

**МЕТОД ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА СРЯЗАН УПЛЪТНИТЕЛЕН
ПРЪСТЕН ЗА МИНОХВЪРГАЧНИ СИСТЕМИ С ГЛАДКО
ТЯЛО**

В. Т. Иванов

В доклада е представен метод за проектиране на срязан уплътнителен пръстен с правоъгълно сечение. Разгледани са ограничителните условия по отношение на неговата геометрия. Определени са изискванията при избор на материал. Посочват се необходимите якостни проверки за корпуса на мината и тялото предвид налагащата се конструктивна промяна при центриращото удебеление на боеприпаса и повишеното налягане при изстрел.

Използването на уплътнителни пръстени при съвременните гладкостенни минохвъргачки се налага, като тенденция за подобряване тактико-техническите характеристики на стрелковата система.

Уплътнителният и стабилизиращ мината ефект при пръстените, е по-добър от този при традиционното лабиринтно уплътнение. В резултат се подобряват точността и групираността при стрелба.

От достъпната литература не са познати методи за проектиране на уплътнителен пръстен при гладкостенни минохвъргачки. Това обстоятелство е мотив за предлагания метод. Неговата цел е възможност за разработване на уплътнителен елемент, към корпуса на мината, при ограничителни условия гарантиращи: процеса на зареждане; запазване якостните характеристики на тялото и боеприпаса; използване на щатните мини без съществена промяна на корпуса.

В процеса на проектиране се предлага следната последователност: ограничителни условия; определяне на конструктивните характеристики; определяне на номиналната и фактическа площ на уплътнителния елемент; определяне площта на просвета; избор на материал за уплътнението; определяне минималната необходима площ и дължина на срезания участък; якостни проверки за тялото на минохвъргачката и корпуса на мината.

1. Ограничителни условия.

Ограничителните условия гарантират процеса на зареждане, постигнатата скорострелност и възможността за използване на съществуващите мини. Изработването на канал за пръстена в центриращото удебеление, при мината, води до намаляване на напречното сечение в този участък и е достатъчно основание то да се разглежда, като критично по отношение на неговата здравина. От друга страна е необходимо запазване на условията при зареждане на минохвъргачката.

Предвид това се налагат следните ограничения:

1.1. Якостно.

Това ограничение гарантира запазване на минимално допустимия външен радиус за корпуса на мината по центриращото удебеление съобразно разчетното налягане в канала на тялото. Определянето на налягането се извършва по познатата формула [1]:

$$(1) p_{pac} = (1 + 0,0036\Delta t)p_m$$

За определяне на минималния радиус на мината по центриращото удебеление /вътрешен диаметър на канавката за пръстена/ е препоръчително използването на Трета якостна теория, предвид обстоятелството, че дава най-близки резултати до експериментално установените стойности[6]:

$$(2) r_0 \geq \sqrt{\frac{0,5\sigma_{02}r_n^2}{0,5\sigma_{02} - p_{pac}}}$$

където: r_n – вътрешен радиус на корпуса на мината, m; p_m – максимално налягане в тялото на минохвъргачката, Pa; σ_{02} – граница на еластичност за материала за корпуса на мината, Pa.

1.2. Конструктивни.

Изискването за запазване радиалната хлабина между тялото и мината при зареждане налага:

$$(3) D_p' \leq D_m$$

където: D_p' – външен диаметър на пръстена в свободно състояние, m; D_m – диаметър на мината по центриращото удебеление, m.

За максимално допустима височина на напречното сечение при пръстена е в сила неравенството:

$$(4) h \leq \frac{D_m - 2r_0}{2}$$

Избирането на подходящ профил на сечението, при уплътнителния елемент, е въпрос на компромисно решение по отношение условията на работната среда, изискването за експлоатационна трайност и ефективност на уплътнението.

Предвид адиабатния характер на процеса, времето на изстрела и еднократното използване на пръстена, като критерии при избора на подходящ профил се налагат: добра технологичност при производство; компактност; лесен монтаж; ниска себестойност.

