HÁTRALÖKÉSNÉLKÜLI FEGYVER

NEM lesz talán felesleges fáradtság, ha pár percet fordítunk a fegyvertechnika egy érdekes megoldásának megismerésére. Mielőtt részletes tárgyalásba bocsátkoznánk tisztáznunk kell, hogy melyek azok a fegyverek, melyeket a szakirodalom ebbe a csoportba sorol, mi ezeknek a fegyvereknek a lényege és mi az előnyük és hátrányuk.

Két ilyen fegyvertípust ismerünk és pedig az önhajtású lövedék (rakéta) irányítására szolgáló fegyvert és egy másik (alább részletesen ismertetendő) megoldáson felépülő, talán nevezzük állócsövű fegyvernek.

Az első megoldást csak a teljesség kedvéért említettük (különben sem fedi teljesen a fogalmat) és azzal tovább foglalkozni nem akarunk, hanem csak az állócsövű fegyver ismertetésére szorítkozunk.

Mindenekelőtt meg kell ismerkednünk a hátralökés fogalmával, hogy megérthessük az ismertetendő fegyver lényegét.

Mindenki láthatta már, hogy ha egy löveget elsütünk, akkor a löveg csöve a lövéssel ellenkező irányban hátrasiklik az ugynevezett visszalökő erő hatására. De élénken tapasztalhatjuk ezt a hatást, amikor a puska, különösen ha rosszul tartjuk, erőteljes, sőt néha fájdalmas ütést mér vállunkra.

Hogyan keletkezik ez a hatás?

Tudjuk azt, hogy a lövedék és a fegyver (lőportöltet) egységes rendszert képez mechanikai szempontból, amelyre érvényes az a tétel, hogy belső erők működése esetén a rendszer súlypontjának helyzete a térben (adott koordináta rendszeren belül) nem változik. A belső erőt a lőporgázok feszítő ereje adja, amikor a lövedéket és a fegyvert (hátrasikló részeket) az elmozdulás irányában (ellentétes) gyorsítja.

A dinamikából ismeretes az a tétel, hogy egy ilyen rendszerben az impulzus (indítás) állandó. Impulzus alatt értjük a tömeg és sebesség szorzatát. Ha tehát a lövedék súlya P, tömege $\frac{P}{g} = m$, a fegyvercsőben adott pillanatban a lövedék sebessége v, a fegyverre (hátrasikló részre) vonatkozóan G; $\frac{G}{g} = M$; V; akkor felállíthatjuk a tételt:

1., m. v = M. V, vagy az impulzussal kifejezve

$I_l = I_h$ és

2. $\frac{P}{g} \cdot v = \frac{G}{g}$ V, ahol g = földi gyorsulás.

Ha a töltetsúlyt is a képletbe helyezzük, akkor

3. $\frac{P + 1/2\, L}{g} \cdot v = \frac{G + 1/2\, L}{g} \cdot V$; ahol L = töltet súly

A hátrasikló sebesség maximális értéke fenti képletből kifejezhető és bevezetve „β" tényezőt (a torkolati nyomástól függően β = 1:6—3:0), amely abból az elgondolásból származik, hogy a csőből kiáramló gázok a csőre visszahatva azt még gyorsítják.

4. $V_{max} = \frac{P + \beta L}{G} \cdot v_o$; ahol v_o = torkolati sebesség.

A maximális hátralökési energia:

5. $E_{max} = \frac{G \cdot V^2_{max}}{2\, g} = \frac{(P + \beta L)^2}{2\, g\, G} \cdot v_o^2$

Tekintélyes nagyságú ez az energia, amely a fegyver szerkezetét igénybe veszi és a fegyver (löveg) stabilitását rontja, sőt kedvezőtlen körülmények között meg is szünteti (ugrik).

Az igénybevétellel szemben erőteljesebbre méretezhetjük a fegyvert, a stabilitás érdekében pedig nehezebbre (feltételezve, hogy a többi lehetőségeket már kimerítettük). Ez a megoldás nem jó, mert nagyobb űrméretnél és nagy sebességű lövedéknél igen nehéz fegyvert kapnánk. Ezért a fegyverszerkesztők más útat kerestek. Ilyen megoldás az általánosan ismert fékberendezés a lövegeknél, amikor a hátrasikló energiát adott út alatt bizonyos fékberendezésekkel emésztik fel. (Pl.: folyadék féknél folyadéksúrlódással, vagy rugós féknél, rugó összenyomásával.)

