място поради генерираните стойности на P_{max} и бързината на изгарянето на барута след достигане неговата стойност в цевта на огневата система. Това води до редукция на началната скорост на куршума, спрямо табличната до

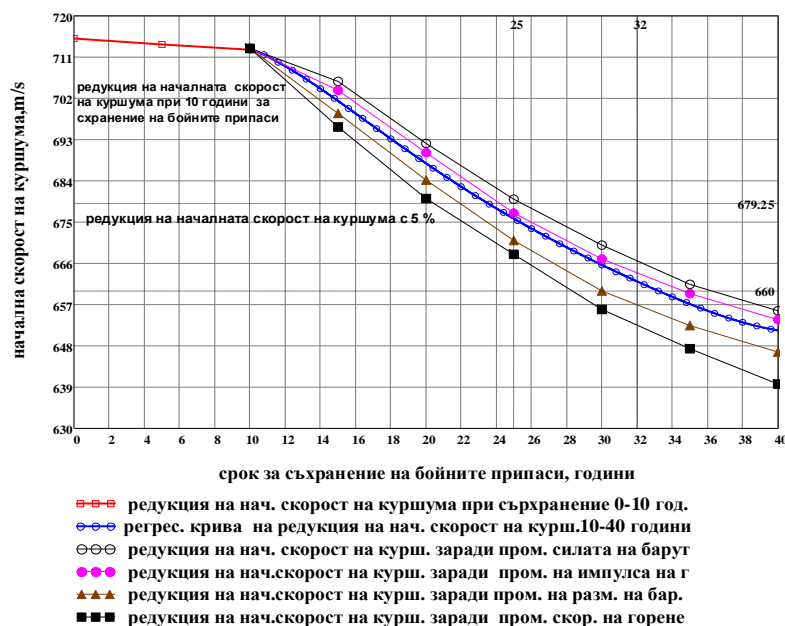
$V_0 = 702 \text{ m/s}$ фиг.2. Анализирайки останалите променени параметри на барута (f, I_k, u_1) и получените стойности от тях на P_{max} може да се направи извода че: винаги промените в (f, I_k, e_1, u_1) поради дълговременното съхранение на барутните заряди водят във всички случаи до редукция на началната скорост на куршумите. Посоченият ефект не съвпада с повишаване стойностите на налягането P_{max} в цевта на огневата система.

Тогава стойностите на редукцията на началната скорост на куршумите при отчитане на относителните тегла на промените в барута (f, I_k, e_1, u_1) вследствие годините за неговото съхранение могат да се използват, като един от индикаторите даващ връзката между годините за съхранение и прогнозната начална скорост V_0 на куршумите. За целта, чрез подбор на стойностите (f, I_k, e_1, u_1) в определени диапазони за тяхната промяна и не само посочените промени в барута може да се изведе емпирична зависимост между годините за съхранение на барутите и редукцията на началната скорост на куршумите. Обработените над 36 задачи по 8 броя за всяка промяна на всеки един от параметрите (f, I_k, e_1, u_1) съгласно математическият модел (1-8) позволяват да се изведе обща закономерност на стареенето на барута при отчитане на част от основните фактори ускоряващи процеса на стареенето. Към тях се отнасят: физико-химически процеси, механически въздействия на барутните състави поради многократното им транспортиране над 10 пъти на дистанции над 100 km с автомобилен транспорт, температурата на съхранение и др. В този случай, една от зависимостите на стареенето на барутите в нашата страна, даваща връзката между годините на тяхното съхранение при отчитане на посочените фактори и редукцията на началната скорост на куршумите, може да се зададе със следното уравнение:

$$C_{200}^{V_0} = 10.738x - 1.15x^2 + 0.047x^3 - 0.001x^4 + 628.238 \quad (10)$$

където $C_{200}^{V_0}$ - връзка между годините на съхранение на барутите и редукцията на началната скорост на куршумите; x - е продължителността на съхранение на барутните заряди, години.

Зависимостта $C_{200}^{V_0}$ (10) определена с отчитане на относителните тегла на промените в барута (f, I_k, e_1, u_1) , е представена на фиг.3.