За подходящо решение може да се приеме квадратен профил на сечението с широчина:

$$(5) b = h$$

2. Конструктивни характеристики.

За тяхното определяне се предлага следния алгоритъм:

$$(6) D_p' = D_m$$

$$(18) l_s = \sqrt{b^2 + C^2}$$

$$(7) D_p'' = D_p' - 2h$$

$$(19) l_k = \pi D_k$$

$$(8) H = \frac{D_m - D_p''}{2} + 0,5$$

$$(20) \delta_{p_2} = l_k - C$$

$$(21) \delta_p = \delta_{p_2} - \delta_{p_1}$$

$$(9) B = b + 2$$

$$(22) r_k'' = \frac{D_k''}{2}$$

$$(10) r_p = \frac{D_p'}{2}$$

$$(23) \varphi_2 = \frac{\delta_{p_2} 180^0}{\pi r_k''}$$

$$(11) D_0 = D_p' - 2H$$

$$(24) D_k' = D_k - 2h$$

$$(12) \varphi_1 = 2 \arcsin \frac{\frac{s}{2}}{r_p}$$

$$(25) r_k' = \frac{D_k'}{2}$$

$$(13) \delta_{p_1} = \frac{\varphi_1^0 \pi r_p}{180}$$

$$(26) r_{cp} = \frac{r_k' + r_k''}{2}$$

$$(14) l_{p_1} = z \pi D_p' - s_0$$

$$(27) D_{cp} = 2r_{cp}$$

$$(15) l_{p_2} = z \pi D_p'' - s_0$$

$$(28) l_{cp} = z \pi D_{cp}$$

$$(16) C = \pi D_p' - \delta_{p_1}$$

$$(17) \alpha = \arctg \frac{b}{C}$$

Където: D_p' - външен диаметър на пръстена в свободно състояние, m; D_p'' - вътрешен диаметър на пръстена в свободно състояние, m; H - височина на канала за пръстена, m; B - широчина на канала за пръстена, m; r_p - външен радиус на пръстена в свободно състояние, m; D_0 - вътрешен диаметър на канавката, m; φ_1 - централен ъгъл между краищата на пръстена в свободно състояние, degre; δ_{p1} - дължина на дъгата от срязания участък по външния диаметър на пръстена в свободно състояние, m; l_{p1} - дължина на пръстена по външния диаметър, m; l_{p2} - дължина на пръстена по вътрешния диаметър, m; C - дължина на една навивка, от пръстена, по външния диаметър в свободно състояние, m; α - ъгъл на наклона на среза, degre; l_s - дължина на среза, m; l_k - дължина на канала на тялото по вътрешия диаметър, m; δ_{p2} - дължина на дъгата между краищата на пръстена по вътрешния диаметър на тялото, m; δ_p - преместване на краищата до контакт с тялото, m;

r_k'' - радиус на деформирания пръстен по външния диаметър, m; φ_2 - централен ъгъл между краищата на пръстена в деформирано състояние, degre; D_k' - вътрешен диаметър на деформирания пръстен m; r_k' - радиус на деформирания пръстен по вътрешния диаметър, m; r_{cp} - среден радиус на деформирания пръстен, m; D_{cp} - среден диаметър на деформирания пръстен, m; l_{cp} - дължина на деформирания пръстен по средния диаметър, m; D_m - диаметър на мината по центриращото удебеление, m; D_k - вътрешен диаметър на канала на тялото, m.

3. Площи.

Определянето на номиналната и фактическа площи е съществен момент от проектирането, предвид оптимално съчетаване на конструктивните параметри на пръстена с постигането на желан уплътнителен ефект и подходящ избор на материал за него. Задължително условие е наличието на две контактни повърхности – “пръстен-тяло” и “пръстен-мина”.