Ugyanezt a célt szolgálja a csőszájfékek alkalmazása, amelynek lényege az, hogy a csőtorkolatnál a lövedék után kiömlő gázok egyrésze a cső végére szerelt felületre ütközve a hátrasiklással ellentétes irányú hatást gyakorolnak és így a hátrasikló energia egyrészét felemésztik.

Irjuk fel az impulzus tételt a következő meggondolással:

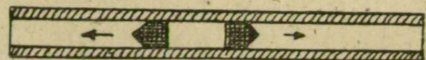
Az I_h ellentétes irányú I_l a lövedék impulzusával. A csőszájfék hátrasikló részek mozgását gátolja, tehát növeli azt az impulzus szükségletet, melyet a lövedéknek ki kellene fejteni, hogy a mozgásállapotot fenntartsa csőszájfékkel is. Irhatjuk tehát:

6. $I_l = I_h + I_{csf}$

Ha el tudnánk érni azt, hogy $I_l = I_{csf}$ legyen, akkor $I_h = O$, azaz a cső nyugalomban maradna. Ez azonban nem valósítható meg. Elérhetjük azonban azt, hogy ha I_l = állandó (azonos lőszer és lövedék), akkor I_h értékét, ezzel a löveg igénybevételét csökkenthetjük. (I_{csf} = csőszájfékre ható impulzus.)

A torkolatfék alkalmazásával tehát a löveget (fegyvert) gyengébbre szerkeszthetjük, így tekintélyes súlycsökkenést érhetünk el. Minthogy a hátralökő erőt ezen az úton nem tudjuk teljesen felemészteni, ezért más eszközhöz kell folyamodni.

Ha tehát azt akarjuk, hogy a lövésnél a cső nyugalomban maradjon, akkor a csőre olyan impulzust kell működtetni, melynek iránya ellentétes I_h -val és nagysága megegyező. A legegyszerűbb megoldás az, ha a lövedék súlyának megfelelő testet a lövedék sebességével megegyező sebességgel visszafelé kilövünk (I_e = az ellensúly. impulzusa).



1. sz. ábra.

A megoldást az 1. sz. ábra mutatja vázlatosan, amely szerint mindkét oldalán nyitott csőből lőjjük ki a lövedéket és az ellensúlyt. Ekkor az impulzusok egyenlők lévén

7. $m. v. = M_e V_e = I_l = I_e$; ahol M_e = az ellensúly tömege.

Ha felírjuk a zárt rendszerre az impulzus tételt:

8. $I_l - I_e - I_h = O$; de $I_l = I_e$, tehát

$I_h = O$, azaz a cső (fegyver) nyugalomban marad.

Az ismertetett megoldásnak az a nagy hátránya van, hogy ha a lövedék és ellensúly tömege egyenlő, azaz

$m = M_e$, akkor

$v_o = V_e$, tehát az ellensúly a lövedék kezdősebességével megegyező sebességgel lövődik hátra, ami a gyakorlatban nem kívánatos.

Más megoldást kell tehát találnunk, hogy a lövedék repülési irányával ellentétes irányú impulzust adjunk a csőnek (és vele együtt a hátrasikló részeknek, illetőleg a lövegnek).

Tudjuk azt, hogyha egy zárt edényből gázok áramlanak ki, akkor a már megismert impulzus tétel alapján a gázok áramlása irányával ellentétes irányban az edény is azonos nagyságú impulzust kap. Ha most az edény maga a cső, amelyből a csőfar felőli részén lőporgázokat áramoltatunk ki a lövedék mozgási irányával ellentétes irányban, akkor a csőre a hátrasiklással ellentétes, de a lövedék mozgási iránynyal megegyező irányú impulzus hat. Tehát

9. $I_l + I_{gáz} - I_h = O$

Ezzel a megoldással, ha $I_l = I_{gáz}$, akkor $I_h = O$, tehát a cső nyugalomban marad.