Фиг.3. Сумарна зависимост на редукцията в началната скорост на куршума за АК-47 и годините за съхранение на барута, поради промяна на някои от основните му параметри (f, I_k, e_1, u_1)

Демонстрираната зависимост $C_{200}^{v_0}$, фиг.3. потвърждава основните относителни тегла на влияние на отделните променени балистически характеристики на барута при нейното определяне. Така например, относителното влияние в промените в силата на барута и пълният импулс в края на окончателното изгаряне на барутният състав, f, I_k при продължителното му съхранение оказват по-малко въздействие върху редуцията на началната скорост, фиг.3. Докато относителното влияние на дебелината на барута и неговата скорост на горене, e_j, u_j имат решаващо значение за формиране на скоростта на куршумите във функция от годините за съхранение.

Грешката стойности на началната скорост на куршума, получени при решаването на правата задача по метода на проф. Дроздов с оглед на резултатите от обратната задача в сравнение с експерименталните стойности не надвишава 3 %. А прякото прилагане метода на проф. Дроздов при решаването на обратната задача на вътрешната балистика с използване на посочената методика се характеризира грешка до 5 %.

Заклучение:

Предложената методология за определяне редуцията на началната скорост на куршума в зависимост от срока за съхранение на бойните припаси може да се използва при провеждане на опитни стрелби в полигонни условия за всяка една огнева система. Възприемането на началната скорост на куршума като диагностичен параметър, показващ стареенето на бойните припаси напълно може да се възприеме като модел за прогнозиране на техните балистически характеристики. Това дава основание да се направят практически препоръки за възможността за използване бойни припаси с различен срок за съхранение като стойността на редуцията на началната скорост се обозначи върху щатната им опаковка през определен период за съхранение, например 25 години. Тази информация относно редуцията на началната скорост ще позволи в значителна степен след въвеждане на съответните поправки да повиши ефективността на стрелбата с различни видове огневи системи.

Литература

- [1].Анипко О.Б., Бирюков И.Ю. Зависимость начальной скорости снаряда от максимального давления в канале ствола при выстреле зарядами длительного срока хранения // Интегрирани технологии та енергозбереження. – 2006. – №1. – С.83 – 86
- [2].Анипко О.Б., Баулин Д.С., Бирюков И.Ю. Влияние длительности хранения боеприпасов на балистические характеристики стрелкового оружия // Интегрирани технологии та енергозбереження. Х.: Изд-во НТУ "ХПИ", 2007. – №2, С. 97-100.
- [3].Бирюков И.Ю. Барутовые заряды длительных сроков хранения: проблемы, задачи и пути их решения // Интегрирани технологии та енергозбереження. – Х.: 2006. – №2. – С.50 – 55.
- [4]. Кирилов В.М. и др. Теория и расчет автоматического оружия. – Пенза: ПВАИУ, 1973. – 493 с.
- [5].Коновалов А. А. и Ю. В. Николаев. Внешняя баллистика. Москва, ЦНИИ информации, 1979, 228 с.
- [6]. Костадинов К.Н., Метод за определяне оптималният калибър на артилерийските системи в подразделенията от земната артилерия., Военен форум, ВВОВУ"В.Левски", 2000
- [7].Орлова Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. – Л.: Химия, 1973. – 688 с.
- [8].Серебряков М. Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и барутовых ракет. – М.: Оборонгиз, 1962. – 703с.
- [9].Таблицы стрельбы по наземным целям из стрелкового оружие калибров 5,45 и 7,62мм ГРАУ № 61. Издание второе. Москва, 1977.
- [10].Шерешевский, М., А.Гонтарев, и Ю.Минаев. Эффективность стрельбы из автоматического оружия. Москва, ЦНИИ информации, 1979, 328 с.

[11]. Kalev K., An approach for estimation of the geometrical parameters of the cannon barrel, International Scientific Session “Defense Technologies – Shumen 2015”. Faculty “A, AD and CIS”, Shumen, 2015, ISSN 2367-7902

[12]. Kalev K., A study of the influence of the parameters of a reaction zone on the burning rate, International Scientific Session “Defense Technologies – Shumen 2016”. Faculty “A, AD and CIS”, Shumen, 2016, ISSN 2367-7902