Тяхното определяне може да се извърши по следните формули:

$$(29) F_1 = bl_{p1}$$

$$(30) F_2 = \frac{\pi}{4} (D_m^2 - D_k'^2)$$

$$(31) F_3 = bl_{p2}$$

$$(32) F_4 = 2l_s h$$

$$(33) F_5 = hC$$

$$(34) F_6 = F_5$$

$$(35) A_N = F_1 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

$$(36) A_F = F_1 + F_4$$

Където: F_1 - площ по външния диаметър /контакт с тялото/, m^2 ; F_2 - площ с челото на канавката, m^2 ; F_3 - площ по вътрешния диаметър /към дъното на канавката/, m^2 ; F_4 - площ по дължината на срязания участък, m^2 ; F_5 - площ към зарядната камера, m^2 ; F_6 - площ към дулния срез, m^2 ; A_N - номинална площ, m^2 ; A_F - фактическа /контактна/ площ, m^2 .

4. Хлабини.

Величината на радиалните хлабини има съществено значение за разхода на неефективно използваните барутни газове. Определяща е площта на срязания участък при пръстена.

Изхождайки от презумцията, че уплътнителният ефект в контактните повърхности се осъществява в границите на класа на грапавост за материала на пръстена [3] теоретичната хлабина, при тях, може да се определи по формулите:

$$(37) H_{\max} = \frac{R_z}{2}$$

$$(38) \delta_t = \delta_m = \frac{t_v H_{\max}}{u}$$

където: R_z – разстояние между най-високата и най-ниска част на грапавините, m ; H_{\max} – максимална височина на грапавините, m ; t_v – вероятностна грешка; u – нормално отклонение; δ_t, δ_m – хлабини спрямо тялото и мината, m .

За изчисляването на площите в съответните радиални хлабини се предлагат следните зависимости:

$$(39) s_s = \frac{\varphi_2 \pi (r_k^2 - r_m^2)}{360^\circ}$$

$$(41) s_m = \delta_m l_{p_2}$$

$$(40) s_t = \delta_t l_{p_1}$$

$$(42) s_y = s_s + s_t + s_m$$

Където: s_s - радиална площ на среза при деформирания пръстен, m^2 ; s_t - радиална площ на просвета “пръстен-тяло”, m^2 ; s_m - радиална площ на просвета “пръстен-мина”, m^2 ; s_y - обща площ на просвета при пръстена, m^2 .

5. Избор на материал за уплътнението.

Предвид газо-динамичните условия за работа на пръстена и необходимостта от постигане на уплътнителен и стабилизиращ ефект при мината, основно изискване спрямо физико-механичните свойства на материала е неговата твърдост.

Определянето на минималната стойност за границата на провлачване $[\sigma_s]$ се извършва по следния алгоритъм [4,5]:

$$(43) p_{cp} = \frac{2(p^3 - p_a^3)}{p^2 - p_a^2}$$

$$(46) c = c_1 c_2 c_3$$

$$(44) W = pA_N - p_{cp}(A_N - A_F)$$

$$(47) \sigma_s = \frac{p'}{c}$$

$$(45) p' = \frac{W}{A_F}$$

Където: p , p_a – налягане преди и след уплътнението, P_a ; W – резултантно натоварване върху пръстена, N ; p' – контактно налягане, P_a ; c – коефициент на сигурност; c_1 – коефициент, отчитащ неточностите при натоварването; c_2 – коефициент, отчитащ нееднородността на материала; c_3 – коефициент, отчитащ важността на детайла в конструкцията.

Подходящи са материали от групата на каучуко-подобните пластмаси.

6. Минимална необходима площ $/F_4/$ и дължина на срязания участък $/l_s/$.

От условието за деформация на пръстена до контакт с тялото:

$$(48) p_{cp}(F_3 + F_4) \geq p_{cp}F_1$$

следва:

$$(49) F_4 = \frac{p_{cp}F_1 - p_{cp}F_3}{p_{cp}}$$

$$(50) l_s = \frac{F_4}{2h}$$

Където: l_s – дължина на срязания участък, m .

7. Якостни проверки.