Hogy gyakorlatilag könnyebben érhessük el célunkat, a gázáramlásos megoldást a csőszájfékkel együtt alkalmazhatjuk, akkor felírva az impulzus tételt

10. $I_l - I_{csf} - I_{gáz} - I_h = O$

Ha $I_l = I_{csf} + I_{gáz}$, akkor $I_h = O$, a cső nyugalomban marad.

Vizsgáljuk meg most a két elgondolást kissé részletesebben, hogy meggondolásunk végén egy gyakorlati példát számíthassunk ki.

Ellensúly hatása:

Megoldható volna a nehézség úgy is, hogy olyan ellensúlyt alkalmazunk, amely a kilövés után kis részekre oszlik, amelyeknek veszélyeztetett távolsága kicsi. A gyakorlatban ez a megoldás rendszerint nehézkes és a veszélyeztetett távolságot a szükségesre (1—2 m) nem tudjuk lecsökkenteni. (Pl. hajóknál megoldható, mert az ellensúly legfeljebb a vízbe esik).

Lehetséges volna a veszélyeztetett távolságot úgy is csökkenteni, hogyha az ellensúly tömegét megnöveljük, ami által a hátralökő sebesség csökken. Felírva az impulzus tételt

11. $M_e\, V_e = m\, v_o$; a hátralökő sebesség kifejezhető;

12. $V_e = \frac{m v_o}{M_e}$ és $M_e = K_e\, \gamma_e$; ahol K_e = az ellensúly köbtartalma,

γ_e = fajsúly,

Felírva tehát a lövedékre

$m = K.\, \gamma$ és behelyettesítve

13. $V_e = \frac{K.\, \gamma}{K_e\, .\, \gamma_e}.\, V_o$

A képlet szerint V_e ellensúly sebesség csökkenthető K_e és γ_e növelésével, amit a lövedéknél nagyobb köbtartalmú és nagyobb fajsúlyu ellensúly alkalmazásával érhetünk el.

Példa: legyen a lövedéksúly P = 3 kg, kezdősebesség v_o = 200 m/sec 81 mm-es űrméretnél 14:5 cm-es átlag lövedékhosszal számolva, K = 750 cm^3.

A hátralökő sebességet a súlyokkal kifejezve

$$V_e = \frac{P\, v_o}{G_e} \text{ ; ha } G_e = P, \text{ akkor } V_e = v_o = 200\ m/sec$$

A lövedék súlyával azonos ellensúlyt nem alkalmazhatunk, mert a hátralökő sebesség megegyezik a lövedék sebességével.

Ha követeljük, hogy V_e = 10 m/sec legyen, akkor a lövedék átlag fajsúlyát 5-nek véve (vas és robbanóanyag) és az ellensúlynál ólmot alkalmazva, akkor

$$V_e = 10 = \frac{750.5}{K_e\, 11} \cdot 200$$

$$K_e = \frac{750.5}{10.11} \cdot 200 \approx 7500\, cm^3$$; tehát a lövedéknél tízszer nagyobb ellensúlyt kapunk. Ha űrméretvastagságban alkalmazzuk az ellensúlyt, akkor 145 cm hosszú rúd lenne, súlya pedig

$$G_e = \frac{P\, v_o}{V_e} = \frac{3.200}{10} = 60\ kg$$

Ha a lövedék sebességét megtartjuk és a lövedéksúlyt növeljük, az ellensúly mindig a tízszeresre növekszik. Pl. 15 cm és űrméretnél 40 kg lövedéksúlynál 400 kg ellensúly szükséges, ami gyakorlati alkalmazhatóságot teljesen megszünteti. Az ellensúly hátralökődve elég nagy távolságot veszélyeztet. Ha 1 m tüzelőmagasságot veszünk, akkor az ellensúly

$$X = \sqrt{\frac{y \cdot 2 \cdot v^2}{g}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 2 \cdot 10^2}{10}} \approx 4{\cdot}5$$ méter távolságban ér földet,

ahonnan még természetesen elgurulhat.

A nehéz ellensúly rossz hatása még abban rejlik, hogy felesleges holtterhet kell szállítani és az irányzást is megnehezíti a löveg egyenlőtlen megterhelése miatt.