Предвид ограничителните условия, с които е съобразен предлагания метод, е препоръчително да се извършат якостни проверки по отношение корпуса на мината и тялото на минохвъргачката.

7.1. Определяне на напреженията в корпуса на мината при канавката.

За определяне на напрегнатото състояние в критичното сечение се използват познатите зависимости [1].

Осево напрежение:

$$(51) \sigma_z = -\frac{P_{pac} r_m^2 q_{mn}}{(r_0^2 - r_n^2) q}$$

Радиални напрежения:

- по външната повърхност на корпуса

$$(52) \sigma_{r_1} = -p_{pac}$$

- по вътрешната повърхност на корпуса

$$(53) \sigma_{r_2} = -p_c$$

Тангенциални напрежения:

- по външната повърхност на корпуса

$$(54) \sigma_{t_1} = \frac{p_c r_n^2 - p_{pac} r_0^2}{r_0^2 - r_n^2} - \frac{r_n^2 (p_{pac} - p_c)}{r_0^2 - r_n^2}$$

- по вътрешната повърхност на корпуса

$$(55) \sigma_{t_2} = -\frac{2p_{pac} r_0^2}{r_0^2 - r_n^2} + \frac{p_c (r_0^2 + r_n^2)}{r_0^2 - r_n^2}$$

Където: p_c – налягане от еластичната деформация на разривния заряд, P_a ; r_n – вътрешен радиус на корпуса на мината в цилиндричната част, m; r_m – радиус на мината в цилиндричната част, m; q_{mn} – маса на частите от корпуса на мината разположени над критичното сечение.

7.2. Проверка на напрегнатото състояние в критичното сечение на корпуса.

Експерименталните изследвания са доказали, като най-подходяща енергийната теория за формоизменението [1], според която приведените напрежения са както следва:

- по външната повърхност на корпуса

$$(56) \sigma_{i_1} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_z - \sigma_{r_1})^2 + (\sigma_{r_1} - \sigma_{t_1})^2 + (\sigma_{t_1} - \sigma_z)^2} \leq \sigma_{02}$$

- по вътрешната повърхност на корпуса

$$(57) \sigma_{i_2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_z - \sigma_{r_2})^2 + (\sigma_{r_2} - \sigma_{t_2})^2 + (\sigma_{t_2} - \sigma_z)^2} \leq \sigma_{02}$$

където: σ_{02} – граница на еластичност за материала за корпуса на мината, P_a ;

7.3. Проверка на тялото на минохвъргачката за повишено налягане.

Препоръчителна за проверка границата на еластичност при материала за тялото е Втора якостна теория, чиито резултати са много близки до експериментално установените стойности [6]:

$$(58) \sigma_e = \frac{2p_{pac} (2R^2 + r_{k_{max}}^2)}{3(R^2 - r_{k_{max}}^2)} \leq \sigma_s$$

Където: r_k – вътрешен радиус на тялото, m ; R – външен радиус в средата на тялото m ; σ_s – граница на провлачване за материала за тялото, P_a .

8. Изводи.

8.1.Предлаганият метод дава възможност за проектиране на уплътнителни пръстени за гладкостенни минохвъргачки при запазване корпуса на съществуващите мини.

8.2. Неговото прилагане е възможно независимо от калибъра на системата.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Королев В. В.*, Теория проектирования артиллерийских снарядов и мин, ВТС 1970г.
2. *Кисьов И.Д.*, Наръчник на инженера, Техника, 1960г.
3. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике, Наука, 1977г.
4. *Новиков И.И.* Безсмазочные поршневые уплотнения в компресорах
5. *Христов Д.Д.* Пресмятане и конструиране на машинни елементи, Техника, 1980 г.
6. *Баев И.В.* Теория и расчет артиллерийских орудий, МО, 1980г.

Автор:

Н.с. I ст. инж. Валентин Тотев Иванов

“ИПИО” към Военна академия „Г. С. Раковски”

Тел. 02/747894

E-mail: vivanof@abv.bg

Докладът не съдържа класифицирана информация.