Csőszájfék hatása:

Bontsuk fel a hátralökő impulzust azon meggondolás szerint, hogy a hátralökő impulzus egy részét a lövedék impulzusa adja, másik részét pedig az előre haladó gázok

a 4. egyenlet alapján

14. $V_h = \frac{P + \beta L}{G} v_o = \frac{P v_o}{G} + \frac{\beta v_o L}{G}$;de I_h a 2 egyenlet alapján

15. $I_h = \frac{G}{g} V_h = \frac{P}{g} v_o + \frac{L}{g} \beta v_o = v_o \frac{P}{g} (1 - \frac{L}{P} \beta)$

Ha a lövedék haladási irányába ömlő összes gáz tömege L, a csőszájfék által eltérített gáz tömege L', akkor a hátralökési impulzust alkotó (tovább ömlő) gáz tömege L_m , amelynek sebességét jelöljük V_m -nek. A visszalökést most már a 15. egyenlet alapján nem L, hanem L_m tömegű gáz okozza, ezért felírható a gázok okozta impulzus részleg:

$$\frac{L_m}{g} v_m$$

Behelyettesítve a 15. képletbe, kapjuk a fegyverre ható hátralökő impulzust csőszájfék alkalmazásával

16. $I_{hcsf} = \frac{P}{g} v_o + \frac{L_m}{g} v_m$

Ha a csőszájfék eltérési foka σ amit csőszájfékkel és anélkül kapott impulzusokkal fejezhetünk ki az alábbi módon:

Ha a gázok okozta impulzusrészleg csőszájfék nélkül a 15. egyenlet alapján $\frac{L}{g} \beta v_o$; csőszájfékkel $\frac{L_m}{g} v_m$; akkor

17. $\sigma = \dfrac{\frac{L}{g} \beta v_o - \frac{L_m}{g} v_m}{\frac{L}{g} \beta v_o}$ és kifejezve

18. $\frac{L_m v_m}{g} = \frac{L}{g} \beta v_o (1 - \sigma)$

Behelyettesítve a 20. egyenletet a 16. egyenletbe kapjuk a hátralökő impulzust csőszájfékkel

19. $I_{hcsf} = \frac{P}{g} v_o + \frac{L}{g} \beta v_o (1 - \sigma) = v_o \frac{P}{g} \left[1 + \frac{L}{P} \beta (1 - \sigma) \right]$

Az I_{hcsf} kifejezhető a hátrasikló tömeggel és a hátrasikló sebességgel

20. $I_{hcsf} = \frac{G}{g} V_{csf}$ és amely egyenlet összekapcsolható a 19. egyenlettel

$$\frac{G}{g} V_{csf} = \frac{P}{g} v_0 \left[1 + \frac{L}{P} \beta (1-\sigma) \right]$$

A hátrasikló sebesség (csőszájfék alkalmazásával) most már kifejezhető

21. $$V_{csf} = \frac{P}{G} v_0 \left[1 + \frac{L}{P} \beta (1-\sigma) \right]$$

A hátralökő energia pedig

22. $$E_{csf} = \frac{G V_{csf}^2}{2g}$$

A csőszájfék hatásfoka

$$\eta = \frac{E - E_{csf}}{E}$$

Folytassuk most már előző számpéldánkat:

P = 3 kg, v_0 = 200 m/sec, G = 25 kg, 81 mm űrméret, lőpor töltet = 200 g.

Csőszájfék nélkül:

Maximális impulzus a hátrasikló részre (15. egyenlet)

$$I_{hmax} = \frac{P}{g} v_0 + \frac{L}{g} \beta v_0 = \frac{3}{9.81} .200 + \frac{0.2}{9.81} . 2.200 \approx 69.1$$

Maximális hátrasikló sebesség (4. egyenlet)

$$V_{hmax} = \frac{P + \beta L}{G} v_0 = \frac{3 + 2.0.2}{25} . 200 \approx 27.2 \ {}^m/_{sec}$$

Maximális hátrasikló energia (5. egyenlet)

$$E_{hmax} = \frac{G.\ V_{h\,max}^2}{2g} = \frac{25.27.2^2}{2.9.81} \approx 945 \ mkg$$

Csőszájfékkel:

Maximális hátrasikló sebesség (21. egyenlet)

$$V_{csf} = \frac{P}{G} v_0 \left[1 + \frac{L}{P} \beta (1-\sigma) \right] = \frac{3}{25} . 200 \left[1 + \frac{0.2}{3} . 2 (1-1) \right] \approx$$

$24 \ {}^m/_{sec}$ ahol ϑ a csőszájfék kialakításától függ és 0—1.5 értékeket vehet fel a gyakorlatban és β = 2.0

Maximális impulzus (20. egyenlet)

$$I_{csf} = \frac{G}{g} V_{csf} = \frac{25}{9.81} . 24 = 61$$

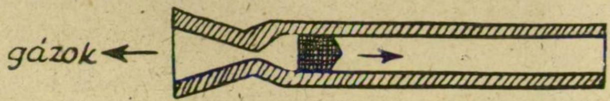
Maximális hátrasiklási energia (22. egyenlet)

$$E_{csf} = \frac{G}{2g} V_{csf}^2 = \frac{25}{2.9.81} . 24^2 \approx 734 \ mkg$$

Azt látjuk, hogy elég tekintélyes javulást kaptunk, mert

a százalékos hatásfok $\eta = \frac{E - E_{csf}}{E} = \frac{945-734}{945} \approx 0{\cdot}223$, *azaz* $22{\cdot}3\,\%$

Be lehet bizonyítani azt, hogy csőszájfékkel nem lehet a teljes hátralökést felfogni, ezért a szerkesztők más útakat kerestek. Kézenfekvő volt az a gondolat, hogyha a csőfart megfúrjuk és ott lőporgázokat úgynevezett Laval fúvókán kiáramolni engedjük, a lőporgázok az áramlási iránnyal ellentétes irányban bizonyos erőhatást gyakorolnak a csőre, mely erőhatás ellentétes irányú a hátralökés irányával. Kellő módon megválasztva és megszerkesztve a fegyvert, elérhetjük azt, hogy a cső lövésnél nyugalomban marad. A 2. sz. ábra ezt a megoldást vázlatosan mutatja.



2. sz. ábra.

Mielőtt ezt a megoldást részletesen tárgyalnánk, foglaljuk össze az eddigi gondolatmenetünket.

Lövedék és cső a lövésnél egy rendszert képez és ellentétes irányú impulzust kapunk, melynek eredménye az ellentétes irányú elmozdulás,

Cső (csőszájfék közvetítésével) és előre kiömlő gázok ismét egy rendszert képeznek és ellentétes irányú impulzust kapunk.
elégési térben, p_o = légnyomás, T = gázhőmérséklet, R = gázállandó.

Cső (fuvóka közvetítésével) és visszafelé kiömlő gázok ismét egy rendszert képeznek és ellentétes irányú impulzust kapunk.

Nem akarjuk részletesen tárgyalni és levezetni a kiömlő gázok dinamikáját, ezért csak a szakirodalomból ismert végeredményeket közöljük.

A cső a fuvókán át kiömlő gázok hatására bizonyos sebességet kap, amelynek legnagyobb értéke a teljes lőporégés után lesz (v')

$$23.\quad V' = W_{\ln} \frac{m_a}{m_e}$$

ahol W a gázok állandónak vehető kiömlő sebessége, m_a = cső és töltet súlya, m_e = cső súlya. Adott képlet alapján

$$24.\quad W = \gamma \sqrt{2g \frac{K}{K-1} RT \left[1 - \left(\frac{p_o}{p_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]}$$, ahol p_1 = gáznyomás az

elégési térben, p_o = légnyomás, T = gázhőmérséklet, R = gázállandó. γ = a fuvóka kialakításától függő tényező, K = adiabatikus tényező.

Talán szemléltetőbb lesz, ha előző példánkat megpróbáljuk tovább számítani, legalábbis durva számadatokkal, hogy valamelyes képet kaphassunk.

Számítási adatok az előzők szerint:

P = 3 kg, v_o = 200 m/sec, G = 25 kg, 81 mm űrméret, p_1 300 atm.

Kiszámítottuk már, hogy csőszájfék alkalmazásával a cső maximális hátrasikló sebessége V_{csf} = 24 m/sec. Kérdés az most már, hogy mennyivel kell növelni a lőportöltetet, hogy ezt a sebességet ellensúlyozni lehessen, mert természetes, hogy a kiömlő gázokat nem vehetjük a rendes körülmények között elegendő és szükséges töltetből.

Tudjuk, hogy $V' = W_{ln} \frac{m_a}{m_e}$; ahol $m_a - m_e = m_a$ — csősúly = a szükséges lőportöltet növekmény.

Ha adott lőporfajtát és fuvókát veszünk, ahol T = 3000 °C, R = 22:8, k = 1:2, akkor p_1 = 300 atm nyomás mellett W = 2200 m/sec. Előző számítás szerint, hogy a cső maximális hátrasikló sebessége csőszájfékkel V_{csf} = 24 m/sec. Ezt a sebességet akarjuk zárussá redukálni a kiömlő lőporgázokkal, tehát

$$V' = W_{ln} \frac{m_a}{m_e} \text{ vagy } \frac{m_e}{m_a} = e^{-\frac{V'}{W}}, \text{ ahonnan} \qquad V_{csf} = V' = 24\,\text{m/sec}$$

$$\log m_a = \log 25 - \log e^{-\frac{24}{2200}} \text{ és } m_a \approx 25{\cdot}21 \text{ kg}$$

Tudjuk azt, hogy $m_a - m_e$ 25:21 — 25 = 0:21 kg = 210 g. Tehát 210 g lőpornövelés szükséges ahhoz, hogy csőszájfék alkalmazása mellett a cső lövésnél nyugalomban maradjon, összesen tehát 200 + 210 = 410 g lőpor használandó a számított fegyvernél.

Természetesen a kapott számadatok nem pontosak, hiszen az egyes tényezőket, amelyeket kísérlet útján lehet csak pontosan meghatározni és minden egyéb fegyver és lőszer kialakításból folyó egyéb tényezőket az egyszerűség kedvéért átlagértékként vettünk fel. Mindenesetre láthatjuk a példából, hogy egy ilyen fegyver hogyan alakítható ki és számítható.

Ha valaki foglalkozott már fegyverekkel, azonnal észrevehette a felvett számpélda adatokból, hogy az általánosan elterjedt 81 mm-es aknavetőkre alkalmaztuk a számítást. Kézenfekvő ez a gondolat, hiszen az aknavetőknek egy igen nagy hátránya van, hogy lapos röppályával nem tudnak tüzelni, holott gyakran igen nagy szükség volna erre. Igy nem vehet részt a páncélelhárításban sem, pedig ez igen nagy veszteség, mert aknavető aránylag sok van és robbantó gránáttal jó eredményt érhetne el.

Az ismertetett módszer alkalmazásával elérhetjük azt, hogy a fegyvert (löveget) igen könnyüre szerkeszthetjük. Nagy hátránya azonban, hogy a lövésnél visszafelé áramló lőporgázok tekintélyes távolságra is veszélyesek, tehát a löveg kiszolgálása körülményes, különösen azért, mert a gázsugárnak bizonyos távolságig szabadon kell áramlania. Ez okozza, hogy az ilyen lövegek nagy emelkedéssel rendszerint nem tüzelhetnek (földet éri a gázsugár).

Érdekesség kedvéért az irodalomból a hátralökés nélküli lövegekről az alábbi adatokat közölhetjük:

Ürméret mm:	75	105	
v_0 m/sec:	370	355	
lőtávolság km:	6·8	7·9	zárójelben lévő szá-
lövedéksúly kg:	5·7	14·8	mok más kivitelü lö-
lövegsúly kg:	145 (50)	390	vegre vonatkoznak.
löveghossz mm:	1140 (2100)	—	
állvány:	háromlábú		
torkolat-energia mkg:	40000	85000	

Visszatérve az aknavetőre, megállapítjuk azt, hogy igen jó fegyver, mert úgy a lőszere, mint maga a fegyver igen könnyű, egyszerű és főleg olcsó, így tömegesen állíthatók be a szervezésbe. A hátránya azonban, hogy csak 45^0-nál nagyobb emelkedéssel tüzelhet és lőtávolsága aránylag kicsi. Bár ismerünk olyan törekvést is, amely bizonyos szerkezeti változtatással kis emelkedésü lövés leadására is képesítette, azonban hátránya az volt, hogy ezáltal éppen jellegzetességüket veszítették el, a könnyűséget és olcsóságot. A felsorolt adatokból láthatjuk, hogy az ismertetett megoldás egyáltalában nem nehezítené el az aknavetőt.

Zsótér Bertalan